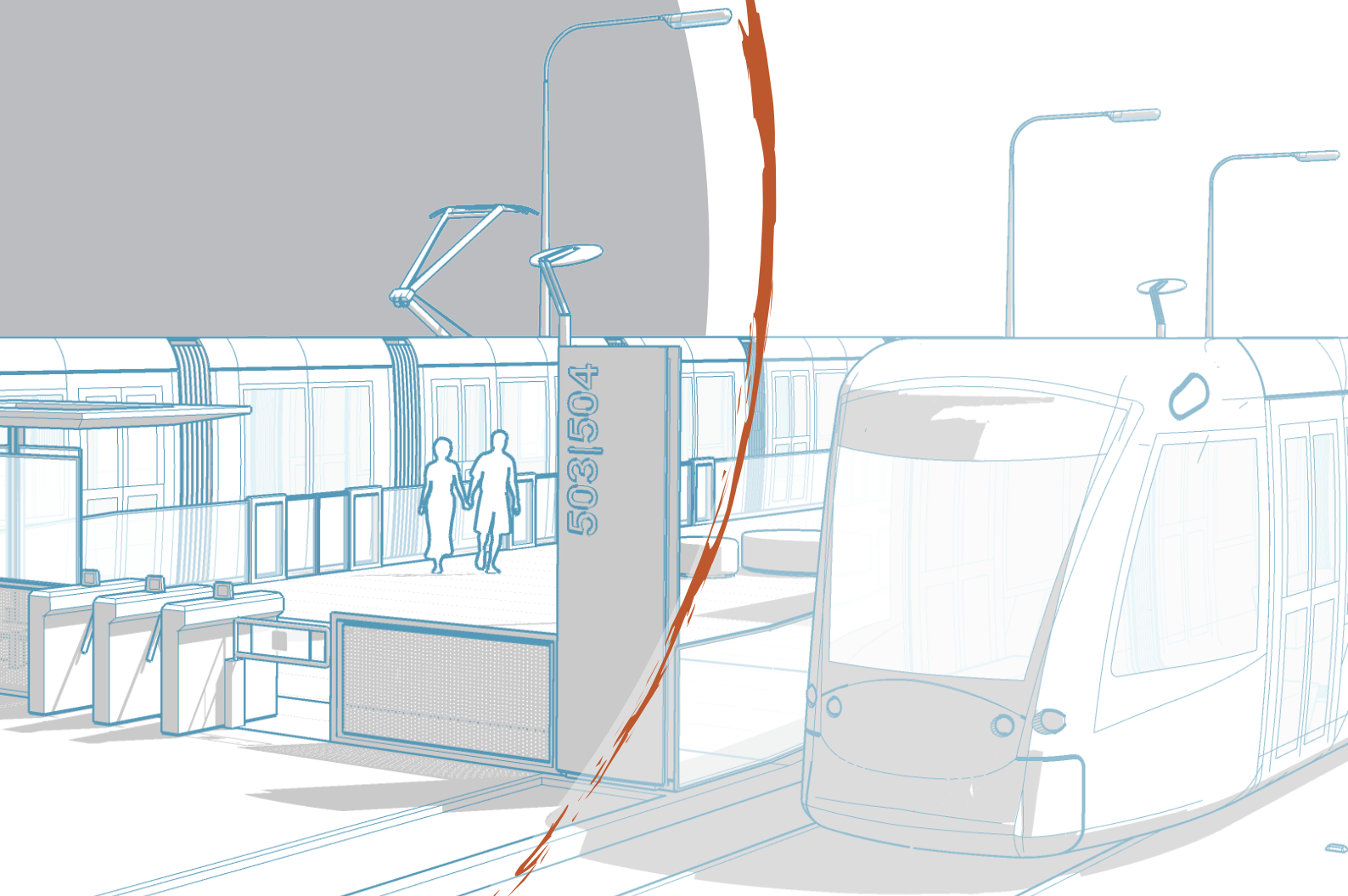


7



Modelagem PPP VLT W3



SERVENG



Sinal verde para as ferrovias



PIRACICABANA



BFCAPITAL

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS, ESTUDOS, LEVANTAMENTOS OU INVESTIGAÇÕES
PARA IMPLANTAÇÃO DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS - VLT NA VIA W3
E EXTENSÃO AO AEROPORTO**

CADERNO 7 - MODELO OPERACIONAL

Revisão 03

**BRASÍLIA/DF
AGOSTO / 2022**

**EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO
ESTUDO DE MODELO OPERACIONAL**

COORDENAÇÃO GERAL:

PAULO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Arquiteto e Urbanista – CAU: A80095-3

AUTORES:

ANA CECÍLIA PARISI

Arquiteta e Urbanista – CAU: A80096-1

THIAGO PEIXOTO NOVAIS

Engenheiro Civil - CREA/MG RN: 04.0.0000147293

PAULO ROBERTO SANTA ROSA

Engº Eletricista – CREA/MG: 33092/D-MG

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	8
2	OPERAÇÃO	11
2.1	PREMISSAS OPERACIONAIS	11
2.2	PLANEJAMENTO OPERACIONAL	11
2.2.1	Fases de Implantação	11
2.2.2	Esquema de Circulação Operacional da Fase Inicial	15
2.3	OPERAÇÃO DOS TRENS E DAS ESTAÇÕES.....	22
2.3.1	Introdução.....	22
2.3.2	Procedimentos e Treinamentos	22
2.4	CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL	23
2.4.1	Introdução.....	23
2.4.2	Gerenciamento da Operação	23
2.5	ÍNDICES DE DESEMPENHO	23
3	MATERIAL RODANTE.....	25
3.1	EXIGÊNCIAS GERAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	25
3.1.1	Propostas Técnicas	25
3.1.2	Normas Técnicas.....	25
3.1.3	Definições.....	26
3.2	CONDIÇÕES GERAIS DO SISTEMA	26
3.2.1	Características Principais da Rede	26
3.2.2	Características da Prestação de Serviço	27
3.2.3	Condições Ambientais.....	27
3.3	CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DO MATERIAL RODANTE	28
3.3.1	Arquitetura e Design do veículo	28
3.3.2	Dimensões do veículo	28
3.3.3	Gabaritos dos Veículos	28
3.3.4	Capacidade do Veículo	29
3.3.5	Capacidade de carga	29
3.3.6	Desempenho do Veículo	29
3.4	MODO OPERACIONAL DO VEÍCULO	33
3.4.1	Modo de Condução	33
3.4.2	Operação em Modo Normal	33
3.4.3	Tipos de Marcha.....	33
3.4.4	Acoplamento de dois veículos.....	34
3.4.5	Operação das Portas.....	34
3.4.6	Supervisão dos Veículos e Redes de Comunicação	35
3.4.7	Operação em Modo Degradado.....	35
3.5	CABINE DE CONDUÇÃO	36
3.5.1	Ergonomia e Conforto	37
3.5.2	Conforto climático.....	37
3.5.3	Conforto acústico.....	37
3.5.4	Visibilidade	37
3.5.5	Limpador de Para-Brisa	38

3.5.6	Para Sol.....	38
3.5.7	Retrovisores e Câmeras Frontais.....	38
3.5.8	Console de Comando.....	38
3.5.9	Armário para Guarda de Pertences do Condutor	38
3.5.10	Ferramentas de Segurança.....	38
3.5.11	Fechamento da Cabine de Condução.....	39
3.6	ACESSIBILIDADE E CONFORTO	39
3.6.1	Acessibilidade.....	39
3.6.2	Interface com a Plataforma	39
3.7	REQUISITOS DE CIRCULAÇÃO	39
3.7.1	Circulação Interna	39
3.7.2	Distribuição dos Assentos	40
3.7.3	Espaço para Cadeiras de Rodas	40
3.7.4	Pegas-mãos	40
3.8	CONFORTO DOS PASSAGEIROS.....	40
3.8.1	Conforto Térmico.....	40
3.8.2	Conforto Acústico	40
3.8.3	Conforto Dinâmico – Vibração	41
3.8.4	Conforto Visual	41
3.9	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES, COMUNICAÇÕES E VÍDEO VIGILÂNCIA	42
3.9.1	Sistema de Informações aos Passageiros (PIS).....	42
3.9.2	Sistema de Avisos aos Passageiros (PAS)	44
3.9.3	Sistema de Vídeo Vigilância (CFTV).....	46
3.10	SISTEMA DE MONITORAMENTO, DIAGNÓSTICO, REGISTRO E CONTROLE DE DADOS (DATA BUS).....	47
3.10.1	Sistema de Monitoramento e Controle (Data Bus)	47
3.10.2	Caixa Preta.....	51
3.11	REQUISITOS DE SEGURANÇA	52
3.11.2	Segurança Passiva.....	54
3.12	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL RODANTE.....	55
3.12.1	Caixa	56
3.12.2	Revestimento Interno	59
3.12.3	Assentos.....	60
3.12.4	Pega Mãos	60
3.12.5	Janelas	60
3.12.6	Piso.....	61
3.12.7	Conexão entre Módulos – Gangway	61
3.12.8	Sistema de Iluminação	62
3.12.9	Portas	62
3.12.10	Sistema de Refrigeração	65
3.12.11	Acoplamento.....	66
3.12.12	Sistema de Captação de Energia.....	67
3.12.13	Truque	67
3.12.14	Sistema de Tração	70
3.12.15	Sistema de Frenagem	72
3.12.16	Dispositivos Antideslizamento e Antipatinagem.....	74
3.12.17	Sistema de Comando de Tração e Frenagem	74
3.12.18	Sistema Suprimento de Energia Auxiliar.....	75
3.12.19	Concepção dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.....	77
3.12.20	Borrachas	79
3.12.21	Fibra de Vidro	79

3.12.22	Peças de Segurança	80
3.13	FACILIDADES DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO	80
3.13.1	Requisitos Gerais	80
3.13.2	Exigências de confiabilidade	81
3.13.3	Índices de Confiabilidade	81
3.13.4	Registro de Dados, Catálogos de Peças e Manuais de Manutenção e Operação.....	83
3.14	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	84
3.14.1	MANUAIS	84
3.14.2	DOCUMENTAÇÃO EM GERAL.....	85
3.15	PROPRIEDADE DO PROJETO E DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	85
4	SISTEMAS FIXOS.....	86
4.1	SISTEMA DE ENERGIA	86
4.1.1	Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT).....	86
4.1.2	Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT).....	91
4.1.3	Sistema de Alimentação Elétrica de Baixa Tensão (SBT).....	97
4.1.4	Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR).....	98
4.2	SISTEMA DE APS	105
4.2.1	Definições, Abreviaturas, Referências	105
4.2.2	Princípios Gerais do APS.....	106
4.2.3	Arquitetura Simplificada	108
4.2.4	Equipamentos de APS no Solo	109
4.2.5	Equipamento do APS de Bordo	117
4.2.6	Equipamento do APS na TPS	122
4.2.7	Sistema de Controle Centralizado do APS	125
4.2.8	Descrição Funcional do APS.....	126
4.2.9	Normas Aplicáveis.....	155
4.3	SISTEMA SEMAFÓRICO	158
4.3.1	SISTEMA DE CONTROLE SEMAFÓRICO - SCS.....	158
4.3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS.....	158
4.3.3	CRUZAMENTO TÍPICO	159
4.4	SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES.....	160
4.4.1	Sistema de Transmissão Dados - STD.....	160
4.4.2	Sistema de Comunicações Fixas - SCF.....	162
4.4.3	Sistema de Radiocomunicação - SRC.....	163
4.4.4	Sistema de Monitoração Eletrônica - SME	165
4.4.5	Sistema de Multimídia - SMM	166
4.5	SISTEMA DE SINALIZAÇÃO	167
4.5.1	Sistema de Sinalização e Controle (SSC).....	168
4.5.2	Sistema de Controle Centralizado – SCC.....	170
4.6	SISTEMA DE BILHETAGEM, CONTROLE E ARRECADAÇÃO DE PASSAGEIROS – SCAP	
	174	
4.6.1	Definições do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)	174
4.6.2	Definições do Sistema de Bilhetagem.....	174
4.6.3	Funcionalidades do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP).....	175
4.6.4	Funcionalidades do Sistema de Bilhetagem	175
4.6.5	Arquitetura do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)	176
4.6.6	Equipamentos do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP).....	176
4.6.7	Equipamentos do Sistema de Bilhetagem	177

4.7	SISTEMA DE PORTA DE PLATAFORMA	178
4.7.1	REQUISITOS TÉCNICOS E FUNCIONAIS - PSD	179
4.7.2	REQUISITOS DE ARQUITETURA DO SISTEMA	181
4.8	SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO	182
4.8.1	ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS.....	182
4.8.2	ESPECIFICAÇÕES OPERACIONAIS	184
4.8.3	Desempenho Operacional.....	185
4.8.4	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS.....	186
4.8.5	ESCOPO DE FORNECIMENTO.....	187
4.9	SISTEMA DE REDE DE DUTOS (BANCO DE DUTOS)	189
4.9.1	Objetivo	189
4.9.2	Composição das Redes de Banco de Dutos	189
4.9.3	Formação e Composição das Redes de Dutos	192
4.9.4	Modelo de Instalação da Rede de Dutos	194
4.9.5	Caixas de Passagem e Caixas de Derivação	198
4.9.6	Abertura de Valas e Envelopamento.....	203
4.9.7	Espaçamento e Alinhamento do feixe de dutos.....	204
4.9.8	Normas Técnicas.....	205
5	MANUTENÇÃO	206
5.1	FUNCIONALIDADES DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO DO MATERIAL RODANTE ...	207
5.1.1	Pátio de estacionamento e manobra dos veículos	208
5.1.2	Centro de Controle da Manutenção	208
5.1.3	Vias Para Manutenção	208
5.1.4	Lavagem e limpeza dos veículos	209
5.1.5	Setores de manutenção de componentes e equipamentos;.....	209
5.1.6	Manutenção das instalações industriais da oficina;	210
5.1.7	Vestiários e banheiros;	210
5.1.8	Centro gerencial e administrativo;	210
5.2	ESTRUTURA DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO	210
5.2.1	Vias de manutenção.....	210
5.2.2	Centro de controle da manutenção	214
5.2.3	Setores de manutenção de componentes e equipamentos.....	214
5.2.4	Infraestrutura para lavagem e limpeza dos veículos.....	216
5.2.5	Pátio externo	217
5.3	OPERAÇÃO DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO	218
5.3.1	Estrutura organizacional.....	219
5.4	SISTEMA DE MANUTENÇÃO	221
5.4.1	Recursos de infraestrutura	222
6	REMANEJAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CEB	224
6.1	INTERFERÊNCIAS EXISTENTES NA W3 SUL	224
6.2	INTERFERÊNCIAS EXISTENTES NA W3 NORTE	225

APRESENTAÇÃO

O Consórcio Serveng-BFCapital-TTTrans-Piracicabana apresenta à Secretaria de Estado de Mobilidade do DF o presente produto denominado **Caderno 7 – Modelo Operacional – Revisão 02**, componente dos Estudos de Viabilidade, para implantação do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) na via W3, conforme Termo de Autorização constante da página 92, do Diário Oficial do Distrito Federal do dia 29/03/2019.

O Caderno 7 – Modelo Operacional é composto pelos seguintes capítulos:

1. INTRODUÇÃO
2. OPERAÇÃO
3. MATERIAL RODANTE
4. SISTEMAS FIXOS
 - SISTEMA DE ENERGIA
 - SISTEMA DE APS
 - SISTEMA SEMAFÓRICO
 - SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES
 - SISTEMA DE SINALIZAÇÃO
 - SISTEMA DE BILHETAGEM, CONTROLE E ARRECADAÇÃO DE PASSAGEIROS – SCAP
 - SISTEMA DE PORTA DE PLATAFORMA
 - SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO
 - SISTEMA DE REDE DE DUTOS
5. MANUTENÇÃO
6. REMANEJAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CEB

1 INTRODUÇÃO

A Ficha Técnica, a seguir apresentada, tem como objetivo assinalar os parâmetros e diretrizes, básicos, a serem atendidas no fornecimento do Material Rodante e Sistemas (Fixos e Embarcados). Os parâmetros e diretrizes das Obras Civis, Via Permanente e Operacionais são referências ao Material Rodante e Sistemas, sendo explicitados em outras especificações.

Os parâmetros e as diretrizes aqui definidas estão relacionados com a qualidade dos serviços e, portanto, deverão ser atendidos rigorosamente, salvo quando expressamente indicado.

ANTEPROJETO - VLT BRASÍLIA		
PARÂMETROS E DIRETRIZES OPERACIONAIS E DE SISTEMAS		
FICHA TÉCNICA		
1 Edificações		
Estação Tipo:	Estação Fechada	
Total de Estações:	25	Sem Segregação
Iluminação ambiente	Todas as estações	
Gabinete Técnico	Sala Técnica em Todas as estações	Energia, Semaforização, Telecomunicações, Sinalização, SCAP e SCA
Bilhetagem/Bloqueios (SCAP)	Todas as estações	linha de bloqueios (Normal e PNE)
Sistema de Transmissão de Dados	Todas as estações	rede de dados, fibra e rede wi-fi
Sistema de Multimídia	Todas as estações	sonorização, relógio, painel de LED (informação de destino e hora)
Sistema de Monitoração Eletrônica	Todas as estações	Câmeras IP (Fixas e Móveis) e Gravador de Vídeo (NVR)
Portas de Plataforma	Todas as estações	Altura 1,7 m
Sistema de Comunicações Fixas	Todas as estações	Telefones IP (sala técnica e linha de bloqueios)
Sistema de Controle de Acesso	Todas as estações	Controle de entrada na Sala Técnica
Tempo de parada nas estações:	20 s	
Tempo de manobra:		
Terminal TAS:	3 minutos	
Terminal TAN:	3 minutos	
Horas-pico:		
Manhã	06:00h	09:00h
Tarde	16:00h	19:30h
2 Via Permanente		
Perfil de roda (Norma UIC 510-2 OR)	Superelevações de até 150mm poderão ser aplicáveis em:	Vias segregadas ou trechos sem previsão de cruzamentos em nível
Trilho	Grooved 35G	
Superestrutura	LVT (Low Vibration Track)	
Bitola nominal	1.435 mm	
Curvas Horizontais (Raio Mínimo)		
Vias Principais	25 m	
Vias Secundárias	20 m	
Curvas de Transição em vias Principais	11 m	Clotóides
Curvas Verticais (Raio Mínimo)		
Côncava ou Convexa	350 m	
Rampas - Grau Máximo	7% (= limite das rampas da W3 no SHS)	
Nas paradas/estações		
Declividade no ponto de parada do veículo	1%	
Rampa Máxima (situação excepcional)	3% (= rampas da W3 e Portas de Correr Eletromecânicas)	
3 Material Rodante		
Tipo de Operação	Marcha à vista	
Tipo de Piso do Veículo	Piso Baixo (30 cm?)	nivelado com a plataforma de embarque/desembarque
Capacitação de Energia	APS, na linha operacional, e Rede Aérea nos pátios.	Capitação via solo ou capitação setorial (Super Capacitor)
Alimentação	Tensão Nominal: 750 Vcc (Máx:900Vcc/Min:500Vcc)	Ripple máximo: 5%
Dimensões dos Veículos (Proposta)		
Comprimento Máximo	45 m	
Largura Máxima	2,65 m	
Altura do Veículo (com pantógrafo)		
Altura de captação-Máxima	6,00 m	Deverá ser compatível com as características da Rede Aérea
Altura de captação-Mínima	3,75 m	Deverá ser compatível com as características da Rede Aérea
Ar condicionado	Todos os carros e cabines	Temp.Interna entre 5º e 7º abaixo da Temp.Externa, quando essa superior a 32ºC
Rastreamento dos Veículos	Principal: Rádio Tetra/AVLS	Secundário: GPS
Velocidade máxima de serviço	70 Km/h	
Aceleração média entre 0 e 30 km/h	$\geq 1,15 \text{ m/s}^2$	
Aceleração média entre 0 e 70 km/h	$\geq 0,60 \text{ m/s}^2$	
variação da aceleração com o tempo ("jerk")	$\geq 0,7 \text{ m/s}^3$ e $\leq 1,2 \text{ m/s}^3$	
Em rampas de 7‰ entre 0 e 20 Km/h	Aceleração mínima=0,3 m/s ²	
Frenagem de Serviço	desaceleração de 1,2 m/s ²	deverá garantir
Frenagem de Segurança	desaceleração de 1,5 m/s ²	
Frenagem de Emergência	desaceleração entre 2,3 m/s ² - 2,8 m/s ²	
Portas Laterais		Circulação Interna entre carros (7 portas laterais de cada VLT 14 portas por VLT)
Capacidade estimada do veículo		
6 passageiros em pé/m ² /carro	400	
Velocidade média:	26 Km/h	
GLO - recomendado	0,15m	
PIS/PAS	Sonorização e Painel de LED	Sonorização (Cabine e Salão de Passageiros) e Painel de Led (Salão de Passageiros)
Câmeras	Frontais, Laterais e Internos	Gravação interna e transmissão em tempo real (rede Wi-Fi do STD)

ANTEPROJETO - VLT BRASÍLIA		
PARÂMETROS E DIRETRIZES OPERACIONAIS E DE SISTEMAS		
FICHA TÉCNICA		
4 Sistema de Energia		
Alta Tensão (Alimentadores)	138KV	2 Pontos
Média Tensão	13,8kv	
Baixa Tensão	380Vca/220Vca	
Tração	750Vcc	
Alimentação - Auxiliar	380/220Vca	No-Break para os demais sistemas fixos
APS, na linha operacional, e Rede Aérea nos pátios.	Trilhos APS e Rede Aérea com 1 fio alimentador	Trilhos APS e Rede Aérea Flexível (Autocompensada) e Rígida
Subestações Retificadoras	13,8KV	Abriçadas - Tensão de Controle/retificador/baterias: 125Vcc
5 Sistema de Controle de Tráfego por Área-CTA (Semaforização)		
Longitudinal	Controlado pela Concessionária	Em toda região de influência direta (W3/Transversais) em todo traçado do VLT
Transversal	Controlada com prioridade VLT	15 km Asa Sul + 7 km Aeroporto = 22 km, sincronizado (tempo fixo e tempo real)
Quantidade de travessias	120	Quantidade aproximada. Deverá ser confirmada quando do Projeto Executivo
Interface	Sinalização	(somente em relação a TAG instalada no VLT)
Central de Monitoramento	CCO	Central (Posto do Controle Semafórico)
Semáforo	VLT / Tráfego Rodoviário / Pedestre / Ciclista	semáforos diferenciados
Sinalização Horizontal e Vertical (Ruas)	Controlado pela Concessionária	Em toda região de influência direta, em todo traçado do VLT
6 Sistema de Rádio Comunicação-SRC		
Rádio embarcado (Trens)	Solução TETRA (Terrestrial Trunked Radio)	padronização ETSI (European Telecommunications Standard Institute)
Rádio veicular e TP's	Solução TETRA (Terrestrial Trunked Radio)	Veículos e agentes Operacionais, Manutenção e Segurança
ERB's	Solução TETRA (Terrestrial Trunked Radio)	Sala Técnica da Estação/Torre ou Poste na área da Subestação
Console Despacho	Solução TETRA (Terrestrial Trunked Radio)	Central (Posto do Controle de Tráfego, Posto de Controle Patrimonial, Supervisor e CIM)
7 Sistema de Transmissão de Dados-STD		
Rede de dados	Switch IP	Tecnologia Ethernet, protocolos TCP/IP, banda de 10GB e 1GB
Arquitetura	Duas camadas (switches core e acesso), Layer 3, modelo OSI	Topologia Lógica: Estrela
Interfaces padrão	Operação full duplex padrão IEEE 802.3x em todas as portas	Backbone 10G; SFP e Acesso 1 Gigabit PoE, conector RJ-45
Rede Wi-Fi	Roteadores Mesh (Estação e Embarcados)	IEEE 802.11 e IP
Arquitetura	Rede em Malha	Comunicação com o VLT ao longo da Via Principal, Pátio e Oficina
Interface Padrão	IEEE 802.3u	10/100/1000BASE-T Ethernet ports (Exterior) 10/100BASE-T Ethernet ports (VLT)
Frequência	Não licenciada	2.4 GHz e 5 GHz
Rede de Fibra Óptica	Fibra monomodo, dielétrica e proteção contra roedor	
Arquitetura	2 cabos, 48 Fibras cada	Topologia física: estrela (em dutos independentes)
8 Sistema de Comunicações Fixas-SCF		
PABX IP	Uma única central (2 troncos e 600 ramais)	Com todas as facilidades operacionais, inclusive Gravação
Aparelhos IP	Aparelhos Telefônicos IP	Operacionais e Administrativos
9 Sistema de Multimídia-SMM		
Sonorização		operacional e administrativa
Altofalantes/cornetas	estações, pátio e oficina	
Central de Monitoramento	PA (ao vivo e pré-gravado)	Central (Posto do Fluxo de Passageiros)
Informação ao Passageiro		
Painel de LED	plataformas das estações	
Central de Monitoramento	PIS (ao vivo e pré-gravado)	Central (Posto do Fluxo de Passageiros)
Sincronismo Horário		
Relógios Digitais IP	informação horária administrativa	salas técnicas, refeitórios, CCO e área administrativa operacional/manutenção
Servidor NTP	central (padronização horária)	relógios e demais sistemas usuários
10 Sistema de Controle de Passag. e Arrecadação(SCAP)		
Automática		
Venda	ATM's	
Validador	Bilheteagem / Bloqueios	Bloqueio Eletrônico e PNE
Postos de Controle / Atendimento	Estação e Pontos Específicos	
Central de Monitoramento	de todos os equipamentos do SCAP	Central (Posto do Fluxo de Passageiros)
11 Sistema de Sinalização e Controle Centralizado		
Sistema de Sinalização		SIL 3 ou superior
Sinalização ao longo das vias e Pátio	Sistema de Intertravamento	AMV (contador de eixo, máquina de chave e sinaleiro)
Parada nas Estações		
Plano de Vias (PV e PVS)	Roteamento de Emergência	Automática e Manual (piloto)
Plano de Rotas	Roteamento de Emergência	Automática e Manual (piloto)
Sistema de Sinalização Embarcado	Computador de Bordo, Tag Reader e IHM	
Controle Centralizado		
Mobiliário	CCO	mobiliário para os postos operacionais
Videwall	CCO (câmeras e mapa da linha)	monitores de vídeo formando um painel
Postos Operacionais	CCO (funções centralizadas de supervisão, monitoração e controle)	Postos: Controle de Tráfego (SCT), Controle de Energia (SCE), Fluxo de Passageiros (SFP), Controle Semafórico (SCS), Proteção Patrimonial (SPP) e Supervisor (SUP)
Sistema de Apoio a Manutenção	CIM	gestão de alarmes e ordens de serviços de manutenção

ANTEPROJETO - VLT BRASÍLIA		
PARÂMETROS E DIRETRIZES OPERACIONAIS E DE SISTEMAS		
FICHA TÉCNICA		
12 Sistema de Rastreamento do Veículo		
Localização de Veículo	Rádio Tetra/AVLS (Sistema de Localização Automática de Veículos)	Redundância: GPS
Central Monitoramento	CCO	Central (VideoWall e Posto do Controle de Tráfego)
13 Sistema de Monitoração Eletrônica-SME		
Fixa e Móvel	Estações e Vias	Todos os Cruzamentos e em todos os AMVs
Gravação	Local (principal)	central (redundância)
Centro de Monitoramento	CCO	Video Wall, Posto do Fluxo de Passageiros, Posto da Segurança Patrimonial e Supervisor
14 Sistema de Controle de Acesso-SCA		
Controle de Acesso	Complexo Operação e Manutenção	salas controladas, bloqueios e posto na recepção e cancela veicular
Controle de Acesso	Estações e Subestações	salas controladas
Central Monitoramento	CCO	Central (Posto da Segurança Patrimonial)
15 Rede de Dutos		Revitalização da Rede Pública e Privada, atualmente sem cadastro e controle
Sistema de Energia-Alta Tensão	Enterrada	Rede de Energia
Sistema de Energia-Média Tensão	Enterrada	Rede de Energia
Sistema de Energia-Baixa Tensão	Enterrada	Rede de Energia
Sistema de Energia de Tração	Enterrada	Rede de Energia
Rede - Fibra óptica	Enterrada	Rede de Sinalização-Em anel
Rede - Sinalização	Enterrada	Rede de Sinalização
Rede - Semaforização	Enterrada	Rede de Sinalização
16 Complexo: Operação e Manutenção		
Centro Administrativo Operacional-CAO	CCO, ADM, Financeiro, RH	
Centro Administrativo Manutenção-CAM	Corpo Manutenção, CIM	Engenharia e Projeto
Oficinas	Material Rodante, Sistemas e Via	
Estacionamentos	LO e LM	
Linha de Teste	500 metros	

SISTEMAS:

FIXOS: Envolvem os seguintes Sistemas: Sistema de Sinalização e Controle Centralizado, Energia, Telecomunicações (Radiocomunicação - SRC, Sistema de Transmissão de Dados - STD, Sistema de Multimídia - SMM, Sistema de Monitoração Eletrônica - SME e Sistema de Comunicações Fixas - SCF), Semaforização, Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros - SCAP (Bilheteira/Bloqueios), Portas de Plataforma - PSD, Sistema de Controle de Acesso - SCA.

MOVÉIS: Sistemas, embarcados, que fazem os Sistemas do Material Rodante e fazem interfaceamento com o Sistema Fixo (Sistema de Sinalização e Controle, Sistema de Transmissão de Dados - Rede Wi-Fi embarcada e Sistema de Radiocomunicação - Rádio Móvel Tetra).

Material Rodante: Bi-direcional, Composição:

A1 + B1 + C1 + D + C2 + B2 + A2 (A1=A2 carro moto com cabine ; B1=B2=D carros suspensos; C1 carro reboque com pantógrafo; C2, carro motor)

EDIFICAÇÕES: Estações, Subestações, Complexo Operacional e de Manutenção (Pátio, Oficinas, CCO e Salas Administrativas)

2 OPERAÇÃO

2.1 PREMISSAS OPERACIONAIS

Para o planejamento preliminar da operação do VLT W3, em Brasília-DF, serão admitidas as seguintes premissas com base nas especificações técnicas disponibilizadas anteriormente:

- As estações serão fechadas, delimitadas por barreiras físicas entre a área paga e livre, com acesso por meio de linha de bloqueios;
- As plataformas contarão com portas estilo *screen door*, que se abrirem em sincronia com as portas dos trens;
- A frota de trens terá a capacidade máxima estimada em 400 passageiros por carro (6 passageiros/m²) e serão limitados a velocidade máxima de 70Km/h;
- O empreendimento possuirá Centro de Controle Operacional, guarnecido tempo integral, que controlará todo o VLT de forma integrada, incluindo o sistema semafórico, com prioridade na circulação dos trens;
- A velocidade operacional para efeito de cálculo da oferta de trens será de 26 Km/h, condicionada ao controle semafórico em todo sistema;
- A condução dos trens será marcha à vista, com aceleração, frenagem e prestação de serviço nas estações (abertura e fechamento de portas) comandadas pelo piloto, sob supervisão e controle do CCO.
- O sistema deverá funcionar como um carrossel, ou seja, a seu gerenciamento buscará manter o intervalo homogêneo entre os trens, conforme programado para a linha e o horário.

2.2 PLANEJAMENTO OPERACIONAL

2.2.1 Fases de Implantação

A implantação do empreendimento foi dividida em duas fases, a saber:

- Fase Inicial, que corresponde ao Trecho HIP a TAN;
- Fase Horizonte, que corresponde à extensão da linha até o Aeroporto Internacional de Brasília, compreendendo o Trecho completo AERO a TAN

A Fase Inicial contará com 24 estações e 17Km de vias, conforme Plano de Via apresentado na figura 2.2

A Fase Horizonte, a ser estudada futuramente, compreende as estações Zoológico, BRT Sul, EPAR e Aeroporto, com aproximadamente 6.1Km de extensão, conforme Plano de Via apresentado na figura 2.3.

Nesse momento, será objeto de avaliação somente a Fase Inicial do empreendimento.

Figura 2.1 – Traçado das Linhas 1 e 2 do VLT – Trechos Hípica -TAN e Aeroporto - Hípica

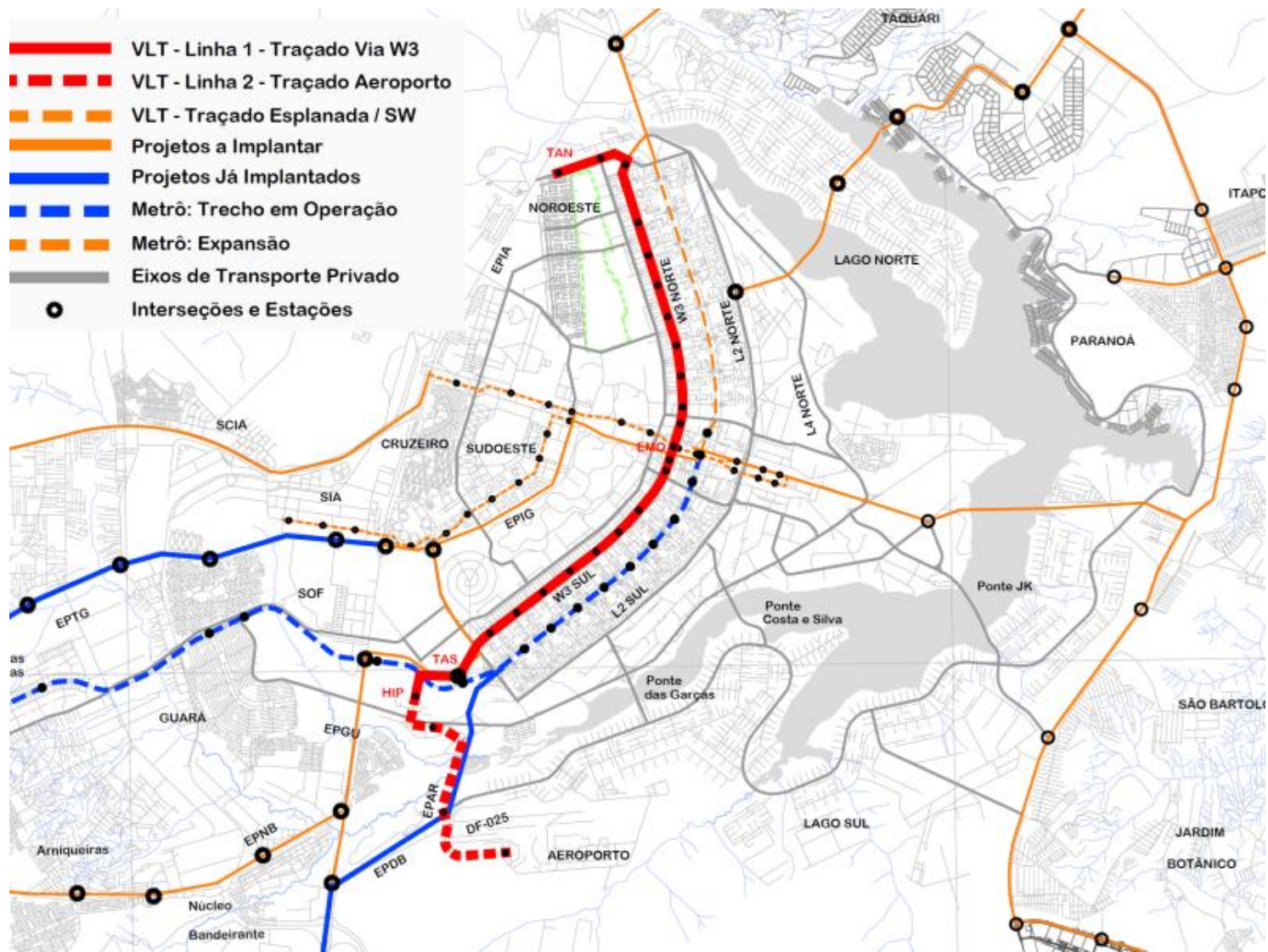
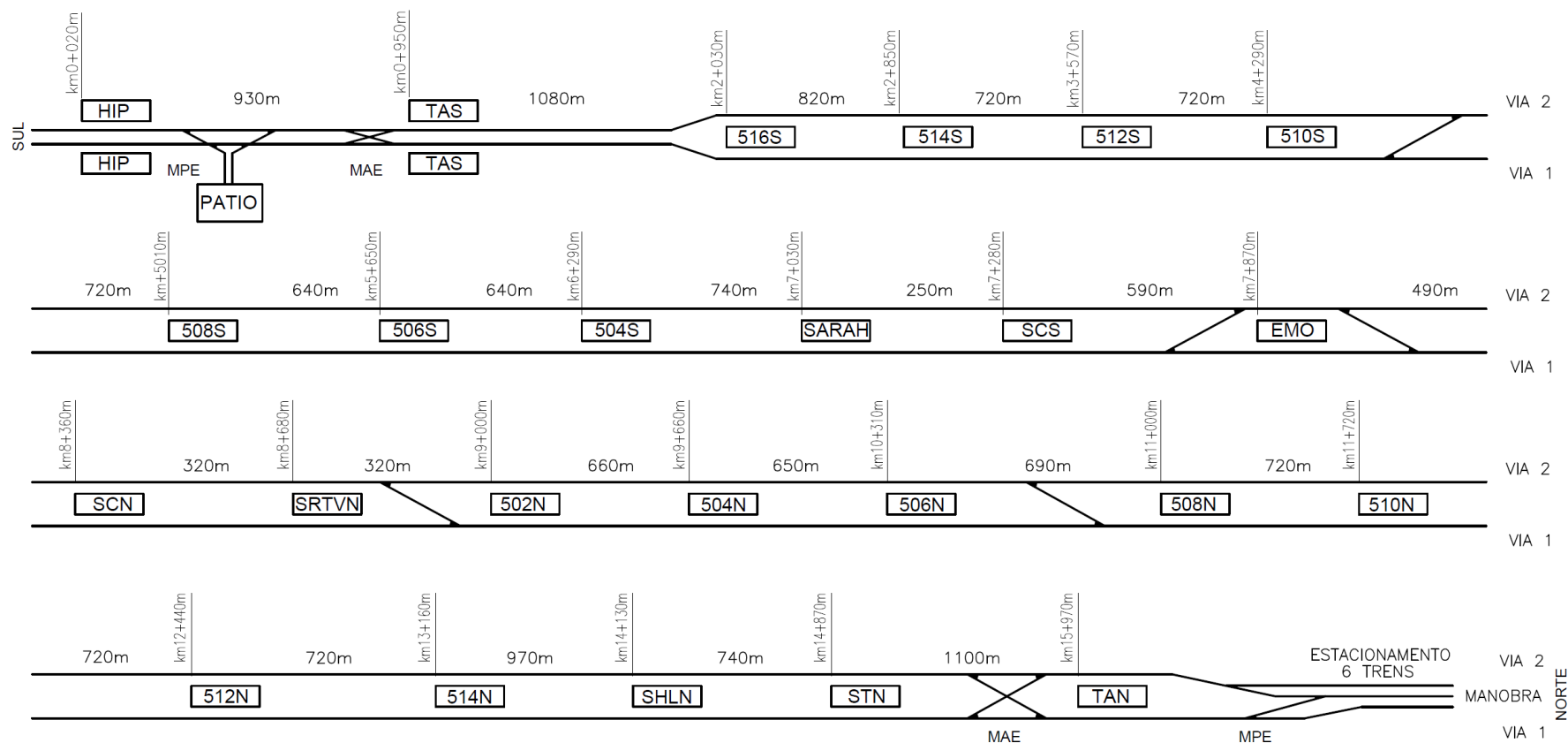


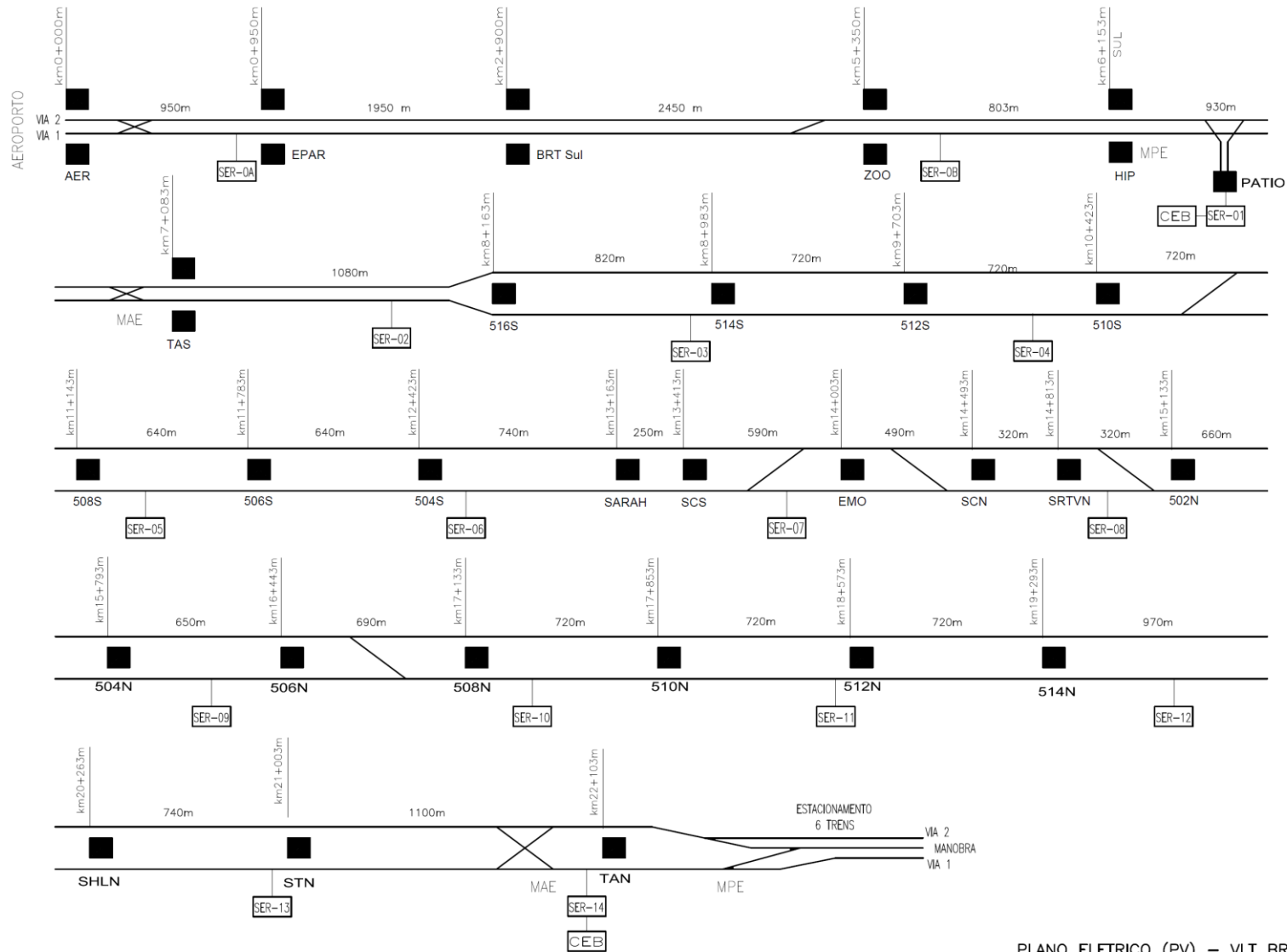
Figura 2.2 – Plano de Vias da Linha 1 – Trecho Hípica – TAN



MAE Manobra Antes Estação
MPE Manobra Pós Estação
Total: 24 Estações
Total: 27 AMVs
Velocidade Civil da Via: 70Km/h
Trilho: Grooved 35G
Infraestrutura: LVT – Low Vibration Track

PLANO DE VIA (PV) – VLT BRASÍLIA

Figura 2.3 – Plano de Vias da Linhas 1 e 2 – Trechos Hípica – TAN e Aeroporto – Hípica



PLANO ELETRICO (PV) – VLT BRASÍLIA

2.2.2 Esquema de Circulação Operacional da Fase Inicial

2.2.2.1 Estimativa do Tempo do Ciclo da Viagem

O tempo do ciclo da viagem, considerando o percurso da estação HIP até a estação e TAN e seu retorno, foi estimado considerando as seguintes premissas:

- 15.950m de extensão;
- 24 estações, com tempo de parada nas estações de 35 segundos (incluindo tempo de gongo, movimento das folhas das portas e *jerk*);
- Manobras Antes das Estações HIP e TAN;
- Tempos de Manobra e Regulação em HIP e TAN de 180 segundos;
- Desempenho operacional do trem¹:
 - Aceleração média de 1,00 m/s²;
 - Frenagem média de 1,10 m/s²;
 - Velocidade Máxima de 69 Km/h;

Com base nos dados do Plano de Via e nas premissas destacadas, apresenta-se os cálculos dos tempos de percurso entre e nas estações, bem como os tempos totais e acumulados ao longo das viagens:

Estação / Trecho	PTO	Distância Estações (m)	Aceleração			Cruzeiro 69Km/h		Desaceleração			Velocidade Máxima (Km/h)	Tempos Totais			Acumulados	
			Taxa (m/s ²)	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)	Taxa (m/s ²)	Distância (m)	Tempo (s)		Percurso (s)	TP (s)	Total (s)	Tempo (s)	Distancia (m)
HIP (MAE)	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180,00	-	180,00	-	-
HIP - TAS	-	930,00	1,00	183,68	19,17	579,34	30,23	1,10	166,98	17,42	69,00	66,82	246,82	246,82	930,00	-
TAS	950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	281,82	281,82	-	-
TAS - 516S	-	1.080,00	1,00	183,68	19,17	729,34	38,05	1,10	166,98	17,42	69,00	74,64	356,46	356,46	2.010,00	-
516S	2.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	391,46	391,46	-	-
516S - 514S	-	820,00	1,00	183,68	19,17	469,34	24,49	1,10	166,98	17,42	69,00	61,08	96,08	452,54	2.830,00	-
514S	2.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	487,54	487,54	-	-
514S - 512S	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	543,40	3.550,00	-
512S	3.570	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	578,40	578,40	-	-
512S - 510S	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	634,26	4.270,00	-
510S	4.290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	669,26	669,26	-	-
510S - 508S	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	725,12	4.990,00	-
508S	5.010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	760,12	760,12	-	-
508S - 506S	-	640,00	1,00	183,68	19,17	289,34	15,10	1,10	166,98	17,42	69,00	51,69	86,69	811,81	5.630,00	-
506S	5.650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	846,81	846,81	-	-
506S - 504S	-	640,00	1,00	183,68	19,17	289,34	15,10	1,10	166,98	17,42	69,00	51,69	86,69	898,49	6.270,00	-
504S	6.290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	933,49	933,49	-	-
504S - SARAH	-	740,00	1,00	183,68	19,17	389,34	20,31	1,10	166,98	17,42	69,00	56,90	91,90	990,40	7.010,00	-
SARAH	7.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.025,40	1.025,40	-	-
SARAH - SCS	-	250,00	1,00	130,95	16,18	-	-	1,10	119,05	14,71	58,26	30,90	65,90	1.056,29	7.260,00	-
SCS	7.280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.091,29	1.091,29	-	-
SCS - EMO	-	590,00	1,00	183,68	19,17	239,34	12,49	1,10	166,98	17,42	69,00	49,08	84,08	1.140,37	7.850,00	-
EMO	7.870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.175,37	1.175,37	-	-
EMO - SCN	-	490,00	1,00	183,68	19,17	139,34	7,27	1,10	166,98	17,42	69,00	43,86	78,86	1.219,23	8.340,00	-
SCN	8.360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.254,23	1.254,23	-	-
SCN - SRTVN	-	320,00	1,00	167,62	18,31	-	-	1,10	152,38	16,65	65,91	34,95	69,95	1.289,19	8.660,00	-
SRTVN	8.680	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.324,19	1.324,19	-	-
SRTVN - 502N	-	320,00	1,00	167,62	18,31	-	-	1,10	152,38	16,65	65,91	34,95	69,95	1.359,14	8.980,00	-
502N	9.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.394,14	1.394,14	-	-
502N - 504N	-	660,00	1,00	183,68	19,17	309,34	16,14	1,10	166,98	17,42	69,00	52,73	87,73	1.446,87	9.640,00	-
504N	9.660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.481,87	1.481,87	-	-
504N - 506N	-	650,00	1,00	183,68	19,17	299,34	15,62	1,10	166,98	17,42	69,00	52,21	87,21	1.534,08	10.290,00	-
506N	10.310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.569,08	1.569,08	-	-
506N - 508N	-	690,00	1,00	183,68	19,17	339,34	17,70	1,10	166,98	17,42	69,00	54,30	89,30	1.623,38	10.980,00	-
508N	11.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.658,38	1.658,38	-	-
508N - 510N	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	1.714,24	11.700,00	-
510N	11.720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.749,24	1.749,24	-	-
510N - 512N	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	1.805,10	12.420,00	-
512N	12.440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.840,10	1.840,10	-	-
512N - 514N	-	720,00	1,00	183,68	19,17	369,34	19,27	1,10	166,98	17,42	69,00	55,86	90,86	1.895,96	13.140,00	-
514N	13.160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	1.930,96	1.930,96	-	-
514N - SHLN	-	970,00	1,00	183,68	19,17	619,34	32,31	1,10	166,98	17,42	69,00	68,90	103,90	1.999,86	14.110,00	-
SHLN	14.130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	2.034,86	2.034,86	-	-
SHLN - STN	-	740,00	1,00	183,68	19,17	389,34	20,31	1,10	166,98	17,42	69,00	56,90	91,90	2.091,77	14.850,00	-
STN	14.870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	2.126,77	2.126,77	-	-
STN - SHNW	-	1.100,00	1,00	183,68	19,17	749,34	39,10	1,10	166,98	17,42	69,00	75,69	110,69	2.202,45	15.950,00	-
SHNW (MAE)	15.970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180,00	2.382,45	2.382,45	-	-
CICLO TOTAL DE VIAGEM													01:13:25	4.404,91	31.900,00	

¹ O desempenho nominal do trem pode ser observado nas especificações técnicas, porém considera-se uma condução média inferior devido a fatores como redução de desempenho em condições reais de circulação e estilo de condução realizada por diferentes pilotos.

Os tempos de percurso entre as estações foram calculados considerando-se as taxas de aceleração e frenagem informadas nas premissas. Porém, como a maioria das estações encontra-se próximas umas das outras, o trem inicia a frenagem antes de chegar a velocidade máxima de 69 Km/h. Para que o trem atinja a velocidade máxima durante o percurso, é necessário que a distância entre as estações seja de ao menos 350,66 metros.

Para o Ciclo de Viagem, os resultados calculados no modelo foram:

- Distância total.....31.900 Km
- Tempo Total 01h13m25s
- Velocidade Operacional média26,07 Km/h

Opta-se então por um dimensionamento conservador, segundo a experiência operacional do sistema de VLT de Santos/SP, operado pela BR Mobilidade Baixada Santista S.A – SPE (empresa controlada pelo Grupo Comporte Participações S.A), assim como a Viação Piracicabana S.A, com a velocidade média operacional de **23 Km/h**, para efeito de cálculo de frota, acrescentando-se ainda 8 minutos ao tempo de círculo para representar eventuais atrasos.

2.2.2.2 Linhas de Serviços

De acordo com os estudos de demanda, no horizonte de 2026, se observa o carregamento no pico da manhã de aproximadamente 7500 passageiros/hora/sentido na Asa Sul e 5500 passageiros/hora/sentido na Asa Norte.

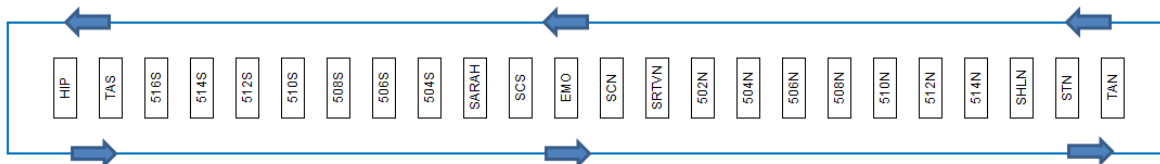
Para atender essa demanda, foi proposto dois cenários, conforme segue:

Cenário 1:

Uma linha de serviço, de HIP ao TAN, com os seguintes serviços:

- Horários de Pico, de 6h00 a 9h00 e de 16h00 a 19h30, com intervalo de 3 min (20 despachos por hora) e 31 trens em circulação;
- Horários de Vale, de 9h00 a 16h00 e de 19h30 a 0h00, com intervalo de 6 min (10 despachos por hora) e 16 trens em circulação;

Nesse cenário, com uma só linha de serviço, tem-se uma prestação de serviço homogênea em toda a via. Por um lado, não existe complexidade do serviço aos usuários, pois só haverá um destino em cada sentido, por outro lado poderá ocorrer oferta de transporte em regiões com baixa demanda.



Cenário 2:

Duas linhas de serviço, composta de:

Linha VLT1, de HIP a TAN, com aproximadamente 16 km de extensão e com os seguintes serviços:

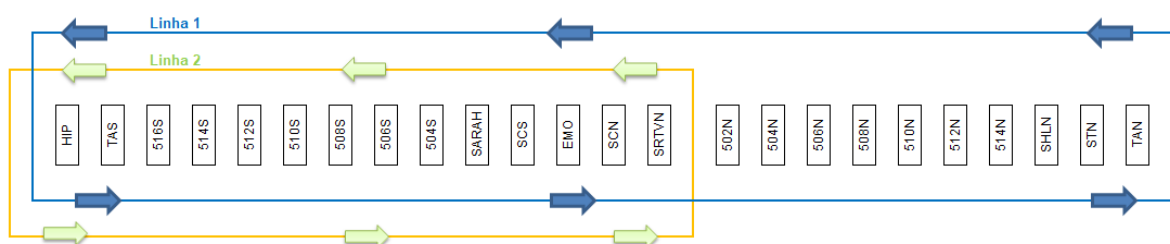
- Horários de Pico, de 6h00 a 9h00 e de 16h00 a 19h30, com intervalo de 4 min (15 despachos por hora) e 23 trens em circulação;
- Horários de Vale, de 9h00 a 16h00 e de 19h30 a 0h00, com intervalo de 12 min (5 despachos por hora) e 8 trens em circulação.

Linha VLT2, de HIP a SRTVN, com aproximadamente 8,6 km de extensão e com os seguintes serviços:

- Horários de Pico, de 6h00 a 9h00 e de 16h00 a 19h30, com intervalo de 8 min (7,5 despachos por hora) e 7 trens em circulação;
- Horários de Vale, de 9h00 a 16h00 e de 19h30 a 0h00, com intervalo de 12 min (5 despachos por hora) e 5 trens em circulação.

Nesse cenário, existe uma sobreposição das linhas de serviço no trecho HIP a SRTVN. Este trecho, onde foi observado maior carregamento, tem-se o intervalo combinado de 3 min nos horários de pico, com frequência de 20 trens por hora e é necessária uma frota operacional de 30 trens.

Também foi observado no estudo de demanda os usuários do trecho de maior demanda tem como destino as estações da área Central da cidade, o que justificou a indicação da estação SRTVN como estação final da linha. As duas linhas podem ser visualizadas no esquema a seguir:



2.2.2.3 Manobras

Dentro da circulação em carrossel, tem-se um ponto em que o trem muda de via, sendo a região definida como manobra. A manobra tem como base o caminho do trem em relação a estação de prestação de serviço e possui duas rotas distintas, conforme segue:

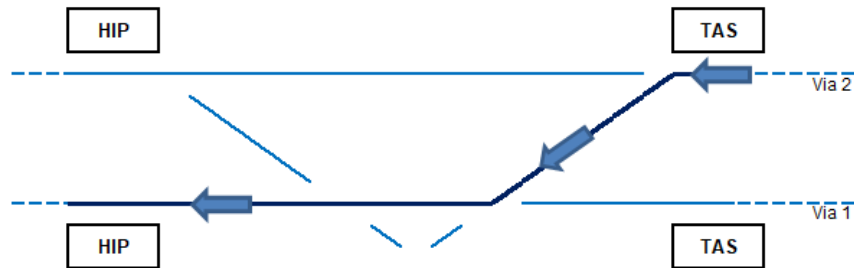
- Manobra Antes da Estação (MAE) – O trem realiza a troca de via antes da estação, ocorrendo o desembarque e embarque na mesma plataforma.
 - A rota de chegada na estação já realiza a mudança de via;
 - A rota de saída permanece na via.
- Manobra Pós Estação (MPE) – O trem realiza a troca de via após prestação de serviço na estação apenas com desembarque e retorna à estação, na outra plataforma, para embarque.

- A rota de chegada permanece na via;
- A rota de saída realiza a mudança de via.

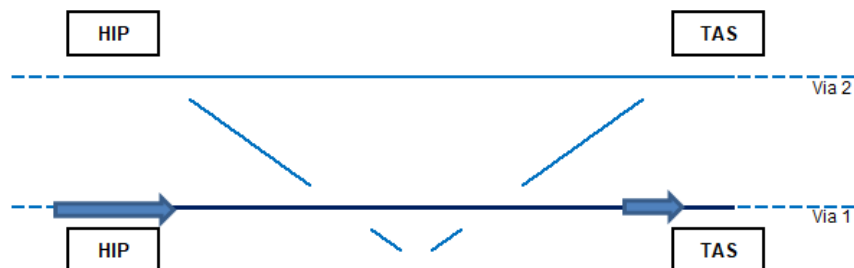
Neste empreendimento, tem-se as seguintes manobras:

Estação HIP – MAE

Após a prestação de serviço em TAS via 2, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso, mudando para via 1 e seguindo até HIP:

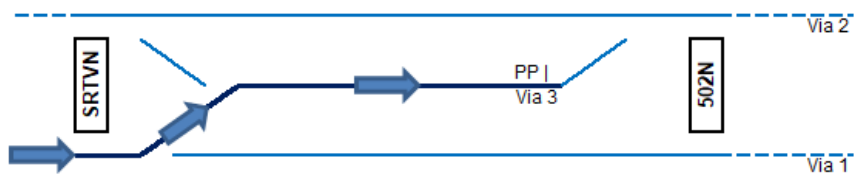


Após a prestação de serviço em HIP via 1, o trem segue pela rota sobre o AMV em normal até a TAS:

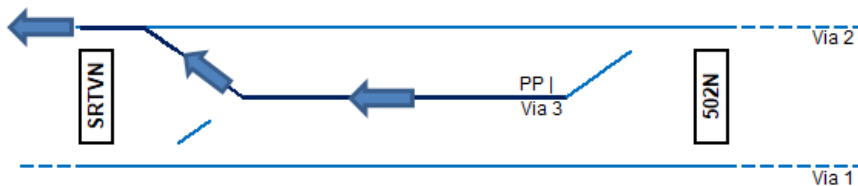


Estação SRTVN – MPE (Cenário 2, Linha VTL2)

Após a prestação de serviço em SRTVN via 1, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso, mudando para via 3 e seguindo até o ponto de reversão de comando:

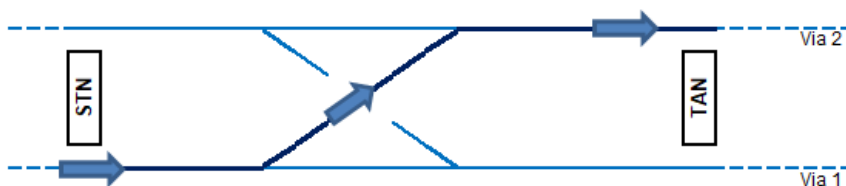


Após a reversão de comando no PP da via 3, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso até a SRTVN via 2:

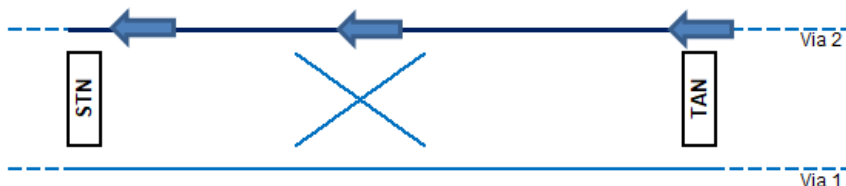


Estação TAN – MAE (Cenários 1 e 2)

Após a prestação de serviço em STN via 1, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso, mudando para via 2 e seguindo até TAN:

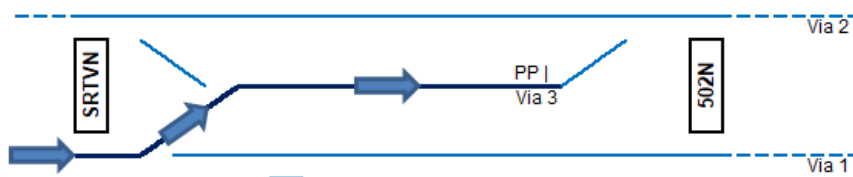


Após a prestação de serviço em TAN via 2, o trem segue pela rota sobre o AMV em normal até a STN:

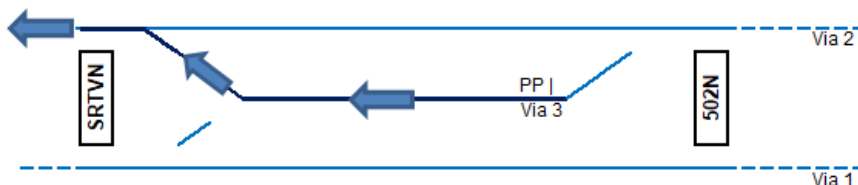


Estação TAN – MPE (Cenários 1 e 2, alternativa a MAE)

Após a prestação de serviço em SRTVN via 1, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso, mudando para via 3 e seguindo até o ponto de reversão de comando:



Após a reversão de comando no PP da via 3, o trem segue pela rota sobre o AMV em reverso até a SRTVN via 2:



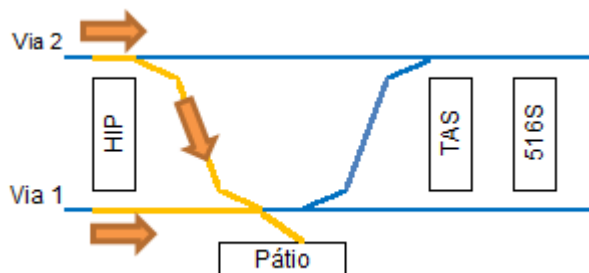
2.2.2.4 Degradação

O Plano de Via foi projetado para permitir estratégias de contorno em casos de degradação do sistema devido a falha de material rodante.

Cada trecho é analisado considerando o tempo de percurso em velocidade reduzida e a possibilidade de retorno do trem em reverso, levando em conta a possibilidade de existência de outro trem no caminho.

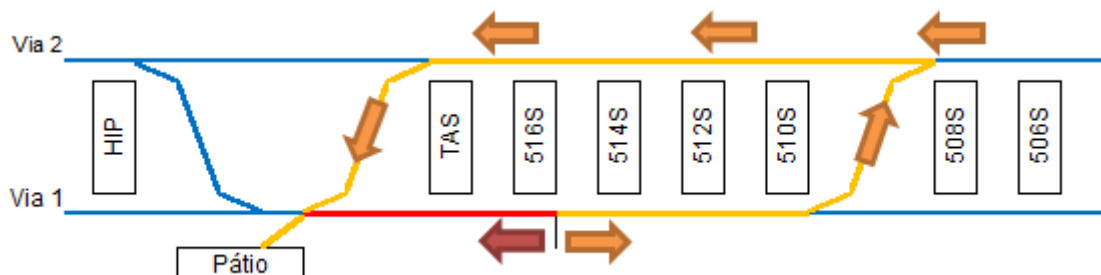
Estação HIP:

- Na via 1 ou via 2, o trem é recolhido diretamente ao Pátio:



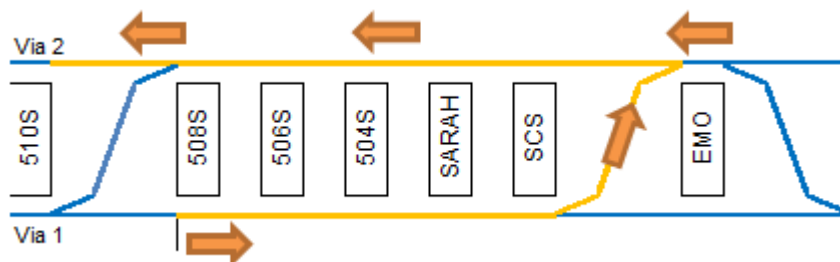
Trecho TAS a 510S:

- TAS ou 516S na via 1: o trem é recolhido ao Pátio seguindo em reverso pela via 1.
- 514S a 510S na via 1: O trem segue até o AMV 510S/508S, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 2 até o Pátio.
- 510S a TAS na via 2: O trem segue pela via 2 até o Pátio.



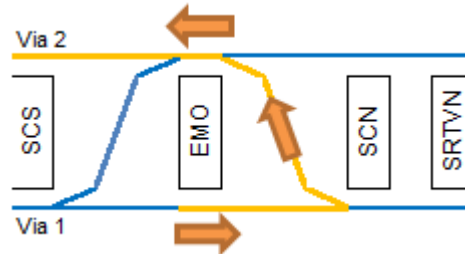
Trecho 508S a SCS:

- 508S a SCS na via 1: O trem segue até o AMV SCS/EMO, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 2 até o Pátio.
- SCS a 508S na via 2: O trem segue pela via 2 até o Pátio.



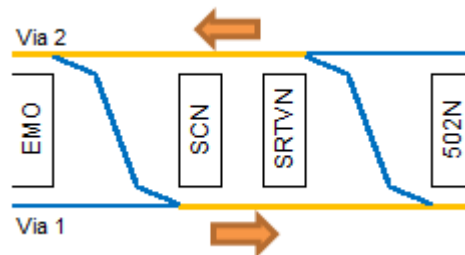
Estação EMO:

- EMO na via 1: O trem segue até o AMV EMO/SCS, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 2 até o Pátio.
- EMO na via 2: O trem segue pela via 2 até o Pátio.



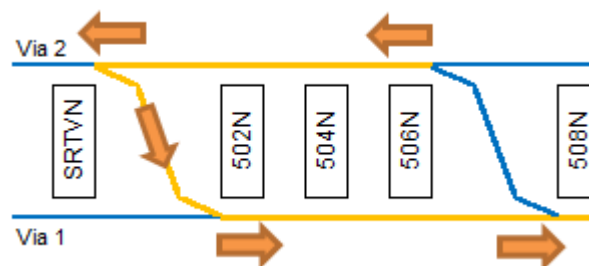
Trecho SCN a SRTVN:

- SCN a SRTVN na via 1: O trem segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.
- SCS a 508S na via 2: O trem segue pela via 2 até o Pátio.



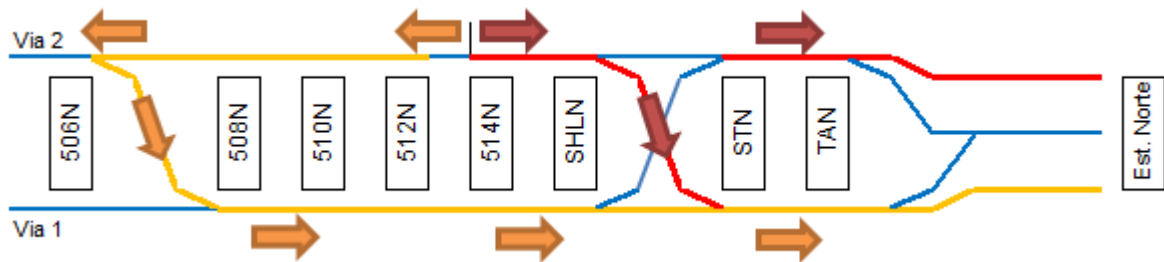
Trecho 502N a 506N:

- SCN a SRTVN na via 1: O trem segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.
- SCS a 508S na via 2: O trem segue até o AMV SRTVN/502N, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.



Trecho 508N a TAN:

- 508N a TAN na via 1: O trem segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.
- 508N a 512N na via 2: O trem segue até o AMV 506N/508N, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.
- 514N a SHLN na via 2: O trem segue em Reverso até o AMV SHLN/STN, realiza a troca de via e reversão de comando, e segue pela via 1 até o Estacionamento Norte.
- STN a TAN na via 2: O trem é recolhido ao Estacionamento Norte seguindo em reverso pela via 2.



2.3 OPERAÇÃO DOS TRENS E DAS ESTAÇÕES

2.3.1 Introdução

A operação dos trens e estações é a atividade do VLT onde os empregados tem contato direto com os passageiros. Nestes postos, os empregados representam a imagem da empresa, devendo trazer sempre os valores e a missão da companhia.

Dessa forma, é necessária a padronização de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:

- Apresentação - com uso de uniforme padrão e identificação visível (crachá);
- Postura – por meio de comportamento receptivo e proativo;
- Comunicação – de forma clara e precisa, respondendo a todas as solicitações dos usuários.

Para atingir esse padrão, são necessários treinamentos e acompanhamento dos empregados, devendo acontecer de forma regular, para detectar desvios e solucioná-los a fim de evitar exposição incorreta aos passageiros.

2.3.2 Procedimentos e Treinamentos

Devido à complexidade dos trabalhos em um sistema de transporte, deve ser realizado estudos e definida a normatização das atividades, por meio de Procedimentos, que devem seguir os Valores e a Missão da empresa.

Os procedimentos devem ser organizados de forma hierárquica, contendo minimamente:

- Objetivo;
- Normas superiores;
- Destinatários;
- Resumo; e
- Conteúdo.

Todos os empregados devem ser treinados com base nos procedimentos e tomar ciência de eventuais atualizações, a fim de manter a prestação de serviço padrão aos passageiros.

2.4 CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL

2.4.1 Introdução

O Centro de Controle Operacional (CCO) é o local onde são centralizadas todas as informações operacionais do sistema e onde ocorre a gestão e tomada de decisão operacional.

Dessa forma, todos os sistemas devem garantir as informações necessárias para a realização do controle da operação.

2.4.2 Gerenciamento da Operação

O controle do funcionamento das estações e da circulação de trens ocorre no CCO, com base nos procedimentos e normas da empresa, e ocorre por meio de:

- Comunicação com os empregados das estações e trens por telefone e por rádio;
- Pelo sistema de sinalização de tráfego e detecção de posicionamento dos trens;
- Pelo sistema de sinalização de energia;
- Pelo CFTV;
- Pelos sistemas de sinalização dos sistemas auxiliares.

O CCO deve ser composto por consoles de controle, guarnecidos por controladores de operação sob o comando do Supervisor de Controle, detentor da palavra final sobre as decisões operacionais.

Para permitir a fiscalização e eventuais investigações, todas as comunicações do CCO devem ser gravadas bem como todos os sistemas devem ter registro (logs) de todas as atividades (comandos e alterações de estados), informações estas que devem ser mantidas em ambiente seguro e com redundância.

2.5 ÍNDICES DE DESEMPENHO

A fim de monitorar o desempenho do sistema e como ferramenta de tomada de decisão, devem ser implantados Indicadores de Desempenho, que abranjam produtividade e qualidade do serviço.

Dentre os indicadores de produtividade, apresenta-se:

- Passageiros Transportados – quantidade total de passageiros transportados, por recortes de tempo e locais;
- Passageiros Integrados – quantidade total de passageiros integrados de outros sistemas, por recortes de tempo e locais;
- Índice de Ocupação (Passageiros Transportados / Lugares Ofertados) – para avaliar o nível de utilização dos serviços de transporte ofertados;
- Indicador de Produtividade do Quadro (Passageiros Transportados / N.º de empregados) – para avaliar a produtividade de acordo com o quadro de empregados;

- Indicador de Receita/Subsídio (Receita Total / Despesa de Custeio) – para avaliar o nível da receita e apontar necessidade o subsídio necessário para operação do sistema.

Dentre os indicadores de Qualidade, apresenta-se:

- Índice das Viagens Ofertadas (Viagens Programadas / Viagens Realizadas) – para avaliar o cumprimento da programação de viagens;
- Índice de Regularidade do Intervalo (Intervalo Programado / Intervalo Realizado) – para avaliar o comportamento do intervalo entre os trens em diversos pontos da linha;
- Índice de Segurança Operacional (Ocorrência / milhão de passageiros transportados) – para avaliar a segurança operacional do sistema, e abrange ocorrências como:
 - Furtos e Assaltos nas estações e trens;
 - Acidentes em rampas e escadas;
 - Acidentes no embarque (gap da plataforma e portas dos trens);
 - Acidentes na via (atropelamentos e abalroamentos).
- Índice de Disponibilidade da Frota (Frota Disponível / Frota Total) – para avaliar a disponibilidade da frota de trens para cumprimento do planejamento operacional;
- Índice de Uso da Frota (Frota Programada / Frota Total) – para avaliar se o planejamento está detectando demanda suficiente para utilização da frota e acompanhamento da reserva operacional de trens.

Para a tomada de decisão, também é necessário a disponibilização de outros indicadores, em especial aqueles vinculados ao desempenho dos equipamentos (falhas, indisponibilidade para manutenção, etc.), que devem ser implantados e disponibilizados pelas áreas de manutenção da empresa.

Todos os índices devem ser apurados em tempo real, diariamente, mensalmente e anualmente, conforme sua natureza, auxiliando o controle operacional e devem ser registrados em relatórios com a mesma periodicidade, a serem levados à gestão da empresa para conhecimento e acompanhamento.

3 MATERIAL RODANTE

3.1 EXIGÊNCIAS GERAIS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1.1 Propostas Técnicas

O Fabricante deverá detalhar a proposta técnica, fornecendo todas as características básicas do projeto, necessárias à perfeita compreensão e possibilitando a análise detalhada do veículo e seus equipamentos, respeitando as normatizações e parametrizações aqui estabelecidas.

Todo o desenvolvimento do projeto deverá atender aos requisitos de CDMS - Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança (RAMS Reliability, Availability, Maintainability and Safety - no acrônimo em Inglês), conforme definido na norma CENELEC EN 50126.

Além da metodologia aplicada pelos requisitos de CDMS, também deverão ser observados os requisitos básicos funcionais, de desempenho, de confiabilidade, de manutenibilidade e de segurança, descritos nessa especificação.

O Fabricante é responsável pelo fornecimento de todos os produtos e serviços necessários ao desenvolvimento e implantação de todos os Sistemas do veículo, entregando-o em perfeito funcionamento e operando de forma integrada com os demais sistemas embarcados e não embarcados.

3.1.2 Normas Técnicas

O Fabricante deverá desenvolver o projeto do veículo (VLT), atendendo aos requisitos das normas referenciadas neste documento. Os acrônimos dos órgãos normalizadores são:

ACRÔNIMO	ÓRGÃO
AAR	Association of American Railroads
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
AS	Aerospace Standard
ASTM	American Society for Test and Materials
AWS	American Welding Society
BS	British Standard
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
DIN	Deutsche Norm (Deutsches Institut für Normung)
EM	Norma da União Européia (European Standard)
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISSO	International Standards Organization
MIL-STD	Military Standard (USA)

NBR	Norma Brasileira
NF	Norma Francesa (Norme Française)
NR	Normas Regulamentadoras (Ministério do Trabalho e Emprego)
SAE	Society of Automotive Engineers
UIC	Union Internationale des Chamins de Fer
UL	Underwriters Laboratories

As normas técnicas de outros órgãos normalizadores estrangeiros poderão ser aceitas, desde que o Fabricante comprove a equivalência com as referenciadas.

3.1.3 Definições

- Assistente Pessoal Digital (PDA) - Computador portátil dotado de grande capacidade computacional, com interconexão aos computadores e redes de informática sem fios. Provido de som, comunicação, vídeo, formulários, procedimentos, manuais, vídeo conferência.
- Carga Excepcional - Considerar veículo ocupado com 8 (oito) passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas.
- Carga Máxima ou Sobrecarga - Considerar veículo ocupado com 6 (seis) passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas.
- Carga Nominal - Considerar veículo ocupado com 4 (quatro) passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas.
- Carga em Vazio - Considerar Veículo sem passageiros.
- Public Adress (PA) – Audição pública para informações aos usuários.
- Rodeiro - Conjunto formado por duas rodas paralelas entre si, com centros alinhados na mesma perpendicular, podendo conter um eixo ou não.
- Câmeras de vídeo: Interna nos salões de passageiro, interna nas cabines, nos retrovisores laterais e frontais, em ambas as cabines.

3.2 CONDIÇÕES GERAIS DO SISTEMA

3.2.1 Características Principais da Rede

3.2.1.1 Inserção dos veículos

Os veículos operarão em vias segregadas e/ou compartilhadas com automóveis e outros veículos rodoviários.

Os veículos servirão estações/paradas com plataformas de comprimento mínimo de 45 m.

A altura das plataformas será entre 30 e 35 cm sobre o topo do boleto dos trilhos de rolamento. A distância média entre estações será de aproximadamente 720m.

O sistema de VLT prevê alimentação elétrica por trilho APS e, nos pátios com rede aérea (catenária - autocompensada).

3.2.1.2 Características da Via

Os veículos deverão ser fornecidos para serem utilizados em via permanente com as seguintes características:

- Bitola: 1.435 mm.
- Raio mínimo de curvas horizontais em vias principais: 25m;
- Raio mínimo de curvas horizontais em vias secundárias: 20m;
- Curvas de transição em vias principais (clotóides): mínimo 11m;
- Raio mínimo de curvas verticais (côncava ou convexa): 350m;
- Rampas máximas: 7%;
- Perfil de roda conforme norma UIC 510-2 OR;
- Superelevações de até 150 mm poderão ser aplicáveis em vias segregadas ou trechos sem previsão de cruzamentos em nível.

3.2.1.3 Alimentação Elétrica do Sistema

A tensão nominal da alimentação elétrica, nominal, dos trens e de 750VCC, fornecida pelas subestações retificadoras de tração que alimentarão o trilho APS ao longo da via em trecho urbano, e catenária flexível e autocompensada em pátios.

Os níveis de tensão de alimentação deverão estar de acordo com a norma IEC 60850 e EN 50163, ou seja:

- Tensão nominal: 750 VCC;
- Tensão máxima: 900 VCC;
- Tensão mínima: 500 VCC;
- Ripple máximo: 5%.

Todo equipamento alimentado diretamente pelo APS deverá operar satisfatoriamente em qualquer valor de tensão entre 500 VCC e 900 VCC, mesmo ocorrendo variações bruscas de valores contidos nesta faixa.

A captação de energia elétrica deverá ser feita através de trilho APS e pantógrafo instalado na cobertura dos trens.

O Veículo deve ser projetado para, no caso de ocorrências de ausência de alimentação elétrica via trilho APS ou catenária, ter autonomia de movimento, em todas as condições operacionais especificadas, para percorrer, no mínimo, 400 (quatrocentos) metros. Considerar para o dimensionamento, que estas ocorrências poderão ocorrer em intervalos mínimos de 20 (vinte) minutos.

3.2.2 Características da Prestação de Serviço

Os veículos, em quaisquer condições de carregamento, deverão ser projetados para operar continuamente 20 horas por dia, 7 dias por semana, e com velocidade máxima de serviço operacional de 70 km/h.

3.2.3 Condições Ambientais

Os veículos circularão e ficarão estacionados a céu aberto.

Os níveis médios diários de temperatura e umidade existentes no Distrito Federal apresentam grande variação.

Para efeito dos cálculos e definição de características dos equipamentos deverão ser considerados ambientes com variação de temperatura entre 0 °C a 70 °C e umidade relativa do ar entre 10% e 100% com poluição ambiental e chuvas ácidas.

3.3 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DO MATERIAL RODANTE

3.3.1 Arquitetura e Design do veículo

A arquitetura do material rodante será o resultado da aplicação das exigências funcionais e técnicas dessa especificação e das diretrizes de design e inserção urbanística a serem desenvolvidos quando do projeto executivo, principalmente no que se refere a:

- Máscara, interior e exterior dos veículos, bancos, pega mãos, áreas especiais (cadeira de rodas/ bicicletas/ carrinhos de bebê), layout, etc.
- O salão de passageiros deverá possuir piso 100% rebaixado e plano, permitindo o deslocamento de cadeiras de rodas.
- O veículo deverá ser constituído por 3 a 7 módulos.
- O veículo será bidirecional com cabina de condução nas duas extremidades.

3.3.2 Dimensões do veículo

- Comprimento Máximo: 45 m;
- Largura máxima: 2,65 m;
- Altura máxima do veículo, com pantógrafos deverá ser compatível com as características da rede aérea (altura de captação mínima de 3,75m e máxima de 6,00m).

3.3.3 Gabaritos dos Veículos

O gabarito dinâmico do veículo a ser fornecido deverá se inscrever no traçado da rede de VLT, considerando todos os limitantes geométricos das vias, estações e pátios.

Os desenhos dos gabaritos estáticos e dinâmicos do veículo, o memorial de cálculo completo, os métodos e critérios adotados para esses cálculos, tanto para os trechos de vias retas quanto os em curva, deverão ser detalhados no projeto executivo.

O estudo de comportamento dinâmico deverá ser realizado pelo fabricante de acordo com os parâmetros definidos pela norma UIC 505. O Fabricante deverá apresentar memorial de cálculo completo com todos os métodos e critérios adotados para os cálculos dos gabaritos.

Esse estudo deverá ser realizado através da simulação dinâmica dos veículos, por meio de software, considerando as características reais do projeto executivo da via permanente (geometria, acelerações verticais e laterais, etc.) e os seus limites de desgaste, definidos em norma, e ainda de acordo com a suspensão do veículo e os seus respectivos limites de desgaste.

O estudo do comportamento dinâmico visa comprovar o atendimento:

- À marcha tipo projetada de acordo com as condições de restrições de velocidade impostas pelo projeto executivo da via permanente;
- Ao gabarito dinâmico calculado;

- Aos níveis de conforto.

Deverão ser considerados, dentre outros, os seguintes fatores de influência no cálculo dos gabaritos e na simulação dinâmica:

- As condições de movimento do veículo;
- As folgas e desgastes dos componentes do veículo;
- Os limites das tolerâncias, folgas e desgastes dos componentes da via permanente;
- A carga máxima do veículo;
- As falhas totais sobrepostas na suspensão do veículo;
- A inserção do veículo nas curvas e nos pontos de inflexão;
- As máximas oscilações do veículo em movimento não deverão ultrapassar, mesmo nas piores condições de desgaste da via e do veículo, os limites determinados pelo gabarito das vias, estações e pátios. A folga mínima entre o gabarito dinâmico do Material Rodante e o limite do gabarito das vias, estações e pátios - GLO deverá ser de 0,15m.

3.3.4 Capacidade do Veículo

A capacidade mínima do veículo deverá ser de 400 passageiros, sendo:

- Pelo menos 56 passageiros sentados, contemplando 2 (dois) bancos para obesos e 2 (dois) passageiros em cadeiras de rodas.
- Taxa de ocupação: 6 passageiros em pé/m².

3.3.5 Capacidade de carga

No desenvolvimento do projeto deverão ser consideradas as seguintes cargas:

- Carga em vazio: CV - Veículo Vazio;
- Carga Nominal: CN - Veículo ocupado com 4 passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas;
- Carga Máxima ou Sobrecarga: CM - Veículo ocupado com 6 passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas;
- Carga Excepcional: CE - Veículo ocupado com 8 passageiros em pé/m², com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas.

O peso médio do passageiro a ser considerada deverá ser de 75 daN.

O peso máximo por rodeiro não poderá exceder a 12 toneladas, considerando a carga excepcional.

3.3.6 Desempenho do Veículo

O sistema de tração e frenagem elétrica deverá ser projetado para funcionar em toda a faixa de velocidade operacional e para as condições de carro vazio até carregado, considerando 8 passageiros em pé/m².

O sistema de tração e frenagem elétrica deverá ser composto por:

- Equipamentos de controle eletrônico dos inversores de tração, frenagem elétrica e do sistema de frenagem reostática e regenerativa. Se for o caso, circuitos eletrônicos de controle do sistema bateria / supercapacitor, com lógica micro processada;
- Disjuntor extra rápido, contator de manobra e fusível para proteção elétrica;
- Inversores de tração para controle das correntes nos motores de tração tanto na propulsão como na frenagem elétrica, devendo ser um inversor para controle de cada motor;
- Circuitos eletrônicos de controle de freio reostático e regenerativos;
- Circuitos eletrônicos do sistema bateria/supercapacitor (se for o caso);
- Bancos de resistores para freio reostático;
- Motorização dos truques atendo às performances especificadas.

Esses equipamentos deverão controlar o sistema de tração e frenagem elétrica de seu respectivo carro.

Os equipamentos de tração e frenagem elétrica, em conjunto com o motor de tração, deverão proporcionar frenagem elétrica no trem em todas as condições de carga e para qualquer valor de aceleração de frenagem de serviço. O sistema deverá ser dimensionado de forma a proporcionar taxa de frenagem plena nominal de $1,2 - 0 + 0,1 \text{ m/s}^2$, sem necessidade de complementação do freio de atrito, pelo menos a partir da velocidade de 70 km/h até 5 km/h, independentemente do nível de carregamento dos carros.

3.3.6.1 Desempenho em Regime Normal

Deverão ser definidas na etapa de projeto executivo as seguintes curvas:

- Esforço de tração x Velocidade.
- Aceleração x Velocidade.
- Variações de velocidade e da aceleração, nas condições de Carga em vazio (veículo vazio) e Veículo em carga nominal, com a tensão de alimentação de tração nos valores mínimo (500 VCC), nominal (750 VCC) e máximo (900 VCC), de acordo com o perfil da via.

Deverão ser desenvolvidos, no projeto executivo, os cálculos de dimensionamento do sistema de tração, a simulação de marcha, e os consumos de energia elétrica em toda a linha com o Veículo em carga nominal.

As características abaixo foram definidas considerando o Veículo em carga nominal, a via em linha reta e em nível, os trilhos limpos e secos, as rodas novas e a tensão nominal de alimentação (750 VCC).

Desempenho em Tração

- Velocidade operacional máxima: 70 km/h.
- Acelerações:
 - Média entre 0 km/h e 30 km/h: maior ou igual a $1,15 \text{ m/s}^2$.
 - Média entre 0 km/h e 70 km/h: maior ou igual a $0,60 \text{ m/s}^2$.
 - A exceção de situação de emergência, a variação da aceleração com o tempo ("jerk") não deverá ser superior a $1,2 \text{ m/s}^3$.
 - Em rampas de 7%, entre 0 km/h e 20 km/h, a aceleração mínima deverá ser $0,3 \text{ m/s}^2$.

O sistema de tração deve ser dimensionado para sempre iniciar e propiciar movimentação do veículo, mesmo em rampa de 7%, independentemente do carregamento e em qualquer local da via operacional ou nos pátios.

Em qualquer condição, mesmo com rampa de 7%, ao partir não deverá haver recuo do veículo.

Desempenho em Frenagem.

Frenagem de Serviço

A frenagem de serviço deverá garantir uma desaceleração de $1,2 \text{ m/s}^2$ em qualquer condição de operação do veículo, com carregamento excepcional (CE), com os trilhos secos ou molhados e em rampas descendentes. A variação da desaceleração com o tempo (“jerk”) deverá estar compreendida entre $0,7$ e $1,2 \text{ m/s}^2$ nessas condições.

O veículo deverá ser equipado com um sistema antideslizamento ativado pela frenagem de serviço.

O sistema de frenagem elétrica deve ter capacidade de aplicação de freio regenerativo e reostático pleno para a frenagem de serviço, em todas as velocidades operacionais desde a máxima até 0 km/h para veículo com carga nominal e de pelo menos 70 km/h a 5 km/h para veículo com carga máxima.

Para as faixas de velocidade em que a frenagem elétrica não for possível de ser plena (acima de 70 km/h e abaixo de 5 km/h) ou com o veículo com carga excepcional, o esforço frenante para atingir a desaceleração especificada, pode ser complementado com os freios de atrito com a função de “blending”. A sequência do escoamento da regeneração deve dar prioridade à carga dos supercapacitores (se houver) seguidos das baterias.

A transição entre o freio elétrico (regenerativo ou reostático) e o freio de atrito não deverá provocar solavancos.

Frenagem de Segurança

A frenagem de segurança deverá garantir uma desaceleração mínima de $1,5 \text{ m/s}^2$, utilizando os seguintes sistemas de frenagem:

- Frenagem elétrica regenerativa/reostática (eletrodinâmica).
- Frenagem mecânica, que deverá manter o mesmo desempenho da frenagem elétrica.
- Frenagem com auxílio do freio eletromagnético.

Frenagem de Emergência

A frenagem de emergência, com auxílio do freio eletromagnético, deverá garantir uma desaceleração entre $2,3$ e $2,8 \text{ m/s}^2$, independentemente das condições de aderência roda/trilho.

O solavanco (“jerk”) deverá ser no máximo $6,0 \text{ m/s}^2$.

A frenagem de emergência poderá conjugar os freios eletromagnéticos e de atrito (frenagem mecânica), inibindo a frenagem eletrodinâmica. Nesse caso, o sistema antideslizamento deverá ser inibido.

3.3.6.2 Desempenho em Regime Degradado

Desempenho em Tração

Com um módulo motor fora de serviço e a tensão de linha igual a 80% da tensão nominal, o sistema de tração deve ser dimensionado para sempre iniciar e propiciar movimentação do

veículo, mesmo em rampa de 7%, independentemente do carregamento e em qualquer local da via operacional e nos pátios.

O veículo em vazio deverá rebocar outro veículo vazio, com a tensão da linha igual a 80% da tensão nominal e rampa de 7%. O comboio formado pelas duas unidades deverá poder se movimentar com velocidade de até 20 km/h até estacionar, em qualquer ponto da linha.

Em qualquer condição, mesmo com rampa de 7%, ao partir não deverá haver recuo do veículo. Nas condições acima, os equipamentos deverão ser dimensionados para suportar as sobrecargas decorrentes dessas manobras, respeitados os requisitos de segurança. Essas condições deverão ser confirmadas nos cálculos de desempenho de tração e frenagem, no projeto executivo.

Desempenho em Frenagem

- Frenagem de Serviço

Sem uma unidade de freio o desempenho da frenagem de serviço deverá ser mantido até a última estação / parada da linha, sem redução da segurança e da confiabilidade da operação, com o veículo trafegando a 40 km/h.

- Frenagem de Emergência

Sem uma unidade de freio a taxa de frenagem de emergência deverá ser no mínimo igual a 2,3 m/s², com o veículo trafegando a 40 km/h, sem redução da segurança e da confiabilidade da operação.

- Frenagem de Segurança

Sem uma unidade de freio a taxa de frenagem de segurança deverá ser no mínimo de 1 m/s², a partir da velocidade máxima.

- Frenagem de Estacionamento

Sem uma unidade de freio mecânico a frenagem de estacionamento deverá sempre ser capaz de manter parado um veículo com carga máxima, mesmo em trecho com rampa máxima de 7%.

A frenagem de estacionamento do veículo deverá sempre ser capaz de manter parado um comboio formado por dois veículos vazios, mesmo em rampa máxima de 7%.

O freio de estacionamento deverá ter dispositivo que permita sua desativação manual em caso de emergência.

3.3.6.3 Sistemas Anti deslizamento e Anti patinagem

Os sistemas anti deslizamento e anti patinagem deverão otimizar o desempenho dos veículos em qualquer condição de tração ou frenagem, garantindo:

- A não ocorrência de patinagem ou bloqueio das rodas.
- Que o acréscimo da distância de frenagem em qualquer condição degradada da via, comparado com a distância obtida com os trilhos secos e limpos, não deverá ser superior a 40% na frenagem de serviço e 30% na frenagem de emergência.

O Sistema antideslizamento deverá manter sua eficiência mesmo nas condições de rodas usadas.

Todos os truques motorizados deverão ser equipados com dispositivos areeiros para aumentar a aderência das rodas nos trilhos, minimizando o risco de deslizamento ou patinagem.

Os areiros deverão ser acionados, pela cabina no sentido de condução, nas condições de deslizamento em tração e frenagem, das seguintes formas:

- Manualmente, pelo condutor.
- Automaticamente, na condição de tração.
- Automaticamente, em todos os rodeiros, no caso de frenagem de emergência ou segurança.
- Automaticamente, no rodeiro em deslizamento, na condição de freio de serviço.

3.4 MODO OPERACIONAL DO VEÍCULO

3.4.1 Modo de Condução

O modo de condução do VLT é a marcha à vista que se sobreporá restritivamente ao sistema de sinalização.

O VLT circulará à esquerda da via, junto ao canteiro central, e também em via dupla, sendo que o serviço das portas deverá poder ser realizado em ambos os lados.

3.4.2 Operação em Modo Normal

A condução normal do veículo somente poderá ser feita pela cabina dianteira no sentido da condução. O comando simultâneo pelas duas cabinas não será possível.

O comutador da cabina de comando será do tipo multiposições e permitirá realizar as seguintes funções:

- Preparação automática do veículo.
- Ativação da cabina em serviço em modo normal.
- Ativação da cabina em serviço em modo de manobra.

Sem a ocupação de uma das cabinas por um condutor o veículo terá todos os comandos inabilitados, exceto o freio de segurança e os interfones entre cabinas.

Com a ocupação de uma das cabinas por um condutor todas as funções de segurança deverão ser mantidas ativadas.

A ativação do veículo não liberará o freio de estacionamento; para isso será necessário um comando específico.

3.4.3 Tipos de Marcha

3.4.3.1 *Marcha avante*

Uma manopla única deverá permitir os comandos de tração e a frenagem do veículo; com ela posicionada neutra e com velocidade nula, será aplicado o freio de estacionamento.

A manopla deverá ter um dispositivo, de comando intermitente, com a função homem morto. Com o veículo em marcha, caso o dispositivo de comando intermitente deixe de ser acionado, automaticamente será aplicada a “frenagem de segurança”.

A aplicação desta frenagem deverá ser irreversível até a parada total do veículo.

3.4.3.2 *Marcha à ré*

A condução à ré será excepcional, deverá ser limitada a 3 km/h e todos os procedimentos operacionais de segurança específicos para essa manobra deverão ser rigorosamente cumpridos.

3.4.3.3 *Marcha de manobra*

Esse modo de condução será utilizado no Centro de manutenção, nos desvios e nas áreas de manobra. Nesse caso, a velocidade será limitada a 20 km/h.

3.4.4 *Acoplamento de dois veículos*

Nessa operação deverá existir um comando que permita a operação com a velocidade dos veículos limitadas a 3 km/h com veículo cheio e 5 km/h com veículo vazio, para o acoplamento entre duas unidades.

Esse comando será utilizado também na condução do veículo na máquina de lavar.

3.4.5 *Operação das Portas*

Existirão dois modos de operação das portas.

Em ambos os casos, a abertura das portas somente será autorizada pelo sistema se a velocidade do veículo for igual ou menor que 3 km/h. Não deverá haver memorização do último lado de abertura selecionado.

3.4.5.1 *Primeiro modo*

Autorização de comando de abertura pelo condutor do veículo e acionamento pelos passageiros (autosserviço).

Qualquer porta, do lado autorizado pelo condutor para abertura, deverá poder ser aberta pelos passageiros, interna ou externamente ao veículo, pela ativação do botão de abertura localizado nas portas.

Deverá existir uma sinalização luminosa nos botões de acionamento de porta para indicar que a autorização para sua abertura foi dada.

O condutor deverá poder anular a autorização para a abertura das portas por parte do passageiro.

O fechamento das portas comandadas pelos passageiros ocorrerá automaticamente após um tempo pré-determinado. O condutor ao término do tempo de parada na estação/parada deverá poder comandar o fechamento de todas as portas. Deverão existir mensagens sonoras pré-gravadas e luminosas que indicarão a iminência do fechamento das portas.

No caso de detecção de obstáculos durante o fechamento de uma ou mais portas, essa(s) porta(s) retrocederá(ão) ligeiramente para a retirada do obstáculo, tornando a tentar o fechamento automaticamente.

Após 5 tentativas de fechamento, caso o obstáculo não seja removido, todas as portas do lado comandado serão abertas e o condutor poderá comandar de novo o fechamento.

3.4.5.2 *Segundo modo*

Os comandos de abertura e fechamento deverão ser acionados unicamente pelo condutor do veículo.

No caso de detecção de obstáculos durante o fechamento de uma ou mais portas, essa(s) porta(s) retrocederá(ão) ligeiramente para retirada do obstáculo, tornando a fechar automaticamente.

Após 5 tentativas de fechamento, caso o obstáculo não seja removido, todas as portas do lado comandado serão abertas e o condutor poderá comandar de novo o fechamento.

3.4.5.3 Botão nas portas de acesso aos portadores de necessidades especiais (PNE)

As portas para acesso dos passageiros portadores de necessidades especiais deverão ser equipadas com dispositivo de abertura instalado em altura adequada para uso de um usuário em cadeira de rodas.

3.4.6 Supervisão dos Veículos e Redes de Comunicação

No veículo serão executadas várias funções pelo acionamento dos diversos comandos que serão supervisionados.

Deverá haver uma rede estruturada (data bus), interna ao veículo, para supervisão, controle e aquisição de dados desses eventos.

Esses eventos de alarmes de falhas diagnosticados no VLT deverão ser enviados para o Sistema de Apoio à Manutenção (SAM) que deverá ser instalado no Pátio. A comunicação entre o VLT e o SAM deverá ser realizada pelo Sistema de Transmissão de Dados (STD), quando o VLT estiver na área de cobertura do sistema.

Outros eventos poderão ser definidos na fase de elaboração do projeto executivo.

Nos veículos existirá um sistema de rádio móvel conforme item 3.12 localizado em cada uma das cabinas de condução para envio dessas mensagens.

3.4.6.1 Comandos Remotos

Comando Remoto dos Aparelhos de Mudança de Via – AMVs

As cabinas de condução deverão ser equipadas com dispositivos para comando/alinhamento da rota do veículo, que também, poderão ser acionados pelo condutor.

3.4.7 Operação em Modo Degradado

Deverão ser possíveis as seguintes operações dos veículos em situações degradadas:

- Veículo com Falha a ser reparada após a operação comercial: Caso ocorra uma falha leve, que não interfira na segurança dos passageiros e não impacte na operação, o veículo deverá permanecer em operação até a viagem final prevista em sua tabela horária ou após o término do horário de pico, para só então a falha ser reparada.
- Veículo com Falha a ser retirado da operação comercial na Estação/Parada Final da Linha: Caso ocorra uma falha que limite o funcionamento do veículo, ele será retirado da operação na estação/parada final da linha, para reparo da falha.
- Veículo com Falha a ser retirado da operação na próxima Estação/Parada após ser evacuado: Corresponde à falha envolvendo a segurança dos passageiros. Nesse caso, os passageiros serão desembarcados na próxima estação/parada e o veículo retirado de operação para reparo.
- Reboque do veículo: Corresponde à falha que requeira o reboque do veículo. Para reboque do veículo com falha, será utilizado o veículo que estiver mais próximo e no mesmo sentido.

Para isso, os passageiros dos dois veículos serão evacuados na próxima estação/parada. O comboio formado pelos dois veículos será conduzido até a estação/parada no final da linha ou ao Centro de Manutenção.

A classificação da operação a ser executada após uma falha será determinada pelo CCO, de acordo com as informações do condutor do veículo e de acordo com os procedimentos operacionais.

3.4.7.1 Operação das Portas

Quando o comando de fechamento de uma ou várias portas não funcionarem, deverá ser possível fechá-las manualmente. Nesse caso, as portas em falha deverão ser isoladas e travadas por um dispositivo independente.

A porta isolada deverá ter seu dispositivo de comando local inabilitado, ser sinalizada na cabina de condução e para os passageiros de dentro ou de fora do veículo. Uma porta travada não poderá ser destravada por um passageiro.

3.4.7.2 Reboque do Veículo

Deverá ser possível realizar as operações de reboque em qualquer local da linha, inclusive nas estações. Na condição de reboque os engates entre os dois veículos deverão estar travados. Deverá existir um acabamento frontal, integrado à máscara do veículo, para ocultar o engate. Esse acabamento deverá ser solidário à máscara.

Deverá ser possível a realização da operação de acoplamento entre duas unidades de VLT em menos de quinze minutos. Essa operação deverá ser facilmente realizada pelos dois condutores dos veículos, qualquer que seja o nível de luminosidade no ambiente exterior.

As seguintes funcionalidades deverão estar disponíveis após a operação de acoplamento:

- Comunicação por interfone entre cabinas de condução dos dois veículos. Por motivo de segurança deverá ser possível o acionamento das buzinas das cabinas.
- As comunicações entre os intercomunicadores da cabine do veículo de socorro e socorrido deverão abrir um canal para gravação deste evento no registrador de eventos do VLT. Nesta gravação deverá ser registrada data hora, minuto e segundo de modo a garantir a preservação dos dados e permitir posterior recuperação deste áudio com o registro das informações de gravação.
- Desbloqueio dos freios do veículo socorrido através de comando do veículo de socorro.
- Nesse caso, o veículo de socorro deverá prover a energia para o desbloqueio dos freios do veículo socorrido.
- Comando do freio de segurança das duas unidades das cabinas de ambos os veículos.
- Em caso de falha nesse comando, essa função poderá ser inibida, e o desbloqueio deverá ser ativado.
- Tração do comboio pela cabina líder (dianteira) do veículo socorrido.
- Aplicação de freio de segurança no caso de desacoplamento.
- Sinalização luminosa dos veículos e comando dos faróis da unidade socorrida.
- Comando das buzinas pelas cabinas dianteiras dos dois veículos.
- Comando do limpador de para-brisas das cabinas frontais dos dois veículos.

3.5 CABINE DE CONDUÇÃO

As cabinas de condução obedecerão às seguintes exigências básicas.

3.5.1 Ergonomia e Conforto

Deverão ser projetadas de forma ergonômica de acordo com as normas vigentes (ABNT, UIC, CENELEC ou outra equivalente reconhecida internacionalmente) e as diretrizes da norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego NR 17 – “Ergonomia”.

O dimensionamento da cabina de condução, a localização dos comandos e dos displays no console, o assento do condutor e suas regulagens, etc. deverão ser projetados de acordo com as medidas antropométricas dos condutores, desde o 5º percentil da mulher até o 95º percentil dos homens do povo brasileiro.

Deve ser considerado, na concepção das cabinas de condução, que além da presença do condutor ela poderá receber eventualmente um acompanhante (orientador / treinador ou outro agente de operação), que de seu assento deverá poder ver todos os comandos de operação, a sinalização exterior e acessar ao comando de freio de segurança.

3.5.2 Conforto climático

Deverão ser providas de um equipamento de ar refrigerado, com controle acessível ao condutor para regulagem da vazão do ar e a temperatura interna.

O critério de dimensionamento, configuração e características deverão seguir as normas da ABNT, UIC e CENELEC ou outra equivalente reconhecida internacionalmente.

Os equipamentos que refrigeram as cabinas deverão ser projetados para manter a temperatura interna entre 5º e 7ºC abaixo da temperatura externa, quando esta for superior a 32ºC, nas condições de variação de temperatura e umidade externas registradas estatisticamente no Distrito Federal.

Deverá ser observada também a radiação solar, de acordo com os valores estatísticos registrados no Distrito Federal, que são variáveis ao longo do dia (tanto os watts/m², como o ângulo de inclinação da incidência solar).

As cabinas poderão ser refrigeradas por equipamentos exclusivos e independentes ou pelo equipamento de ar condicionado do salão de passageiros.

Deverá haver um botão no monitor da cabine que quando acionado desligará / ligará todas as unidades de ar refrigerado do veículo, inclusive a ventilação para uso operacional em caso de fumaça e/ou falha no automatismo deste sistema.

3.5.3 Conforto acústico

O Nível de ruído nas cabinas, com o sistema de refrigeração de ar funcionando em potência máxima e o veículo circulando a 60 km/h, deverá ser igual ou inferior a 70 dBA, medido no centro e a 1,2 m do piso interno do veículo.

3.5.4 Visibilidade

Os para-brisas e as janelas laterais deverão permitir uma visão de 180º na horizontal e os ângulos mortos deverão ser os mais reduzidos possíveis.

Os para-brisas da cabina de condução deverão assegurar ao condutor sentado:

- A visão de transeunte na rua a uma distância mínima de 1,0 m diante do veículo
- (representado por um cilindro de 0,3 m de diâmetro e 1,20 m de altura).
- A visão da sinalização viária localizada ao longo do traçado das linhas.

- A visão das placas de presença da tensão de tração, que serão instaladas a 6,0 m de altura do topo do boleto do trilho, a uma distância mínima de 10m da máscara frontal.
- As janelas laterais não deverão projetar imagens parasitas no para-brisa, com a cabine iluminada.

3.5.5 Limpador de Para-Brisa

A área coberta pelo limpador de para-brisa deverá corresponder no mínimo a 80% da área de visibilidade na cabina sem chuva.

3.5.6 Para Sol

As cabinas deverão ser equipadas com para-sóis em número necessário e suficiente para evitar o ofuscamento do condutor quando da incidência de sol sobre seus olhos.

3.5.7 Retrovisores e Câmeras Frontais

O condutor sentado deverá supervisionar, sem dificuldade, o embarque e desembarque dos passageiros durante a operação das portas.

Essa supervisão deverá permanecer disponível até uma distância de 50 m após a saída do veículo da estação/parada. Essa função será possibilitada pela projeção das imagens das câmeras com IP nativo preferencialmente PoE do CFTV a serem instaladas nas laterais dianteiras e traseiras dos veículos e visualizadas nos dois monitores frontais (um em cada cabine) a serem instalados no console de condução.

3.5.8 Console de Comando

Os comandos e controles que deverão ser disponibilizados aos condutores dos veículos deverão ser localizados ergonomicamente no console de condução e o número de comandos e informações deverá ser minimizado.

Os comandos e controles deverão ser instalados nas diferentes zonas de conforto de acesso, em função da importância e da frequência de utilização das mesmas na condução e na operação das portas.

3.5.9 Armário para Guarda de Pertences do Condutor

Um armário com prateleiras deverá ser instalado em cada cabina de condução para permitir ao condutor do veículo a guarda de seus pertences (paletó, documentos, etc.).

3.5.10 Ferramentas de Segurança

No interior das cabinas deverá ser instalado um extintor de incêndio de pó químico seco para as classes de fogo A, B e C, conforme norma da ABNT. Os extintores devem ser alocados em compartimentos adequados e protegidos com tampa de vidro.

Nas cabines de condução deverá ser instalado um suporte específico para permitir a fixação da alavanca de manobra manual dos AMVs

3.5.11 Fechamento da Cabine de Condução

Os fechamentos entre o salão de passageiros e as cabinas de condução deverão ser feitos de vidro temperado e laminado nos módulos fixos e na porta de vidro de ligação da cabina com o salão de passageiros.

3.6 ACESSIBILIDADE E CONFORTO

3.6.1 Acessibilidade

Os veículos do VLT do Distrito Federal deverão ser acessíveis a todos os passageiros, possuindo características que atendam, sem a eles se limitar:

- Passageiros portadores de necessidades especiais (PNE);
- Passageiros obesos;
- Passageiros usuários de cadeira de rodas;
- Passageiros idosos;
- Passageiras gestantes;
- Passageiros menores de 12 anos.

3.6.2 Interface com a Plataforma

As folgas entre as soleiras dos veículos e a borda das plataformas das estações/paradas em um trecho reto, qualquer seja a carga do veículo (entre CV e CM) e o nível de desgaste das rodas devem cumprir com as seguintes exigências:

- A altura do piso/borda interior do veículo na região das portas não deverá ser superior a ± 60 mm em relação à altura das plataformas.
- A distância máxima entre a borda da plataforma e o veículo não deverá ser superior a 40 mm em frente às portas duplas e a 50 mm em frente às portas simples (ao lado das cabinas), caso existam.
- A interface entre as plataformas de estações/paradas e os veículos com as portas abertas deverá ser considerada tanto nas condições ideais como nas degradadas (veículos com as rodas desgastadas, problemas na suspensão, etc.). Em nenhum caso será admitido que as portas se encostem às plataformas.

3.7 REQUISITOS DE CIRCULAÇÃO

3.7.1 Circulação Interna

A altura interior do veículo não poderá ser menor que 2150 mm.

A largura dos corredores não poderá ser menor que 600 mm junto aos truques dos veículos e menor que 800 mm no restante do veículo, inclusive nos gangways.

Não será necessária a livre circulação dos usuários em cadeira de rodas ao longo de todo o veículo, porém, os locais destinados a usuários com cadeiras de rodas devem ser projetados em conformidade com os requisitos da norma ABNT NBR 14021. Nestas regiões, a largura do corredor de passagem não poderá ser inferior a 900 mm.

3.7.2 Distribuição dos Assentos

A distribuição dos assentos deverá atender aos requisitos das diretrizes de design da boa ergonomia e da capacidade especificada.

Todos os assentos deverão cumprir as exigências das normas da ABNT, UIC e CENELEC ou outra equivalente reconhecida internacionalmente.

3.7.3 Espaço para Cadeiras de Rodas

Em cada veículo deverá haver dois lugares especialmente reservados para usuários em cadeira de rodas, próximos às portas, observadas as exigências das normas da ABNT, UIC e CENELEC ou outra equivalente reconhecida internacionalmente.

3.7.4 Pegas-mãos

Deverão ser instalados apoios e suportes (colunas e barras) para uso dos passageiros em pé, ao longo do salão.

A posição dos apoios e suportes deverá considerar a variedade de altura dos passageiros e as suas necessidades específicas.

3.8 CONFORTO DOS PASSAGEIROS

3.8.1 Conforto Térmico

O veículo deverá ser projetado para garantir conforto térmico aos passageiros e aos seus condutores nas condições ambientais existentes nas quatro estações meteorológicas do Distrito Federal.

Os veículos deverão ter isolamento térmico nas paredes, coberturas e estrados. Os vidros das portas dos para-brisas e das janelas deverão ter proteção para:

- Atenuar a irradiação solar.
- Antivandalismo.
- Segurança dos passageiros.

A proteção dos vidros deverá ser aplicada pelo lado interno dos veículos.

O Veículo deverá ser provido de um sistema de ar refrigerado, com regulagem automática e comum para as unidades de refrigeração, com controle acessível ao condutor para regulagem da temperatura interior.

3.8.2 Conforto Acústico

O veículo deverá ser projetado para garantir adequado conforto acústico aos passageiros e ao condutor dentro dos limites normalizados.

O conforto acústico deverá também ser garantido aos transeuntes no exterior do veículo, nas plataformas das paradas / estações, ao longo das ruas e avenidas e aos imóveis das regiões lindeiras à rede de VLT.

Os níveis de ruído emitidos pelo veículo deverão ser, no máximo, os estabelecidos nas normas ISO 3381 (no interior do veículo) e ISO 3095 (no exterior do veículo) considerando – se:

- Veículo com carga máxima.

- Os trilhos em bom estado.
- Que os trilhos estão esmerilhados.
- Que a via permanente tem proteção anti-vibração.
- Que as rodas estão reperfiladas.
- Com o VLT circulando a uma velocidade constante
- Que os equipamentos de ar condicionado dos salões e da cabina de condução estão em funcionamento.
- Nível de ruído no interior do veículo.

Os níveis de ruído serão medidos no meio, sobre o eixo horizontal, nas extremidades dos módulos e nos gangways do veículo e não deverão ser superiores a:

- 64 dBA com o veículo parado ($V = 0$ km/h).
- 75 dBA com o veículo circulando à velocidade constante de 60 km/h.

3.8.2.1 Nível de ruído externo emitido pelo VLT

Os pontos de medição serão localizados a 7,5 m do eixo da via e a 1,2m sobre o topo do boleto dos trilhos. Os níveis de ruído medidos não deverão ser superiores a:

- 62 dBA com o veículo parado ($v=0$ km/h).
- 83 dBA com o veículo circulando à velocidade constante de 60 km/h.

3.8.3 Conforto Dinâmico – Vibração

Para suavidade de marcha deverão ser obedecidos os requisitos de aceleração, desaceleração e solavancos (“jerks”) definidos nesse documento.

Atenção especial será importante para assegurar geração mínima com atenuação adequada das vibrações, de modo a não afetar o conforto dos usuários, dos transeuntes e das edificações lindeiras.

As frequências próprias das vibrações deverão ser o máximo possível afastadas daquelas prejudiciais à saúde, definidas na Norma ISO 2631.

O projeto deverá atender às especificações determinadas na Norma ISO 14837-1 para geração de vibrações e ruído durante operação de veículos sobre trilhos.

As acelerações das vibrações no salão de passageiros e nas cabinas do condutor não deverão exceder aos valores indicados na norma ISO 2631.

Considerar os parâmetros:

- Aceleração transversal: $\leq 0,5$ m/s² de 0,7 até 10 Hz
- Impactos transversal e vertical: ≤ 1 m/s²

3.8.4 Conforto Visual

As dimensões e a localização das janelas deverão permitir a visão externa de todos os passageiros, em pé ou sentados, principalmente nas plataformas das estações/paradas.

Em condições normais (com iluminação natural), o nível de iluminamento no interior dos veículos deve ser de 400 lux \pm 50 lux.

Na ausência ou deficiência de iluminação natural, o nível de iluminamento no interior dos veículos deverá ser de 350 lux \pm 50 lux, em qualquer ponto na altura de 800 mm acima do piso. Um nível de iluminamento de 120 lux deverá ser atendido durante 30 minutos, em caso de falta da iluminação normal, pela iluminação de emergência do veículo.

A iluminação das áreas de circulação assistida de usuários e rotas de fuga devem possuir nível de iluminamento mínimo de 5 lux, medida no nível do piso.

Em cada cabina de condução e em cada porta de acesso deverá haver um ponto de luz de emergência.

3.9 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES, COMUNICAÇÕES E VÍDEO VIGILÂNCIA

Todos os sistemas que integram os Sistemas de Informações, Comunicações e Vídeo Vigilância, deverão, obrigatoriamente, passar por um processo de testes e verificações de aceitação.

Os testes terão acompanhamento da SEMOB e abrangerão, no mínimo:

- Testes de tipo – protótipo e
- Testes de rotina – lote

3.9.1 Sistema de Informações aos Passageiros (PIS)

Esse sistema será composto, no mínimo, pelos seguintes dispositivos / equipamentos principais.

3.9.1.1 Mensagens Variáveis

Internos aos Veículos informarão o destino e a próxima estação (nas duas cabeceiras), mostrarão o mapa dinâmico da linha (em cima de cada porta, dos dois lados) e mensagens.

Indicador de Destino

Os veículos deverão ser dotados de sistema de indicação de destino automático, com displays em LEDs, nas partes frontais. A matriz de LEDs (diâmetro e espaçamento) que será utilizada deverá ser aprovada em projeto.

Na cabeceira frontal de cada módulo de extremidade deverá ser instalado um indicador de destino, centralizado na parte superior do para-brisa, pelo lado interno da cabina.

Deverá haver também Painéis de Mensagens Variáveis Externos aos Veículos (dois em cada uma das laterais), que indicarão o destino do veículo.

A mudança de destino poderá também ser realizada através de um comando localizado no console da cabina, via “data bus”.

A seleção de destino configurada deverá ser mantida independente da mudança de cabina líder.

O indicador frontal ativado deverá ser o da cabina líder.

A alimentação do indicador de destino deverá ser feita pelo sistema retificador/baterias.

Painéis de Mensagens Variáveis – PMV

Deverá ser previsto no salão de passageiros, dispositivos do tipo display programáveis, de tecnologia LED (painel de mensagens eletrônico) para indicação do nome da estação em que o VLT encontra-se, qual a próxima estação, lado de desembarque, e mensagens pré-gravadas.

O Mapa Dinâmico de Linha terá a função de fornecer aos passageiros a informação da localização do veículo ao longo da linha. A informação é disponibilizada exibindo todas as estações da linha em um mapa, onde em cada estação é representada por um indicador luminoso.

Dois conjuntos com dois monitores de TV, um direcionado para cada sentido, para transmissão de imagens e de mensagens operacionais e de interesse público.

Características funcionais

O dispositivo deverá ser instalado na região das portas do Veículo com as seguintes funções:

- Mostrar o mapa da linha em que o trem está operando;
- Indicar a próxima estação em que o trem deverá parar;
- Informar o lado de abertura das portas e seu estado operacional;
- Estar preparado para exibir informações institucionais e comerciais;
- Ter interface com a rede do trem;
- Ter proteção antivandalismo;
- Permitir comandos e visualizações das suas funções a partir de locais externos ao trem tais como, centros de controle, estações e pátios ou a partir de locais internos ao trem tais como, cabine de comando, rede e do próprio equipamento.

Características Técnicas

- Tensão de alimentação: (bateria do veículo);
- Transientes admissíveis na alimentação: conforme norma EN50155;
- Temperatura ambiente de operação: 0 a +70°C;
- Temperatura de armazenagem: -40 a +85°C;
- Nível de estanqueidade: IP 55 para a parte voltada para o salão de passageiros e parte interna com proteção contra entrada de pó;
- Diâmetro do LED: 3 mm;
- Número de linhas: 3 (três);
- Tamanho da matriz de LED: 3 x 32 bicolor (mínimo);
- Display de 2 dígitos para informar o número da porta – 20 mm x 20 mm mínimo;
- Bip Sonoro;
- Saída para acionamento do indicador de fechamento iminente das portas;
- Integra painel de mensagens do estado funcional da respectiva porta com até três mensagens de fácil visualização até 5m;
- Modos de exibição: Apagado, piscante e aceso, conforme programação;
- Tamanho, mínimo, da área de exibição: 200 mm x 1490 mm

Painéis de Mensagens Fixas

Transmitirão mensagens operacionais aos passageiros (necessidade de validação dos bilhetes, instrução de uso dos intercomunicadores e dos extintores de incêndio, etc.).

Deverão ser previstas placas, adesivos e painéis indicativos para a comunicação e orientação dos usuários, tanto no interior do salão de passageiros como no exterior do veículo.

No mínimo, as seguintes informações deverão ser previstas:

- Indicações para uso das portas;
- Indicação luminosa de fechamento iminente das portas e porta fora de serviço;
- Indicação de direção de entrada e saída;
- Indicação luminosa de porta com comando liberado, no exterior dos módulos;
- Indicação de localização e instrução de uso dos extintores de incêndio;
- Indicação de abertura das portas de emergência;
- Indicação e proibições, de preferências de uso, proibição de fumar, atuações indevidas dos dispositivos, etc.;
- Instrução para acionamento do dispositivo de emergência do salão de passageiros;
- Número do veículo;
- Indicação de uso do microfone do salão de passageiros;
- Indicação de uso de dispositivos em geral;
- Indicação da existência das câmeras de segurança;
- Indicação de assentos preferenciais.

3.9.2 Sistema de Avisos aos Passageiros (PAS)

Esse sistema será composto, no mínimo, pelos seguintes dispositivos / equipamentos principais:

- Equipamentos de Sonorização para transmissão de avisos sonoros do condutor do veículo aos passageiros.
- Sonofletores ao longo do veículo.
- Intercomunicadores para permitir o acionamento do condutor do veículo pelos passageiros em caso de emergência.
- Um terminal de operação, com microfone e dois sonofletores monitor, em cada cabina de condução. O microfone deverá ser único para as funções de radiocomunicação com o CCO, intercomunicador de usuário e transmissão de avisos sonoros aos passageiros e dois sonofletores monitor. O controle de nível de emissão do microfone e da recepção dos sonofletores monitor deverá ser possível controle individual por sistema. Poderá ser utilizada tecnologia IP tanto para o microfone quanto para os sonofletores monitor.
- Alarmes de Segurança (buzinas, alarme de portas, etc.).

3.9.2.1 Requisitos Gerais do Sistema de Comunicação Sonora

O sistema de sonorização deverá permitir a emissão de mensagens com locução do condutor do veículo ou pré-gravadas. Essas mensagens podem ser veiculadas independentes (só áudio) ou em conjunto com comunicação visual escrita nos painéis luminosos instalados no salão de passageiros.

O sistema de sonorização deverá permitir a comunicação bidirecional entre passageiro e o condutor do veículo por meio de intercomunicadores instalados em todos os módulos, em locais próximos às portas de saída.

O sistema de sonorização do veículo deverá apresentar características iguais ou melhores do que as relacionadas a seguir:

- Inteligibilidade mínima de 90% nas áreas sonorizadas e do intercomunicador, comprovada por ensaio.
- Em qualquer sonofletor, apresentar resposta em frequência na faixa de 200 a 8.000Hz \pm 3 dB, sendo permitida uma queda não superior a 6 dB por oitava abaixo de 200 Hz e acima de 8.000Hz.
- Nível de pressão sonora mínima de 10 dB acima do nível de ruído ambiente, medido na área a ser sonorizada, estando limitado a um máximo de 105 dB.
- Gongos eletrônicos anteriores à emissão de mensagens de áudio “ao vivo” ou pré-gravadas.

O sistema deverá ser operado, normalmente, a partir da cabina de comando no módulo líder. No caso de reversão no comando do veículo, de uma cabina para a outra, todas as funções deverão estar disponíveis na nova cabina líder.

Os equipamentos do sistema, presentes nas duas cabinas, deverão ser interligados e possuir redundâncias de maneira que, suas funções não sejam interrompidas mesmo em caso de falha de um dos equipamentos.

O sistema deverá tratar e emitir sinais de áudio gerados a partir do:

- Microfone instalado no console da cabina do veículo;
- Equipamento de mensagens digitalizadas pré-gravadas;
- Subsistema de Intercomunicação e;
- Sistema de Radiocomunicação.

O sistema deverá obedecer a prioridades que impeçam a emissão de duas ou mais mensagens ao mesmo tempo. Na ocorrência da emissão de mensagens simultâneas, a mensagem de menor prioridade deverá ser reemitida após o término da mensagem de maior prioridade.

De forma geral, a prioridade na emissão das mensagens, da mais prioritária para a menos prioritária, deverá ser:

- Mensagens ao vivo por meio do microfone do console do condutor;
- Mensagens digitalizadas pré-gravadas;
- Áudio de mensagens institucionais.

Todos os módulos do veículo deverão ser sonorizados.

O condutor deverá ser capaz de emitir avisos “ao vivo”, para isso, deverá aguardar a sinalização da finalização do gongo eletrônico e iniciar a locução, utilizando o microfone do console.

O microfone deverá ser instalado no console do veículo, de maneira a permitir que as comunicações sejam realizadas com o condutor em posição normal, sem a necessidade de girar a cabeça, o corpo ou curvar-se.

Os sonoflores monitor das cabines do veículo deverão atender às necessidades de comunicação do sistema de sonorização, do radiocomunicador e do intercomunicador. Seu

controle de volume deverá ser ajustável pelo condutor de forma independente para cada um destes subsistemas.

Em caso de interrupção e restabelecimento da alimentação elétrica, o sistema deverá retornar às condições normais de operação, sem a interferência do condutor.

O sistema deverá incorporar recursos para controle dinâmico e automático dos níveis de pressão sonora individual de cada módulo e na cabina do veículo, em função do ruído ambiente desses locais.

3.9.2.2 Intercomunicadores / PA – Public Address

Este subsistema, composto de dispositivos chamados “intercomunicadores de emergência”, deve permitir a comunicação entre um usuário de qualquer módulo com o condutor do veículo. Em caso de necessidade, o usuário ao acionar um dos intercomunicadores instalados no módulo fará soar um sinal sonoro e visual na cabina do veículo que, ao ser reconhecido pelo condutor, estabelecerá a comunicação.

A comunicação deverá ser bidirecional e só o condutor deverá teclar para falar.

O usuário, uma vez estabelecida a comunicação, não deverá executar mais nenhum comando, apenas falar.

O intercomunicador do veículo deverá permitir que a comunicação entre o condutor e o usuário seja exclusiva. Durante esta comunicação, qualquer mensagem de áudio que estiver sendo emitida naquele módulo deverá ser suspensa, todos os outros intercomunicadores do veículo deverão ser inibidos e sinalizados como “ocupado”. O condutor do veículo poderá visualizar em um dos monitores instalados na console da cabina a imagem da câmera mais próxima ao intercomunicador acionado (o monitor que apresentará a imagem será definido durante o desenvolvimento do projeto executivo) através de uma janela que deverá ser aberta quando do acionamento do dispositivo intercomunicador.

Caberá ao condutor encerrar a comunicação sendo que, a partir deste momento todos os intercomunicadores do veículo deverão estar liberados para uma nova chamada.

As comunicações (dados contemplando o áudio, a data, a hora, minuto, segundo e outras informações pertinentes) realizadas por meio do intercomunicador deverão ser registradas e gravadas, no veículo, em equipamento denominado "caixa preta".

3.9.2.3 Rádio

A comunicação de voz via rádio, deverá ter cobertura em qualquer ponto da via principal e do pátio. O microfone deverá ser integrado com o PA - public address do veículo.

A comunicação do veículo com o Centro de Controle deverá ser privativa.

Os rádios instalados no VLT deverão ser ligados de forma redundante para garantir a disponibilidade do Sistema Terra-Veículo.

3.9.3 Sistema de Vídeo Vigilância (CFTV)

As câmeras deverão ser do tipo IP nativo, preferencialmente PoE.

Esse sistema será composto, no mínimo, pelos seguintes dispositivos e equipamentos principais:

Um mínimo de uma câmera de vídeo em cada módulo do veículo, para vigilância do salão de passageiros.

Uma câmera de vídeo frontal, em cada cabina de comando do veículo, para registro do trânsito à frente do veículo, além das manobras do condutor;

Quatro câmeras de vídeo externas ao veículo, duas de cada lado, para supervisão da entrada e saída dos passageiros no veículo nas estações/paradas e para captação de imagem, durante a viagem, que funcionarão como retrovisores para o condutor do veículo quando esse estiver em movimento.

O sistema de CFTV deverá possuir gravadores digitais com memória em estado solido para as imagens das câmeras instaladas no veículo.

Os gravadores deverão ser digitais e operar de forma continua 24 horas por dia. As imagens padrões gravadas por cada gravador do trem deverão ter as seguintes características:

- Resolução mínima de 1024x768 podendo ser programado para outra resolução;
- 10 quadros por segundo podendo ser programado para outra quantidade;
- Gravação das últimas 36 h.

As imagens das câmeras dos carros (módulos) deverão também ser gravadas em equipamento resistente a impacto, fogo e explosão tipo “caixa preta”. A “caixa preta” deverá ter capacidade de gravação das últimas 2 horas com amostragem de, no mínimo, 10 quadros por segundo na resolução acima.

No console dos carros de extremidades deverão existir três monitores de vídeo com as seguintes características:

- Deverão ser coloridos, tecnologia LED, resolução 1024 X 768 (mínimo), tela plana (widescreen), dimensões entre 10” e 14” e ter proteção antirreflexos e sensível ao toque (touch-screen).
- A alimentação dos monitores de vídeo deverá ter redundância e ser de alta confiabilidade em tensão de bateria.
- Associado a cada monitor, deverá ser instalado um teclado para selecionar as funções disponíveis no monitor.
- As informações deverão estar disponíveis nos monitores do outro módulo de extremidade.

Dois dos monitores instalados no painel de condução serão utilizados também para observação pelo condutor das quatro câmeras externas (retrovisores).

Um monitor instalado na lateral da cabina de condução, para observação das imagens das câmeras internas do salão de passageiros.

3.10 SISTEMA DE MONITORAMENTO, DIAGNÓSTICO, REGISTRO E CONTROLE DE DADOS (DATA BUS)

3.10.1 Sistema de Monitoramento e Controle (Data Bus)

O “Data bus” deverá ser constituído, basicamente, por uma rede local de comunicação de dados com a finalidade de transmitir comandos, indicações e sinais de falhas dos principais equipamentos dos veículos.

Esse sistema será composto pelos seguintes dispositivos e equipamentos principais:

- Rede estruturada redundante “fast - ethernet”;
- Switches redundantes;
- Servidor de gestão e registro de eventos;
- Módulos de controle geral;

- Interface homem - máquina (IHM);
- Módulos de controle locais;
- Meio físico de transmissão de dados (“data bus”).

Proporciona interligação de todos os principais sistemas do veículo, com monitoração detalhada de estado funcional e diagnóstico.

Nele tramitarão dados tais como:

- Estado funcional de todos os equipamentos do veículo;
- Velocidade real e máxima permitida;
- Modo de condução;
- Carregamento nos módulos (carros);
- Tensões do suprimento elétrico auxiliar;
- Pressões no sistema de freio pneumático;
- Temperatura no sistema de ar refrigerado;
- Controle individual do estado das portas do veículo;
- Histórico de eventos armazenados nos equipamentos;
- Tensões e correntes dos sistemas de tração;
- Imagens das câmeras internas e externas;
- Alarmes dos sensores do Sistema Detecção de Incêndio.

O meio físico de transmissão e os módulos de interface com os equipamentos deverão ser duplicados e redundantes, para garantir a disponibilidade de 99,5%.

A rede de comunicação de dados deverá operar com protocolo aberto, conforme a norma IEC 61375.

O sistema de monitoração de falhas e diagnósticos do veículo resulta da integração do “data bus” com os registradores de eventos de todo o veículo e a console das cabines com seus monitores e botoeiras, e deverá monitorar e registrar as falhas, e armazenar os eventos dos principais equipamentos e sistemas do veículo para auxiliar nos processos da operação e manutenção.

O módulo de controle geral deverá ser conectado a rede de comunicação de dados para gerenciar o funcionamento do sistema e controlar os dispositivos da interface IHM. O módulo de controle geral deverá gerenciar a rede nas condições normais de funcionamento do sistema.

A interface homem - máquina (IHM), localizada no console da cabine de condução, deverá ser feita através de 03 monitores com tela de tecnologia LED colorida para apresentação dos estados operativos dos principais equipamentos do veículo, indicação de falhas e mensagens de anormalidades e as imagens do CFTV.

Os módulos locais deverão ser a parte do sistema de monitoração do veículo, responsáveis pela interface de comunicação entre os equipamentos do veículo e o meio físico.

Em cada módulo (carro) poderá existir um ou mais módulos locais para monitorar, principalmente os equipamentos, a saber:

- Equipamentos auxiliares (portas, compressor, extintor de incêndio, detector de fumaça, freio de estacionamento, etc.);

- Sistema de comunicação e CFTV;

Os principais sinais de monitoração dos equipamentos do veículo são:

- Console do Veículo – Sistema de Comando e Controle do Veículo
- Sistema de Tração e Frenagem Elétrica
- Sistema de Comando de Freio de Atrito e Anti-deslizamento
- Sistema de Portas
- Sistema de Comando dos Equipamentos Auxiliares
- Sistema de Ar Refrigerado
- Sistema de Radio
- Registrador de Eventos

O hardware e software do sistema “Data bus” deverão ser submetidos à análise de segurança, de acordo com os critérios estabelecidos nas normas MIL STD 882 ou EN 50126, caso haja tráfego de informações críticas de segurança.

O Sistema “Data bus” deverá atender às condições descritas na norma IEC-60571 ou outra equivalente reconhecida internacionalmente.

3.10.1.1 Gravação de Eventos Operacionais

A finalidade do Registrador de Eventos Operacionais é de registrar, em memória redundante, eventos do veículo, através dos sinais provenientes dos diversos equipamentos de bordo, juntamente com data e hora, com o intuito de auxiliar a análise de ocorrências e diagnóstico de falhas. Deverá ser um equipamento microprocessado, possibilitando a leitura dos registros de eventos armazenados, bem como, a leitura, em tempo real dos sinais monitorados, também deverá ser possível, tanto através de notebook conectado ao registrador, como através de monitoração remota do mesmo mediante comunicação com a rede data bus do veículo e via de comunicação sem fio (Wireless de alta capacidade).

Os registradores de eventos deverão ser instalados nos armários elétricos do veículo, num compartimento fechado com chave em ambas as cabeceiras, com configuração redundante, de modo que, no caso de falha do registrador do carro líder, deverá haver a comutação automática, para o registrador do carro da outra extremidade do trem, que passará a fazer os registros dos sinais.

O Registrador de Eventos Operacionais irá monitorar dados dos equipamentos que desempenham funções de segurança, sendo responsável pela coleta e armazenamento dos sinais, bem como pelo envio das informações a serem armazenadas na memória de segurança da “Caixa Preta”.

Em cada veículo deverá haver 2 conjuntos de Registradores de Eventos Operacionais, sendo um em cada carro de extremidade, e uma “Caixa Preta”.

A falha do registrador de eventos operacionais deverá ser anunciada pelo “Data Bus”.

A falha do próprio registrador deverá ser armazenada na memória, para posterior diagnóstico.

A memória de armazenamento dos dados deverá conter uma bateria interna para manter os dados, mesmo após a desenergização do equipamento, por um período de 3 (três) anos.

O registrador de Eventos deverá ser alimentado pelo sistema retificador/bateria e seu funcionamento não deverá depender da chave de energização geral do veículo.

Deverá possuir, no mínimo, as seguintes características:

- **Entradas:**

- Sinal de frequência proporcional à velocidade do trem, obtido por sensor próprio;
- Canais analógicos para registro dos principais sinais do sistema de tração/frenagem;
- Canais digitais a serem definidos na fase de projeto.

- **Saídas:**

- Sinais digitais programáveis por velocidade (mínimo 3); e
- Sinais programáveis por distância (dois).

- **Interface de Saída:**

Deverá ser do tipo USB 2 ou maior.

- **Varredura de leitura dos sinais:**

Deverá ser ajustável através do “software” aplicativo, por tempo: na faixa ajustável de 0,5 a 2,5s, com incremento de ajuste de 0,5s e por distância: de 0,25 a 250m.

- **Capacidade de armazenamento:**

O registrador de eventos deverá ter capacidade de armazenamento de dados de registro equivalentes no mínimo aos últimos 400 km de percurso, considerando-se a menor varredura de leitura dos sinais disponíveis no equipamento. Cada registro armazenado deverá conter o estado lógico de todos os sinais analógicos e digitais monitorados.

Deverá ter memória não volátil removível que terá os mesmos dados da memória interna do módulo registrador, Esta memória poderá ser removida do trem e lida por equipamento em oficina sendo que obrigatoriamente a integridade dos dados seja mantida mesmo sem a alimentação.

- **Software Aplicativo:**

O “software” aplicativo deverá ser tal que possa ser instalado em microcomputador do tipo PC e permitir o ajuste dos parâmetros do “software” residente no registrador, bem como possibilitar a leitura e análise dos dados armazenados e permitir a emissão de relatórios na forma gráfica ou listagens.

A interface com o usuário deverá ser amigável e sua operação ser simples, através de “menus”.

Deverá permitir os recursos de ajuste para compensação do diâmetro das rodas, acerto de data e hora, ajuste da varredura de leitura dos sinais a serem registrada, identificação do trem, entre outros ajustes necessários ao seu perfeito funcionamento com precisão e segurança.

O registro de sinais deverá ocorrer sempre que ou o trem estiver em movimento ou houver variação do estado lógico de qualquer sinal juntamente com a data e a hora, conforme varredura previamente programada.

Quando o trem parar na região de plataforma das estações, a identificação da estação deverá ser registrada.

O registrador de eventos deverá gravar, no mínimo, os eventos, dados, informações e sinais do veículo, tais como:

- Data e Horário;
- Sinais de liderança;

- Modalidade de condução do veículo;
- Comandos para o sistema de portas;
- Sinal de acionamento de uma ou mais portas de saída de emergência;
- Sinal de ativação de um ou mais botão soco do sistema de portas;
- Estado das portas (abertas ou fechadas) e lado da abertura;
- Sinais de comando de derivação (ou isolamento) do sistema de portas para permitir que o trem ande com uma ou mais portas abertas;
- Velocidade real do trem;
- Sinal de $dVel/dt$ (sinal de aceleração obtido pela variação da velocidade real no tempo);
- Sentido de movimento do trem;
- Posição do trem na via dada pelo sistema de sinalização via rede Data bus em cada evento;
- Quilometragem acumulada (Odômetro);
- Pressão do sistema de suprimento de ar;
- Pressão no cilindro de freio, via Data bus, em todos os carros, ou no próprio carro;
- Nível de tração ou freio requisitado pelo operador;
- Tensão de alimentação da tração das últimas 72h, com o mínimo de 3 amostras por segundo.
- Nível de carregamento do respectivo módulo ou, se possível coletar dos outros subsistemas do trem via Data bus, o carregamento em todos os módulos (carros);
- Tipo de freio aplicado (freio de serviço ou de emergência ou emergência com freio eletromagnético);
- Sinais de comando de isolamento de freio;
- Sinais do comando do freio de emergência;

A alteração dos tempos de registro entre dois eventos e dos parâmetros a serem gravados deverá ser de fácil execução, através de simples alterações no módulo operacional do software pela própria Operadora.

Para manutenção deverão ser fornecidos 4 notebooks com softwares já instalados, composto pelo sistema operacional do computador, preferencialmente compatível com Windows 10 ou superior e software dedicado que fará a comunicação entre o notebook e o registrador de eventos.

O registrador de eventos deverá atender aos requisitos da norma BS/GO/OTS 203 ou IEEE 1482.1, bem como ser ensaiado, conforme estabelecido em norma reconhecida internacionalmente.

3.10.2 Caixa Preta

A “caixa preta” deverá registrar dados de eventos operacionais e imagens das câmeras instaladas nos carros, conforme descrito no item gravação de imagens.

Em cada veículo deverão ser instalados dois conjuntos de equipamentos, um em cada cabeceira do veículo, sendo cada conjunto composto por:

- um modulo registrador com memória redundante;
- um modulo para conexão com a rede data bus;
- interface de sinais digitais e analógicos;
- sensor de tacômetro;
- uma memória removível;
- Modulo de display e teclado

A caixa preta deverá gravar os eventos, dados, informações e sinais do veículo, advindos do registrador de eventos operacionais, tais como:

- Comando de tração e freio.
- Comando e estado das portas.
- Velocidade.
- Modo de condução.
- Pressão do sistema de frenagem.
- Tensão de alimentação da tração das últimas 72h, com o mínimo de 3 amostras por segundo, etc.

O equipamento deverá também gravar as imagens internas das últimas 2 horas de operação do veículo com o mínimo de 10 quadros/s.

Esse equipamento deverá atender aos requisitos da norma BS/GO/OTS 203 ou IEEE 1482.1.

3.11 REQUISITOS DE SEGURANÇA

Como segurança ativa do projeto, deverão ser consideradas as seguintes funções e equipamentos:

- Função de frenagem.
- Função de portas.
- Dispositivo de advertência de operação de porta.
- Função de supervisão.
- Buzina e faróis.
- Sinalização externa e iluminação do veículo.
- Função de proteção contrafogo.
- Função de iluminação de segurança.
- Função de comunicação.

3.11.1.1 Função de Frenagem

Três tipos de frenagem deverão ser usados nos veículos:

- Frenagem mecânica através da aplicação de freios a disco.
- Frenagem Elétrica.
- Frenagem de eletromagnética de emergência.

3.11.1.2 Portas

As portas de acesso terão os seguintes dispositivos de segurança:

- Indicador luminoso em cada porta, que acionará uma luz intermitente durante o seu fechamento, que será acompanhado por um sinal acústico também intermitente.
- Uma vez fechadas, as portas deverão ser bloqueadas mecanicamente e assim permanecerem enquanto o veículo estiver em movimento. Nenhuma falha, nas portas ou em seu sistema de controle, deverá possibilitar o seu desbloqueio ou a sua abertura enquanto o veículo estiver em movimento.
- Toda porta deverá ser controlada. O veículo não poderá ser movimentado se todas as portas não estiverem fechadas e bloqueadas.
- A abertura de uma porta com o veículo em movimento provocará uma frenagem de emergência.
- As portas terão um dispositivo de detecção que indicará sua obstrução por um passageiro e impedirá seu fechamento enquanto ele estiver ativado.
- As folhas das portas devem ser providas de guarnições de borracha em toda extensão de contato entre as folhas. O perfil da borracha deve ser do tipo macho-fêmea e a fixação nas folhas deve ser do tipo encaixe.
- As bordas laterais portas devem ser providas de guarnições de borracha em toda extensão de contato entre as folhas. O perfil da borracha deve ser do tipo macho-fêmea e a fixação nas folhas deve ser do tipo encaixe. Não deve ocorrer a sinalização de porta fechada com um objeto rígido de 10 mm de espessura por 40 mm de largura, colocado entre as bordas das folhas a 1 m do piso do carro. Desta forma, se durante seu fechamento ela entrar em contato com um objeto que esteja obstruindo-a, ocorrerá a seguinte sequência: parada, abertura e recomeço do fechamento.
- Qualquer objeto com 25 mm de diâmetro, ou maior, dará início a esse ciclo de reabertura. Somente a porta que tenha detectado a presença do objeto deverá seguir esta sequência.
- Todas as portas deverão possuir um dispositivo manual que permita seu desbloqueio e abertura em caso de avaria ou emergência, tanto na parte interna como no exterior do veículo.
- Em caso de falha de uma porta, esta poderá ser fechada e bloqueada internamente na posição fechada, ficando fora de serviço, porém permitindo continuar a operação do veículo.
- Este bloqueio deverá ocorrer com a ajuda de uma chave especial em posse de pessoal autorizado. O bloqueio físico da porta deverá disparar um sinal luminoso indicando a situação para os usuários.
- Uma vez fechadas, não deverá haver nenhum tipo de folga nas portas, que permitam a penetração de água. Com as portas fechadas, nenhuma parte de seus mecanismos, guias, etc. deve ultrapassar a largura máxima do veículo.
- Todas as portas deverão poder ser bloqueadas manualmente, de maneira que não possam ser abertas nem automaticamente nem com o dispositivo manual de abertura para o caso de avaria ou emergência.
- Para permitir que o condutor ou outra pessoa autorizada possa acessar o veículo por uma das portas de acesso dos passageiros, os dispositivos de

bloqueio/desbloqueio das portas deverão ser acessíveis externamente por meio de chave especial.

3.11.1.3 Dispositivo de Alarme e Evacuação

As funções de alarme e evacuação deverão ser facilmente acessíveis aos passageiros em cada porta de acesso. O dispositivo terá duas funções e será associado ao intercomunicador.

A alavanca de alarme e evacuação terá duas posições:

- A primeira posição permitirá o envio de um alarme, sonoro e luminoso à cabina de condução, onde o condutor pode então autorizar a comunicação com o passageiro através do intercomunicador. Somente o alto falante localizado no intercomunicador, próximo ao passageiro que acionou a alavanca de alarme, será sonorizado. Nessa posição a alavanca não será travada em sua posição.
- O primeiro pedido de chamada de passageiros será prioritário e atendido pelo condutor.
- No entanto, o condutor será informado dos outros pedidos de comunicação.
- O condutor pode parar ou finalizar a comunicação quando então o dispositivo será reinicializado automaticamente.
- A segunda posição permitirá o destravamento e a abertura da porta correspondente, se a velocidade do veículo for inferior a 3 km/h.

3.11.1.4 Função de Vigilância do Condutor (homem morto)

O controle de vigilância do condutor atenderá a norma UIC 641.

3.11.1.5 Detecção e extinção de Incêndio

O equipamento de detecção de incêndio deverá detectar a presença de fumaça no salão de passageiros e cabina de condução por meio de aspiração contínua do ar, inclusive com a ventilação em máxima capacidade. Os filtros de poeira ou sujeira deverão ser dimensionados para durabilidade mínima de 5 anos de utilização.

O equipamento deverá fornecer no mínimo 3 níveis de alarme, com saída por relés programáveis. Os alarmes e a identificação do módulo ou cabine com fumaça deverão ser sinalizados na cabina do módulo líder.

O dispositivo de detecção incêndio deverá atender às normas da ABNT e à legislação brasileira aplicável.

Todos os módulos (carros) deverão ter extintores de incêndio localizados no salão de passageiros em compartimentos protegidos e sinalizados conforme norma. Além desses, os carros de extremidades deverão ter outro extintor localizado na cabina de condução.

3.11.2 Segurança Passiva

Para a segurança passiva dos veículos deverão ser consideradas as seguintes funções e equipamentos:

- Resistência da caixa a esforços verticais.
- Resistência da caixa a esforços de compressão e colisão.
- Dispositivo anti-encavalamento.
- Protetor frontal (Guarda corpo).

- Barras de proteção lateral para os passageiros sentados.
- Resistência a fogo.
- Proteção antivandalismo.
- Iluminação interior não agressiva.
- Registrador de eventos.
- Cabina de condução com projeto ergonômico.
- Proteção Anti-encavalamento: As extremidades do veículo e as dos módulos deverão ser projetadas para evitar encavalamento em caso de colisão em velocidades de até 5 km/h carregados com carga máxima.

3.11.2.1 Dispositivo de Proteção Frontal/Guarda Corpo

As duas extremidades do veículo deverão ser providas de saia frontal, cuja função será evitar a possibilidade de objetos ou pessoas entrarem em baixo da parte frontal do veículo, por exemplo, em casos de acidente.

3.11.2.2 Resistência dos Materiais a Fogo

Todos os materiais utilizados no veículo deverão atender à norma NF F 16-101, e os equipamentos elétricos à norma NFF16-102, quanto à resistência a fogo.

3.12 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL RODANTE

Os veículos fornecidos deverão estar preparados para a instalação dos equipamentos embarcados dos demais Sistemas (Sinalização e Controle e Telecomunicações). Tal situação implica na reserva de espaço físico para instalação dos mesmos e disponibilização de cabos de comunicação e alimentação para estes equipamentos.

O Sistema de Sinalização e Controle embarcado é composto por:

- Equipamentos Controladores de Bordo: deverá ser instalado um equipamento por veículo;
- Interface Homem Máquina (IHM): deverá ser instalada um equipamento em cada cabine do veículo;
- Antenas Leitoras de Baliza: serão instalados no substrato do veículo em ambas as cabeceiras do veículo;
- Sistema de Telecomunicações embarcado é composto por:
 - Dois equipamentos de rádio móvel;
 - Duas antenas de rádio;
 - Um ponto de acesso (Ap Wi-Fi);
 - Uma antena Wi-Fi.

Para ambos os Sistemas, tanto o espaço necessário para instalação, quanto à quantidade de cabos de comunicação e alimentação serão definidos em conjunto com o Fornecedor destes Sistemas na etapa de elaboração do projeto executivo.

O Fornecedor do Veículo deverá permitir que os Fornecedores de cada um dos Sistemas instalem seus equipamentos nos locais especificados.

Para os equipamentos onde são exigidos testes de tipo, a realização dos mesmos poderá ser dispensada mediante a apresentação (e aprovação pela Contratante) de certificação válida para o referido equipamento.

3.12.1 Caixa

3.12.1.1 Estrutura da caixa

Concepção Estrutural da Caixa

O projeto da caixa deverá ser desenvolvido considerando-se as dimensões básicas apresentadas nesta especificação.

A caixa dos módulos que compõem o veículo deverá ser projetada, de forma que se inscreva nas seções de gabarito dinâmico especificado e que serão confirmados quando da elaboração do projeto executivo.

O fabricante poderá escolher um dos seguintes materiais para a fabricação da caixa e seus elementos estruturais:

- Aço inoxidável do tipo AISI 201, 202 ou equivalente para as partes estruturais não visíveis e do tipo AISI 301, 302, 304 ou equivalente, para partes visíveis. Para a cabeça de estrado, vigas de apoio e travessas intermediárias, poderão ser combinadas com o aço HSLA (low alloy, high tension).
- Ligas de alumínio com perfis extrudados e chapas de acabamento em alumínio, podendo existir partes em aço inoxidável. Para as áreas mais solicitadas do estrado, como as travessas de apoio da união caixa-truque, travessas de cabeceira e região dos anti-encavalamentos, poderão ser utilizados perfis e chapas de aço de baixo carbono.

O Aço carbono HSLA do tipo USI-SAC 350, ASTM A-588, ASTM A-242. Nas partes que exigirem aço mais resistente poderão ser utilizados ASTM A-572 Grau 65 ou ASTM A-514.

Deverão ser definidas as especificações de todos os materiais e tratamentos térmicos e/ou de superfície se houver, e nas partes que serão usados, assim como indicar as normas que serão utilizadas.

Independentemente do tipo de material utilizado da caixa, alumínio, aço inoxidável ou aço carbono, as caixas deverão obedecer às seguintes normas:

- EN 12663, categoria P-V.
- EN 15227 categoria C-IV da tabela 2 (crash scenario).

Deverão ser previstos suportes de apoio para levantamento do VLT por macacos eletromecânicos, seja para a composição completa ou para os módulos separadamente.

Deverá ser possível o levantamento da caixa por uma só extremidade, seja para efeito de reencarrilhamento ou de manutenção. Nestas regiões de levantamento, deverá haver placas de aço antiderrapante de espessura suficiente para que não ocorra deformação permanente.

O processo de fabricação e montagem das caixas deve ser de uso consagrado em outros veículos semelhantes do fabricante que estejam em operação há mais de 3 anos.

Cálculo Estrutural da Caixa

Todos os componentes deverão ser projetados de forma que as tensões admissíveis utilizadas no cálculo da caixa respeitem as definições estabelecidas pelas normas internacionais existentes, desenhos de projetos e testes.

Os cálculos estruturais serão desenvolvidos utilizando o método de elementos finitos e utilizando um software de difusão internacional atualizado e testado em aplicações ferroviárias. As verificações para estimar a duração da fadiga causada por cargas alternadas devem ser consideradas no projeto e fabricação, considerando-se uma vida útil mínima de 30 anos.

A distribuição de possíveis esforços assimétricos provocados pela movimentação em curva deverá ser levada em conta no cálculo da estrutura.

As estruturas das caixas deverão ser dimensionadas para um carregamento de 8 passageiros em pé/m² mais a carga dos passageiros sentados, considerando o peso médio de cada passageiro igual a 75 daN. Deverá suportar essa carga, sem deformações permanentes, pelo tempo de vida útil do módulo.

A estrutura da caixa deve ser projetada para resistir aos esforços de carga extraordinária acrescida de 20% devido ao efeito dinâmico. Nessas condições, definidas na norma EN 12663, para um veículo da categoria P-V, a parte frontal da estrutura deverá resistir a uma carga de compressão ou um esforço de tração longitudinal de 200 kN quando forem aplicados separadamente.

As partes frontais dos veículos e a cabina de condução deverão ser projetadas para absorver impactos, sem deformações permanentes, nas seguintes condições:

- Impactos frontais e laterais a uma velocidade de até 8 km/h contra uma carga de 3 toneladas (veículo cuja altura dos para-choques varie entre 400 e 700 mm).
- Impacto frontal sob uma velocidade de até 3 km/h contra qualquer outro veículo do VLT.

Os esforços de compressão e as deflexões resultantes deverão respeitar as seguintes condições:

- Para caixas fabricadas em alumínio, os esforços de flexão deverão respeitar o critério estabelecido no Padrão Europeu EN 12663 (Julho 2003) considerando um veículo tipo P-V.
- Para caixas fabricadas em aço inox, os esforços de flexão deverão respeitar os diagramas de GOODMAN e levar em conta os coeficientes de ponderação em função dos tipos de montagem feitos.
- Os critérios da Norma Europeia EN 12663 (julho 2003) para os Limites dos Esforços de compressão considerando um veículo da categoria P-V.

Ensaio na Caixa

O ensaio estrutural da caixa deverá ser realizado em um módulo (extremidade), estruturalmente completo, com carga simulada dos equipamentos.

A caixa deverá ser submetida a todos os ensaios de tipo, previstos nesta especificação e na norma UIC 515-4, com carga extraordinária de 8 passageiros em pé/m², acrescida de 20%, devido a esforços dinâmicos.

Após os ensaios não deverá existir na caixa deformações e flechas permanentes, fissuras ou trincas.

Os ensaios de tração, compressão, carga vertical e torção poderão ser comprovados através de relatórios técnicos específicos desde que estes tenham sido realizados nas condições de esforços iguais ou superiores aos especificados nos itens 14.1.1.3.1; 14.1.1.3.2 e 14.1.1.3.3, não sendo necessária, somente nessa condição, uma nova realização dos referidos testes.

Os ensaios aos quais as caixas deverão ser submetidas são os seguintes.

Ensaio de Tração e Compressão

A estrutura da caixa deverá ser submetida ao ensaio de compressão em duas etapas:

- A primeira deverá ser a aplicação de carga longitudinal por sobre o dispositivo de anti-encavalamento. A carga de compressão inicial deverá ser de 20% da carga máxima de 200 kN definida, em aplicações sucessivas, sempre acrescidas de 20% da carga máxima, até o limite estipulado.
- A segunda etapa do ensaio consistirá nas aplicações de esforços de tração e compressão, alternadamente, em um eixo coincidente com a linha de centro do engate e da barra de ancoragem.

O projeto deverá detalhar as tensões das partes críticas da caixa e dos equipamentos, tais como: vigas, colunas das cabeceiras, longarinas e vigas transversais, colunas das laterais, quadros das portas, áreas adjacentes às janelas, etc.

Ensaio de Carga Vertical

O ensaio de carga vertical deverá ser realizado no módulo da extremidade com carga extraordinária de 8 passageiros em pé/m² no veículo, acrescida de 20% devido à condição dinâmica.

A carga de ensaio deverá ser distribuída no piso do módulo, iniciando-se com 20% da carga máxima e nas etapas seguintes acrescidas de 20% até 100% da carga máxima.

Ensaio de Torção

O ensaio de torção a ser realizado na caixa do módulo da extremidade deverá consistir em elevar o módulo vazio sobre quatro apoios, por meio de atuadores hidráulicos localizados nos quatro cantos da caixa e retirando-se, em seguida, um dos apoios, sem que haja deformações permanentes de qualquer natureza.

Nessas condições serão verificadas as tensões e deflexões ocorridas nas diversas partes da estrutura.

Ensaio de Estanqueidade

Todas as estruturas dos carros deverão ser submetidas a um ensaio de estanqueidade, antes de receber o revestimento interno.

O esguicho da água deverá ser obtido por meio de bocais, em número suficiente para cobrir toda a caixa. Os bocais deverão estar afastados no máximo 2m e apresentar com pressão de 3,5 bar. O tempo mínimo de esguicho para o início da inspeção será de 20 min.

Após a montagem final, o veículo completo, com os módulos de intercirculação instalados, deverá ser ele submetido aos ensaios de estanqueidade previstos na norma IEC 165.

3.12.1.2 Máscara Frontal

Máscara

As partes frontais das cabinas de condução do VLT deverão ser projetadas com máscaras moldadas, fabricadas em poliéster reforçadas com fibra de vidro ou outro material com características comprovadamente equivalentes.

As máscaras deverão ter faróis em LEDs e sinaleiros, também em LED, na cor vermelha, para indicar o sentido de marcha.

Para-brisas

A máscara frontal do veículo deverá ser provida de para-brisas panorâmico e atender aos requisitos das normas NBR 11.548 e UIC 651 OR.

O veículo deverá ser equipado com sistema de limpador de para-brisas com acionamento elétrico, com chave de comando instalada na console do operador.

Deverá ser previsto acionamento manual para o limpador de para-brisas para o caso de indisponibilidade do acionamento elétrico.

As palhetas do limpador de para-brisas deverão ser projetadas para permitir a adequada visão do condutor.

Na região de visão do condutor deverá ser instalado um para-sol retrátil, de fácil manejo.

3.12.2 Revestimento Interno

Os painéis de acabamento laterais internos deverão ser fabricados em poliéster reforçado em fibra de vidro, podendo ser aceitas alternativas, desde que apresentem características técnicas, físicas e químicas iguais ou superiores às indicadas.

As arestas e cantos deverão ser arredondados e suas fixações não deverão utilizar parafusos ou rebites aparentes.

Os materiais utilizados no fornecimento do revestimento interno deverão ter características de chama não propagante, conforme norma ASTM E162, ou equivalente, e densidade óptica máxima de fumaça conforme ensaios estabelecidos nas normas NBR-9442 e ASTM-E 662 ou norma equivalente reconhecida internacionalmente.

Os índices de produção de fumaça deverão atender aos seguintes valores:

Material	Índice de Propag de Chama (máx.)	Densidade Máxima de Fumaça	
		90 s	4 min.
Melamina e Madeira	25	100	200
Outros Materiais	25	100	300

As quantidades máximas de gases tóxicos liberados pelos materiais utilizados no interior dos veículos deverão ser inferiores às estabelecidas pela norma NF F 16-101 (item 6.3) ou norma BSS-7239 (Boeing Specification Support Standard).

Norma BSS-7239 Gases Tóxicos	Concentração. (máxima)
Monóxido de Carbono (CO)	3.500 PPM
Ácido Fluorídrico (HF)	200 PPM
Dióxido de Nitrogênio	100 PPM
Ácido Clorídrico (HCL)	500 PPM
Ácido Cianídrico (HCN)	150 PPM
Dióxido de Enxofre (SO2)	100 PPM

Os materiais utilizados deverão atender aos requisitos de comportamento ao fogo exigidos pela FAA – Code of Federal Regulations - Título 14 - Parte 25.853, ou pela FRA -Code of Federal Regulations" -Título 49 -Parte 238, ou ainda pela UMTA -Urban Mass Transportation Administration ou finalmente pela NF F 16-101 - Aplicação: "Sièges".

O revestimento do teto deverá ser fabricado em poliéster ou alumínio pintado. Os difusores do ar condicionado deverão ser em alumínio anodizado.

3.12.3 Assentos

No projeto do leiaute, a largura dos corredores não poderá ser menor que 600 mm junto aos trilhes dos veículos e menor que 800 mm no restante do veículo, inclusive nos gangways.

Não será necessária a livre circulação dos usuários em cadeira de rodas ao longo de todo o veículo, porém, nos locais reservados às cadeiras de rodas a largura do corredor de passagem não poderá ser inferior a 900 mm, totalmente desobstruído de colunas, assentos e pegas-mãos para possibilitar a circulação.

A estrutura dos bancos deverá ser reforçada, para resistir a uma carga distribuída de até 200 daN por assento, sem ocasionar deformação permanente em qualquer de seus elementos.

As dimensões do encosto e assentos dos bancos deverão ser compatibilizadas com os parâmetros estabelecidos na norma NBR 12440.

Os bancos deverão possuir um arranjo misto, possuindo bancos fixos e retráteis. O assento e encosto dos bancos deverão possuir insertos compostos por camada de espuma e tecido de aramida (Kevlar), revestidos com tecidos de acabamento anti-chama.

Deverão existir assentos reservados para passageiros Portadores de Necessidades Especiais – PNE, Idosos, Gestantes e Pessoas com crianças de colo. Os assentos prioritários deverão ser devidamente identificados e estarem em conformidade com os requisitos da norma NBR 14021.

Deverá haver dois lugares para obesos e dois lugares, especialmente reservados para passageiros usuários de cadeira de rodas, localizados próximos às portas. Os bancos reservados para obesos devem possuir a largura de dois bancos comuns e suportarem carga superior a 250 kg.

3.12.4 Pega Mãos

O salão de passageiros deverá dispor de colunas e barras longitudinais, dispostas nos corredores e na região das portas, que permitirão aos passageiros movimentarem-se com segurança. Na região das portas deverão existir colunas verticais do tipo “triploide”, observando-se as distâncias para circulação de cadeira de rodas.

As colunas e barras de pega mãos deverão ser confeccionadas em tubos de aço inoxidável com partes fotoluminescentes para facilitar a visualização por pessoas com acuidade visual reduzida.

As fixações, colunas e barras deverão ser tais que não existam deformações permanentes em quaisquer dos elementos quando aplicada uma carga vertical de 250 daN nos pontos médios entre suportes de fixação dos pegadores.

As fixações e colunas deverão suportar uma carga horizontal de 180 daN nos pontos médios entre as fixações das colunas, sem que exista deformação permanente em qualquer de seus elementos. O diâmetro externo mínimo dos tubos deverá ser de 32 mm (1 ¼ de polegada).

Os leiautes de distribuição dos pega-mãos em cada carro devem ser aprovados pela SEMOB durante as etapas de aprovação do projeto.

3.12.5 Janelas

As janelas deverão ser hermeticamente fixadas em rebaixo da estrutura da caixa, de modo que após a fixação dos vidros, estes fiquem alinhados com as chapas de acabamento lateral do veículo.

Essa montagem deverá suportar as pressões causadas por esforços definidos por norma. As janelas deverão ser do tipo panorâmico.

Os vidros deverão ser de segurança, resistentes a radiações ultravioletas, atendendo à norma NBR 9491 ou norma equivalente reconhecida internacionalmente.

3.12.6 Piso

A base estrutural do piso deve ser uma superfície contínua plana e lisa com uma camada de isolante termo acústico do tipo auto extingüível com qualidade comprovada. Os materiais da base e do acabamento do piso deverão ser fabricados respeitando as seguintes normas ou equivalentes reconhecidas internacionalmente:

- Resistente a chamas: ASTM E 648
- Resistente à flexão: ASTM D 790
- Resistente à tração e compressão: ASTM D 638
- Resistente à abrasão e desgaste: ASTM C 501-66
- Característica antiderrapante: ASTM D 2047
- Resistente a substâncias químicas: BS EN ISO 26987
- Baixa emissão de fumaça e gases tóxicos: NF F 16101 M-2 F-3.

O conjunto da estrutura do piso deverá ser flexível, entretanto deverá suportar sem deformação permanente uma carga de 100 daN em uma área de 20x20cm.

As aberturas para passagem de conduítes, tubulações e outros deverão ser calafetadas.

A união entre o material do piso e a parede da caixa deverá ser feita sem a formação de pontas afiadas e sua fixação não deverá ter parafusos ou rebites aparentes. Sobre esta união, deverão ser aplicados rodapés de material e dimensões definidas durante o projeto.

Na região das portas deverá haver soleiras fabricadas em chapa de aço inoxidável com antideslizamento em alto relevo.

O piso acabado do carro deverá ser projetado para resistência a fogo por 30 minutos, no mínimo, comprovado por ensaio conforme a norma ASTM E 119, em amostra que represente o estado final de construção e acabamento, utilizado na produção.

3.12.7 Conexão entre Módulos – Gangway

O veículo deverá ser equipado com gangways de forma a permitir passagem de intercirculação entre todos os módulos, com a máxima abertura possível de forma a facilitar o trânsito de pessoas.

O gangway deverá ser hermético e em sua instalação não deverá haver desníveis no piso na região entre módulos; deverá ser evitada a existência de “nichos” que propiciem o acúmulo de poeira.

Na região do gangway deverá haver barras de pega mãos para segurança dos usuários, inclusive na passagem de um módulo para outro com segurança.

Esta região deve ser dimensionada para suportar a densidade de Carga Excepcional e acomodar a torção e o desnível eventual máximo dos pisos entre módulos adjacentes, em condições normais de operação da via principal e, no pátio, com Carga em Vazio. A durabilidade dos componentes deverá ser superior a 10 anos.

O nível de ruído interno, na região do gangway, não deverá ser superior ao estabelecido para o interior do veículo.

3.12.8 Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação do salão de passageiros deverá ser projetado para atender aos níveis de conforto visual especificados no item 3.8.4.

A metade das lâmpadas de iluminação, instaladas no sentido longitudinal, do veículo deverá ser alimentada pelo circuito de uma fonte de corrente alternada e a outra metade pelo circuito de outra fonte, alternadamente, de modo que na falha de uma das fontes, permaneça acesa 50% da iluminação do salão de passageiros.

Todos os módulos deverão ter uma lâmpada de emergência do tipo LED, em cada região de portas, alimentada pela tensão de bateria.

As lâmpadas do salão de passageiros e da cabina deverão ser do tipo LED de alto rendimento e alta vida útil, de dimensões semelhantes às lâmpadas fluorescentes de 40 W.

A fonte de alimentação em corrente alternada do próprio carro deverá alimentar lâmpadas pertencentes a luminárias alternadas em relação às duas fileiras de luminárias, de forma que mesmo com a perda de metade da iluminação do carro, a iluminação remanescente fique distribuída de forma homogênea ao longo das duas fileiras de luminárias.

O interior dos eventuais armários existentes dentro do salão de passageiros ou na cabina de condução deverá ser equipado com lâmpadas spot, também de LEDs, posicionadas de forma a facilitar a iluminação durante as intervenções de manutenção.

3.12.9 Portas

Deverão ser instaladas portas de acesso nas duas laterais de cada módulo.

A largura livre das portas de uma folha não deverá ser inferior a 800 mm, e se utilizadas, somente poderão ser instaladas nos módulos com cabina.

A largura livre das portas duplas não deverá ser inferior a 1300 mm. A altura livre das portas não deverá ser inferior a 1950 mm.

A interface entre as plataformas de estações/paradas e os veículos, com as portas abertas deverá ser analisada tanto nas condições ideais como nas degradadas (veículos com as rodas desgastadas, problemas na suspensão, etc.). Em nenhum caso será admitido que as portas encostem nas plataformas.

Em função das condições operacionais, pode ser constatada a necessidade de instalação de Portas de Plataforma nas estações. Portanto, o Material Rodante deverá ser fabricado de modo que possa operar em sincronia com estes equipamentos sem que seja necessária a realização de quaisquer adaptações.

3.12.9.1 Requisitos Gerais do Sistema de Portas

As folhas de portas deverão ser de face simples e/ou dupla, de acordo com uma das alternativas propostas, fabricadas com estrutura rígida, livres de ondulações e com isolamento termo-acústica.

As folhas de portas deverão ser projetadas de forma a resistir a uma carga concentrada de 120 daN, aplicada perpendicularmente à sua face, no centro da borda frontal, quando apoiada nas extremidades, com uma deflexão máxima de 3 mm, sem ocasionar deformação permanente.

Os quadros e as folhas de portas deverão ser projetados de forma a não prender a mão do passageiro durante sua abertura/fechamento.

O sistema de portas deverá ser projetado para não indicar porta fechada e não haver travamento enquanto houver um objeto rígido com diâmetro 10 mm, no mínimo, colocado entre os perfis de borracha das folhas, a 1m do piso do módulo. A indicação de porta fechada deverá caracterizar porta fechada e travada, por meio de sensores independentes.

As portas deverão ser do tipo plug in ou de deslizamento externo e o acionamento das folhas de portas deverá ser feito por motor elétrico, alimentado em tensão de baterias do veículo.

O motor elétrico deverá acionar a folha e no caso de duas folhas, de forma conjugada. O motor deverá ser dotado de mancais de rolamento blindado e ter proteção tipo IP 54.

A suspensão das folhas das portas deverá estar diretamente interligada ao mecanismo de acionamento, de forma conjugada, no caso de duas folhas. A conjugação deverá ser realizada através de fuso tratado com lubrificação a seco.

O fuso deverá ser em aço laminado com diâmetro suficiente de forma que não ocorra flexão durante a movimentação das folhas mesmo que haja alguma obstrução que impeça o movimento das folhas.

As folhas das portas deverão ser providas de guarnições de borracha maciça em toda a sua extensão de contato entre elas, com flexibilidade suficiente para não causar lesões aos passageiros.

As portas deverão ser providas de janelas panorâmicas com vidros de segurança, faceados com as folhas do lado interno do carro.

A durabilidade dos componentes mecânicos do sistema de portas deverá ser de, no mínimo, 30 anos.

3.12.9.2 Dispositivo de Emergência de Portas

Ao lado de cada porta do carro, no seu lado interno e acessível ao usuário em frente à porta, deverá haver um dispositivo de emergência, convenientemente protegido contra ação indevida dos passageiros.

3.12.9.3 Portas de Serviço

Duas das portas em cada lateral do veículo deverão ter também a função de portas de serviço. A abertura dessas portas deverá ser possível com o veículo parado, por meio do acionamento de um dispositivo com chave, tanto do lado interno como externo do veículo, independentemente de estar a cabina selecionada, porta isolada ou sistema desligado.

A porta aberta pela função da chave de serviço, assim deverá permanecer até que seja desativada a função.

Os dispositivos externos deverão ser acessíveis ao condutor em pé, a partir do boleto do trilho.

3.12.9.4 Comando e Sinalização de Portas

O sistema de comando deverá ser eletrônico, de alta confiabilidade, evitando-se circuitos e intertravamentos por meio de componentes eletromecânicos, como relés, contatores, etc.

O sistema deverá monitorar, continuamente, o estado de portas fechadas e travadas, sinais de velocidade do veículo e funcionamento de cada porta do veículo, efetuando diagnósticos automáticos e anunciando os eventos de falhas no monitor do console do condutor.

O sistema deverá gerar dois sinais distintos: “Portas Fechadas” e “Portas Fechadas e Travadas”.

Se, durante a movimentação do trem, for perdido o sinal de “Portas Fechadas e Travadas”, mas mantido o sinal de “Portas Fechadas”, o mesmo deve ser indicado ao operador, não implicando, porém, na necessidade de parada total do trem. O veículo deverá prestar serviço até a estação seguinte onde será verificado o ocorrido.

Se, durante a movimentação do trem, for perdido o sinal de “Portas Fechadas”, o mesmo deve implicar na aplicação de freio de emergência até a parada total do trem.

O comando de portas deverá proporcionar a abertura e o fechamento das portas em qualquer modalidade operativa, sempre com o veículo com velocidade abaixo de 3 km/h.

Os comandos de abertura e fechamento de portas do veículo somente deverão ser ativos na cabina líder. A reversão de cabina líder ou a alteração de modalidade de condução do veículo não deverá gerar comando ou mudar o estado das portas.

Quando uma porta for isolada, deverá inibir o comando de abertura, sinalizar porta fechada e travada e ativar a comunicação visual luminosa interna ao salão de passageiros, indicando “FORA DE USO”, sobre cada porta isolada e fechada.

Independentemente da modalidade operativa, todo comando de fechamento de portas do veículo deverá ser precedido de um sinal sonoro de alerta no salão de passageiros e outro luminoso intermitente, produzido por sinalizadores instalados sob os batentes superiores das portas laterais. A duração dos sinais deverá ser em torno de 3 segundos, podendo ser ajustável de 1 a 5 segundos.

Os circuitos de comando e controle do sistema de portas deverão ser projetados com filosofia de “Falha Segura”, ou seja, qualquer modo de falha não deverá provocar condições de falhas críticas ou catastróficas.

As funções de segurança executadas por software ou hardware do sistema de controle de portas deverão ser certificadas por entidade independente, quanto à segurança dos seus modos de falha, obedecendo aos requisitos da norma EN 50126.

Para essas análises, deverão ser consideradas falhas com consequências catastróficas se:

- Houver abertura indevida de uma ou mais portas com o veículo em movimento;
- Houver habilitação indevida da movimentação do veículo com uma ou mais portas abertas.
- Da mesma forma, com o veículo parado, considerar falhas com consequências críticas se:
- Houver abertura indevida das portas do lado oposto ao da plataforma.
- Houver abertura de portas sem comando ou liberação do condutor.
- As falhas e diagnósticos deverão ser registradas e indicadas na própria unidade de controle das portas e no monitor da cabina do sistema “data bus”, sendo as anormalidades registradas juntas com os principais parâmetros de controle do sistema de portas. A unidade de controle das portas deverá registrar pelo menos as 200 últimas ocorrências do sistema.

O software de controle deverá ser estruturado, de acordo com os requisitos da norma EN 50128.

Ensaios:

Os ensaios dos equipamentos de controle de portas deverão seguir as condições descritas na norma IEC 60571 e serão (Ensaios de Tipo):

- Funcional (desempenho);
- Tensão suportável;
- Transitórios;
- Acréscimo de temperatura;
- Vibração.
- Ensaio de rotina:
- Funcional;
- Tensão suportável.

3.12.10 Sistema de Refrigeração

O veículo deverá ser projetado para garantir conforto térmico aos passageiros e aos seus condutores nas condições ambientais existentes nas quatro estações meteorológicas do Distrito Federal.

Os veículos deverão ter isolamento térmico nas paredes, coberturas e estrados.

Os vidros das portas dos para-brisas e das janelas deverão ter proteção para:

- Atenuar a irradiação solar.
- Antivandalismo.
- Segurança dos passageiros.

A proteção dos vidros deverá ser aplicada pelo lado interno dos veículos.

O Veículo deverá ser provido de um sistema de ar refrigerado, com regulação automática e comum para as unidades de refrigeração, com controle acessível ao condutor para regulação da temperatura interior.

Deverá haver um botão no monitor da cabine que quando acionado desligará/ligará todas as unidades de ar refrigerado do trem, inclusive a ventilação para uso operacional em caso de fumaça e/ou falha no automatismo deste sistema.

Para temperatura interna abaixo de 23°C, o sistema de refrigeração deverá desligar automaticamente e somente o sistema de ventilação do evaporador permanecerá ligado, funcionando como um sistema de renovação de ar.

O desligamento do sistema de refrigeração, mantendo a ventilação ligada, deverá ser possível também por comando via Data bus. Essa função deverá ser utilizada para o desligamento dos equipamentos de ar refrigerado enquanto os veículos estiverem fora de uso operacional, estacionados e sem comando.

Tanto na Cabine de condução e Salão de passageiros, com o veículo sem energia, deverá haver, no mínimo, 20 minutos de ventilação;

As cabinas poderão ser refrigeradas por unidades independentes ou pelo sistema de refrigeração do salão. As unidades deverão ser alimentadas pelo sistema elétrico, em corrente alternada, trifásica de 60 Hz.

Cada unidade deverá ser ligada por fonte de suprimento elétrico diferente, de forma que o desligamento da fonte de alimentação auxiliar de uma das unidades não deverá afetar o funcionamento normal da outra.

O sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para que a distribuição do ar de saída seja uniforme ao longo de toda a extensão do veículo.

O sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para operar nas condições ambientais do Distrito Federal, proporcionando conforto térmico de acordo com o estabelecido na norma europeia EN 14750.

O dimensionamento do sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para que no salão de passageiros a temperatura interna seja mantida entre 5° e 7°C abaixo da temperatura externa, quando esta for superior a 32°C, nas condições de variação de temperatura e umidade externas registradas estatisticamente no Distrito Federal.

O critério de dimensionamento, configuração e características deverão seguir as normas da ABNT, UIC e CENELEC ou outra equivalente reconhecida internacionalmente.

Deverá ser observada a incidência da radiação solar que, como registrado nos manuais de dimensionamento dos sistemas de ar condicionado, é variável não só ao longo dos dias, mas, também com as estações do ano, tanto em termos de watts/m² como no ângulo de incidência.

O sistema de ar refrigerado deverá ser projetado para manter a temperatura interna do salão de passageiros dentro dessa faixa exigida, com taxa renovação igual a, no mínimo, 6m³ de ar fresco por passageiro/hora, com carga nominal e no mínimo 3m³ de ar fresco por passageiro/hora, com carga máxima, considerando as seguintes ocupações diárias por faixa horária:

- Das 5:00 h às 7:00 h e de 22:00 h às 24:00 h: Todos os lugares sentados ocupados
- Das 7:00 h às 8:00 h, 10:00 h às 12:00 h e de 20:00 h às 22:00 h: Veículo ocupado com 2 passageiros em pé/m, com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas
- Das 8:00 h às 10:00 h e de 17:00 h às 20:00 h: Veículo ocupado com 6 passageiros em pé/m, com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas
- Das 12:00 h às 17:00 h: Veículo ocupado com 4 passageiros em pé/m, com todos os bancos ocupados e dois passageiros em cadeiras de rodas.

Atenção especial, em função dos requisitos especificados, deverá ser dada ao isolamento térmico dos veículos.

O Nível de Ruído no salão, somente com o sistema de refrigeração de ar funcionando na potência máxima, deve ser, no máximo, de 70 dBA, a ser medido em seu centro, a 1,2 m do piso e com as portas fechadas.

3.12.11 Acoplamento

3.12.11.1 Mecânico

O acoplamento entre dois veículos, através dos módulos das extremidades, deverá ser feito por barra de junção, que ficará alojada dentro do acabamento inferior frontal dos veículos.

Caso seja necessário o acoplamento entre dois veículos, ele será executado pelos seus condutores; para isso os engates deverão ser dimensionados para possibilitar que um veículo puxe ou empurre outro veículo após o acoplamento.

Os engates entre módulos ou entre veículos não deverão possuir elementos de borracha natural ou neoprene, peças ou partes de desgaste para amortecimento ou absorção de energia.

O engate não deverá transferir forças superiores a 800 kN para a estrutura da caixa na operação de acoplamento.

Ensaios:

- Desempenho do acoplamento com o VLT carregado (tipo);
- Acoplamento entre VLTs (tipo);
- Acoplamento com veículo auxiliar de manobra (rotina).

3.12.11.2 Elétrico

As conexões de sinais de comando e de dados entre módulos deverão ser feitas por cabos e conectores apropriados, travas e lacres ou caixa de conexões com cabos aparafusados que suportem as vibrações do veículo e os balanços dos cabos e ter proteção IP 68.

A conexão entre módulos dos cabos de bateria deverá ser feita por terminais com parafusos.

Os módulos deverão ser interligados de forma que os coletores de energia de um carro estejam sempre no mesmo potencial elétrico que os do módulo adjacente.

A conexão dos cabos entre os módulos deverá ser efetuada por conectores robustos, em armários apropriados e dispositivos para evitar erros de conexão.

Para fins de rebocamento, deverá ser previsto nos engates sinais elétricos para conexão e interligação do sistema de comunicação, sinalização, abertura de portas, acionamento dos freios e sinal de integridade do comboio.

3.12.12 Sistema de Captação de Energia

O veículo deverá ser equipado com sistema de sapatas coletoras para conectar a corrente de tração – APS, além dos subsistemas descritos no **item 4.2**.

Além de sistema APS o veículo deverá ser equipado com pantógrafo ou sistema similar de uso metro-ferroviário consagrado para captação de energia nos trechos do pátio Hípica, equipados com rede aérea.

3.12.13 Truque

3.12.13.1 Descrição Geral

A motorização dos truques deverá levar em conta todas as situações de carregamento e da via e pátio, em atendimento às especificações de desempenho. Os truques dos módulos deverão ser intercambiáveis.

Deverá ser projetado para circular normalmente a 70 km/h numa via de raio horizontal de 100 m e a 20 km/h em via de raio de 20 m sem sofrer danos ou interferência.

No projeto do truque deverão ser consideradas todas as condições de projeto da via permanente.

A flexibilidade do truque deverá permitir que as acompanhem todas as irregularidades da via. Deverá ser projetado, de modo que apresente limitação do alívio de carga nas rodas, quando transitar sobre os AMVs ou em curvas simples ou reversas, aclives, declives ou em superelevações, com quaisquer que sejam as acelerações e em qualquer direção.

Os truques deverão ser projetados para suportar a caixa dos módulos com todos os seus equipamentos, lotação máxima e esforços dinâmicos, sem deformações permanentes e manter a altura do piso acabado do módulo em relação ao topo do boleto do trilho, dentro do estabelecido no item dimensões e peso deste documento.

O projeto do truque e a sua instalação na caixa deverão ser de tal forma que para remoção de qualquer motor de tração ou de uma roda ou rodeiro, não haja necessidade da remoção do truque.

O truque deverá seguir a filosofia de duas suspensões sendo: uma primária, entre o rodeiro (parte de contato com o trilho) e a estrutura do truque e outra secundária, entre a caixa e o truque.

A suspensão primária deverá ser constituída com molas de elastômero.

No conjunto da suspensão secundária, quando utilizarem bolsas de ar, deverá haver válvulas de nivelamento que não sejam sensíveis às oscilações normais do Veículo durante seu percurso, reservatórios de amortecimento e amortecedores reparáveis de dupla ação ou outro dispositivo de mesma função de uso e resultado comprovado.

Os truques deverão ser projetados de acordo com as exigências contidas no relatório UIC ORE B55.

3.12.13.2 Armação do Truque

Os truques a serem utilizados para os VLTs deverão ser de concepção simples e robusta, com suspensão primária, secundária e amortecedores, assegurando baixo nível de ruído e trepidação.

Os truques deverão suportar a caixa do carro com todos os seus equipamentos e lotação máxima, considerando-se a carga máxima prevista nas normas técnicas aplicáveis para compensação dos esforços dinâmicos.

Deverão permitir a rotação da caixa, a inscrição correta na via a ser especificada e ter boa estabilidade em qualquer velocidade operacional. Os truques deverão ser intercambiáveis entre si e construídos em chapa de aço carbono de baixa liga e alta resistência, soldadas e com posterior tratamento térmico. Todas as soldas e soldadores deverão estar em conformidade com a AWS (American Welding Society).

Os truques deverão ser objeto de cálculos estruturais e de desempenho.

A seleção das cargas para o cálculo da armação dos truques deve considerar as seguintes condições:

- Condições estáticas devido ao peso da caixa suportada pelo truque.
- Condições dinâmicas provocadas pela marcha do veículo sobre os trilhos onde o perfil geométrico é conhecido.

3.12.13.3 Contato Roda Trilho

O perfil da roda deverá ser compatível com o perfil do trilho.

O fabricante deverá estabelecer a relação entre as características geométricas do truque e as da via, considerando, entre outros os seguintes aspectos:

- Os esforços gerados durante a inscrição em curvas.
- Os limites dos descarrilamentos para a relação entre o esforço lateral na roda (Y) e da carga vertical na roda (Q) devem respeitar o estabelecido pela norma UIC 518.

3.12.13.4 Lubrificadores de Trilho

Os veículos deverão ser equipados com lubrificadores de frisos de rodas.

O sistema de lubrificadores deverá atender aos requisitos da norma DIN EN 50155 e DIN EN 61373 ou outra norma reconhecida internacionalmente.

O sistema de lubrificadores deve ser instalado nos rodeiros de ataque do primeiro truque dos módulos com cabine.

Deve operar com lubrificante com teor de sólidos em quantidade adequada para garantir a formação de um filme lubrificante na região do friso e na lateral dos trilhos, sem provocar

contaminação da superfície de rolamento da roda, do topo do boleto do trilho, bem como das partes inferiores dos módulos (por efeito de centrifugação).

O sistema não deverá ter componentes mecânicos de desgaste, nem necessidade de lubrificação.

O sistema deverá ser projetado de forma a possibilitar o funcionamento de todo sistema instalado no veículo, através de comando único de liga/desliga, ou o funcionamento parcial em apenas um dos módulos da extremidade.

O sistema deverá prever dispositivos que permitam alterar facilmente a quantidade de lubrificante aplicada. A aplicação deverá ser feita através de ajuste dos intervalos de tempos de aplicação e repouso. O acionamento deverá levar em conta se o veículo está em curva, sua velocidade e direção e temperatura ambiente.

O sistema deverá permitir a interrupção da lubrificação quando o veículo estiver parado.

3.12.13.5 Sistema de Suspensão

O truque deverá possuir 2 suspensões: uma primária localizada entre o contato da roda com o topo do boleto do trilho e a estrutura do truque e outra secundária entre a caixa e o truque. Quando houver partes metálicas nos elementos de borracha da suspensão primária, estes deverão ser vulcanizados nas partes metálicas.

A suspensão secundária poderá ser de alguns de os seguintes sistemas:

- Por borrachas de ação progressiva.
- Por molas helicoidais de grandes dimensões, instaladas entre os laterais dos truques e o estrado do carro, os quais receberão diretamente a carga da caixa. As molas deverão ser instaladas com suas caras superiores e inferiores isoladas do contato metálico direto, mediante peças de borracha natural.
- Bolsas de ar

Em qualquer dos processos deverá haver um sistema de sensores de carga (transdutores) para fornecer sinal de referência de peso aos sistemas de tração e frenagem.

O sistema da suspensão será completado com amortecedores horizontais e verticais para evitar as acelerações transversais e verticais provocadas pelas oscilações auto-excitadas durante a marcha dos veículos, eliminando toda possibilidade de sua geração.

No caso de suspensão feita por bolsas de ar, na eventualidade de rompimento de uma bolsa, deverá haver o rápido esvaziamento da outra do mesmo truque e nestas condições a caixa deverá ficar apoiada em batentes, permitindo a continuidade da operação. As bolsas de ar da suspensão, quando existirem, deverão ser alimentadas por um circuito pneumático independente do circuito de freio através de válvula de nivelamento, que não seja sensível às oscilações normais do veículo durante o seu movimento.

Qualquer que seja o tipo de suspensão adotado, deverá haver um sistema de nivelamento visando manter a altura do piso conforme estabelecido no item 3.6.2, com qualquer carregamento até sobrecarga, mesmo na condição de rodas desgastadas. O tempo de resposta deste sistema deverá ser inferior a 30 s da condição de módulo vazio para módulo lotado. Deverá ainda distribuir igualmente as cargas nas rodas em todas as situações de carga e posição do Veículo, considerado o tempo de resposta.

Na suspensão secundária deverá ser prevista uma interface que permita informar ao sistema de tração e de frenagem a leitura da carga do carro.

Na simulação dinâmica que será realizada, deve-se comprovar que o tempo de resposta do sistema foi projetado adequadamente e que, portanto, satisfaz às condições de segurança.

Os valores das acelerações e das frequências de oscilações do carro deverão estar em conformidade com a Norma ISO 2631 (figuras 2a e 3a), considerando o tempo de exposição de 6h contínuas e todas as condições de carregamento.

3.12.13.6 Rodas

O perfil da roda deverá ser, conforme norma UIC 510-2 OR.

As rodas do veículo deverão ser de aço forjado e a diferença do diâmetro de uma roda nova em relação à última vida deverá ser de aproximadamente 80 mm.

A classe das rodas e as dimensões deverão ser apresentadas e aprovadas durante a fase de projeto executivo.

3.12.13.7 Areeiro

Os truques motorizados deverão ser equipados com dispositivos areeiros para aumentar a aderência das rodas ao trilho para limitar os riscos de deslizamento e derrapagem.

Estes dispositivos deverão ser controlados de acordo com a direção de condução. Todos os truques motorizados deverão possuir um sistema areeiro.

3.12.14 Sistema de Tração

3.12.14.1 Inversor de Tração

Os inversores de controle de tração e frenagem elétrica deverão ter os semicondutores de potência configurados em circuito de ponte simples. Não deverá haver, no circuito de potência, semicondutores ligados em série ou paralelo para atender aos requisitos de tensão ou corrente elétrica resultante. Ressalte-se que os circuitos de controle de tração e frenagem elétrica deverão, no modo frenagem, priorizar a carga das baterias / supercapacitores (se for o caso) de tração.

Não serão aceitos sistemas de arrefecimento onde os semicondutores de potência sejam imersos em câmaras de líquido refrigerante.

O sistema de tração e frenagem elétrica deverá ser protegido contra interferências eletromagnéticas e, ao mesmo tempo, deverá evitar a geração de interferências eletromagnéticas em outros sistemas do veículo ou instaladas nas estações e via, principalmente na faixa de frequência de operação do equipamento de Controle de Bordo (CB), conforme a norma EN/ISO 3095 e EN50121.

Ensaio:

O inversor estático de tração deverá atender às condições descritas na norma IEC-60077 ou normas equivalentes reconhecidas internacionalmente, onde aplicáveis e os ensaios serão de dois tipos:

Ensaio de Tipo:

- Funcional
- Impulso
- Calor seco
- Calor úmido
- Vibrações e choques

Ensaio de Rotina:

- Funcional

- Tensão suportável

3.12.14.2 Motor de Tração

O motor de tração deverá ser de corrente alternada trifásica e balanceada dinamicamente com rotor não bobinado (gaiola de esquilo).

Os enrolamentos das bobinas deverão ser isolados com material classe H e, posteriormente, impregnados. A elevação de temperatura não deverá ultrapassar os limites da classe F.

A vida nominal calculada dos rolamentos deverá ser igual ou maior que 1.200.000km.

O motor de tração deverá ser dimensionado mecanicamente para suportar continuamente a rotação equivalente a 20% acima da velocidade máxima do veículo, considerando-se as rodas no limite de desgaste e as condições de vibração e choque existentes na via.

Ensaios:

Os motores de tração deverão ser submetidos aos ensaios de tipo e rotina de acordo com a norma IEC 60349-2 para motores de tração.

Os ensaios deverão ser os seguintes:

- elevação de temperatura (tipo);
- aquecimento de curta duração (rotina);
- curvas características (tipo e rotina);
- sobre velocidade (tipo e rotina);
- ruído (tipo);
- tensão suportável (rotina);
- vibração (rotina);
- valores característicos com tensão nominal (tipo e rotina).

Caso o motor já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

3.12.14.3 Resistores de Frenagem

Os resistores de potência utilizados no equipamento de frenagem elétrica deverão estar dimensionados para suportar frenagens máximas sucessivas, caso não seja possível a regeneração.

Os resistores deverão ser submetidos aos ensaios, de acordo com a norma IEC 60322. Os ensaios de tipo e rotina são:

- verificação do material dos elementos do resistor (tipo);
- elevação de temperatura (tipo);
- vibração e choque (tipo);
- curto-circuito (tipo);
- higroscópico (tipo);
- desempenho sob chuva (tipo). Será realizado ou não, dependendo do local de instalação dos resistores de frenagem no veículo.
- verificação da resistência nominal (rotina);

- tensão suportável (rotina).

Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

3.12.14.4 Equipamento de Manobra e Proteção

O equipamento de manobra e proteção de potência terá como finalidade o chaveamento dos circuitos de tração e frenagem elétrica e deverá interromper correntes de curto-circuito ou sobrecargas.

O fusível ou disjuntor de entrada deverá ter capacidade de interromper qualquer corrente operativa de sobrecarga e curto-circuito.

O sistema de tração e frenagem elétrica deverá ser compatibilizado com as retificadoras do sistema de alimentação elétrica.

Os equipamentos de manobra e proteção (relés, contatores, chaves eletromecânicas e eletropneumáticas, chave de linha, disjuntores, etc.) deverão obedecer aos requisitos da norma IEC 60077 ou equivalente reconhecida internacionalmente.

3.12.15 Sistema de Frenagem

3.12.15.1 Freio Elétrico

O sistema de frenagem elétrica deverá considerar motores de tração em corrente alternada, com uso comprovado em sistemas ferroviários de transportes de passageiros com carregamento equivalente ao desta especificação.

O sistema deverá ser projetado para funcionar em toda a faixa de velocidade operacional e para as condições de carro vazio até carregado com a Carga Excepcional atendendo ao desempenho de frenagem elétrica especificado.

O inversor deverá proporcionar frenagem elétrica plena no veículo, sem atuação da frenagem por atrito, em todas as condições de carga, a partir de velocidade máxima de 70 km/h até 10 km/h. Entre 10 km/h e 5 km/h será permitida a função “blending”, sendo que a partir de 5 km/h poderá atuar somente a frenagem por atrito.

A frenagem elétrica deverá ser do tipo regenerativo e reostático.

A interface entre o equipamento de comando e controle de tração com o equipamento de comando de freio de atrito deverá ser compatibilizada, para que a transição entre freio de atrito e o freio elétrico e vice-versa não afete a taxa de frenagem de serviço.

3.12.15.2 Freio de Atrito

O freio de atrito deverá ser de uso comprovado em VLT e ser projetado para funcionar em toda a faixa de velocidade, desde a máxima até zero, para as condições de carro vazio até carregado, considerando a Carga Excepcional, atendendo ao desempenho especificado.

O sistema de freio por atrito deverá ser compatibilizado com o freio elétrico, para garantir a frenagem segura, suave e isenta de solavancos.

O acionamento do sistema de freio mecânico (de atrito) se fará por meio de um sistema pneumático ou hidráulico.

Deverão ser utilizados blocos de freio acionados por ação de mola, para a realização do freio de estacionamento. Em caso de não haver ar pressurizado no veículo, o freio de estacionamento pode ser liberado em cada bloco respectivo, mediante dispositivo manual.

As unidades de freio deverão possuir ajustadores automáticos de folga, para que não ocorram variações da força aplicada em qualquer condição de desgastes dos materiais de atrito.

Cada truque equipado com freio mecânico (de atrito) terá seu sistema controle de acionamento de ar comprimido ou hidráulico. Estes sistemas receberão os sinais de frenagem que determinam a intensidade de freio comandada pelo condutor e o correspondente nível de frenagem, seja de serviço, de emergência ou de segurança.

O sistema de freio de atrito deverá ser dimensionado para garantir, em qualquer opção de projeto, no mínimo, a aplicação de 3 (três) frenagens de emergência consecutivas (com carga excepcional) a partir da velocidade máxima de 70 km/h.

O projeto do sistema de suprimento de ar, bem como das centrais hidráulicas, se for o caso, deverá considerar as condições especiais de funcionamento inerentes ao material rodante metro-ferroviário, em particular:

- As condições operacionais e ambientais (vibrações, temperatura, contaminação)
- As condições de manutenção (redução do tempo de intervenção)
- As condições climáticas do local do trânsito do VLT, no Distrito Federal. O sistema de ar deverá ser basicamente composto por:
 - Compressores de alta capacidade acionados por motor em corrente alternada;
 - Controle do compressor deverá ser micro processado para monitoramento e integração com data bus;
 - Monitoramento da pressão de saída para controle individual ou sincronizado via data bus;
 - Monitoramento e memorização de variáveis funcionais como: horas de uso; temperatura em pontos estratégicos (motor, cabeçote, etc.), pressão na saída e no encanamento.

O compressor de ar a ser utilizado, poderá ser do tipo compacto, com dispositivo de marcha em vazio de tipo e modelo de consagrada utilização em sistemas metro-ferroviários.

Além do compressor, o sistema de suprimento de ar deverá possuir resfriador, separador de óleo, secador, válvula de segurança, pressostatos e reservatórios.

A montagem do compressor de ar deverá ser sempre no sentido de permitir uma fácil montagem e desmontagem de todo o conjunto.

O período de saturação do elemento secante será de no mínimo 2 (dois) anos.

Os materiais e tratamentos dos encanamentos deverão atender as prescrições definidas pelas normas técnicas aplicáveis.

Os suportes e braçadeiras serão em aço galvanizado, com instalação que utilize borracha de neoprene, de forma a não danificar a tubulação.

Acessórios

Os componentes, incluindo as tubulações e suas conexões, devem ser projetados e fabricados em função das condições de funcionamento da instalação.

As tubulações e conexões do sistema devem estar instaladas de tal modo que não provoquem deformações que possam comprometer a função pneumática / hidráulica ou mecânica.

A instalação deve estar equipada com dispositivos de filtragem e secagem (ar) para garantir o normal funcionamento de todos os componentes do circuito e em particular daqueles que garantem as funções de segurança.

No caso de projeto com acionamento hidráulico, a classe de contaminação desejável a alcançar levando em conta as diferentes partes que integram o circuito hidráulico, é a classe 6, conforme a norma AS 4059. Os componentes hidráulicos, incluindo as tubulações e suas conexões, devem ser projetados e fabricados em função das condições de funcionamento da instalação e do tipo de fluido utilizado.

3.12.16 Dispositivos Antideslizamento e Antipatinagem

Em situação de baixa aderência na via, o sistema deverá controlar o esforço frenante aplicado ao rodeiro, de modo a manter a velocidade periférica das rodas no limite de travamento ou escorregamento, com eficácia superior a 95%, na faixa de velocidade compreendida entre velocidade máxima, 70 km/h e 5 km/h.

O equipamento deverá ser projetado com lógica micro processada, funções de auto diagnóstico, histórico de eventos e sinalização de falha na cabina de condução.

Deverá utilizar unidade de acionamento compacta, de última geração e Sistema de proteção antideslizamento por rodeiro e de alto rendimento;

O software de controle deverá seguir os requisitos da norma EN 50128.

Ensaios:

Os equipamentos eletrônicos que compuserem o sistema antideslizamento e antipatinagem deverão ser submetidos a ensaios, conforme a norma IEC 60571 ou outra reconhecida internacionalmente e atender aos requisitos de desempenho citados na norma UIC 541-4.

Os ensaios de tipo deverão ser os seguintes:

- Funcional.
- Tensão suportável;
- Transitórios;
- Acréscimo de temperatura (seca);
- Acréscimo de temperatura (úmida);
- Vibração e choque.

Os ensaios de rotina serão os seguintes:

- Funcional;
- Tensão suportável.

Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

3.12.17 Sistema de Comando de Tração e Frenagem

O equipamento de tração e frenagem deverá receber os sinais de comando do veículo e processar o cálculo do esforço de tração ou frenante dos motores, levando em conta o peso dos passageiros, a tensão elétrica da linha alimentadora, o diâmetro das rodas e a máxima variação de aceleração ("jerk") para conforto dos passageiros.

Deverá ser micro processado, possuindo recursos de auto diagnóstico com os valores dos principais parâmetros e a rotina que detectou as anormalidades de funcionamento, histórico de eventos e sinalização de falhas local e na cabina de condução.

O software de controle deverá seguir os requisitos da norma EN 50128.

Ensaios:

O equipamento de comando e controle de tração e frenagem elétrica deverá ser submetido a ensaios, conforme norma IEC 60571 ou outra reconhecida internacionalmente.

Ensaios de Tipo:

- funcional;
- de impulso;
- de calor seco;
- de calor úmido;
- de vibrações e choques.

Ensaio de Rotina:

- funcional;
- de tensão suportável.

Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

3.12.18 Sistema Suprimento de Energia Auxiliar

3.12.18.1 Inversor Auxiliar

O veículo deve dispor de um sistema de alimentação elétrica em corrente alternada deverá ser constituído por inversores estáticos com tensão de entrada em 750 VCC e saída em corrente alternada em tensão de padrão industrial e frequência nominal de 60 Hz, senoidal.

O inversor de cada módulo, sempre que possível, deverá alimentar metade da carga dos sistemas de refrigeração de ar e de iluminação principal do próprio módulo e a metade das respectivas cargas do carro adjacente.

Os Inversores estáticos terão carregadores de baterias, e alimentarão, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- Ar refrigerado do salão de passageiros e das cabines;
- Compressores, iluminação do salão de passageiros;
- Motores auxiliares e todas as cargas da Linha de Baterias.

O sistema de suprimento elétrico de energia auxiliar deverá ser compatibilizado com o sistema de alimentação através dos trilhos APS, captado pelo pantógrafo quando alimentado direto da rede aérea (750 VCC) ou de baterias / supercapacitores e deverá ter saída em corrente alternada em tensão de padrão industrial e frequência nominal de 60 Hz, senoidal com neutro disponível e aterrado e isolado por transformador.

A operação de partida dos equipamentos de funcionamento intermitente (ar condicionado, etc.) não deverá causar nenhuma perturbação visível aos passageiros (ex. queda de iluminação) ou no desempenho do veículo.

O equipamento de controle deverá ser projetado com lógica micro processada, funções de auto diagnóstico, histórico de eventos e sinalização de falha na cabina de condução.

O software de controle deverá seguir os requisitos da norma EN 50128.

Os inversores deverão ter filtros que propiciem a eliminação de flutuações ou transientes de entrada que possam introduzir ruídos para o equipamento ou para a rede de alimentação.

Deverá, ainda, apresentar:

- Regulação da tensão de saída com variação máxima de 5%
- Frequência de saída: 60Hz com variação máxima de 5%
- Forma de onda de saída: Senoidal
- Deslocamento de fase admissível: $\leq 10\%$
- Sobre tensão (não repetitiva) da rede de alimentação: 2.000V em 4ms
- Sobre tensão (não repetitiva) da rede de alimentação: 4.000V em 0,5ms
- Fator de Potência Nominal: $\geq 0,85$

Deverão ser previstas facilidades de ajuste dos principais parâmetros de controle do inversor, tais como:

- Tensão de entrada;
- Tensão de saída;
- Frequência de saída;
- Tempo para religamento;
- Regulação do controle;
- Parâmetros de proteção.

Deverá utilizar a tecnologia de IGBT com ponte simples. O inversor estático deverá atender à norma IEC 61287.

Ensaios:

O inversor deverá ser submetido aos ensaios conforme as condições descritas na norma IEC 61287 onde aplicáveis, e serão de dois tipos:

Ensaios de tipo:

- Funcional;
- De tensão suportável;
- De transitórios;
- De acréscimo de temperatura (seca);
- De acréscimo de temperatura (úmida);
- De vibração e choques.

Ensaios de rotina:

- Funcional;
- De tensão suportável.

Os componentes eletromecânicos que compuserem o sistema de alimentação elétrica auxiliar deverão ser submetidos a ensaios, conforme norma IEC 60077.

Os ensaios serão os seguintes:

- Funcional (tipo e rotina);

- De tensão suportável (rotina);
- De acréscimo de temperatura seca (tipo);
- De vibração e choques (tipo).

Caso os equipamentos já tenham sido ensaiados, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

3.12.18.2 Baterias para Auxiliares / Tração

O veículo deverá ser equipado com sistema de baterias de acumuladores e/ou supercapacitores, dimensionado para, no caso de falta da tensão da alimentação normal via APS ou catenária, prover alimentação para a tração do Veículo, em todas as condições operacionais especificadas, para percorrer, no mínimo, 400 (quatrocentos) metros. Considerar para este dimensionamento, que estas ocorrências poderão ocorrer a intervalos mínimos de 20 (vinte) minutos.

A tensão das baterias e/ou supercapacitores deve ser continuamente monitorada e mostrada na console do Condutor, com indicação da distância possível de ser percorrida, na condição de ausência da alimentação normal via APS ou catenária, considerando as situações instantâneas de rampa e carregamento do Veículo.

Considerar ainda que deverão alimentar as cargas do veículo em sua condição operacional por 1h, no mínimo, no caso de falta da tensão da alimentação normal via APS ou catenária, considerando o especificado quanto à iluminação no item 9.4 e à refrigeração no item 14.10.

Ensaio de Tipo:

- Bateria: com a bateria totalmente carregada, efetuar uma descarga, sob corrente nominal, de uma hora. Decorrido este intervalo de tempo, a tensão por elemento deverá ser superior a 1,06 VCC para alcalina e 1,80 VCC para ácida;
- No caso de bateria de íons de lítio, utilizar norma aplicável;
- No caso de Supercapacitor, utilizar norma aplicável;
- Vibração: realizado segundo a norma MB-64 ou IEC equivalente.

Caso o equipamento já tenha sido ensaiado, o Fabricante poderá apresentar os certificados de testes de tipo.

Ensaio de Rotina:

- Inspeção dos elementos mecânicos: dimensional e de acabamento, conexões, etc.;
- Verificação do nível e da densidade de eletrólito.

3.12.19 Concepção dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

Os equipamentos elétricos e eletrônicos deverão ser projetados para utilização nas condições ambientais do Distrito Federal, e de acordo com os seguintes requisitos.

3.12.19.1 Resistência a Sobretensões

Os equipamentos elétricos e eletrônicos deverão suportar, sem perturbação, as sobretensões transitórias não repetitivas, provenientes dos equipamentos com os circuitos externos, via APS ou catenária ou geradas no próprio veículo, conforme as recomendações da norma IEC 60571 ou EN 50155.

3.12.19.2 Resistência a Sobrecorrentes

Os componentes deverão resistir às sobrecorrentes:

- Repetitivas (ligação dos equipamentos, etc.)
- Excepcionais (sobrecarga da cadeia de tração durante as partidas dos veículos em rampa, etc.)
- Acidentais (corrente de flash em um motor).

Deverão também ser protegidos contra sobrecorrentes acima dos valores especificados nas normas por fusíveis ultrarrápidos, micro disjuntores, disjuntores, limitadores eletrônicos de corrente, etc.

3.12.19.3 Rigidez dielétrica

Os equipamentos elétricos e eletrônicos deverão resistir aos testes de rigidez dielétrica conforme recomendação IEC 60077-1 e 2.

3.12.19.4 Compatibilidade eletromagnética

Todas as providências devem ser tomadas para evitar perturbações eletromagnéticas emitidas pelos veículos sobre:

- Os outros sistemas elétricos e eletrônicos que serão utilizados na rede de VLT (sistemas de sinalização, rádio, etc.);
- Os sistemas comerciais, privados ou públicos de televisão, rádio, telecomunicações, etc. nas regiões de abrangência do VLT;
- Os sistemas metro ferroviários locais;
- Os equipamentos eletrônicos utilizados pelos passageiros (celulares, marca-passos cardíacos, etc.).
- Os veículos também deverão ser protegidos dos riscos das perturbações gerados por esses e outros equipamentos externos ao sistema.

Os limites de proteção que deverão ser considerados serão os indicados nas normas EN 50121 – 1 a 5 – “ Aplicações ferroviárias — Compatibilidade Eletromagnética ” ou IEC 62236-3-1 & 3-2 “ Railway applications -Electromagnetic compatibility ”

O Fabricante deverá fornecer o laudo técnico ou executar o ensaio comprovando o atendimento às normas.

3.12.19.5 Proteção contra choques elétricos

Os equipamentos deverão cumprir as exigências de prevenção contra choques elétricos, estabelecidas pela norma EN 50153.

3.12.19.6 Resistência a choques mecânicos e vibrações

O dimensionamento dos componentes deverá prever a existência das vibrações decorrentes do funcionamento deste tipo de sistema, principalmente para os componentes que estão montados na caixa, na armação do truque e no rodeiro.

Os equipamentos deverão cumprir as exigências contidas na IEC 60077-1 e 2.

3.12.19.7 Temperaturas

Os equipamentos eletrônicos de comando deverão funcionar corretamente na faixa de temperatura definida na norma EN 50155, e compatível com as características ambientais do Distrito Federal.

3.12.19.8 Umidade Relativa

Os equipamentos elétricos e eletrônicos deverão funcionar 7 dias por semana, 24 horas por dia, num ambiente com as características ambientais de umidade do Distrito Federal.

3.12.20 Borrachas

Todas as borrachas empregadas no veículo deverão estar em conformidade com a norma ASTM D-2000.

Todas as borrachas expostas ao meio ambiente deverão ser resistentes a óleos, graxas, solventes, ozona, luz solar, etc.

Todos os componentes de borracha utilizados deverão ter especificadas suas características mecânicas e informados os ensaios a serem realizados nos mesmos, os quais deverão ser submetidos à aprovação na fase de projeto executivo.

Gráficos de “cargas versus deformação” deverão ser fornecidos para componentes utilizados como batentes, molas ou acoplamentos. Os ensaios deverão ser executados conforme norma ASTM, para comprovação das características especificadas.

3.12.21 Fibra de Vidro

Todas as peças moldadas em fibra de vidro (fiberglass) deverão ser executadas com fibras de vidro finas e impregnadas com resina de poliéster, e a quantidade mínima em peso de fibra de vidro deverá ser de 25%. As fibras de vidro empregadas deverão ser de 5 micra de diâmetro e dispostas em mantas, tecidos ou fibra cortada, atendendo as peculiaridades de cada aplicação. A resina de impregnação deverá ser do tipo auto extingüível e de alta resistência à absorção de umidade. Todos os cantos e extremidades das peças deverão ser arredondados. Todas as peças moldadas em fibra de vidro deverão receber tratamento superficial em gelcoat, pigmentada na cor do acabamento final e ou pintura nas faces expostas.

O acabamento das superfícies visíveis das peças deverá ser liso, livre de empenamentos bolhas, marcas, trincas ou riscos.

As espessuras para todas as peças em fibra de vidro deverão ser de acordo com suas características construtivas.

Todos os pontos de fixação dos moldados de fibra de vidro deverão ter elementos metálicos impregnados no mesmo, para aumentar a resistência na sua fixação.

A utilização de outro material para os moldados, só será aceita com a devida comprovação de equivalência.

As peças moldadas deverão ser submetidas a ensaios da absorção de umidade, conforme a norma ASTM-D-570, impacto conforme ASTM-D-256, flexão conforme ASTM-D-790 e verificação de coloração.

Deverão obedecer às seguintes normas:

- Índice de Propagação ASTM-E162;
- Densidade de Fumaça ASTM-E662;
- Método de Teste ASTM-D635, para teste de tipo.

3.12.22 Peças de Segurança

Todas as peças, consideradas de segurança ou indicadas como tal pelo fabricante do veículo, deverão ser submetidas a ensaios para comprovação da sua qualidade, através de ultrassom, magna-flux ou outros meios aprovados. Certificados de análise química e características mecânicas deverão ser emitidos para cada corrida de fabricação das peças fundidas.

3.13 FACILIDADES DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

3.13.1 Requisitos Gerais

Os equipamentos e componentes deverão permitir fácil acesso para o acionamento operacional, para a manutenção, para a inspeção, para a lubrificação, para a limpeza e para a desmontagem. Deverá considerar a intercambiabilidade dos componentes, padronização, modularização, tempo de reparo, diagnóstico de falha e indicação visual rápida e eficiente do componente afetado e do procedimento corretivo a ser adotado.

3.13.1.1 Ferramentas e Jigas

A instalação dos equipamentos deverá ser projetada considerando a robustez necessária a equipamentos sujeitos às vibrações e choques durante sua operação e permitir montagem/desmontagem com auxílio de ferramentas convencionais.

Os dispositivos (Jigas) ou ferramentas especiais necessárias à manutenção, farão parte integrante do fornecimento e deverão ser fornecidos pelo Fabricante/Fornecedor.

A fiação deverá ser projetada e instalada de modo a não interferir na remoção de componentes.

3.13.1.2 Acesso e manutenibilidade

As unidades eletrônicas do tipo encaixe por conector deverão ter guias e travas que impeçam o esforço mecânico sobre os pinos do conector, assim como o desencaixe acidental por vibração.

Se houver conectores iguais e próximos, estes deverão ter intertravamentos para evitar erros de conexão.

Todos os pontos de testes, os indicadores de falhas, módulos, junções, fios, cabos, réguas de bornes, tubos, condutos, eletrodutos e componentes, serão identificados por meio de placas, etiquetas de identificação, código de cores, código numéricos e outros, de forma padronizada para todos os VLTs, compatível com as codificações usadas nos desenhos, manuais descritivos e outros documentos.

Não serão permitidos ajustes e calibrações nos equipamentos em campo. Caso sejam imprescindíveis, estes devem ser realizados no próprio módulo, preferencialmente através de software.

O acesso ou substituição de módulos e cartões defeituosos não deve requerer a remoção, desmontagem e ajustes de outros cartões ou módulos.

A substituição de qualquer item deve poder ser realizada com o equipamento energizado, para que não haja interferências funcionais em outros cartões, módulos, equipamentos ou sistemas, exceto em situações que comprovadamente afetem a segurança de pessoas ou do sistema.

3.13.1.3 Facilidades de Diagnóstico

Os equipamentos, módulos, cartões eletrônicos e interfaces de comunicação devem ser dotados de dispositivos de autodiagnóstico de falhas sinalizáveis localmente, através de LED's, displays e possuir interface para computadores (no caso de equipamentos micro processados), jigas de testes, portáteis ou não, ou para equipamento de diagnóstico remotamente, em tempo real.

As falhas devem ser sinalizadas e registradas de maneira que seja possível a sua imediata identificação, utilizando-se de recursos visuais e mensagens, que possam ser interpretadas sem a necessidade de consulta a manuais, tabelas ou outras referências.

A consulta dos eventos registrados durante a operação do sistema (comandos, indicações e falhas) deve ser realizada de forma "on line" e "off line", sem prejuízo do desempenho ou interrupção do funcionamento da aplicação do sistema.

Modificações nos itens fornecidos somente podem ser realizadas com prévia análise, aprovação da documentação e autorização da SEMOB.

Os dispositivos de isolamento dos freios e de portas ficarão localizados no lado externo dos módulos e só deverão permitir acesso através de "chave padrão operação/manutenção".

3.13.1.4 Facilidade Operacional

Os dispositivos instalados nos VLTs, a serem utilizados pelo pessoal de operação, deverão ser padronizados quanto à localização, identificação, cor, formato e forma de atuação, visando à homogeneidade do treinamento de seu uso e intervenção rápida e segura.

3.13.2 Exigências de confiabilidade

Os veículos, seus componentes, equipamentos, sistemas e circuitos, deverão ser fabricados, montados e testados objetivando apresentar um alto nível de confiabilidade e disponibilidade operacional.

Todos os principais componentes, equipamentos e sistemas envolvidos na montagem e fornecimento dos VLTs deverão ter suas confiabilidades aferidas, por meio de atestados de desempenho ou através de ensaios de tipo específico, a ser acordado entre a SEMOB e o fabricante.

As partes estruturais dos carros deverão ter uma vida útil de no mínimo 20 anos.

3.13.3 Índices de Confiabilidade

A Confiabilidade exigida para os VLTs deverá ser medida pelo MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), como segue:

$MTBF = \text{Quantidade de horas trabalhadas pelo VLT} / \text{Número de falhas não interdependentes nos trens.}$

O fabricante deverá garantir na proposta o índice de confiabilidade MTBF de cada sistema. Para a verificação do MTBF, deverão ser consideradas todas as falhas que interferirem na operação comercial do VLT, sem considerar o tempo de restabelecimento.

O design do Veículo deverá levar em conta os MTTR's, abaixo especificados, bem como os procedimentos, os sobressalentes, ferramentas especiais, jigas de teste e montagem/desmontagem e treinamento a serem fornecidos.

Os sobressalentes necessários à manutenção pelo período de garantia, estipulado no contrato, farão parte integrante do fornecimento e deverão ser fornecidos pelo Fabricante/Fornecedor.

As falhas causadas por outras falhas não deverão ser consideradas como relevantes para a validação da confiabilidade já que poderiam causar efeito em “cascata” (interdependentes). Nesses casos considerar somente a falha inicial.

A validação para verificação dos valores do MTBF iniciar-se-á após o recebimento provisório e entrada em operação comercial de cada VLT.

Considerando-se o fiel cumprimento do Plano de Manutenção a ser entregue pelo fornecedor, conforme definido no item 5 desta Especificação Técnica, os sistemas do veículo deverão atender os requisitos mínimos de confiabilidade estabelecidos na tabela a seguir.

O Fabricante deverá garantir na proposta o MTBF, igual ou maior aos valores de cada um dos sistemas do trem:

SISTEMA	MTBF (Horas)
CAIXA: Estrutura, revestimentos internos e externos, piso, balaústres, pega-mão, cabine, console, salão de passageiros, bancos, fechaduras, limpador de para-brisa, janelas, etc.	200.000
FREIO: Unidade de comando de freio, unidade operante pneumático/hidráulica, unidade antideslizamento e anti-patinacao, freio de estacionamento, válvulas, mangueiras, etc.	150.000
ILUMINAÇÃO E ANUNCIADORES: Reatores, inversores de emergência, instrumentação do console, velocímetro, odômetro, monitor de vídeo, anunciadores de falhas, mapa da linha, indicador de destino, etc.	60.000
SUPRIMENTO ELÉTRICO: APS, Pantógrafo, disjuntores principais, inversores auxiliares, bateria, supercapacitores, retificadores, conversor, painéis de comandos, chaves, botoeiras, fontes, etc.	80.000
PROPULSÃO: equipamento de comando e controle, inversor de tração, motores de tração, contadores, chaves de manobra, etc.	60.000
PORTAS: equipamento de comando, mecanismo de acionamento das portas e conjunto das folhas, etc.	100.000
SUPRIMENTO DE AR: unidade compressora, unidade de tratamento de ar e painel de comando, etc.	200.000
CLIMATIZAÇÃO: painel de comando e conjunto motor ventilador, motor compressor, etc.	60.000
SONORIZAÇÃO: fontes, amplificadores e unidade de controle, etc.	150.000
ACOPLAMENTOS ELÉTRICOS: engates, mangueiras, cabos de conexões ("jumpers")	1.000.000
TRUQUES: Estrutura, suspensões, rodeiros, redutores, mecanismo de freio	500.000
CONTROLE DE BORDO	50.000
SISTEMA "DATA BUS"	150.000
REGISTRADOR DE EVENTOS	150.000
CAIXA PRETA	150.000
SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCENDIO	150.000

O MTTR (Tempo Médio para Reparo) Global deve ser menor ou igual a 1,8 horas.

Este valor será a média ponderada do MTTR dos elementos-chave do sistema tais como os listados abaixo. O Tempo de diagnóstico deve ser incluído no MTTR.

- a) Equipamentos de tração e os comandos devem ter um MTTR de 1,8 h.
- b) Equipamentos de frenagem devem ter um MTTR de 2,0 h.
- c) Equipamentos de comunicação devem ter um MTTR de 1,0 h.

- d) Portas laterais e equipamentos de controle devem ter um MTTR de 0,8 h.
- e) Equipamentos de iluminação devem ter um MTTR de 0,5 h.
- f) Equipamento de Alimentação auxiliar devem ter um MTTR de 1,5 h.
- g) O Sistema de Engate deve ter um MTTR de 2,6 h.
- h) Componentes do Truque e suspensão devem ter um MTTR de 1,6 h.
- i) Equipamentos de comunicação de sinalização de controle devem ter um MTTR de 1,0 h.
- j) Caixa e correlatos devem ter um MTTR de 2,1 h.

A disponibilidade do Veículo deverá ser de, no mínimo, 99%.

3.13.4 Registro de Dados, Catálogos de Peças e Manuais de Manutenção e Operação

3.13.4.1 Registro do histórico de Dados

O fornecedor entregará, no prazo de até 1 (um) mês após a aceitação de cada VLT, o Livro de dados que contenha a caracterização e registro de cada componente, sistema e subsistema integrante de cada VLT, além dos conjuntos de todas as planilhas de inspeções e testes realizados.

Cada Livro de Dados, além de sua denominação na lombada e capa, indicará, nestes locais, o número do VLT correspondente.

As planilhas e relatórios de testes serão compostos por documentos originais assinados, conforme Controle de Qualidade do fornecedor.

3.13.4.2 Catálogo de Peças, Manuais de Manutenção e Operação

O fornecedor deverá entregar, além da Documentação Técnica do projeto, os Catálogos de Peças, e os Manuais de Manutenção e Operação para os VLTs, produzidos na língua portuguesa. Estes Catálogos e Manuais deverão ser ilustrados e detalhados de tal forma que a Equipe Técnica e os Operadores possam realizar todas as intervenções de manutenção e operação indicadas e necessárias aos VLTs, contando apenas com a supervisão do Fabricante.

Os Catálogos de Peças deverão apresentar as nomenclaturas das peças e seus fabricantes, seus códigos e desenhos de sub-montagem e vista explodida. Os Manuais de Manutenção deverão possuir índice remissivo, diagrama de blocos, descrição do equipamento como um todo e dos componentes agregados, com fotos, vistas explodidas e relação de peças para o Plano de Manutenção.

O Plano de Manutenção apresentado no Manual deverá detalhar e destacar o tipo de manutenção a serem aplicados para o VLT, seus sistemas e equipamentos, a partir de sua classificação (preventiva, preditiva ou corretiva) e sua periodicidade, definindo os componentes e materiais de substituição sistemática (inclusive quantidades), os documentos técnicos de fundamentação (desenhos e instruções de qualidade, dentre outros) bem como, o ferramental (incluindo ferramentas especiais fornecidas pelo Fabricante), a infraestrutura e a quantidade de homem x hora necessários para cada tipo de intervenção de manutenção indicada.

Os Manuais de Operação deverão ter ilustrações e textos apresentando o layout da cabine e todos os equipamentos instalados, incluindo os instrumentos, os manipuladores e chaves de comando, as sinaleiras, o monitor do data bus e os equipamentos instalados nos armários, dentre outros, definindo os procedimentos a serem adotados para os comandos operacionais e reconhecimento e correção de falhas.

Os manuais deverão ser encadernados de modo a possibilitar a inserção ou extração de folhas ou desenhos, quando da necessidade de eventuais revisões. A capa e a contracapa deverão ser resistentes e recobertas com material plástico de alta durabilidade.

Deverá ser previsto o fornecimento de 3 (três) conjuntos completos de Catálogos de Peças, Manuais de Manutenção e Operação impressos e 2 (duas) cópias em meio digital. Estes documentos deverão ser apresentados para a aprovação do operador, com antecedência suficiente para que os mesmos estejam aprovados e entregues definitivamente em até 2 (dois) meses antes da entrada em operação do primeiro VLT.

3.14 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

Além das necessidades descritas no item 15, a documentação técnica, a ser fornecida, deverá obedecer aos seguintes requisitos gerais.

3.14.1 MANUAIS

Os Manuais de Operação deverão abordar, entre outros, os seguintes tópicos:

- Procedimentos para operação do equipamento em caso de falhas.
- Cuidados a serem tomados para minimização de falhas e conservação dos equipamentos.
- Desenhos, diagramas simplificados e descrição funcional dos equipamentos.

Os Manuais de Manutenção poderão ser elaborados segundo modelos praticados pelos subfornecedores, mas apresentados segundo formatação geral de todos os documentos, devendo incluir, no mínimo, os seguintes tópicos:

- Introdução Teórico-Descritiva contendo especificações técnicas dos equipamentos, finalidade, instalação/operação e desenhos gerais.
- Os desenhos de montagem geral deverão conter medidas de referência, os desenhos de componentes que desgastam deverão conter, quando novos, medidas nominais e suas tolerâncias, bem como as medidas limite de sua utilização, diagramas de blocos dos circuitos eletrônicos deverão conter informações suficientes para acompanhar o processamento e o fluxo de sinais dentro do equipamento, em nível de cartões.
- Neste diagrama, deverão estar inclusas também as formas de ondas, características de sinais, níveis de tensões, corrente, frequência, etc., e dar as respectivas tolerâncias.
- Plano de Atividades de Manutenção Preventiva e revisão geral, para todos os equipamentos, indicando lista de componentes, a frequência mínima a ser atingida para verificação e/ou substituição de peças.
- Procedimentos de manutenção preventiva e corretiva de emergência, contendo ferramentas, instrumentos necessários, jigas de testes, operações e folhas de testes.
- Para as jigas de testes, além de abrangidas no treinamento, deverão ter sua documentação e procedimentos próprios de manutenção e aferição.
- A Listagem de Peças deverá conter também, catálogos, desenhos, ou esquemas, quando esclarecedores e indicação de normas, quando se tratar de materiais normalizados.

- Todos os esquemas, fluxogramas, gráficos, ábacos, desenhos de partes e equipamentos mecânicos, e outras documentações necessárias à manutenção, devem fazer parte integrante dos Manuais de Manutenção.
- Segurança.
- Tempo padrão de manutenção preventiva.
- Peças para reposição.
- Referências bibliográficas.
- Tanto os manuais de operação como os de manutenção devem possuir um tópico de simulação de falhas operacionais, descrevendo a forma de aplicação/normalização da simulação, atuação operacional, etc.

3.14.2 DOCUMENTAÇÃO EM GERAL

Toda documentação apresentada deverá seguir os seguintes critérios:

- A codificação da documentação técnica fornecida em arquivos eletrônicos deve obedecer aos procedimentos constantes das DIRETRIZES PARA APRESENTAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.
- A documentação técnica deve ser fornecida utilizando-se um dos seguintes padrões: A1, A2, A3 e A4, sendo que os padrões A1 e A2 devem ser utilizados para Esquemas, Desenhos e Projetos de Instalação e os padrões A3 e A4 para textos, tabelas e figuras
- As demais folhas do documento devem conter as seguintes informações: Campo preenchido com o código do documento técnico e sua respectiva revisão e responsável técnico e campo preenchido com o número sequencial e o número total de folhas do documento.
- Os controles de revisões de desenhos deverão permitir a rastreabilidade da alteração efetuada.
- Todos os desenhos, fornecidos pelo fabricante do veículo deverão estar em AUTOCAD com extensão DWG, em formato vetorial editável.

3.15 PROPRIEDADE DO PROJETO E DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

A totalidade dos projetos e da documentação técnica relacionados nas Especificações Técnicas, a serem elaboradas e entregues à SEMOB, tornando-se sua propriedade, à exceção dos direitos autorais e de propriedade industrial.

A documentação fornecida poderá ser utilizada pela SEMOB para os casos de módulos para aquisições externas de sobressalentes recomendados para Manutenção e ampliações e modificações nos Sistemas.

Os documentos de hardware e software que estejam, comprovadamente, protegidos por patente e que não sejam essenciais à manutenção e operação do sistema, deverão ser depositados em juízo numa instituição de fé pública para serem disponibilizados à SEMOB em caso de descontinuidade de fabricação ou falência do fornecedor ou de suas subcontratadas.

4 SISTEMAS FIXOS

4.1 SISTEMA DE ENERGIA

O Sistema de energia tem como objetivo principal suprir todos os Sistemas envolvidos, como: Material Rodante, Sistemas, Estações de Passageiros e todos os dispositivos ou Sistemas pertinentes à perfeita operação do VLT, devendo ser garantido os níveis de segurança, rapidez no atendimento em situações normais e de emergência, garantir o desempenho operacional e estruturado de modo a permitir uma interação dinâmica entre os diversos sistemas que estarão implantados, como: Centro de Controle Operacional (CCO), Pátio de Manutenção, embarcados nos VLTs, nas Estações de passageiros e inclusive nas próprias Subestações de energia e nas vias por onde tráfegará o VLT, em torno dos 16,5Km, aproximadamente.

Os equipamentos do Sistema de Energia deverão enviar os alarmes de falhas para o Sistema de Apoio à Manutenção (SAM) que deverá ser instalado na sala do Centro de Informação e Manutenção- CIM, no Centro de Controle Operacional-CCO (O SAM é escopo de fornecimento do Sistema de Controle Centralizado - SCC).

O Sistema de Energia será composto pelos seguintes sistemas:

- Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Baixa Tensão (SBT)
- Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR)

4.1.1 Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT)

O sistema de Energia – Alta Tensão será responsável por suprir o Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, nas tensões de 138Kv/13,8Kv, tendo como parâmetros as Normas Técnicas pertinentes e, principalmente, as Normas e Padrões da CEB Distribuição S/A, bem como, as exigências de qualidade e confiabilidade requeridas para atendimento ao novo modal de transporte a ser implantado na avenida W-3 Sul e Norte e Aeroporto da cidade de Brasília – Distrito Federal.

O Sistema de Energia deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

4.1.1.1 *Concepção do Sistema de Alimentação*

- **CONEXÃO AO SISTEMA ELÉTRICO DA CONCESSIONÁRIA**

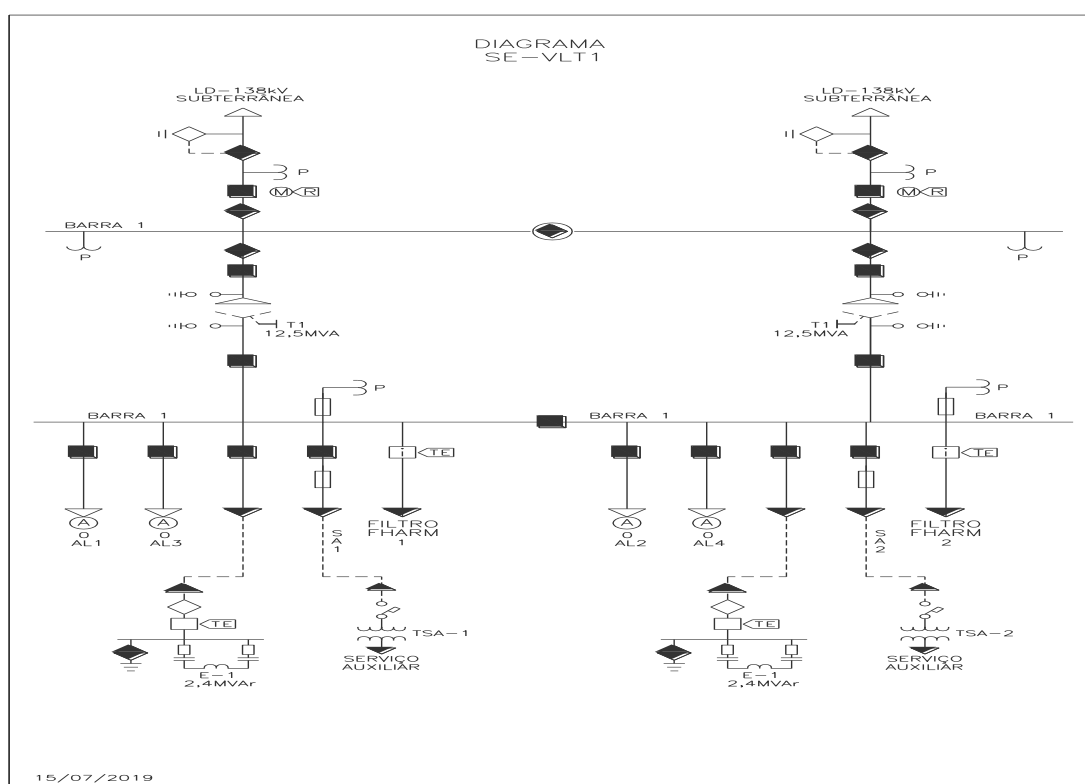
A conexão da infraestrutura de energia elétrica do sistema elétrico do VLT ao sistema elétrico da concessionária de distribuição de energia elétrica se dará em 138 kV, nas subestações VLT-1 e VLT-2, por meio de linhas subterrâneas de distribuição, cujas condições de projetos serão definidos pela CEB Distribuição à época da consulta da forma de atendimento, por se caracterizarem instalações da concessão, uma vez que os pontos de entrega de energia se localizam nas subestações SE VLT-1 e SE VLT-2.

Diante disso e como ainda não há um posicionamento formal da concessionária quanto à forma de atendimento, as características e definições adotadas para a proposição do sistema supridor estão baseadas nos padrões e normas da CEB e, também, nas características das instalações existentes e de igual natureza localizadas no Distrito Federal.

• **REGIME DE CONTINGÊNCIA ADOTADO**

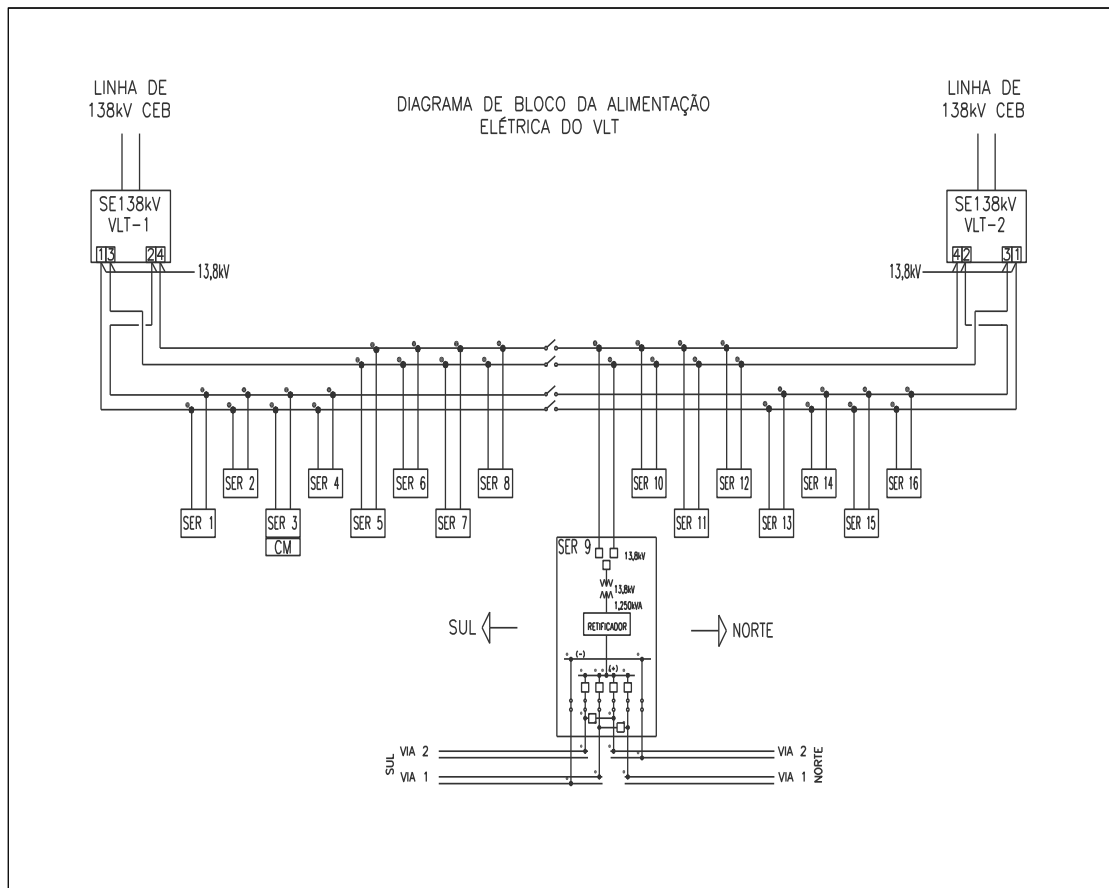
Adotou-se o regime de contingência “n-1” tanto para as linhas de distribuição em 138 kV, quanto para o barramento e para a transformação 138/13,8kV, o que garante a continuidade dos serviços no caso de falha de um trecho de linha ou de um transformador.

A subestação terá 2 (dois) barramentos de 138 kV interligados por chave motorizada, alimentados por linhas de 138 kV provenientes de 2 (duas) barras distintas do sistema CEB, conforme desenho esquemático indicativo a seguir:

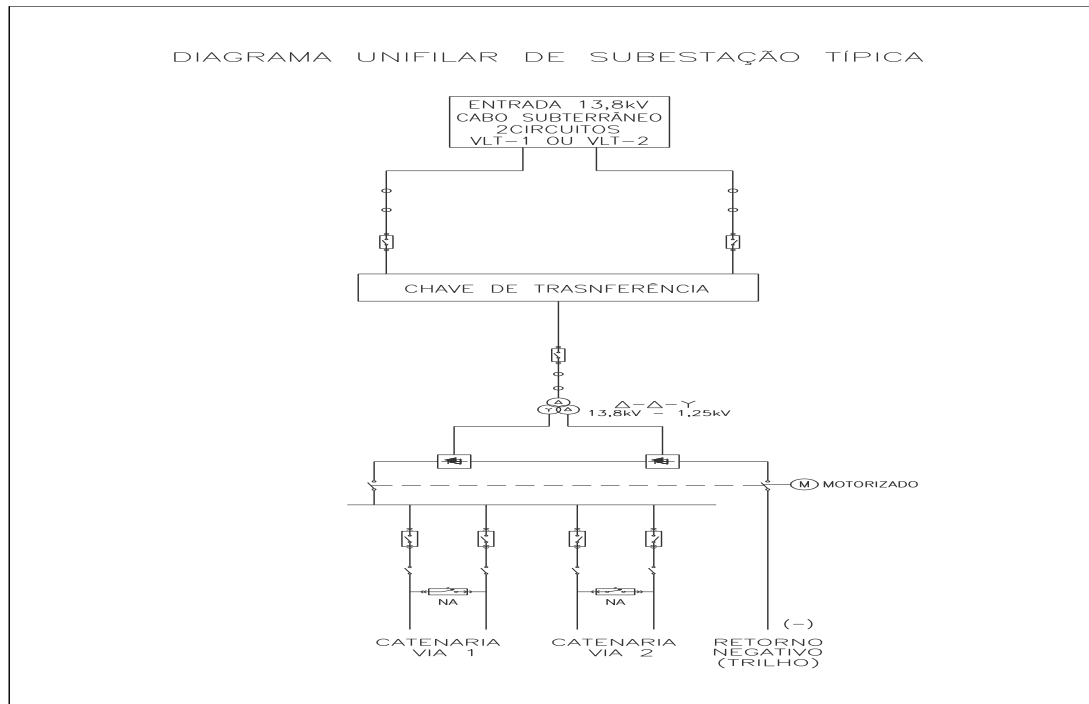


O barramento de 13,8 kV (cubículos), também terá contingência “n-1”, com 2 (duas) barras de 13,8 kV, interligadas por disjuntor instalado no cubículo de interligação de barras, suprindo alternativamente as Estações Transformadoras – SR’s que alimentarão o sistema de tração.

O fornecimento de energia elétrica à SR será em arranjo tipo Primário Seletivo, por meio de 2 (dois) ramais em 13,8 kV, derivados de 2 (dois) circuitos alimentadores provenientes das barras 1 e 2 da SE VLT-1 ou da VLT-2, assegurando dessa forma o regime de contingência n-1, para a alimentação das SR’s em 13,8 kV, conforme indicado no desenho indicativo a seguir:



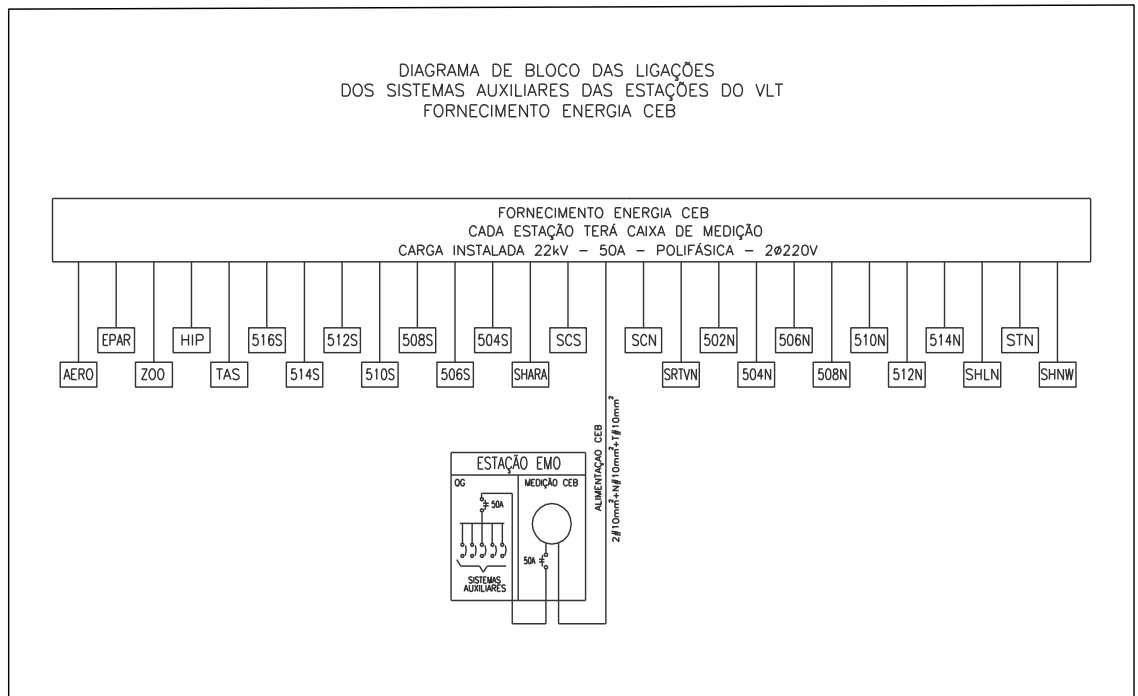
Na SR será instalado somente 1 (um) transformador de força de 1250 kVA - seco. Dessa forma, não haverá a contingência para a transformação, o que recomenda a aquisição de 2 (dois) transformadores reserva, para a utilização numa eventual perda do citado equipamento, em qualquer das 16 (dezesesseis) Estações Transformadoras, ou no caso de ocorrências que exijam sua retirada para fins de manutenção. Item de fornecimento de sobressalente, devendo estar incluso na proposta. Esta proposição está fundamentada na possibilidade de uma SR atender as cargas elétricas do sistema de tração da SR adjacente, quando esta estiver indisponível, conforme mostrado no desenho indicativo a seguir:



Porém, caso se decida aumentar ainda mais a confiabilidade do sistema de 13,8 kV, poderão ser instaladas chaves seccionadoras interligando os circuitos de 13,8 kV das SE's VLT-1 e VLT-2. Essas chaves deverão ser mecânica e eletricamente intertravadas com os disjuntores dos cubículos alimentadores, de forma que não haja condições de paralelismo dos circuitos de 13,8 kV. Estudos específicos deverão ser feitos para estabelecer as condições da possibilidade ora descrita, quando do projeto executivo.

• FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AS ESTAÇÕES DE PASSAGEIROS

Para as estações de passageiros, o fornecimento de energia elétrica será pela concessionária de energia elétrica local, na tensão comercial de 388/220V, conforme mostrado no desenho indicativo a seguir. Não está prevista contingência de alimentação, porém será instalado "no break" para sustentação e garantia dos sistemas essenciais, principalmente o de sinalização e comunicação conforme mostrado no desenho indicativo a seguir:



4.1.1.2 Infraestrutura de Energia Elétrica em 138Kv

O Sistema de Tração do VLT será constituído de duas subestações (VLT – 1 e VLT -2), alimentadas pelas duas linhas subterrâneas de distribuição – 138 kV circuito duplo, denominadas LD1 (SE HÍPICA x **SE VLT-1**) e LD2 (SE NOROESTE x SE VLT-2), com extensões de 400 e 3.000 metros, respectivamente.

- **LINHAS SUBTERRÂNEAS DE DISTRIBUIÇÃO EM 138 KV - CIRCUITO DUPLO**

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LD 138 KV - SUBTERRÂNEA – CIRCUITO DUPLO

- a) Comprimento aproximado – LD1 de 2 X 400 m e LD2 de 3.000 m;
- b) Condutores: Cabos Isolados XLPE, alumínio, seção 95 mm² compatível com potência de 25 MVA da SE, em circuito simples, em regime contínuo (fc=100%) com blindagem metálica de fios de cobre, com NBI 650kV;
- c) Disposição dos cabos: Horizontal, em vala subterrânea dentro de eletrodutos corrugados de PEAD, em leito de areia estabilizada (backfill) com proteção mecânica de lajotas de concreto armado 20 MPA, e instalação de estacas (marcos) de concreto com indicação do traçado e informações sobre a tensão elétrica e profundidade dos cabos da linha;
- d) Aterramentos: Nas blindagens nos extremos.

- **SUBESTAÇÕES TRANSFORMADORAS 138 kV/13,8kV - VLT-1 E VLT-2**

A SE VLT-1, a ser construída nas proximidades do Centro de Manutenção do VLT, localizado no Setor Hípico, e a SE VLT-2, a ser construída no final da Asa Norte, serão conectadas ao sistema elétrico da concessionária de distribuição energia elétrica em 138 kV por meio de 2 (dois) circuitos subterrâneos em 138 kV em cada subestação.

As subestações terão a capacidade instalada suficiente para atender as cargas das Estações Transformadoras – SR's, localizadas na Av. W3 Sul e Norte e no Ramal Aeroporto, bem como a Estação Transformadora do Centro de manutenção.

4.1.2 Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT)

O sistema de Energia – Alta Média será responsável por suprir o Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, nas tensões de 13,8Kv, tendo como parâmetros as Normas Técnicas pertinentes e, principalmente, as Normas e Padrões da CEB Distribuição S/A e, as exigências de qualidade e confiabilidade, para atendimento ao novo sistema de transporte a ser implantado na avenida W-3 Sul e Norte e ramal Aeroporto da cidade de Brasília.

O Sistema de Energia deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

Dados da Rede

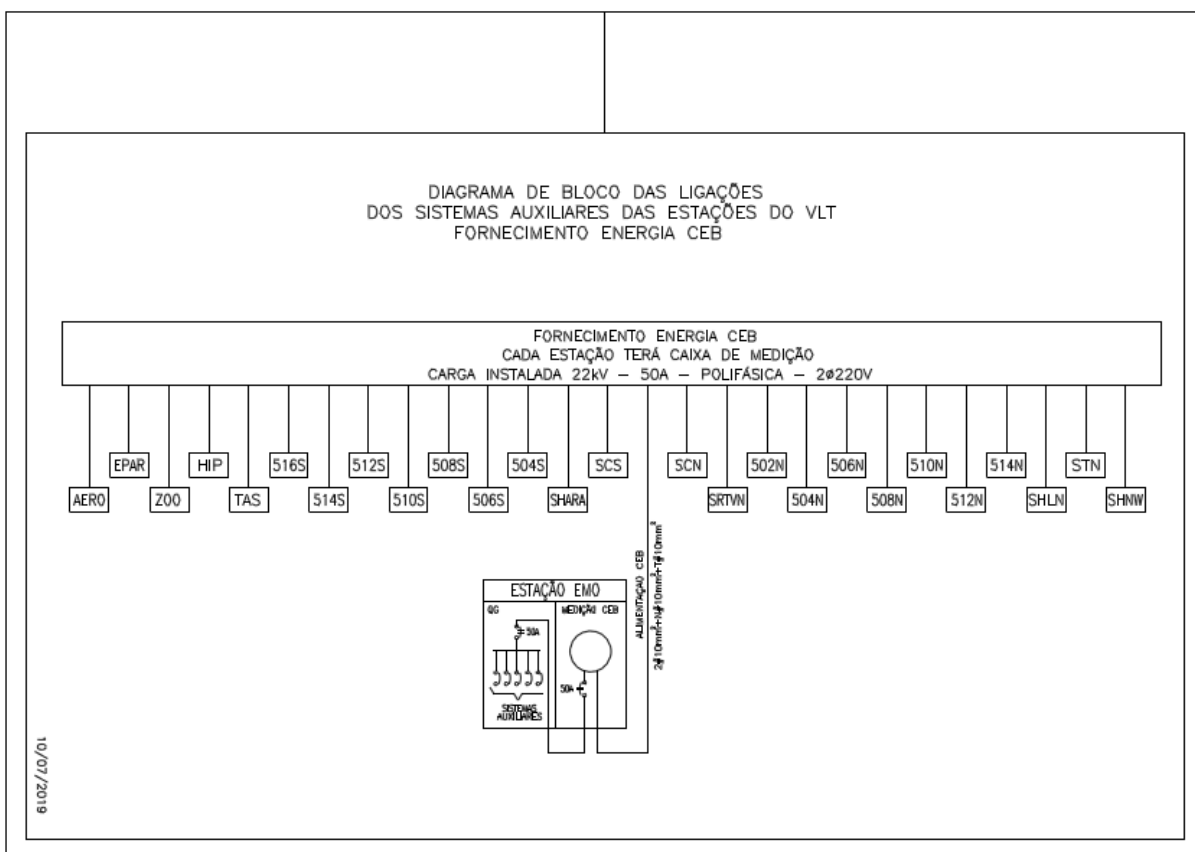


Diagrama Unifilar das SRs

- **PREMISSAS**

Objetiva estabelecer as premissas básicas conceituais e os requisitos técnicos e operacionais mínimos que deverão ser obedecidos na elaboração de do Projeto Executivo, referente ao fornecimento e implantação do Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT) para a linha do Veículo Leve sobre Trilhos VLT na Via W3 do DF – Trecho W3 Sul e Norte e ramal Aeroporto.

- **SISTEMA RADIAL**

O Sistema de Alimentação Elétrica-Média Tensão, a ser utilizado nas Linhas de Média Tensão 13,8kV, é o Sistema Radial.

O Sistema de Alimentação Elétrica de Média Tensão (SMT) a ser detalhado no projeto executivo deve levar em consideração principal a segurança, qualidade na fabricação e a colocação em condições operacionais de todos os cubículos de 13,8kVac com tecnologias atualizadas e consagradas no mercado. Os cubículos devem ser compactos a fim de atender as dimensões e layouts das salas técnicas das subestações. Os quadros, painéis de Baixa tensão, painel de distribuição, carregadores de baterias deverão utilizar o ar como meio isolante.

Esta Especificação Técnica foi elaborada identificando os requisitos que devem ser cumpridos durante todas as etapas de fornecimento e implantação do Sistema de Alimentação Elétrica, contemplando: Descritivo, Normas, a Descrição Geral do Sistema de Alimentação Elétrica, as Subestações Retificadoras das Estações e Pátio e a Malha de Terra.

- **PRODUTOS**

Equipamentos Específicos

- 15 (quinze) Subestações Retificadoras (SR) completas, uma delas alimentando o Pátio de manutenção e as demais ao longo da Linha, desde os cubículos de média tensão em 13,8 kV até os cubículos de saída em 750 Vcc, abrangendo os contadores de paralelismo e incluindo o sistema de controle e supervisão. Pode ocorrer alteração deste quantitativo de SRs, quando da obtenção dos resultados da simulação elétrica, de marcha;
- Dispositivos de curto-circuito entre os terras para instalação nas estações de passageiros e no Pátio de Manutenção, incluindo os cabos de interligação;
- Todos os equipamentos e materiais de montagem e instalação necessários, correspondentes às alimentações em média tensão e subestações citadas.

Outros Equipamentos

Deverão ser fornecidos quaisquer equipamentos, materiais e acessórios que compõem o SMT, não explicitamente citados, porém necessários para garantir um bom desempenho operacional e ao perfeito funcionamento do Sistema como um todo.

Armários, Painéis, Quadros e Bastidores

Deverão ser fornecidos todos os armários, painéis, quadros e bastidores completos e montados, incluindo toda a fiação, os conectores e o acabamento interno necessário ao seu perfeito funcionamento integrado no sistema, de acordo com os requisitos técnicos especificados nesta especificação técnica e nas normas técnicas aplicáveis.

Fios e Cabos (Alimentação e Controle)

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos necessários à interligação dos equipamentos do SMT.

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos de alimentação dos equipamentos do SMT.

Deverá ser fornecido e instalar todos os fios e cabos necessários à interligação dos equipamentos do SMT a todos equipamentos e/ou subsistemas com os quais o SMT realize interface.

Módulos e Cartões Eletrônicos

Deverão ser fornecidos todos os módulos e cartões eletrônicos, completos, para os equipamentos do SMT, de acordo com as configurações específicas de cada instalação.

Miscelâneas de Instalação

Deverão ser fornecidos os materiais, ferramentas e outros acessórios de instalação necessários à montagem, instalação e configuração dos equipamentos, módulos e acessórios do SMT.

Dispositivos e Equipamentos de Manutenção

Deverão ser fornecidos os instrumentos, ferramentas de “hardware” e “software”, dispositivos e equipamentos de manutenção padrão de mercado e os especialmente desenvolvidos para este fornecimento, necessários ao atendimento dos requisitos de manutenção do sistema.

Conectores e Acessórios

Deverão ser fornecidos todos os conectores e acessórios para os equipamentos do SMT, bem como para realizar a interface com equipamentos de outros sistemas, quando aplicável.

Aterramento e Proteções

Deverão ser fornecidos todos os dispositivos necessários à proteção dos equipamentos do SMT contra sobretensão, surtos de tensão e descargas atmosféricas.

Deverá conectar os equipamentos do SMT a malha de terra.

Software

Deverão ser fornecidos dispositivos eletrônicos (CD-ROM, DVD ou pen-drive) que contenham os programas completos (executáveis) de todos os softwares que compõem o fornecimento do SMT em sua versão final instalada.

Sobressalentes

Deverão ser fornecidos os equipamentos e materiais sobressalentes necessários para o atendimento da manutenção conforme definido no documento ET - Especificação Técnica de Requisitos Gerais de Fornecimento.

- **Características gerais do sistema de alimentação elétrica**

O projeto do sistema de alimentação elétrica da Linha do VLT orientou-se, na sua concepção, pela otimização da relação custo-benefício das instalações, dentro dos padrões de confiabilidade, requeridos por um sistema de transporte de massa com as características de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).

Serão previstas subestações retificadoras, que receberão alimentação da Rede de alimentação elétrica de Alta Tensão (SAT) na tensão de 13,8kV. A localização das subestações foi feita considerando a disponibilidade de área para instalação próxima ao traçado da linha.

Deverá prever no seu fornecimento a eventual necessidade de instalação de filtros para minimização os níveis harmônicos gerados pelos grupos retificadores, os quais poderão afetar o desempenho dos componentes/equipamentos elétricos de baixa tensão do lado da corrente alternada.

Desse estudo resultaram as soluções de subestações abrigadas em edifícios, localizadas nos canteiros centrais das avenidas ou abrigadas nas proximidades, em que se desenvolverá a linha do VLT. As subestações deverão empregar cubículos blindados e construção compacta (metalclad com disjuntor extraível) e os transformadores construídos para atender os requisitos desse tipo de instalação deverão ser isolados em todo o seu perímetro de forma a impedir o acesso de pessoas não autorizadas.

Essas subestações retificadoras serão responsáveis pelo suprimento confiável e seguro da energia de tração, necessária à circulação de trens na Linha e no Pátio de Manutenção. As cargas de serviços auxiliares do Pátio e do CCO serão alimentadas através de uma subestação auxiliar, que por sua vez deverá ser alimentada através de uma subestação de 13,8 kV da Rede de Alta Tensão.

Deverá levar em consideração quando a elaboração do projeto executivo de fabricação as facilidades para execução das atividades de manutenções preventivas e/ou corretivas, e principalmente na eventual necessidade de isolar de um circuito elétrico não implique na interdição total do conjunto de cubículos – 13,8 kV.

Atenção especial deverá ser dada no projeto e fabricação do conjunto de cubículos 13,8 kV, destinado ao Pátio de Manutenção. Dentro deste conjunto deverão ser previstos:

- um subconjunto destinado a abrigar os equipamentos conectados ao barramento destinado alimentação do retificador;
- um subconjunto destinado a abrigar o disjuntor de interligação dos barramentos (retificador e auxiliar); e

Deverá ser previsto um sistema de automático de transferência da alimentação entre os setores elétricos no caso de subtensão em uma das entradas da Rede de Alta Tensão, bem como os intertravamentos entre os disjuntores de entrada da concessionária afim de se evitar o paralelismo entre SE.

O Sistema de alimentação Elétrica será dividido em 5 setores a saber:

O suprimento de energia para alimentação dos trens deverá ser efetuado por um total de 15 subestações retificadoras, localizadas preferencialmente nas proximidades de estações. O nível de tensão de tração será 750 Vcc.

Em cada subestação Retificadora está prevista a instalação de um único grupo retificador e será composto por apenas um barramento de 13,8 kV e um barramento de 750 Vcc.

O regime de operação para o dimensionamento dos grupos retificadores seguirá a condição de operação do tipo " Heavy Traction" (norma IEC 60146).

Para atendimento aos critérios operacionais acima deverão ser previstas lógicas de intertravamentos e automatismos entre os disjuntores das entradas de energia provenientes da Rede de Alta Tensão, entradas de cada uma das subestações ao longo do trecho e os das interligações dos setores.

O projeto executivo de fabricação dos equipamentos do sistema elétrico deve ser baseado nos estudos e simulações elétricas, deve-se adequar as características de todos os equipamentos propostos com o objetivo de garantir seu perfeito funcionamento.

Os transformadores dos retificadores deverão possuir tap's e comutadores apropriados para permitir a variação do nível de tensão de 13,8 kV, de maneira a otimizar o fluxo de potência, levando em consideração a regeneração de energia do sistema de tração, na configuração normal e com contingência.

Os transformadores dos retificadores deverão possuir 2 enrolamentos secundários, um com ligação em triângulo e o outro em estrela de forma a resultar um efeito dodecafásico na retificação.

A alimentação do APS, na saída da subestação Retificadora deverá ser efetuada por dois disjuntores extra rápidos com proteções di/dt, todos instalados em cubículos na área da subestação.

O regime de tração será do tipo “Heavy Traction”, Classe VI, de acordo com as recomendações da norma IEC 60146.

Uma das subestações retificadoras será instalada no interior do Pátio de Manutenção, que alimentará as linhas internas ao Pátio, com seccionamentos independentes para a Linha e para o Pátio.

O fornecimento de energia para os trens é feito por APS e rede aérea em corrente contínua na classe de tensão de 750 Vcc, alimentada conforme descrito nos parágrafos imediatamente anteriores por intermédio dos disjuntores extra rápidos e contatores das subestações retificadoras. O retorno da corrente será efetuado pelos trilhos de rolamento com a interligação dos quatro trilhos das duas vias em paralelo.

A distribuição da corrente retificada é realizada separadamente por sentido de via, de modo que se possa desligar ou alimentar um dos sentidos das vias sem fazê-lo na outra. Entretanto, em caso de necessidade operacional, ambos os sentidos podem permanecer eletricamente ligados, através dos contatores de equalização.

O sistema de APS e rede aérea deverá ser projetado, seguindo diretrizes de simplicidade construtiva, fácil manutenção e alta confiabilidade. O conceito operacional principal consiste em dividir a rede em vários trechos, delimitados por seccionamentos através de lâmina de ar ou isoladores de seção, mantidos interligados ou não por meio de chaves seccionadoras, monitoradas pelo CCO. O comprimento ideal dos trechos deve ser feito de modo a adaptar a resistência linear da rede, para permitir boa detecção, pelos dispositivos de proteção extra rápidos, de curtos-circuitos na linha.

As operações são orientadas com vistas à necessidade de conectar ou isolar eletricamente seções dos trilhos APS e da rede aérea, dentro de sequências preestabelecidas. Deste modo, permite-se, com segurança, a busca e isolamento de defeitos permanentes na linha, execução de serviços provisórios na rede ou liberação da circulação temporária dos trens em via única, por ocasião de operação degradada.

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de energia elétrica local (CEB). Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação. Está prevista tensão secundária de distribuição, com fornecimento em tensão secundária de distribuição em 380/220 Vac.

As estações receberão alimentação diretamente da Concessionária de Distribuição Elétrica de Brasília (CEB) em baixa tensão (380/220 Vac), alimentará o Quadro de Distribuição Geral (QDG) que por sua vez alimentará somente as cargas destas estações. No Pátio de Manutenção deverá ser também prevista a entrada do Grupo Gerador Diesel (GGD) que assumirá as cargas essenciais em caso de falha na alimentação principal. Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação.

A operação do sistema de alimentação elétrica deverá ser baseada numa concepção de centralização total com todas as subestações Retificadoras. Para tanto, será previsto um Posto de Controle Centralizado de Alimentação Elétrica no Centro de Controle Operacional (CCO), em edifício instalado no Pátio de Manutenção, munido de console com teclado e monitor de vídeo, reunindo todas as informações necessárias para o controle, supervisão e comando das subestações. As seccionadoras de APS e rede aérea não possuirão comando remoto pelo CCO apenas a supervisão. Esse posto de controle do CCO não faz parte do escopo desta Especificação.

Deverá existir também um Posto de Supervisão e Controle Local das subestações retificadoras, no complexo de manutenção, integrado ao sistema de proteção, que permitirá

o comando e supervisão dos estados dos equipamentos de manobra, o armazenamento da sequência de eventos, o diagnóstico e o levantamento de estatísticas.

Todo o sistema de aquisição de dados responsáveis pela automação, supervisão e controle das Subestações deverão ser integrados pelo Sistema de Transmissão de Dados da Linha. Portanto, o processo de comunicação entre os equipamentos das Subestações distintas deverá possuir compatibilidade com o Sistema de Transmissão de Dados no que se refere a requisitos de velocidade, disponibilidade e taxa de erros definidos pelas necessidades do sistema.

Já para os sistemas de proteções emergenciais de Média tensão e Tração (intertripping) deverão ser interligadas, através de cabos ópticos.

- **Sistema de controle e supervisão**

As Subestações Retificadoras deverão ser dotadas de um Sistema coordenado e dedicado de comando, controle, proteção e de supervisão digital, estruturado de forma a permitir o comando, controle e supervisão de toda a Subestação a partir do Centro de Controle Operacional (CCO).

O sistema deverá possuir arquitetura funcional distribuída, conforme exposto a seguir:

Deverão existir dois níveis de controle e supervisão para as Subestações a saber: a nível de bay (Baia/Compartimento/Linha de entrada ou saída de um circuito elétrico) e a nível de subestação. Todas as funções de comando, controle, proteção e supervisão, bem como as de intertravamento deverão ser efetuadas por unidades autônomas em nível de bay, que deverão manter suas funções independentemente da perda de outras unidades em nível de bay ou da unidade de nível hierárquico superior que controla e supervisiona a subestação como um todo.

- **SUBESTAÇÕES RETIFICADORAS DAS ESTAÇÕES E PÁTIO**

As Subestações Retificadoras terão seus equipamentos instalados em edifício, conforme apresentado no Diagrama Unifilar das SRs. Serão instaladas 15 subestações retificadoras ao longo da linha e uma subestação retificadora no interior do Pátio de Manutenção, que suprem de energia para o APS e rede aérea de tração.

Os equipamentos das Subestações Retificadoras compreendem desde os cubículos de 13,8 kV, até os contadores de equalização dos trilhos APS rede aérea de tração, estando todos estes equipamentos instalados no interior da Subestação.

Deverá ser executado o lançamento dos cabos alimentadores, desde as chaves seccionadoras e os contadores de equalização dos alimentadores, até os trilhos APS e rede aérea de tração.

- **MALHA 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 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 atuem no sentido de interrompê-las. Para que a malha de terra cumpra corretamente as suas funções, o seu projeto e instalação deverão ser 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, esteja dentro de limites prescritos e aceitáveis por Normas técnicas de reconhecida aplicação. Deverão ser ligados à malha de terra da subestação:

- Todos os elementos metálicos não destinados à condução de corrente nas condições normais de operação da subestação.
- Os cabos guarda destinados à proteção dos equipamentos da área externa da subestação contra descargas atmosféricas.
- Os para-raios, tanto dos circuitos de corrente alternada quanto dos circuitos de corrente contínua.
- As massas de todos os equipamentos da subestação na área externa e na área abrigada.

4.1.3 Sistema de Alimentação Elétrica de Baixa Tensão (SBT)

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de Energia Elétrica de Brasília (CEB). Essas alimentações não fazem parte do escopo desta Especificação, exceto a fixação da caixa de medição. Está prevista tensão secundária de distribuição, com fornecimento em tensão secundária de distribuição em 380/220 Vac, que alimentará o Quadro de Distribuição Geral (QDG) de cada estação, que por sua vez, alimentará somente suas cargas.

As alimentações elétricas do Complexo Operacional e de Manutenção e Pátios serão alimentadas pelo Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (SAT), por tal motivo teremos transformadores trifásicos de força, abaixadores nas tensões de 13,8 kV – 380/220 V – 60 Hz, para distribuição.

Todos os equipamentos e circuitos do sistema de alimentação das Estações, CCO e Pátio deverão, onde não mencionados explicitamente em contrário, obedecer às seguintes características.

Corrente Alternada

- Sistema trifásico com neutro aterrado (ou monofásico) – TN-S: 5 condutores (a 2 ou 3 condutores);
- Classe de tensão de isolamento nominal: 600V;
- Tensão nominal entre fases (fase/neutro): 380V (220V);
- Tensão máxima de operação (fase/neutro): 418 V (242V);
- Tensão mínima de operação (fase/neutro): 342 V (198V);
- Frequência nominal: 60 Hz;
- Nível de curto-circuito máximo: 30kA;
- Neutro do sistema: aterrado.

Corrente Contínua

- Sistema: a 2 condutores;
- Classe de tensão de isolamento nominal: 250 V;
- Tensão nominal: 125 Vcc;
- Tensão mínima de operação: 106 V;
- Tensão máxima de operação: 135 V;
- Nível de curto-circuito: 10 kA.

Sistema de Controle

- Tensão nominal de BT: 127 Vca (+/- 10%)

A fabricação das caixas de entrada dos tipos CEM – Caixa de Entrada e Medição de Energia em 220 V e transformação em 220/127 V deverão seguir os padrões definidos nas Normas da Concessionária.

Pátio de Manutenção

No Pátio de Manutenção teremos um transformador trifásico de força tipo seco de 1000 kVA com tensão primária de 13,8 kV e secundária de 380/220 V - 60 Hz.

Em caso da falta de energia da SAT, teremos 1 Grupo Motor Gerador Diesel de 260 kVA - 3Ø- 380/220 Vca, para alimentar as cargas prioritárias do Pátio, pelo barramento no quadro QPD-D-E-SUB.(ESSENCIAL).

No barramento de baixa tensão QPD-D-N-SUB.(NORMAL), teremos 1 circuito que deverá alimentar o retificador 1 de 65 kVA, e no barramento de baixa tensão QPD-D-E-SUB. (ESSENCIAL) teremos 1 circuito que deverá alimentar o retificador 2 de 65 kVA, esses dois circuitos retificadores alimentarão em paralelo o barramento de 125 Vcc (USCC+UDQ) desse barramento sairão 2 circuitos que alimentarão os bancos de baterias (Baterias 1 e 2), 1 circuito para o quadro de distribuição de corrente contínua (QDCC-D-CC-SUB.) e 1 circuito para alimentar 1 sistema inversor que deverá alimentar o painel de força PDF-D-NB-SUB, este circuito deverá ter uma chave reversora para manter a continuidade elétrica deste sistema pelo Grupo Motor Gerador Diesel de Emergência. Do barramento do PDF-D-NB-SUB. sairão 4 circuitos bifásicos de 380 Vca, sendo que 1 dos circuitos deverá alimentar o painel PDF-B-NB-CCO, outro circuito o painel PDF-B-NB e 2 circuitos serão de reserva.

Estações

As alimentações elétricas das estações serão diretamente da rede de distribuição de Baixa Tensão da Concessionária de energia elétrica local (CEB). A configuração elétrica das estações receberá alimentação direta do sistema secundário trifásico + neutro da CEB em 380/220V – 60 Hz que deverá alimentar o barramento do QGD-N-ESTAÇÃO, que por sua vez, alimentará somente suas cargas. As cargas essenciais ou emergenciais deverão ser supridas pelo sistema de alimentação ininterrupta de energia – Nobreak.

4.1.4 Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR)

As alimentações elétricas dos trens (veículos) serão obtidas diretamente da rede de distribuição das subestações retificadoras, através dos transformadores para os grupos retificadores e cubículos de 750Vcc, conforme abaixo descrito:

Composto pelos grupos transformadores retificadores a diodos de silício, seccionadoras bipolares, disjuntores extra rápidos, seccionadoras de isolação, contadores de equalização, seccionadoras de retorno, entre outros destinados à alimentação das vias operacionais, isso contemplado nas SRs e vias. Além, dos dispositivos de comando, proteção, controle, sinalização, transdutores, cabos de força e controle, conectores, chumbadores, eventuais filtros harmônicos que se façam necessários etc., desde as muflas terminais e/ou conectores necessários no primário do transformador até o cabeamento para conexão com os trilhos APS e as catenárias e as vias, incluindo os cabos de força em 750 Vcc entre cubículos de retorno (alimentadores negativos) e trilhos de rolamento, bem como cabos de força em 750 Vcc e conexão entre cubículos de saídas positivas (alimentadores positivos), trilhos APS e catenárias.

Este sistema deverá contemplar, também, todos os relés de proteção e auxiliares do sistema 750 Vcc, equipamentos de comando e supervisão dos cubículos, a fiação interna, os bornes terminais para ligação com circuitos externos, vias ópticas e/ou elétricas de comunicação digital entre equipamentos dos cubículos e externamente a eles. Contemplando ainda os cabos de alimentação elétrica em, 380 Vca e 220Vca, bem como

todos os acessórios e serviços de instalação, emendas, terminações, identificações, testes de aceitação dos circuitos e demais serviços que se façam necessários para que o fornecimento possa ser considerado apto à operação comercial.

Contemplando o sistema de curto-circuitamento entre negativo e terra estrutural, atendendo aos requisitos de proteção dos passageiros e funcionários contra tensões de passo e toque nas estações e nas salas técnicas.

Contemplando o Sistema Digital da Retificadora (SDR), a ser desenvolvido e implementado baseado nas normas IEC-61850, para cada uma das subestações, sendo constituído pelo conjunto das unidades de comando, controle, proteção e aquisição de dados distribuídos nos cubículos de tração e por um painel específico para abrigar interfaces de comunicação e lógicas de intertravamento do sistema 750 Vcc e estando conectado ao Painel de Comando e Controle de Energia (PCE) da subestação e através dele permitir o envio e recebimento de informações às instâncias de supervisão remota.

Sendo as interfaces ópticas da rede IEC 61850 com o PCE da subestação com o CCO, estabelecida através do Sistema de Transmissão de Dados – STD, bem como as interligações elétricas e/ou ópticas entre os cubículos e os painéis de interface, incluindo as terminações ópticas no Distribuidor Geral Óptico (DIO) para utilização de aquisição de dados.

A fibra óptica para o sistema de proteção (intertripping), também, será de responsabilidade do STD e sendo de responsabilidade deste fornecimento, as conexões e testes para garantir todo o sistema de proteção (intertripping) entre as Subestações Retificadoras, isolando o trecho onde ocorrer à falta ou falha. Esses cabos ópticos são independentes e serão passados diretamente de cubículo local para cubículo externo nas SE Retificadoras.

Especial atenção deverá ser dada para que não ocorram interligações de potenciais diferentes (cubículos 13,8 kV, cubículos 750 Vcc, painel do SDR, PCE) através dos cabeamentos, providenciando o devido isolamento galvânico entre esses potenciais nas interligações que se fizerem necessárias.

O SDR deverá contemplar todos os “softwares”, licenças de utilização e demais acessórios necessários ao funcionamento adequado e garantir a manutenção das subestações retificadoras.

Notas:

Nas estações existirão Distribuidores Intermediários Ópticos (DIO), que proverão os pares de fibras ópticas para aquisição de dados (Supervisão e telecomando) do sistema de tração para o CCO. A função intertripping não passará pelos DIO's das estações, preferencialmente.

Composição básica do Sistema de Alimentação Elétrica de Tração (STR);

- **Transformador**

Os transformadores deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme a norma as normas ABNT NBR 5356, NBR 9070, NBR 9112 e normas IEC, NEMA ou IEEE, sempre que aplicável.

Os transformadores deverão formar conjuntos com os retificadores, formando grupos perfeitamente acoplados e balanceados, num projeto integrado de forma a atender as necessidades de potência solicitadas, e com um nível de tensão dentro dos padrões admissíveis.

Deverão ser trifásicos a seco, com três enrolamentos, com resfriamento natural, com potência nominal compatível com o ciclo de carga especificado.

A potência do transformador e a tensão dos secundários deverão ser estabelecidas após estudos das simulações elétricas.

- **Retificador**

Os retificadores a diodo deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme a norma IEC 60146.

As pontes retificadoras (estrela e triângulo) deverão estar contidas em cubículos metálicos e com os barramentos positivo e negativo interligados e previstos para instalação abrigada.

Para a interligação entre a seccionadora bipolar de isolação do grupo retificador e o barramento positivo dos disjuntores extra rápido, deverá ser utilizado barramento, não sendo permitido o uso de cordoalhas.

O resfriamento dos retificadores deverá ser feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente

- **Grupo Transformador-Retificador**

Os grupos retificadores destinam-se à conversão de corrente alternada em contínua para o serviço de tração. O projeto deverá prever o perfeito acoplamento entre o transformador e o retificador.

Deverão ser tomados todos os cuidados necessários com as harmônicas características injetadas no sistema, tanto do lado de corrente alternada como do lado de corrente contínua.

O nível de ruído produzido pelo grupo transformador-retificador não deverá ultrapassar o valor de 64 dB e atender a norma NBR 7277.

O rendimento a carga nominal (100%), deverá ser não inferior a 98,4% para os transformadores e não inferior a 98,5% para os retificadores. A componente de defasamento (fasor) do fator de potência deverá ser maior ou igual a 96%, calculado conforme as normas NBR 9070 e IEC 60146.

- **Cubículos 750 Vcc**

Os dados técnicos a seguir deverão ser observados.

- Tensão nominal –750 V
- Tensão máxima - 900 V
- Tensão mínima - 500 V
- Nível de isolamento - 1,2 kV
- Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
- Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
- Corrente de curto-circuito no barramento por 0,5 seg. - 80 kA

- **Transdutores de Tensão**

Os transdutores deverão estar localizados no cubículo do grupo retificador, em um dos cubículos do disjuntor extra rápido e no cubículo do curto-circuitador negativo-terra. Deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme Normas NEMA, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição. A corrente secundária e a carga nominal dos transdutores deverão ser compatíveis com os medidores e equipamentos de interface.

Deverão possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Tensão primária nominal – 750 Vcc
- Corrente secundária - a ser definido no projeto executivo
- Carga nominal - compatível com a carga

- Erro de relação - 1%
- Tensão de alimentação dos transdutores - 220Vca para estações

- **Transdutores de Corrente**

Os transdutores de corrente deverão estar localizados no cubículo do grupo retificador, nos cubículos dos disjuntores extra rápidos e no cubículo do curto-circuitador negativo-terra.

Deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme Normas NEMA, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição. A corrente secundária e a carga nominal dos transdutores deverão ser compatíveis com os medidores e SDR.

Deverão possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Corrente primária nominal: 750 Vcc
- Tipo I (retificador) - 2.000 A
- Tipo II (disjuntores e curto-circuitador negativo-terra) - 1.500 A
- Corrente secundária - a ser definido no projeto executivo
- Carga nominal - compatível com a carga

- **Relé de Tensão 750 Vcc**

Os relés de tensão deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme normas NEMA, IEC, IEEE e EN 50123, onde aplicáveis, garantindo uma adequada separação galvânica entre o circuito de força e o secundário para medição, devendo ser do tipo foto-acoplador e prever operação “em condição segura” (fail-safe).

Deverá ser previsto um relé de tensão em cada lado da seccionadora bipolar e das seccionadoras de isolamento positivas. Deverão possuir contatos auxiliares suficientes para sinalização e intertravamentos.

Os cabos de ligação do relé deverão estar isolados das demais fiações de controle.

Cada relé ligado aos circuitos de força (750 Vcc) deverá possuir fusível com sinalização mecânica (para indicação local) e elétrica (para indicação remota).

Os relés de tensão deverão possuir, no mínimo, as seguintes características técnicas:

- Tensão primária nominal - 750 Vcc
- Tensão máxima - 1.000 Vcc
- Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
- Tensão máxima suportável entre os circuitos secundários e a massa durante 1 min. a 60 Hz –2 kV
- Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
- Sinalização no relé:
 - Com tensão 750 Vcc - LED vermelho
 - Sem tensão 750 Vcc - LED verde

- **Relé de Proteção (76)**

Deverá ser previsto relés de corrente, a serem ligados entre as estruturas dos cubículos e o terra da via (polaridade negativa), para proteção contra fuga do positivo para a estrutura.

Deverão ser previstos quatro relés para cada subestação retificadora.

O relé deverá ser de baixa impedância e ter sensibilidade para detectar qualquer corrente de defeito, possuindo capacidade de suportar a corrente de curto-circuito durante a abertura dos disjuntores. Deverá possuir também contatos suficientes para bloqueios, intertravamentos e sinalizações.

O tempo de atuação do relé e dos equipamentos para isolar o defeito deverá ser suficiente para evitar danos físicos ou materiais.

- **Dispositivo de Proteção das Blindagens dos Cabos**

Deverão ser previstos dispositivos para supervisionar a blindagem dos cabos, ou seja, defeito no cabo com aparecimento de tensão na blindagem em relação ao negativo de 750 Vcc.

Os cabos que serão supervisionados são os seguintes:

- cabos entre os cubículos dos disjuntores extra rápidos e os cubículos das seccionadoras de isolação positivas;
- cabos entre os seccionadores de isolação positivas os trilhos APS e as catenárias;
- As blindagens dos cabos deverão ser ligadas em barramentos isolados das carcaças dos cubículos.

- **Proteção por detecção de arco elétrico interno aos cubículos**

Deverá ser fornecido dispositivos para proteção contra a ocorrência de arco elétrico interno nos cubículos (barramentos e conexão de cabos).

Esta proteção deverá ser capaz de detectar e identificar a ocorrência de arcos elétricos, devendo atuar no desligamento do disjuntor de 13,8 kVca e, se for o caso, dos disjuntores extra rápidos (acionando o sistema “intertripping” também), de modo que o tempo total (detecção e desligamento) de atuação seja o mais curto possível.

O sistema deverá ser capaz de identificar o cubículo onde ocorreu a falta e enviar sinalização local e remota da ocorrência de arco elétrico interno.

Os detectores ópticos de arco deverão estar posicionados de forma a não atuar indevidamente com a luz ambiente ou direta solar.

Os detectores ópticos deverão apresentar isolação elétrica adequada, bem como a fiação até as suas centrais. Deverão dispor de quantidade suficiente para a detecção em quaisquer regiões possíveis de aparecimento de arco dos cubículos.

Os grupos de detectores serão distribuídos de forma que seja garantida a seletividade da proteção, ou seja, deverá isolar a falta adequadamente atuando apenas nos elementos de manobra e proteção pertinentes.

- **Disjuntores Extrarrápidos E Contatores De Equalização**

Os disjuntores de corrente contínua do tipo extra rápidos e os contatores de equalização deverão ser projetados, construídos e testados conforme as normas EN 50123, IEC 6077 e 60947-2.

As características abaixo deverão ser observadas para o fornecimento destes equipamentos.

- Tensão nominal - 750 V
- Tensão máxima - 900 V
- Tensão mínima - 500 V
- Corrente nominal eficaz - 1.500 A

- Nível de Isolamento - 1,2 kV
- Tensão máxima suportável entre os circuitos principais e a massa durante 1 min. a 60 Hz (Ua) - conforme norma EN 50123
- Tensão de impulso (Uni) - conforme norma EN 50123
- Gradiente de corrente (Amperes/microssegundos) - entre 5 e 15
- Faixa de calibração para disparo por sobrecorrente – 1,8 a 3,6 kA
- Valor da corrente de curto-circuito prevista a jusante do disjuntor - 70 kA
- Proteção di/dt

- **Chaves Seccionadoras**

As chaves seccionadoras deverão ser previstas para instalação interna aos cubículos. Deverão ser projetadas, construídas e ensaiadas conforme norma EN 50123. Deverão ser dimensionadas para atendimento ao ciclo de carga previsto para o grupo retificador (IEC 60146, classe VI) e para atendimento às condições descritas abaixo.

a) Seccionadora Bipolar de Isolação do Grupo Retificador

- Corrente nominal eficaz - 2.000 A
- Corrente de curto-circuito - 70 kA
- Comando motorizado e manual

b) Seccionadora de Isolação Positiva

- Corrente nominal eficaz - 1.500 A
- Corrente de curto-circuito - 70 kA
- Comando motorizado e manual

c) Seccionadora de Isolação Negativa

- Corrente nominal eficaz – 2.000 A
- Corrente de curto-circuito – 70 kA
- Comando motorizado e manual

- **Curto-Circuitadores Negativo-Terra**

Deverá ser fornecido o sistema para interligação entre negativo- terra a ser instalada nas estações.

Os equipamentos pertencentes ao sistema de curto-circuitamento negativo-terra deverão efetuar a proteção dos passageiros e dos funcionários contra tensões de passo e toque conforme critérios estabelecidos pela norma EM 50122 da CENELEC.

Os equipamentos deverão curto-circuitar o negativo com o terra externo estrutural sempre que o potencial do negativo do sistema de tração atingir níveis perigosos em relação ao potencial do terra, ou potencial da armadura da plataforma de embarque e desembarque de passageiros.

Para o dimensionamento do sistema, a Contratada deverá estudar e decidir sobre os pontos mais adequados para conexão dos cabos de potência.

O sistema de tração, bem como a circulação de trens, não deverá sofrer interrupção da operação durante a intervenção dos dispositivos de proteção.

Cada cubículo deverá possuir no mínimo os seguintes elementos:

- transdutores de tensão;

- voltímetro;
- transdutor de corrente;
- amperímetro;
- semicondutor para chaveamento instantâneo;
- contator;
- IED e/ou controlador lógico programável (CLP).

- **Sistema Digital da Retificadora (SDR)**

O Sistema Digital da Retificadora (SDR) é o sistema constituído pelas unidades de comando, controle, proteção, medição e aquisição de dados do sistema de tração elétrica. Serão constituídos pelos IED's, pelos dispositivos digitais de controle dos disjuntores, relés de proteção e demais elementos necessários para execução destas funções. Deverá possuir arquitetura distribuída, associadas aos diferentes "bays" das subestações consideradas.

As unidades associadas a cada "bay", denominadas IED's, deverão possuir interface óptica para formação de um barramento serial comum à rede IEC 61850, a qual estará conectada o PCE da estação.

Deverão ser instaladas unidades IED's nos compartimentos de baixa tensão dos seguintes cubículos/painel:

- cubículos da seccionadora bipolar de isolamento do grupo retificador;
- cubículos dos disjuntores extra rápidos;
- cubículos das seccionadoras de isolamento positivas e contadores de equalização;
- cubículo da seccionadora de isolamento negativa;
- cubículo do curto-circuitador negativo-terra.

É permitido o fornecimento de IED's que englobem as funções dos dispositivos digitais de controle dos disjuntores, desde que tais IED's possuam todas as funções e características citadas nos itens específicos.

Os dispositivos digitais de controle dos disjuntores, relés de proteção e demais dispositivos que não se enquadrem no padrão IEC 61850, deverão ser inseridos na rede de "switches" ópticos através de "gateways" ou terminais remotos inteligentes (RTU's) adequados, de padrão industrial, sendo que o sistema de tração não poderá apresentar perda de desempenho.

Todos os equipamentos/dispositivos pertencentes ao SDR deverão apresentar sincronismo com relação à base horária disponibilizada pelo gerador de sincronismo descrito no Os IED's, que deverão estar nos compartimentos de baixa tensão dos cubículos, deverão ser projetados, construídos e ensaiados de acordo com as prescrições desta especificação e das normas ABNT NBR IEC 60529 e NBR 7116, e das normas IEC-61850, IEC 60255-5, 60255-6, 60255-21-1, 60255-21-2, 60255-22-1, 60255-22-2, 60255-22-3 e 60255-22-4, IEC 60297, IEC 60870-5-101, 60870-5-103 e 60870-5-104, IEC 61131, IEC 61508, IEEE C37.20.2, NBR 14565 e IEEE 273, além de outras normas NBR e IEC onde aplicáveis, todas nas suas versões mais atualizadas.

4.2 SISTEMA DE APS

4.2.1 Definições, Abreviaturas, Referências

4.2.1.1 Definições

Expressão	Definição
Grupo de PBs ou meio-trecho	Grupo de PBs associado a um Armário de APS.
Veículo	Significa o Trem
Pré-posicionamento	Função da PB que identifica as PBs defeituosas, preparando-a para isolamento do APSC associado.

4.2.1.2 Abreviaturas

Abreviatura	Texto	Significado
AC	CA	Corrente Alternada
APS		Suprimento Estético de Energia (“Alimentação pelo Solo”)
APSC		Armário de APS
BJ		Caixa de Junção
BR		Caixa de Ramificação
CAMS		Sistema de Manutenção Assistida por Computador
CS		Sapata Coletora
CSI		Interface da Sapata Coletora
DC	CC	Corrente Contínua
E		Antena emissora instalada no chassi do trem
EOL		Fim de Linha
HVAC		Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
IGBT		Transistor Bipolar de Porta Isolada
IS		Chave Isoladora
kmst		Quilômetro de via única
km/h		Quilômetro/hora
LCB		Disjuntor de Linha
MFC		Cabo Multifuncional
MSC		Cubículo de Chaveamento Principal
MTBF		Tempo Médio Entre Falhas
OCC	CCO	Centro de Controle Operacional

Abreviatura	Texto	Significado
OCS		Sistema de Contato Aéreo
PB		Caixa de Energia
PES		Sistema Eletrônico Programável
RS	MR	Material Rodante
SL		Linha de Segurança
SLR		Receptor de Linha de Segurança
SRD		Dispositivos de Curto Alcance
STR		Subestação de Energia de Tração
+Va		Tensão do sistema de alimentação (valor nominal: 750V)
0Vr		Referência de tensão zero (= trilho de circulação)

4.2.2 Princípios Gerais do APS

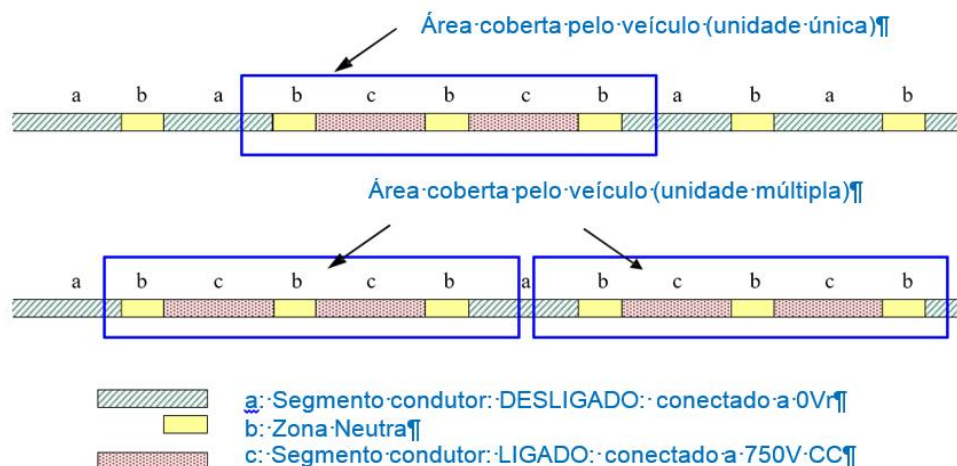
O Sistema de Suprimento Estético (APS) visa substituir o Sistema de Contato Aéreo (OCS) dos sistemas de transporte urbano eletrificados, através de trilhos de APS segmentados totalmente integrados à plataforma da via. O princípio do APS consiste em fornecer tensão apenas aos trilhos APS que estão fisicamente fechados dentro da área ocupada pelo veículo. Quando alcançados, os trilhos do APS nunca são energizados e não apresentam perigo para pessoas ou equipamentos.

O sistema APS permite desempenhos idênticos ao OCS, tais como a partida dos veículos em qualquer ponto ao longo da linha, possibilidade de retorno dos veículos, compatibilidade com todas as linhas de veículos leves sobre trilhos existentes, incluindo cruzamentos e desvios.

O sistema APS pode ser combinado com todos os equipamentos de suprimento de energia por OCS (normal e rígido).

O trilho APS é formado por uma sequência de segmentos condutores e zonas neutras conforme indicado na figura abaixo.

Figura 4-1 - Segmentos de trilho APS



Em um trecho em linha reta, o trilho APS está localizado no centro da via entre os dois trilhos de circulação. Em uma curva, o trilho APS é deslocado lateralmente, sendo a sua posição determinada pelo caminho das sapatas coletoras do APS localizadas embaixo do veículo.

O veículo indica que está presente emitindo um sinal codificado para o solo. Este sinal é gerado por um dispositivo eletrônico de bordo, e transmitido através de uma antena integrada na sapata coletora. Este sinal codificado é detectado de forma contínua e segura acima de um segmento para autorizar e manter o suprimento de energia desse segmento.

Com base neste princípio, somente podem ser ligados os segmentos condutores situados inteiramente na área de abrangência do veículo. Assim, todas as superfícies energizadas no solo ficam totalmente protegidas pelo veículo, não sendo acessíveis.

O veículo coleta a corrente através de sapatas coletoras situadas embaixo do veículo. A distância entre essas sapatas coletoras é maior que o comprimento da zona neutra; portanto, pelo menos uma sapata coletora está sempre em contato com um segmento condutor energizado. O retorno da corrente de tração é garantido pelas rodas e a via.

O princípio de alimentação de um veículo que recebe energia é ilustrado nas figuras abaixo.

Figura 4-2 - Alimentação de tração por 2 segmentos condutores

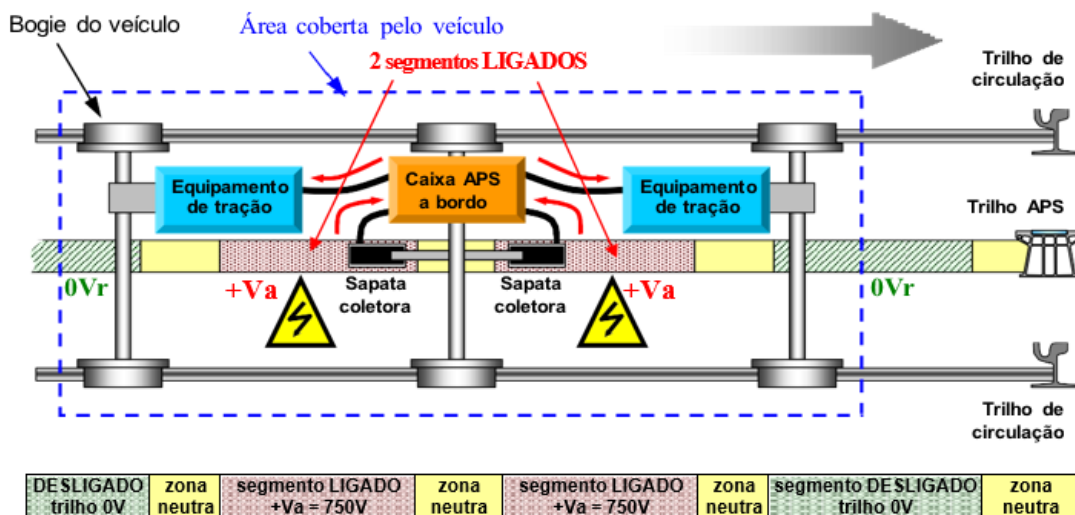
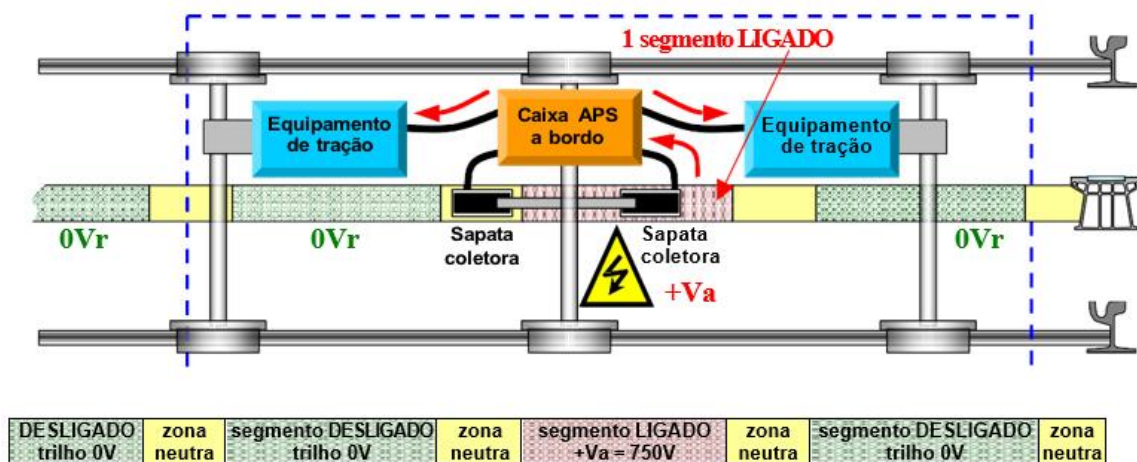


Figura 4-3 - Alimentação de tração por apenas 1 segmento condutor



Toda a infraestrutura do APS está embutida no solo e, portanto, não apresenta estrutura aparente fora da superfície da rua. Assim permite reduzir os inconvenientes do sistema de alimentação do trem no espaço público, eliminando todos os obstáculos aéreos ao longo da linha.

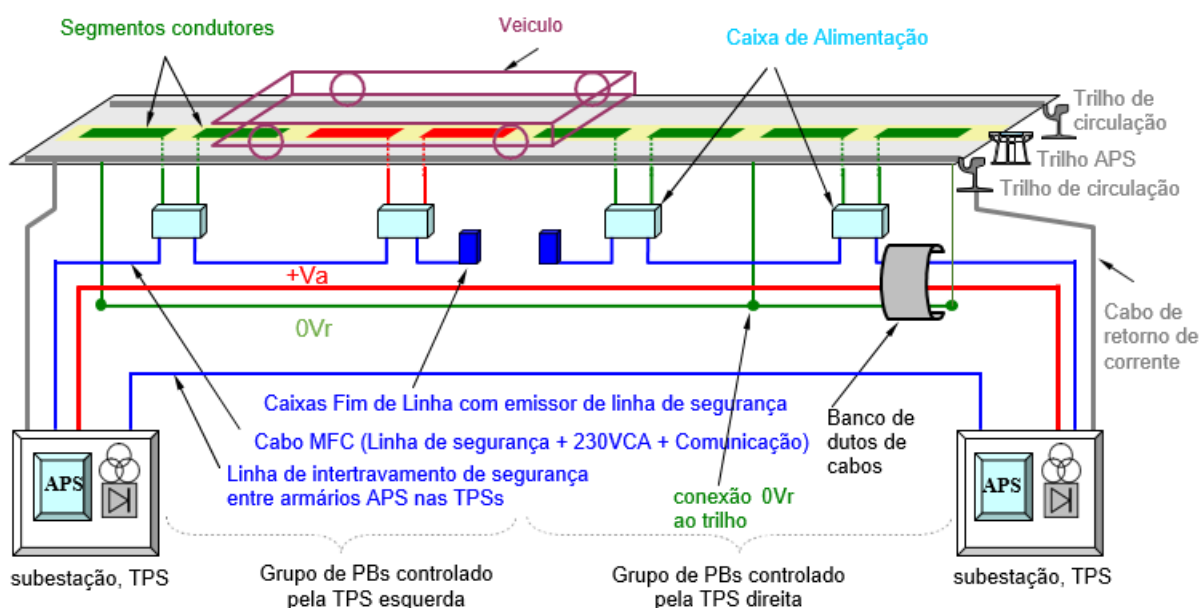
Além disso, o sistema APS tem a vantagem de não apresentar partes condutoras energizadas em um volume de espaço público aberto.

4.2.3 Arquitetura Simplificada

A instalação do sistema APS na infraestrutura inclui os seguintes elementos:

- Sucessão de trilhos APS localizados entre os trilhos de circulação de cada via,
- Poços de visita do APS, a cada 20m aproximadamente, localizados entre as vias na configuração de via dupla, e via externa na configuração de via única,
- Banco de dutos de cabos APS, localizado entre os trilhos na configuração de via dupla, e via externa na configuração de via única, conectando todos os poços de visita do APS,
- Canos flexíveis conectando os poços de visita do APS aos trilhos do APS associados, através das caixas de ramificação (BR).

Figura 4-4 - Arquitetura do APS simplificada



Quando é seguro fazê-lo, as Caixas de Alimentação (PB) conectam segmentos condutores do APS aos 750VCC (+Va), alimentados desde a Subestação de Energia de Tração (STR).

O retorno da corrente de tração é garantido pelos trilhos e conexões equipotenciais da via, como é feito nos sistemas padrão.

O cabo 0Vr é conectado ao trilho mais próximo em intervalos regulares (a cada 180m no máximo), próximo a uma conexão equipotencial entre trilhos e entre vias. Permite fornecer uma referência de tensão na Caixa de Alimentação igual à tensão do trilho de circulação. De nenhuma forma será usado este cabo 0Vr para permitir o retorno da corrente de tração.

Os segmentos condutores do APS localizados fora da área coberta pelo veículo serão sempre, e obrigatoriamente, conectados a este cabo 0Vr pela PB.

Um circuito de controle, chamado Linha de Segurança (SL), permite o estado seguro do circuito APS em todo momento, mesmo com uma falha detectada que afete a segurança. Nesse caso, a SL é aberta para que o estado seguro seja mantido, até que a falha seja eliminada ou isolada. Isso permite reagir antes que essa falha possa criar uma situação perigosa. Esta SL é feita através de um emissor de Fim de Linha (EOL) e monitorado pelo armário APS associado na TPS.

Como lembrete, a situação segura de um segmento é definida da seguinte forma:

- um trem é detectado sobre um segmento condutor
- ou este segmento está conectado ao cabo 0Vr.

Somente quando o circuito APS está em condições seguras, o sistema permite o isolamento de uma PB defeituosa. Uma vez que a PB defeituosa é isolada, a operação do sistema APS pode ser retomada sem esperar pela substituição da PB defeituosa e sem ser afetado:

Se a área sem energia for curta (ex. 22m), o trem cruza o trecho por inércia. Assim que o trem detecta o retorno do suprimento de energia, a tração é retomada e o trem volta ao “modo normal”.

Se a área sem energia não puder ser atravessada por inércia (ex.: área muito longa sem suprimento, em uma subida com o trem em baixa velocidade, na estação, etc.), o trem para, sendo que o maquinista deverá comutar manualmente o modo de tração para a bateria de bordo do APS, por um tempo limitado. A tração desde os trilhos do APS é retomada imediatamente quando for detectada uma área alimentada pelo APS.

4.2.4 Equipamentos de APS no Solo

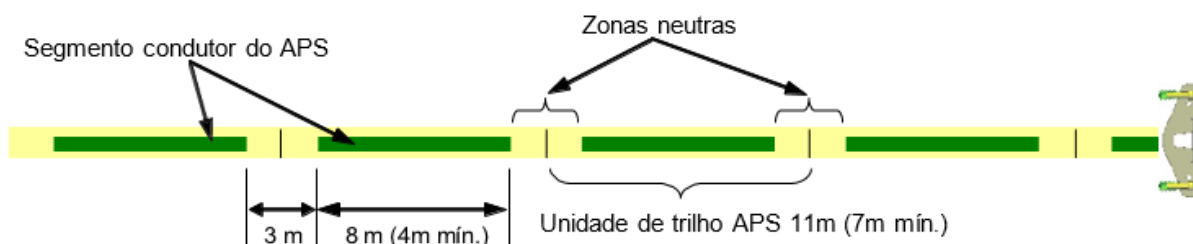
4.2.4.1 Trilhos do APS

Um trilho APS é composto por um segmento condutor e zonas neutras, colocados em uma estrutura de suporte isolada. Os trilhos APS podem ser embutidos em uma viga de concreto (reforçados quando necessário) ou ancorados diretamente na estrutura da via.

O comprimento nominal do segmento condutor é de 8m, mas pode ser reduzido até 4m para acomodar restrições de inserção urbana (cruzamento de ruas, pontos baixos) ou outras restrições. O comprimento da zona neutra é de 3m.

Um laço de detecção conectado à PB é embutido na estrutura de suporte do trilho APS para receber o sinal codificado enviado pelo trem.

Figura 4-5 - Arranjo do trilho APS



Nas áreas de troca, são instalados trilhos inertes do APS na extremidade do trilho APS para garantir uma superposição adequada entre o APS e o OCS.

4.2.4.2 Caixas de Ramificação (BR) ou Caixas de Junção (BJ)

Cada trilho APS é conectado a outro, alternativamente, por Caixas de Ramificação (BR) e Caixa de Junção (BJ):

- Caixa de Junção: garante a conexão entre dois trilhos APS e permite o puxamento do cabo de antena,
- Caixa de Ramificação: garante as mesmas funções de uma BJ, mas também permite a conexão da Caixa de Alimentação ao trilho APS através de tubo flexível.

4.2.4.3 Poços de Visita do APS

Os poços de visita do APS são instalados ao longo da via, sendo o local onde são instaladas as PBs. Nesses poços são colocadas as PBs e conectadas aos alimentadores da fonte de alimentação do APS. Os alimentadores correm dentro do banco de dutos, conectando cada poço de visita do APS.

Cada poço de visita do APS pode conter:

- Caixas de alimentação (máximo de 2 PBs por poço),
- Equipotenciais positivos,
- Equipotenciais negativos,
- Caixas de conexão (PBs até os alimentadores de energia).

Na via dupla, os poços do APS estão localizados entre as vias. Na via única, os poços estão normalmente localizados fora da via.

Tanto quanto possível, os poços de visita do APS estão localizados na frente das caixas de ramificação para reduzir o comprimento dos cabos de conexão.

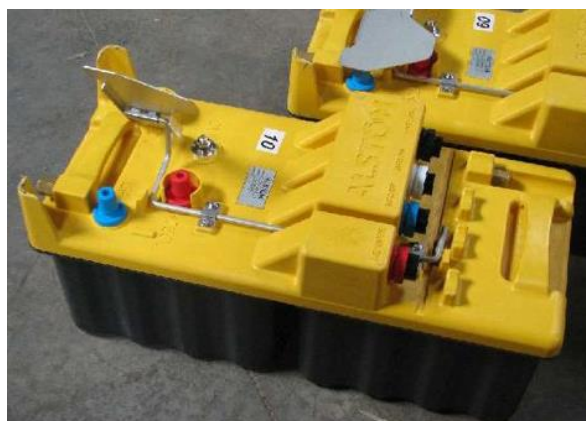
4.2.4.4 Caixas de Alimentação do APS

As Caixas de Alimentação (PB) são instaladas em poços de visita do APS, podendo cada uma fornecer energia para 2 (dois) segmentos APS.

Cada PB contém todos os dispositivos de chaveamento e alimentação dos segmentos a montante e a jusante.

A PB foi projetada a prova de falhas: Qualquer avaria ou falha não afeta o nível de segurança do sistema APS, que permanece seguro em todo momento devido à falta de energia. Além disso, o equipamento de reserva é seguro, sendo que apenas os circuitos ativos podem fornecer tensão aos segmentos de energia.

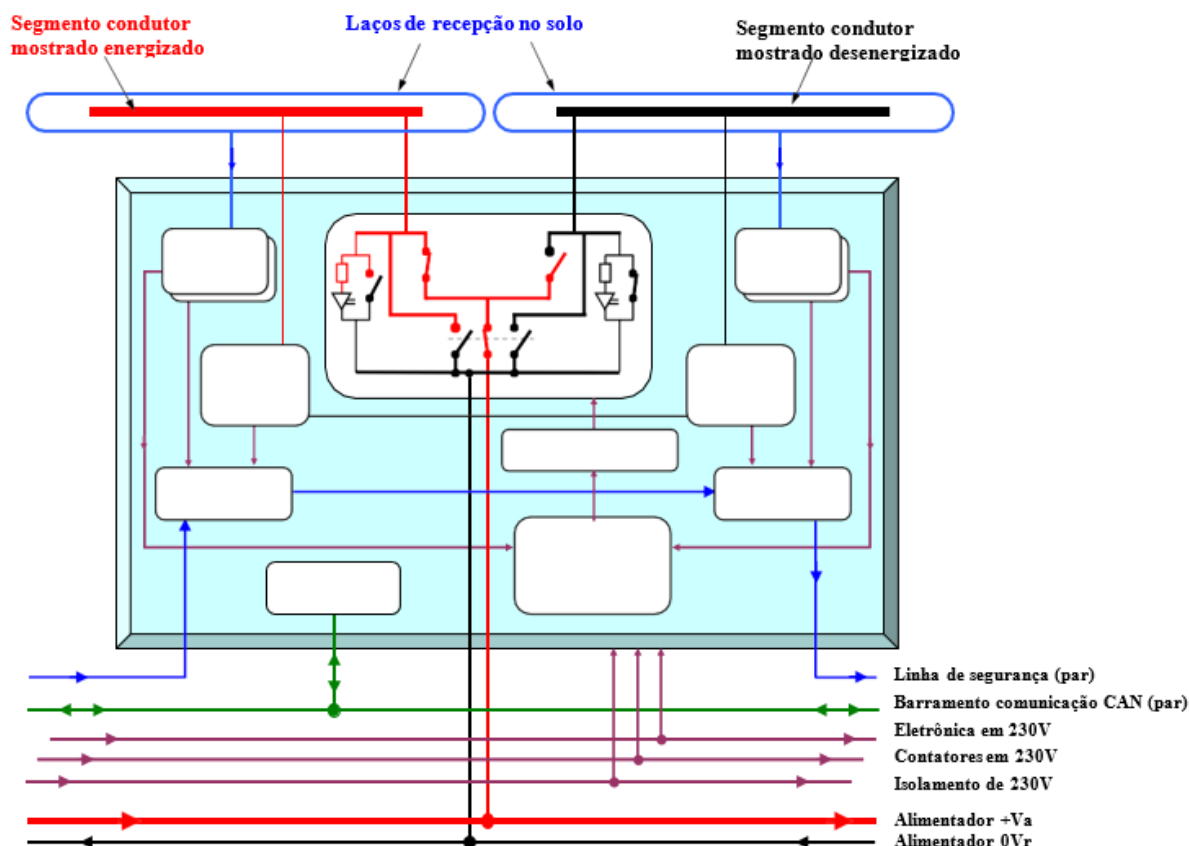
Figura 4-6 - Ilustração da Caixa de Alimentação do APS



Cada caixa de alimentação inclui os seguintes componentes:

- Um invólucro IP68 à prova de água e poeira (imersão em água por pelo menos 2 horas a 1m de profundidade), usado para:
 - Proteger os equipamentos eletrônicos e de alimentação contra a poeira e líquidos,
 - Proteger o entorno exterior contra o perigo elétrico,
 - Fazer da caixa de alimentação uma unidade substituível como um todo,
 - Proteger contra o contato direto com partes e equipamentos energizados.
- Um contator de potência (Co) por segmento: utilizado para conectar o segmento APS ao +Va.
- Um contator (Cm) por segmento: utilizado para conectar o segmento APS ao 0Vr.
- Um IGBT por segmento, e sua resistência de proteção associada ao Cm: utilizado para monitorar a conexão do segmento APS ao 0Vr através de medição de corrente.
- Um dispositivo de medição de corrente: utilizado para proteger o Co contra abertura em carga.
- Uma unidade eletrônica: utilizada para controlar:
 - A detecção segura da presença de um Trem,
 - comando do contator de potência (Co),
 - controle do IGBT e Cm para conexão a 0Vr,
 - A verificação de segurança de retorno a 0Vr do segmento na ausência de Trem,
 - A abertura da linha de segurança quando uma ou mais condições de segurança não forem atendidas, fazendo com que as fontes de alimentação principais sejam desligadas na TPS circundante.
- Uma chave isoladora (IS): utilizada para mudar a PB para o estado “fora de serviço”. Uma vez isolada a PB defeituosa, permite restabelecer o funcionamento do trecho elétrico do APS sem aguardar a substituição da PB defeituosa pela equipe de Manutenção:
 - Essa chave isoladora é ativada pelo armário do APS, quando uma PB está com defeito, ou manualmente pelo CAMS.
 - Essa chave isoladora isola totalmente a entrada de 750V da PB.
 - Essa chave isoladora conecta os segmentos a montante e a jusante ao 0Vr.
 - Essa chave isoladora coloca a PB em modo de “monitoramento permanente”. Quando está nesse modo, a PB verifica continuamente se os segmentos estão conectados ao 0Vr.
 - Essa chave isoladora inibe a detecção do veículo e o comando do contator.
 - Após o isolamento, a IS deve ser rearmada manualmente durante as atividades de manutenção. As funções da PB defeituosa são então testadas, devendo ser aprovadas antes de retornar ao serviço.
- Uma unidade de comunicação: utilizada para relatar o estado da PB para a TPS e transmitir os comandos de pré-posicionamento até a PB para isolamento ou inibição da PB.

Figura 4-7 - Esquema da Caixa de Alimentação do APS



4.2.4.5 Caixas de Fim de Linha do APS

As caixas de Fim de Linha (EOL) são conectadas à última PB de um meio-trecho de APS. A caixa EOL contém:

- Um invólucro à prova de poeira e água,
- Um emissor para o sinal de onda quadrada transportado pela Linha de Segurança.
- Um cabo embutido diretamente na caixa para ser conectado a uma PB através de um conector MFC.
- Uma unidade de monitoramento e comunicação fornecendo o nível de alimentação de 230V na extremidade do cabo MFC.

Os componentes eletrônicos da caixa EOL são alimentados através da fonte de alimentação da eletrônica em 230V CA do cabo MFC.

Figura 4-8 - Ilustração da Caixa de Fim de Linha do APS



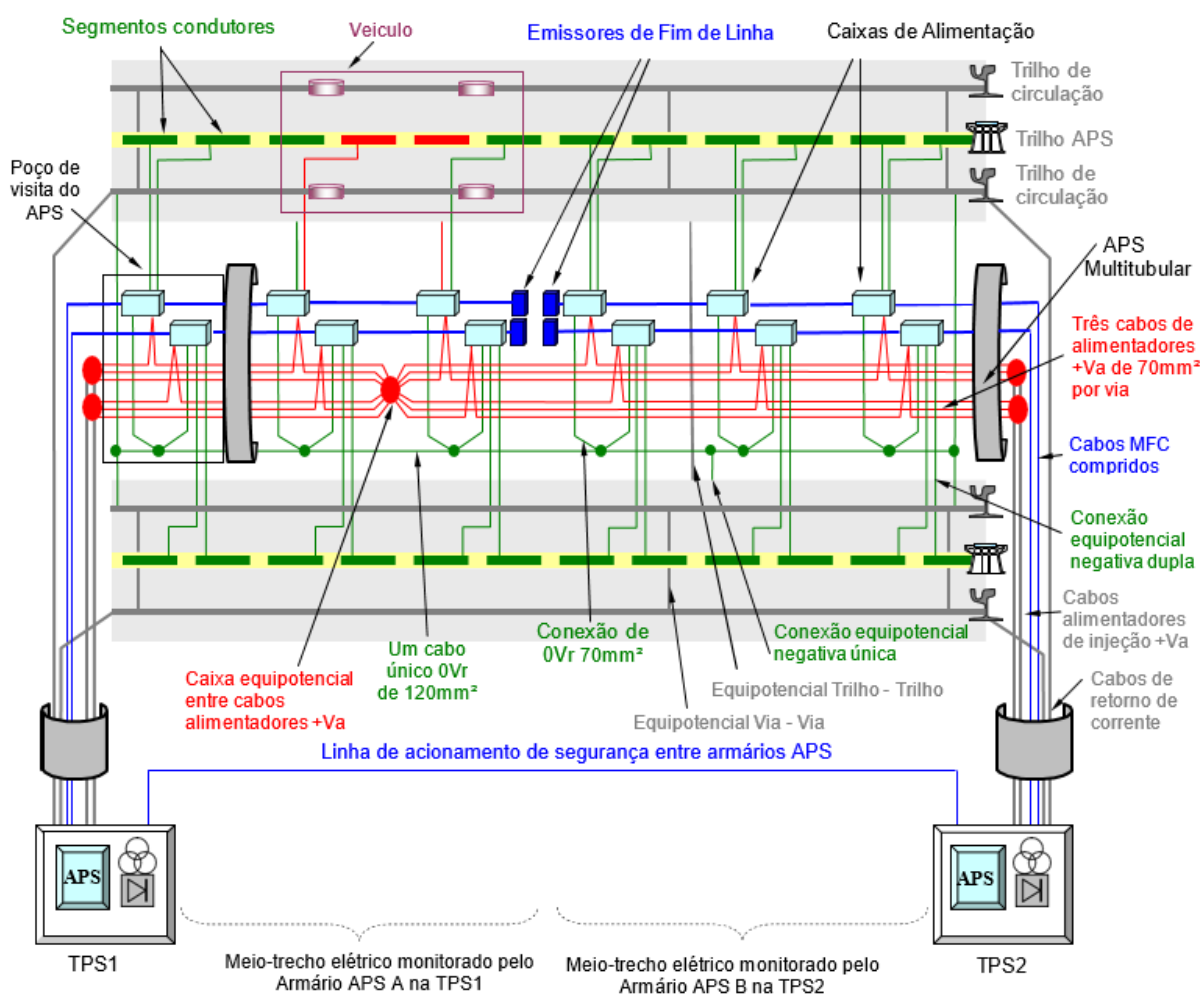
4.2.4.6 Cabos de Energia do APS

O sistema APS contém os seguintes cabos de alimentação:

- Corrente suprida pelo alimentador positivo (“Alimentadores +Va”)
- Cabo de proteção que garante a conexão ao trilho de circulação de "referência 0 Volt" (0Vr)
- Cabos de conexão entre os Alimentadores +Va e a PB.
- Cabos de conexão entre o 0Vr e a PB (“conexão 0Vr”).
- Cabos de conexão entre a PB e o segmento condutor (“segmento +Va”).

Nota: será fornecida uma nota de cálculo [R7] do cabo APS para todos os cabos de alimentação do APS.

Figura 4-9 - Cabos APS



4.2.4.7 Cabos do Alimentador +Va

Os cabos do Alimentador +Va são alimentados através de cabos de “injeção +Va” provenientes da TPS. Os cabos do Alimentador +Va são utilizados para fornecer energia de tração às PBs.

O cabo Alimentador +Va é um cabo de cobre flexível de 70mm². São necessários 3 (três) cabos de alimentador +Va por via.

Esses cabos percorrem toda a linha no banco de dutos do APS.

4.2.4.8 Cabo OVR

O cabo 0Vr é utilizado para fornecer, através de cabos de conexão 0Vr, uma referência de tensão para as PBs igual à tensão local do trilho de circulação. Este cabo 0Vr é conectado em intervalos regulares ao trilho de circulação.

Este cabo 0Vr é um cabo de cobre flexível de 120mm². Apenas 1 (um) cabo 0Vr é utilizado para ambas as vias.

Este cabo percorre toda a linha no banco de dutos do APS.

4.2.4.9 Cabos de Conexão

São necessários os seguintes cabos de conexão:

- Cabos de conexão 0Vr: para conectar o cabo 0Vr às PBs.
- Cabos de segmento +Va: para conectar as PBs aos segmentos relativos.

Estes cabos de conexão são cabos flexíveis de cobre de 70mm²

Todos os cabos que vão para as PBs passam pelo banco de dutos do APS e são conectados às PBs no poço de visita do APS.

Todos os cabos que vão para os segmentos do APS passam por tubos flexíveis.

4.2.4.10 Outros Cabos do APS

Além dos cabos de alimentação, o sistema APS contém os seguintes cabos:

- Cabo MFC de uma PB para outra.
- Cabos de medição entre as PBs e os segmentos condutores.
- Cabos de antena entre as PBs e as BRs.
- Cabo de laço de antena no próprio trilho do APS (como uma continuação do cabo de Antena).

4.2.4.11 Cabo MFC

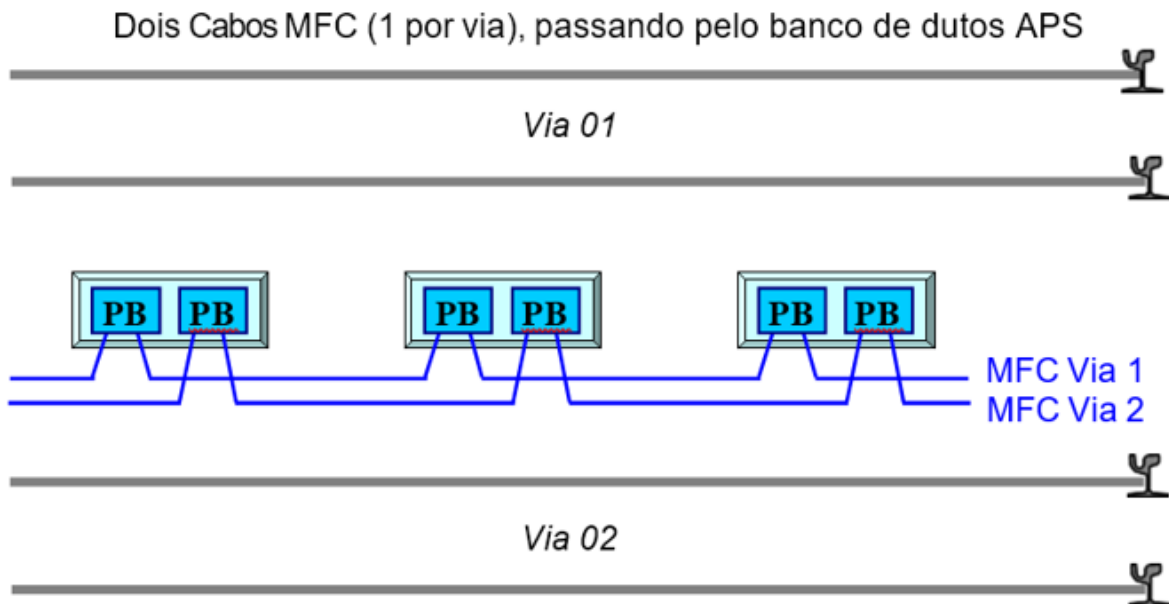
O cabo multifuncional (MFC) conecta o armário APS com todas as PBs conectadas, até a última do grupo de PBs. A última PB também está conectada a uma caixa EOL. Este cabo controla e monitora as PBs.

O cabo MFC realiza as seguintes funções:

- Circuito de controle de segurança denominado Linha de Segurança,
- Fonte de alimentação 230V para os componentes eletrônicos da PB.
- Fonte de alimentação 230V para os contadores da PB,
- Fonte de alimentação 230V para a chave isoladora da PB,
- Circuito de comunicação com o Armário do APS e o COO (através do Armário do APS).

O cabo MFC é multifilar, composto por 4 (quatro) cabos de cobre de 2,5mm², 1 (um) cabo de cobre de 1mm² para alimentação 230VCA, e 4 (quatro) cabos de cobre de 0,6mm² para comunicação e Linha de Segurança.

Figura 4-10 - Cabos MFC



Linha de Segurança

A Linha de Segurança (SL) é uma conexão independente de baixa tensão integrada no cabo MFC. Esta liga a caixa EOL ao Armário APS localizado na TPS, conectando cada PB do grupo de PBs. A caixa EOL contém o emissor do sinal transmitido através da linha de segurança.

Este circuito é utilizado para acionar o estado restritivo seguro do trecho elétrico associado do APS.

O sinal transmitido pela linha de segurança é interrompido quando uma falha for detectada em uma PB. Isto é causado por um evento indesejado, tal como um segmento não protegido pelo veículo enquanto não estiver conectado ao 0Vr.

Quando o sinal transmitido pela linha de segurança deixa de ser recebido pelo Armário do APS (APSC), esse APSC ordena a abertura dos Disjuntores de Linha (LCB) e logo em seguida curto-circuita o +Va com o 0Vr dentro das duas TPS vizinhas. Este curto-circuito é realizado com segurança (em conformidade com a norma EN 50126) por um conjunto curto-circuitador no APSC. Isto ocorre antes que a falha possa levar a qualquer situação insegura.

Fonte de alimentação de 230V CA

Todas as PBs são alimentadas a partir do Armário APS associado, através de dois circuitos de 230V CA no cabo MFC:

- Um par de 230V CA para os componentes eletrônicos da PB,
- Um par de 230V CA para as bobinas do contator. O neutro deste circuito é comum com o neutro de controle do isolamento.

Nota sobre o dimensionamento: O cabo MFC é dimensionado para um número limitado de PBs (aproximadamente 50 PBs por grupo) e um comprimento limitado de cabos. Acima deste comprimento de cabos, é necessário um cabo de reforço. Esse cabo de reforço consta de um par de 230V, conectado somente no APSC, e em uma caixa de ramificação específica localizada no meio do Grupo de PBs.

Circuito de comando do isolamento em 230V

O circuito de comando de isolamento é uma linha no cabo MFC composta por 1 (um) par em 230V CA (neutro comum com o neutro de alimentação da bobina do contator Co).

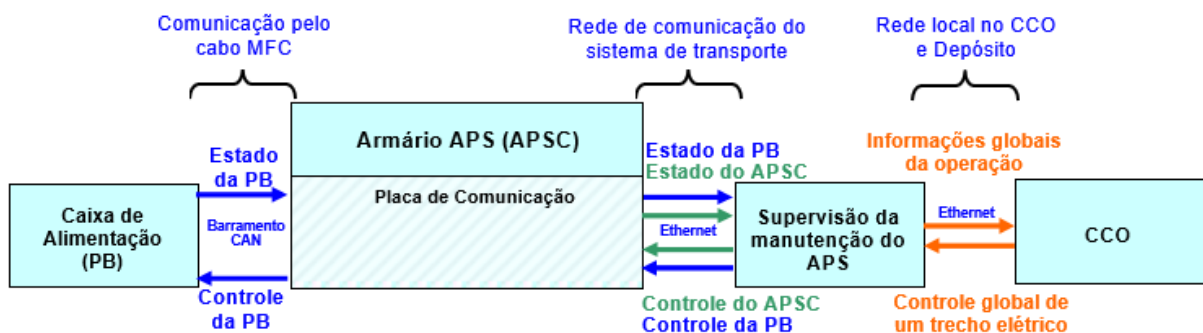
Ao energizar este par são atuadas as chaves isoladoras, que estão preparadas para o isolamento. Este comando se aplica a todas as PBs do Grupo de PBs.

Circuito de comunicação com o CCO

O cabo MFC contém um circuito de comunicação. Este circuito garante que o estado da PB seja informado ao Armário do APS. Na sequência é encaminhado para o sistema de supervisão de manutenção do APS (CAMS) através da rede de comunicação. O sistema de gerenciamento técnico centralizado no CCO pode receber e usar a informação sobre o estado das PBs a partir do CAMS.

Este circuito também transmite alguns comandos para as PBs, principalmente inibição temporária ou pré-posicionamento para isolamento final. No caso de isolamento final, este torna-se efetivo quando o comando de isolamento recebe tensão de isolamento em 230V CA.

Figura 4-11 - Roteamento de um evento



4.2.4.12 Cabo de Medição

O cabo de medição vai da PB até o trilho do APS através de um tubo flexível, sendo utilizado para controlar a tensão do trilho do APS.

O cabo de medição é um cabo de cobre flexível de 4 mm².

4.2.4.13 Cabo de Antena

O cabo da antena é utilizado para conectar a PB até cabo de laço da antena (localizado na estrutura interna do trilho do APS) e vai da PB até a caixa de ramificação através de um tubo flexível.

Este cabo de antena é um cabo de cobre flexível de 1mm² de dois núcleos.

4.2.4.14 Cabo de Laço de Antena

O cabo de laço da antena é a continuação do cabo da antena. Este cabo corre dentro do trilho do APS.

Este cabo de laço de antena é um cabo de cobre flexível de 1,5 mm².

4.2.4.15 Cabo de Informe da Linha de Segurança entre TPS's

O cabo de "Informe da Linha de Segurança" é utilizado para transferir o comando de segurança entre os armários do APS localizados na TPS que alimenta o mesmo trecho elétrico. Ele permite que o sistema APS controle a abertura dos Disjuntores de Linha (LCB) e o fechamento seguro dos circuitos curto-circuitadores do APS associados.

Este cabo passa dentro do banco de dutos de Baixa Tensão (não no banco de dutos do APS).

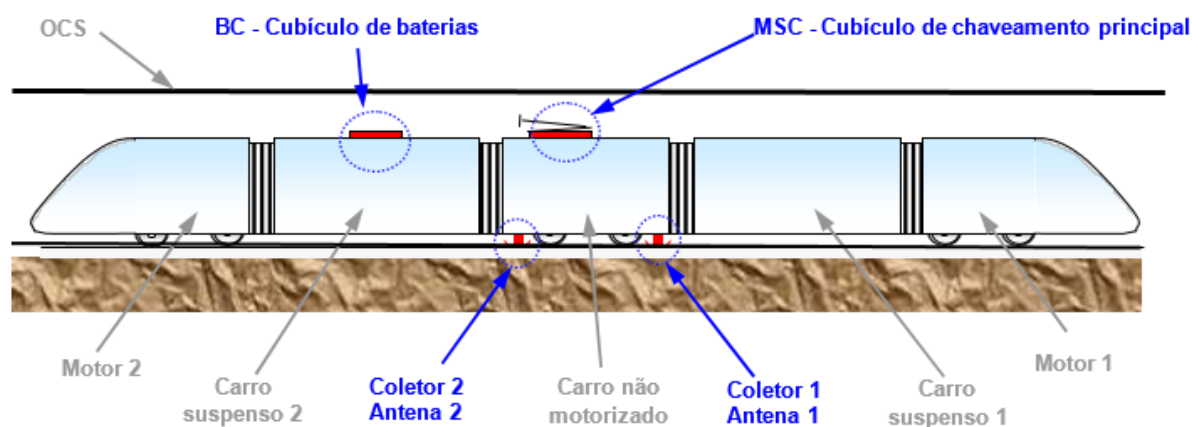
Este cabo de Informe de Linha de Segurança é formado por 4 (quatro) pares trançados. Um par, dedicado à medição, é usado para testar e pesquisar o sistema.

4.2.5 Equipamento do APS de Bordo

O equipamento do APS de bordo consiste em:

- Equipamento de Teto (localizado no teto do trem):
 - 1 Cubículo de Chaveamento Principal (MSC) contendo a Interface da Sapata Coletora (CSI)
 - CBAT
- Equipamento de chassi (localizado na estrutura inferior do trem):
 - 2 Sapatas Coletoras (CS)
 - 2 Antenas emissoras (E)
- Equipamento do maquinista (localizado na cabine do maquinista):

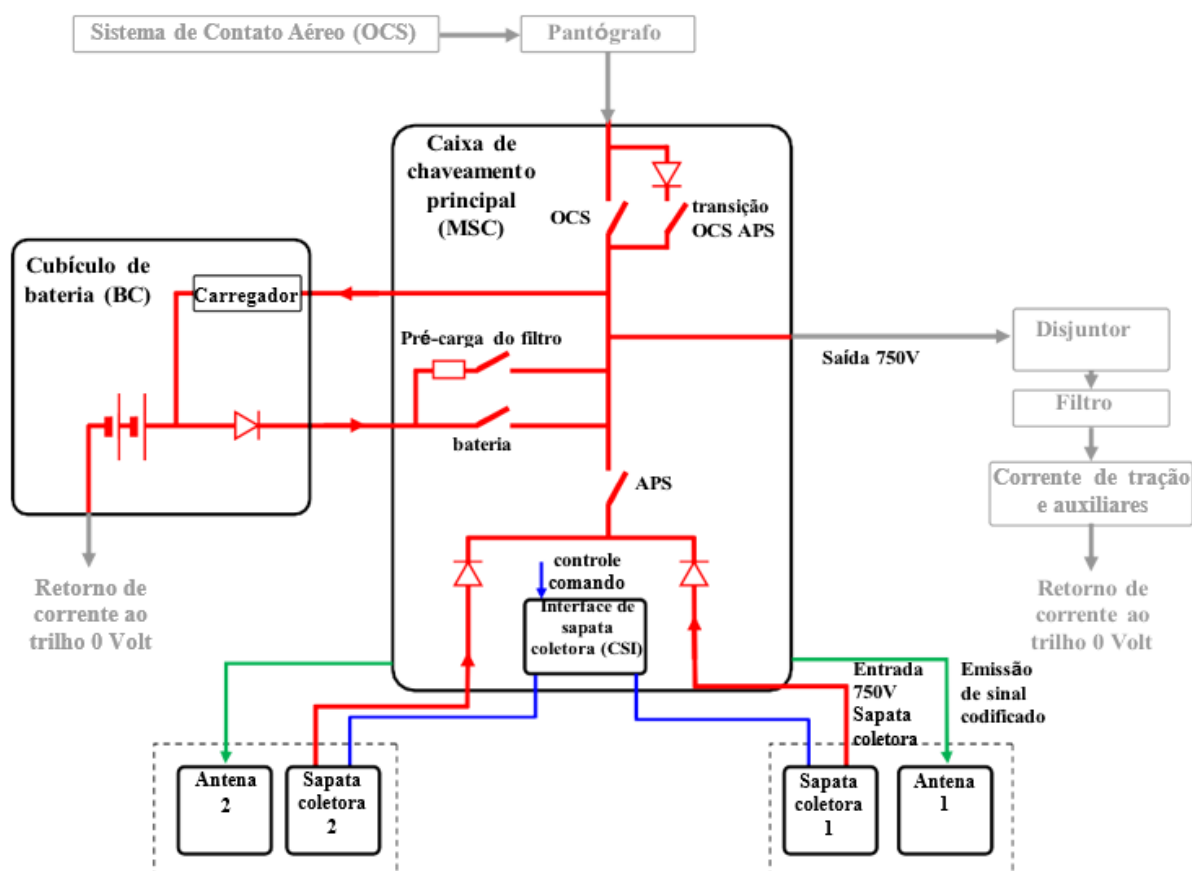
Figura 4-12 - Localização dos equipamentos do APS de bordo no veículo



Os equipamentos do APS de bordo são sempre localizados em uma área acessível à equipe de manutenção. Os equipamentos embaixo da carroçaria não devem interferir com a bitola definida para o chassi do trem, exceto as sapatas coletoras em sua posição mais baixa.

O esquema a seguir apresenta o princípio do equipamento do APS de bordo:

Figura 4-13 - Esquema do equipamento do APS de bordo



4.2.5.1 Sapatas Coletoras

O veículo está equipado com 2 (duas) sapatas coletoras para conectar a corrente de tração. As sapatas coletoras são contatos deslizantes sem limitantes de direção.

A distância entre duas sapatas coletoras é superior aos 3 m de comprimento da zona neutra que separa cada segmento do APS.

A caixa da sapata coletora inclui a sapata coletora (banda de fricção), o laço para a antena de emissão e recepção, e demais componentes periféricos que são protegidos pela carcaça protetora:

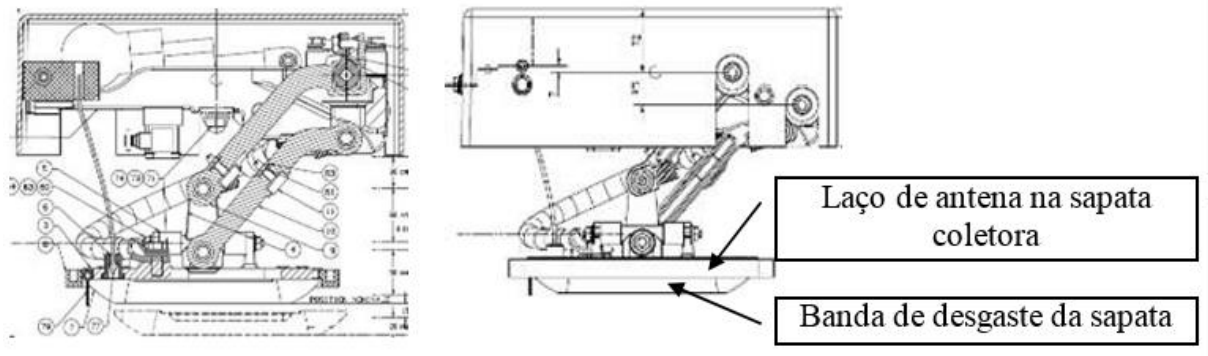
- Um dispositivo elétrico de levantamento e abaixamento da sapata coletora (guincho elétrico de duplo efeito),
- Um dispositivo de travamento mecânico (utilizado para travar na posição levantada),
- Um laço de sapata coletora, compreendendo bobinas de cobre e um cabo coaxial de conexão,
- Um fim de curso que indica a posição superior das sapatas coletoras,
- Um guincho reserva que permite levantar manualmente as sapatas coletoras em caso de falha do dispositivo elétrico.

Dimensões:

- Banda de fricção: Comprimento sem desgaste = 200 mm, Comprimento desgastada = 260 mm, Largura: 124 mm

- Distância entre centros da sapata: nos mais próximos 3260 mm, nos mais distantes 3420 mm.

Figura 4-14 - Sapata coletora com seções de antena



O veículo indica sua presença emitindo um sinal codificado para o solo. Esse sinal é criado por um dispositivo eletrônico localizado no Cubículo de Chaveamento Principal (MSC).

Existe 1 (uma) antena para cada sapata coletora, e ela emite este sinal para o solo.

O uso da largura de banda será protegido contra perturbações externas por meio de uma solicitação de reserva de Frequência.

A antena fica em torno da faixa de desgaste na sapata do coletor. O comprimento total da sapata coletora e da antena circundante é de 320 mm.

Figura 4-15 - Sapata coletora com ilustração da antena



4.2.5.2 Cubículo de Chaveamento Principal

O Cubículo de Chaveamento Principal é o componente central do equipamento do APS de bordo. Ele controla e comanda os modos de operação. O MSC é instalado no carro não motorizado.

O MSC contém os seguintes componentes:

- Um circuito de alimentação para selecionar a fonte, seja APS / OCS / Autonomia de bordo, sendo a seleção controlada da cabine do maquinista.

- Um módulo de interface da sapata coletora,
- Um dispositivo de controle dos modos de operação, comutação, e controle e monitoramento da sapata coletora.
- Um emissor de segurança, gerando o sinal codificado emitido pelas antenas.
- Um módulo de resfriamento.

4.2.5.3 Cubículo da Bateria

O veículo está equipado com um Cubículo de Bateria (BC) usado como reserva de energia de tração. Esta bateria permite que um veículo parado em áreas não energizadas reinicie ou assegure a alimentação contínua dos auxiliares ao passar por uma área não energizada.

A bateria é carregada continuamente a partir da corrente de linha do pantógrafo ou das sapatas coletoras. O BC contém os seguintes componentes:

- Um conjunto de baterias de acumuladores montadas em módulos, cada qual desconectável individualmente,
- Um dispositivo de chaveamento operado desde o sistema hidráulico, localizado no material rodante (no carro não motorizado ou diretamente desde um controle localizado atrás da borda lateral do carro não motorizado),
- Um carregador que utiliza energia elétrica das sapatas coletoras ou do pantógrafo, controlando a supervisão e a segurança elétrica dentro do cubículo,
- Um diodo de potência anti corrente de retorno,
- Um fusível de proteção do conjunto de baterias,
- Uma caixa de proteção que permite que as caixas das baterias sejam desconectadas antes de serem abertas,
- Um indicador de bateria calcula continuamente o nível de carga da bateria.
- Um módulo de resfriamento.

As baterias foram projetadas com as seguintes restrições:

- Capacidade da bateria de pelo menos 5 Amperes-hora (Ah)
- Não será possível o acesso de passageiros ou pessoas não autorizadas (ex.: o maquinista).
- conjunto de baterias deve ser fisicamente desconectado do restante do equipamento de bordo antes das ações de manutenção no veículo,
- Partes da bateria agrupadas por tensão < 48V,
- A autonomia a bordo não deve emitir gases tóxicos.
- A autonomia de reserva é protegida contra sobrecorrentes de curto-circuito que podem danificar as baterias.

4.2.5.4 Equipamento do APS na Cabine do Maquinista

As cabines do maquinista incluem os seguintes controles e sinais:

- Um botão luminoso de modo APS
- Um botão luminoso de modo OCS
- Um botão luminoso de modo de isolamento do APS

- Um botão luminoso do modo de Bateria do APS
- Um botão luminoso de reconhecimento de falha do APS

Os botões do modo APS e do modo OCS estão localizados no painel do maquinista, e os demais botões estão localizados no quadro elétrico na cabine do maquinista.

Na cabine do maquinista existe ainda um monitor com informações sobre as sapatas coletoras, a posição e a mudança de estado do pantógrafo, presença de tensão de alimentação, e nível de carga da bateria.

As figuras a seguir mostram a localização dos botões luminosos na console do maquinista e no quadro elétrico, e as informações disponíveis no monitor:

Figura 4-16 - Botões luminosos dos modos APS e OCS



Figura 4-17 - Bateria, Reconhecimento de falhas e Modo de isolamento

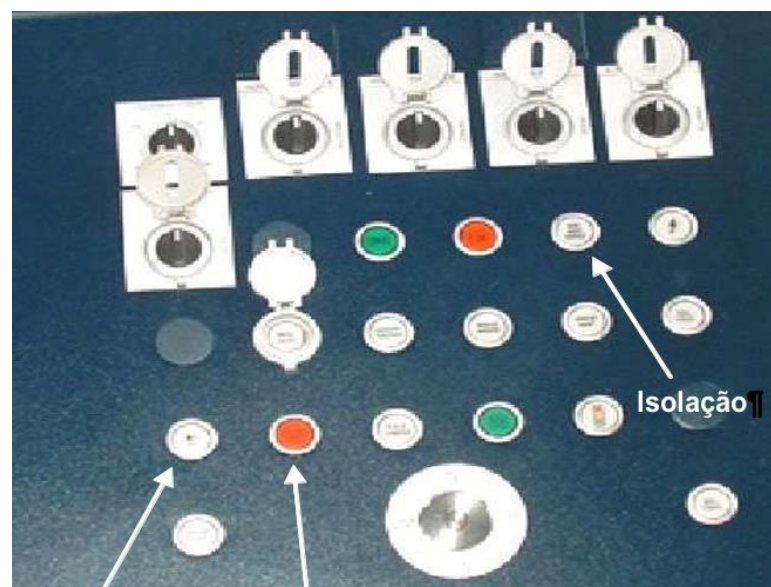


Figura 4-18 - Informação disponível no monitor da cabine do maquinista



Os componentes de controle/comando na cabine do maquinista são fornecidos e montados pelo subsistema de Material Rodante. A sua posição no painel de comando depende da configuração da cabina do maquinista, de acordo com os requisitos do Cliente e do Operador.

O APS possui um controle de abertura do disjuntor do trem, utilizado quando há discrepância entre as posições do pantógrafo e das sapatas coletoras em velocidade diferente de zero (pantógrafo ACIMA + uma sapata coletora ABAIXO + velocidade \neq 0 km/h).

Uma chave, localizada no painel do salão de passageiros no carro não motorizado, permite a manobra deste comando de abertura do disjuntor. Essa chave isola os 750V do Cubículo de Bateria (BC). Antes de qualquer intervenção no circuito de alimentação do BC, deverá ser desconectada uma bateria em cada duas mediante esta chave para retornar os níveis de tensão no trem em níveis não perigosos.

4.2.6 Equipamento do APS na TPS

4.2.6.1 Armários do APS

Os Armários do APS (APSC) estão localizados nas Subestações de Energia de Tração.

No caso de uma TPS totalmente equipada com APS para via única, existe 1 (um) APSC para a configuração T, 2 (dois) APSCs para a configuração TT, e 3 (três) APSCs para a configuração TTT.

Cada armário de APS contém:

- Um receptor de linha de segurança,
- Um conjunto curto-circuitador,
- Um sistema de gerenciamento do Armário,
- Um sistema de comunicação do Armário, conectado ao CCO através da rede de comunicação dos sistemas de transporte,
- Um sistema de comunicação com as PBs controladas pelo APSC.

O curto-circuitador permite assegurar a tensão 0Vr no alimentador +Va quando os disjuntores estão abertos.

Os armários APS no mesmo trecho elétrico (750V) estão ligados entre si para transferir a solicitação de curto-circuito. Estas linhas de intertravamento de segurança também causam a interrupção da autorização de fechamento e, portanto, o disparo do disjuntor associado.

As luzes indicadoras e os botões que permitem o comando do meio-trecho elétrico em modo local estão juntos no painel frontal do armário APS, como mostra a figura abaixo:

Figura 4-20 - Painel de controle do armário APS



- Luzes indicadoras:
 - Luz indicadora verde (Sistema em funcionamento)
 - LIGADA: Funcionamento normal
 - Luz indicadora vermelha (Falha do sistema)
 - PISCA: Falha do sistema eliminada, mas não reconhecida
 - LIGADA: Falha do sistema presente
 - Luz indicadora azul (estado seguro restritivo)
 - LIGADA: Estado seguro restritivo - Curto-circuitadores fechados
- Botões de acionamento
 - Botão de ligar
 - Botão de desligar
 - Botão de reconhecimento de falhas.

4.2.6.2 Fonte de Alimentação Ininterrupta

Uma Fonte de Alimentação Ininterrupta (UPS) é necessária em cada TPS (feita por terceiros) para garantir a autonomia em 230V CA dos Armários APS. O tempo de fornecimento de energia garantido será definido posteriormente.

Isto é especialmente importante no caso de uma perda total de energia na TPS. Nesse caso, a energia de tração será fornecida pelas TPS adjacentes, mas o monitoramento seguro das PBs permanece obrigatório e, como tal, não deve ser interrompido.

Esta UPS pode ser combinada com outra UPS (Subsistema de energia, por exemplo) para reduzir o espaço ocupado na TPS.

4.2.7 Sistema de Controle Centralizado do APS

O sistema APS inclui um sistema de supervisão de manutenção denominado CAMS (Sistema de Manutenção Assistida por Computador). O objetivo do CAMS é facilitar a manutenção do sistema APS.

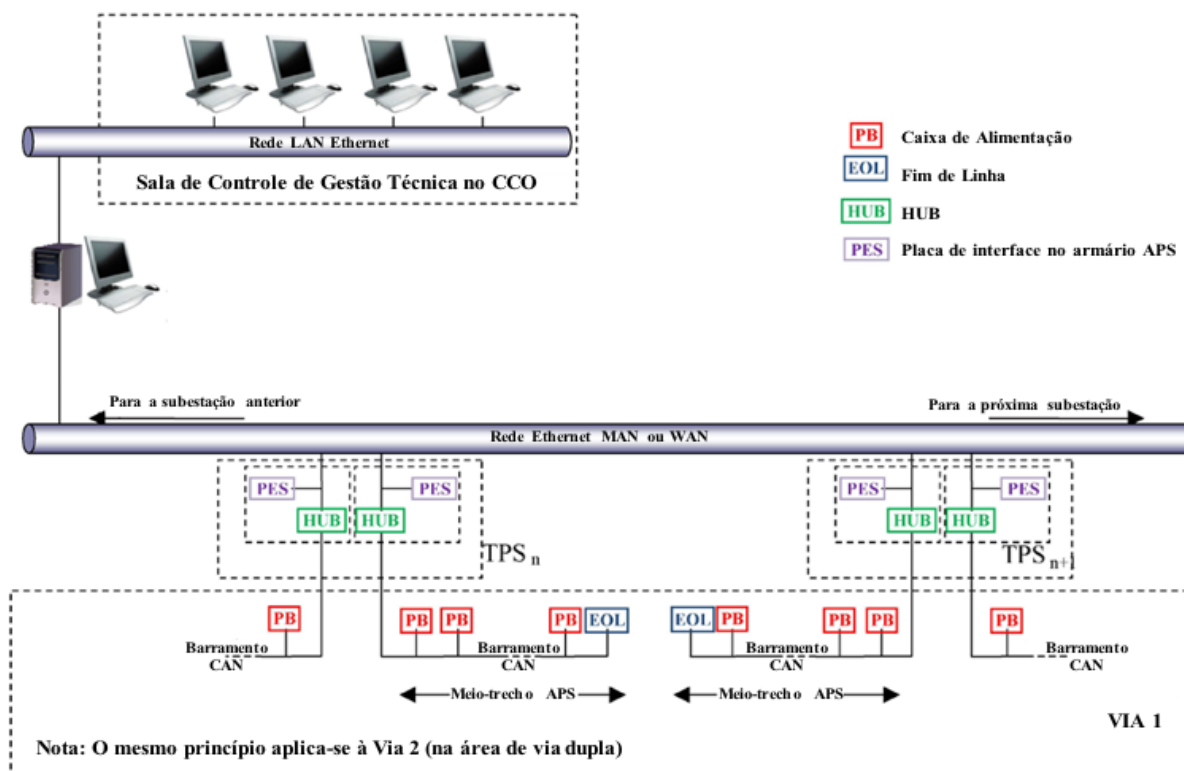
Ele grava continuamente os dados de estado das caixas PB, EOL e dos armários APS na TPS.

Esses dados ficam imediatamente acessíveis para a análise do CAMS, para o seu módulo de processamento e para o sistema de Base de Dados Técnica Centralizada no CCO.

Os controles de inibição e isolamento podem ser enviados pelo CAMS do APS, mas somente os controles de inibição podem ser enviados a partir do Banco de Dados Técnico Centralizado (CCO) através do CAMS.

Cada armário APS da TPS é dotado de equipamentos de verificação e supervisão, que devem ser conectados à rede de telecomunicações do sistema de transporte para comunicação com o sistema de manutenção CAMS do APS.

Figura 4-21 - Arquitetura do CAMS



4.2.8 Descrição Funcional do APS

4.2.8.1 Operação Padrão

As figuras abaixo mostram a operação do sistema com o veículo em movimento.

As sapatas coletoras dianteiras e traseiras são identificadas apenas em relação ao sentido de circulação (mesmo princípio para o movimento do veículo da direita para a esquerda).

Quando o trem está parado, os segmentos isolados adjacentes até os segmentos condutores energizados não são acessíveis ao público. Ao mover-se, na parte traseira do veículo, a extremidade do último segmento condutor energizado permanece coberta pela parte traseira do veículo. O segmento isolado após este segmento condutor pode ser descoberto pelo veículo.

Para garantir que um segmento condutor não permaneça energizado uma vez que a última sapata coletora saia do laço de detecção associado, a supervisão segura dentro da PB e na TPS controla o fornecimento de energia (removendo a tensão e conectando a 0Vr) de todo o trecho elétrico entre duas TPS's.

A verificação a prova de falhas na ligação a 0Vr com o segmento na PB, significa que este estado seguro do segmento é efetivado antes que o segmento potencialmente energizado fique descoberto na parte traseira do veículo, incluindo uma margem de tempo. Por este motivo, o veículo deve respeitar a velocidade máxima autorizada.

Figura 4-22 - Ciclo de Funcionamento

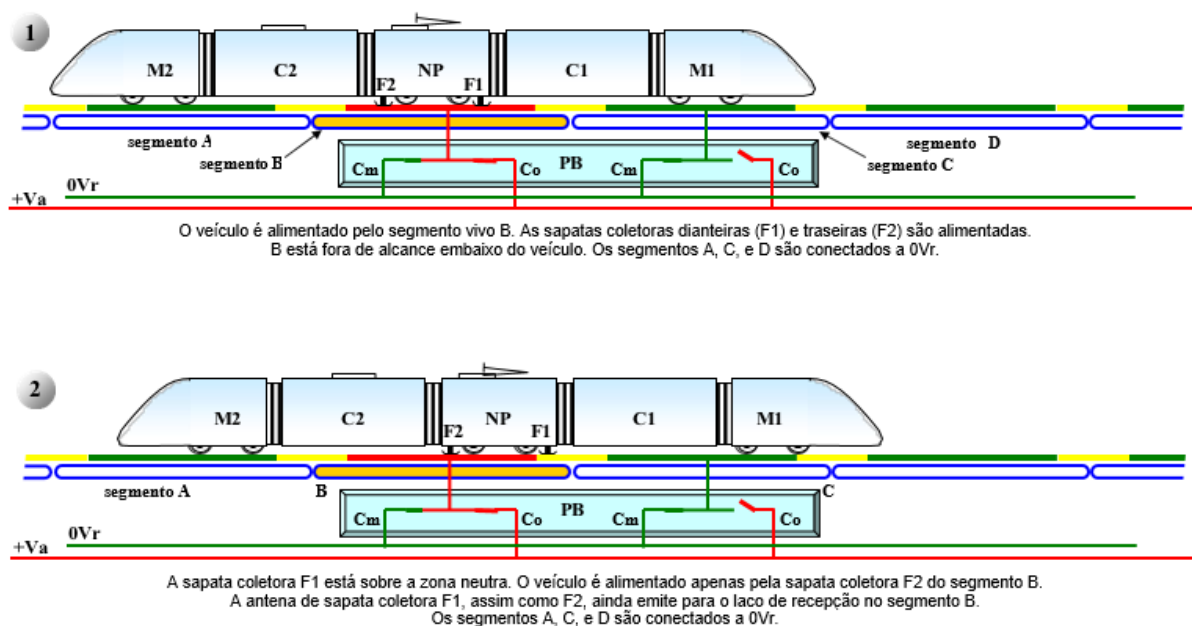
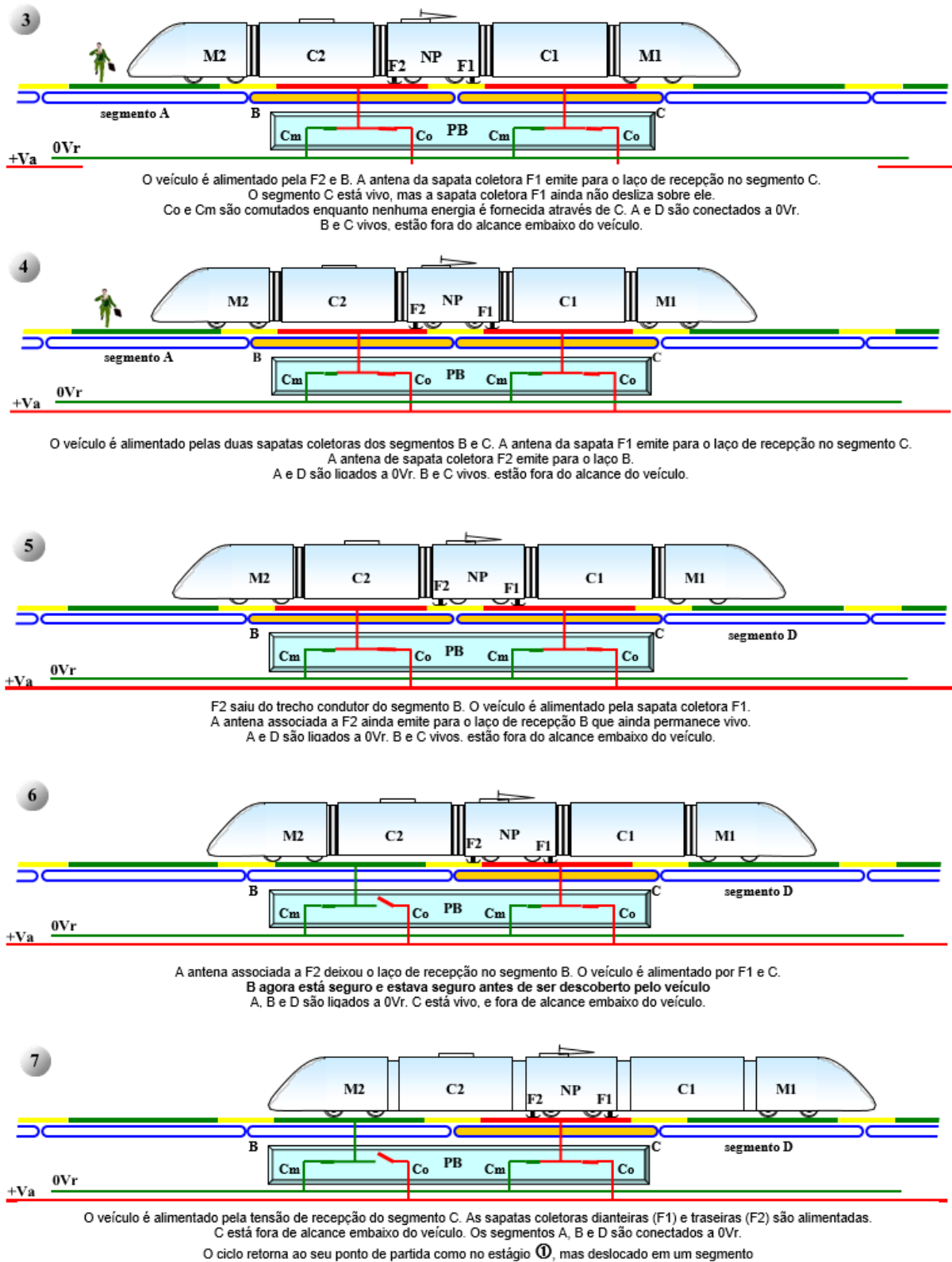


Figura 4-23 - Ciclo de Funcionamento (continuação)



Nota: A operação do veículo acoplado segue os mesmos princípios da unidade única.

A tabela abaixo mostra os diferentes estados do sistema durante a circulação, em uma sequência completa no segmento APS.

	Segmento A				Segmento B				Segmento C				Segmento D			
	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira	Proteção pelo veículo	Deteção do veículo	Sapata coletora traseira	Sapata coletora dianteira
Estágio 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 1 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 2 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estágio 3 B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
etc.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Segmento energizado
 Segmento em 0Vr
 Indica o estado do referido segmento nesse estágio

4.2.8.1.1 Sinal de Presença do Veículo

O veículo indica sua presença emitindo um sinal codificado para o equipamento de APS no solo.

Esta presença é detectada continuamente pelos trilhos do APS enquanto o segmento é totalmente coberto pelo veículo. Qualquer perda deste sinal significa que o segmento não deve ser energizado, ou deve ser desligado imediatamente se já estiver vivo.

4.2.8.1.2 *Energização de um Segmento*

O comando dos contatores Co na PB é feito quando o sinal de presença do veículo é decodificado e identificado com segurança.

Este sinal, coletado pelo laço de recepção do APS no solo, é analisado de forma segura por um sistema eletrônico localizado na PB, a fim de preparar a informação de “presença de veículo”.

Esta informação aciona o fechamento do contator de energia (Co). O tempo de resposta desta função é menor do que o tempo que a sapata coletora leva para passar da zona neutra no topo do laço de recepção e alcançar o segmento condutor.

Os requisitos que antecedem a isto são:

- contator de energia de um segmento não deve receber um comando sem a presença efetiva de um veículo nesse segmento.
- Para evitar danos no contator, o chaveamento é feito somente sem carga/corrente.

4.2.8.1.3 *Desativação de um Segmento*

Quando a antena associada com a sapata coletora deixa o laço de recepção associado com um segmento, o sistema de detecção na PB deixa de receber o sinal de presença do veículo. O Co é desligado apenas quando a sapata coletora estiver na zona neutra, protegendo-o assim contra o funcionamento sob carga.

Uma vez que o contator Co é aberto, o segmento energizado retorna ao 0Vr fechando o contator Cm e a chave estática por IGBT associada.

O retorno ao 0Vr é verificado à prova de falhas através da Linha de Segurança. O termo à prova de falhas está definido nas normas EN50126 e EN50129.

Nota: Isto é o mesmo para falha de transmissão veículo/solo ou falha do sistema de aterramento do APS: o projeto de segurança do sistema garante assim que a alimentação seja removida do comando do contator.

4.2.8.1.4 *Áreas com Configuração Específica*

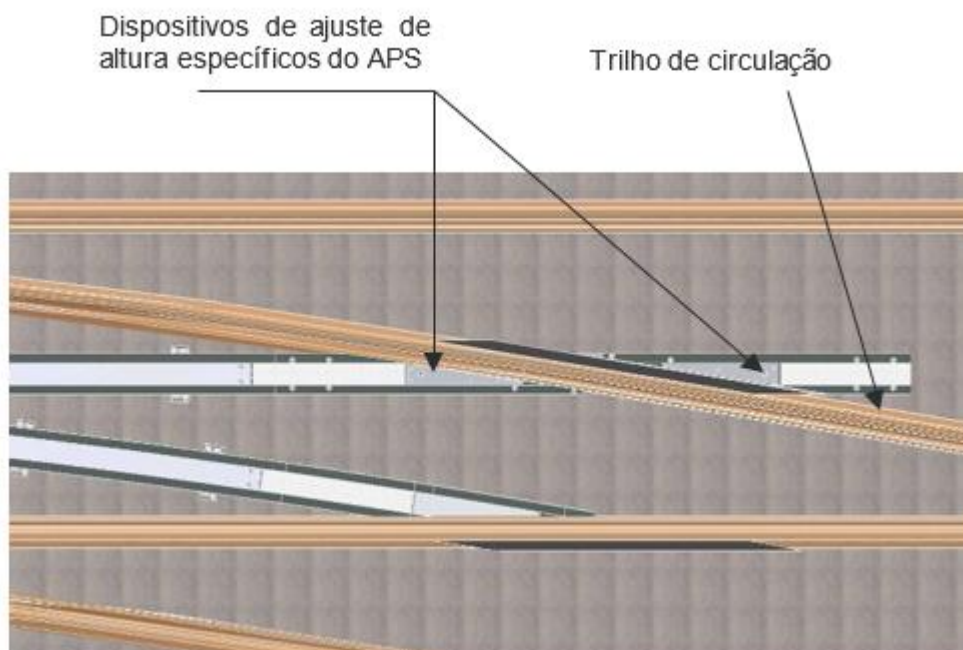
O sistema é totalmente compatível com a operação normal (sem restrição de velocidade relacionada ao equipamento APS) em áreas específicas, como cruzamento de vias em diamante, desvios ou segmentos isolados.

Continuidade mecânica

O sistema APS garante a continuidade mecânica da faixa de contato, mesmo no cruzamento de áreas especiais (desvios, cruzamentos de diamante, etc.). Na realidade, em um cruzamento, o trilho APS é interrompido o mais próximo possível do trilho de circulação para garantir a maior guia mecânica possível das sapatras coletoras ao longo do alinhamento.

Além disso, um dispositivo de ajuste específico da altura do trilho APS no cruzamento permite tomar em consideração o desgaste do trilho de circulação (o ajuste será definido no plano de manutenção do APS).

Figura 4-24 - APS em desvio/cruzamento do trilho de circulação



Continuidade elétrica

Em locais onde o trilho APS ou os eletrodutos entre vias são interrompidos por equipamentos de via, os cabos e alimentadores são encaminhados para dentro dos eletrodutos. Isto permite garantir a continuidade elétrica em todos os locais.

Na medida do possível, as áreas específicas devem ser adaptadas para permitir a implantação de uma zona neutra entre segmentos condutores com pelo menos uma sapata coletora sendo alimentada. Se essas áreas forem maiores que a distância entre as sapatas coletoras, elas serão atravessadas por inércia.

Se o veículo parar em uma área sem energia (áreas específicas ou segmentos isolados), a bateria de autonomia integrada permitirá ao veículo reiniciar e passar por essa área.

4.2.8.1.5 Posição da Sapata Coletora

As sapatas coletoras têm duas posições:

- **Ativa** na posição BAIXA
- **Inativa** na posição ALTA

Os comandos de levantar ou abaixar as sapatas coletoras são feitos através de botões de pressão nos modos APS e OCS, localizados na cabine do maquinista.

A Posição Alta é monitorizada por um sensor.

As luzes indicadoras de posição estão localizadas no console do maquinista.

4.2.8.1.6 Mudança do Modo de Alimentação

O sistema do VLT está equipado com dispositivos que permitem a operação com APS ou OCS.

O seletor de fonte no MSC permite alternar entre as diferentes fontes de energia (OCS, APS, bateria de autonomia de bordo).

Esse seletor de fonte é controlado pelos botões de modo APS, OCS e bateria, todos localizados na cabine do maquinista.

Os estados da seleção da fonte de alimentação podem ser verificados na cabine do maquinista. As trocas entre APS e OCS devem ser realizadas com o veículo totalmente parado e nas áreas de troca dedicadas.

Nas áreas de troca, a infraestrutura de alimentação do OCS e APS estão superpostas. Um intertravamento impede o fechamento simultâneo das chaves do APS e OCS.

O maquinista é responsável por verificar se a mudança foi realizada de forma adequada e completa antes da partida.

Um sistema que verifica se o modo de alimentação esperado está ativado, impede a partida do veículo se a comutação de modo não estiver totalmente concluída. Este sistema é feito por terceiros.

OCS -> Sequência de comutação da Fonte de Alimentação Estática

O maquinista ao pressionar o botão luminoso “modo APS” ativa a seguinte sequência automática:

- Abaixa as sapatas coletoras na posição Ativa,
- Posiciona o seletor de corrente na fonte do APS,
- Inicia a emissão de sinal codificado APS para a infraestrutura no solo,
- Abaixa e trava o pantógrafo (a posição baixa é detectada no guincho do pantógrafo e enviada ao MSC).

Fonte de Alimentação Estática -> Sequência de comutação do OCS

O maquinista ao pressionar o botão luminoso “modo OCS” ativa a seguinte sequência automática:

- Levanta o pantógrafo na posição Ativa,
- Posiciona o seletor de corrente na fonte do OCS,
- Detém a emissão de sinal codificado APS para a infraestrutura no solo,
- A elevação das sapatas coletoras e a verificação da posição ALTA são adquiridas por meio de sensor.

Mudança para a sequência de autonomia de bordo

A bateria integrada fornece alimentação apenas por um tempo limitado:

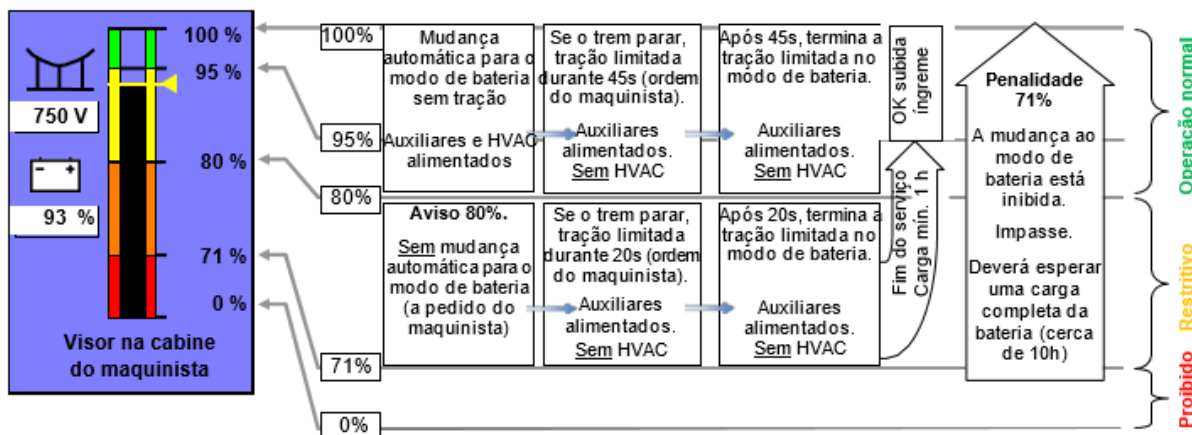
- Auxiliares do veículo (Eletrônica, rádio, sinalização, iluminação, freio magnético).
- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC).
- Tração em curta distância (ex.: PB com defeito, cruzamento de diamante, etc.)
- Tração em circunstâncias excepcionais em longas distâncias ou em uma subida curta e íngreme.

A capacidade da bateria é dimensionada para permitir a passagem por áreas não energizadas do traçado da via, bem como por diversas áreas com falha (PBs isoladas, TPS com defeito, etc.), cujas ocorrências são definidas por meio de uma análise RAMS.

4.2.8.1.7 Indicador de Capacidade da Bateria

O indicador de bateria exibe a quantidade de energia disponível na bateria por meio de um gráfico de barras de 0 a 100% usando códigos de cores verde, amarelo, laranja e vermelho. O objetivo é não cair no amarelo. O uso recomendado é o seguinte:

Figura 4-25 - Níveis de carga da bateria e modos associados



Chegar ou passar por uma área sem energia elétrica sem parar

Este modo de operação ocorre, por exemplo, em segmentos de APS com falha, zona neutra maior que 3 metros, etc.

As seguintes ações são iniciadas automaticamente assim que a perda de alimentação é detectada:

- MSC envia um comando ao equipamento de tração para inibir a tração (resposta imediata do veículo para evitar a tração pela bateria) e monitora a tensão da pré-carga do filtro.
- Enquanto a tensão de pré-carga do filtro (ver Figura 12) estiver acima de um limite predefinido, os auxiliares são alimentados por esta pré-carga do filtro.
- Se a tensão de pré-carga do filtro cair abaixo do limite predefinido, os auxiliares são alimentados pelas baterias de bordo.
- A tração é inibida e a luz indicadora da bateria no painel do maquinista pisca.
- trem circula por inércia com os auxiliares alimentados.
- Assim que a tensão das sapatas coletoras retorna, o Trem muda automaticamente para o modo APS com a remoção do comando de inibição da tração.

Parada e partida em uma área sem energia

Este modo de operação ocorre excepcionalmente em longas distâncias sem energia.

Nesse caso, as seguintes ações são iniciadas automaticamente quando é detectada a perda de alimentação:

- MSC envia um comando ao equipamento de tração para inibir a tração (resposta imediata do veículo para evitar a tração pela bateria) e monitora a tensão da pré-carga do filtro.

- Enquanto a tensão de pré-carga do filtro (ver Figura 12) estiver acima de um limite predefinido, os auxiliares e o HVAC são alimentados por esta pré-carga do filtro.
- Se a tensão de pré-carga do filtro cair abaixo do limite predefinido, os auxiliares e o HVAC são alimentados pelas baterias de bordo.
- A tração é inibida e a luz indicadora da bateria no painel do maquinista pisca.
- trem circula por inércia com os auxiliares alimentados, até que toda a energia cinética se dissipa. O trem, portanto, fica parado em área sem energia.
- maquinista solicita tração das baterias mediante o botão de pressão do modo de bateria APS.
- HVAC é desligado e a tração é limitada a 150A. A luz da bateria no painel do maquinista já não pisca e permanece ligada.
- A tração das baterias é permitida durante 45s ou 20s, segundo o nível de carga da bateria.
- Além desse tempo, a tração é inibida e apenas os auxiliares são alimentados por baterias de bordo.
- maquinista pode pressionar novamente o botão do modo de bateria APS para retomar a tração das baterias.
- Assim que a tensão das sapatas coletoras retorna, o Trem muda automaticamente para o modo APS com a remoção do comando de inibição da tração.

Nota: Este modo de operação (tração pelas baterias) não é automático, por projeto. Uma ação do maquinista é sempre necessária, graças ao botão dedicado no painel do maquinista, para evitar o uso repetitivo e desnecessário da bateria.

Se um trem fica parado numa descida, sem tensão nas sapatas coletoras e com carga de bateria insuficiente para tração, os freios podem ser desbloqueados manualmente para permitir a descida do trem.

4.2.8.1.8 Controle e Monitoramento pelo Sistema Centralizado (CAMS) e CCO

Controle remoto dos equipamentos APS no solo

O CAMS e sua interface de manutenção permitem:

- Aquisição de informações do APS sobre equipamentos de PBs, EOLs, armários APS.
- Emissão de comandos para os equipamentos do APS.
- Processamento por filtragem ou combinação das informações adquiridas.
- Supervisão dos estados das caixas de alimentação e controle do isolamento preventivo para aumentar a disponibilidade geral do sistema.
- Registro de informações do APS para permitir a análise posterior.
- Exibição ergonômica em tempo real ou cronologia dos estados do APS.
- Interface com o sistema de Banco de Dados Técnicos Centralizado no CCO.

A equipe de manutenção, através da mesma rede, terá acesso a parâmetros especiais de auxílio à manutenção.

É possível isolar uma PB defeituosa desde o sistema de supervisão de manutenção do APS (CAMS), mas não pelo CCO, entretanto é possível inibir uma PB defeituosa desde o CAMS ou do CCO:

- isolamento é definitivo. Ele aciona a chave de isolamento (IS) que conecta os segmentos ao 0Vr. A PB continua verificando de forma segura a conexão dos segmentos ao 0Vr.
- Para retomar a operação, a caixa isolada deve ser retirada do terreno, verificada numa bancada de teste, e recondicionada.
- A inibição é temporária. Uma vez inibida, a PB ignora a detecção do veículo, mas continua monitorando de forma segura a conexão dos segmentos ao 0Vr. Uma inibição da PB pode ser cancelada por um comando remoto.

4.2.8.1.9 Controle e Monitoramento dos Equipamentos a Bordo

As restrições e requisitos listados nos parágrafos seguintes incluem requisitos de definição do sistema APS, e requisitos de definição do material rodante.

Controle

Os controles na cabine do maquinista permitem dirigir um veículo em configuração operacional. Como tal, os comandos devem integrar o funcionamento em unidades duplas e em cabinas de condução duplas.

Na cabine do maquinista existem 3 botões de controle dedicados à seleção da fonte de alimentação para evitar erros e minimizar a carga de trabalho do maquinista:

- Botão luminoso de modo OCS
- Botão luminoso de modo APS
- Botão luminoso do modo Baterias

Dependendo do modo selecionado, as luzes na cabine do maquinista indicam o estado de diferentes componentes: sapatas coletoras, pantógrafos, e seleção da fonte.

A tabela abaixo mostra os diferentes estados desses componentes, e as luzes associadas a cada modo:

Modo	Sapatas Coletoras	Pantógrafos	Seleção da Fonte
OCS	ACIMA bloqueadas inativas	ACIMA bloqueados ativos	Pantógrafo LIGADO e bloqueado
APS	ABAIXO bloqueadas ativas	ABAIXO bloqueados inativos	Sapata coletora LIGADA e travada
Bateria	ABAIXO bloqueadas ativas	Qualquer	Bateria LIGADA

Monitoramento

Qualquer que seja o modo de controle selecionado, os indicadores luminosos são exibidos na cabine do maquinista:

- Luz indicadora da sapata coletora na posição ACIMA,
- Luz indicadora de posição do pantógrafo ACIMA ou ABAIXO,
- Luz indicadora de posição do seletor da fonte de alimentação,
- Luz indicadora de presença de tensão,

- Indicador do nível de carga da bateria.

Deteccão e sinalização de falhas

As avarias que representam um risco para o equipamento ou para a segurança são comunicadas na cabina do maquinista, e também registradas no sistema de registro de avarias e de estado do veículo.

Trem parado

O sistema APS permite alimentar os auxiliares de um trem parado através dos equipamentos do APS no solo. O consumo máximo é limitado a 150 A.

4.2.8.2 Funções Relacionadas à Segurança do APS

4.2.8.2.1 Isolamento de Uma Caixa de Alimentação

Descrição do modo de isolamento da PB

Quando uma PB falha, ela abre a linha de segurança. Para garantir a alimentação LIGADA no resto do trecho, é necessário isolar a PB defeituosa.

Esta operação impede definitivamente que ambos os segmentos correspondentes sejam novamente LIGADOS, desconectando o +Va desde o alimentador e forçando a conexão dos segmentos correspondentes a 0Vr.

Além disso, são realizadas verificações seguras dos estados dos segmentos garantindo a continuidade da linha de segurança, desde que nenhum dano físico tenha comprometido os princípios de segurança da instalação.

Uma vez restabelecida a continuidade da linha de segurança em cada PB incluindo a PB isolada, o trecho elétrico pode ser religado, minimizando o distúrbio de operação e mantendo o nível de segurança do sistema.

Operacionalmente, ambos os segmentos condutores conectados à PB isolada não estão mais habilitados para alimentar um veículo. O trem atravessa a área por inércia ou no modo de bateria.

Uma vez isolada, a PB não pode retomar o serviço até que tenha sido aberta, diagnosticada, armada manualmente com todas as funções de segurança testadas, e depois fechada. Esta operação requer uma bancada de teste dedicada.

Comando de isolamento da caixa de alimentação

Existem duas formas de isolar uma PB:

- Automática:

Se uma PB falha e corta a linha de segurança, ela muda para um modo de pré-isolamento. Este modo de pré-isolamento conecta a “linha de comando de isolamento em 230V” à bobina de disparo da chave de isolamento.

A “linha de comando de isolamento em 230V” é controlada pelo armário APS, e energizada assim que o estado à prova de falhas estiver ativo (curto-circuitadores fechados). Assim que o APSC enviar este comando de isolamento, todas as PBs em modo de pré-isolamento serão isoladas automaticamente.

- Manual:

Envio de uma solicitação de isolamento pré-definida para uma PB através da linha de comunicação do sistema de supervisão CAMS do APS. A PB é então isolada.

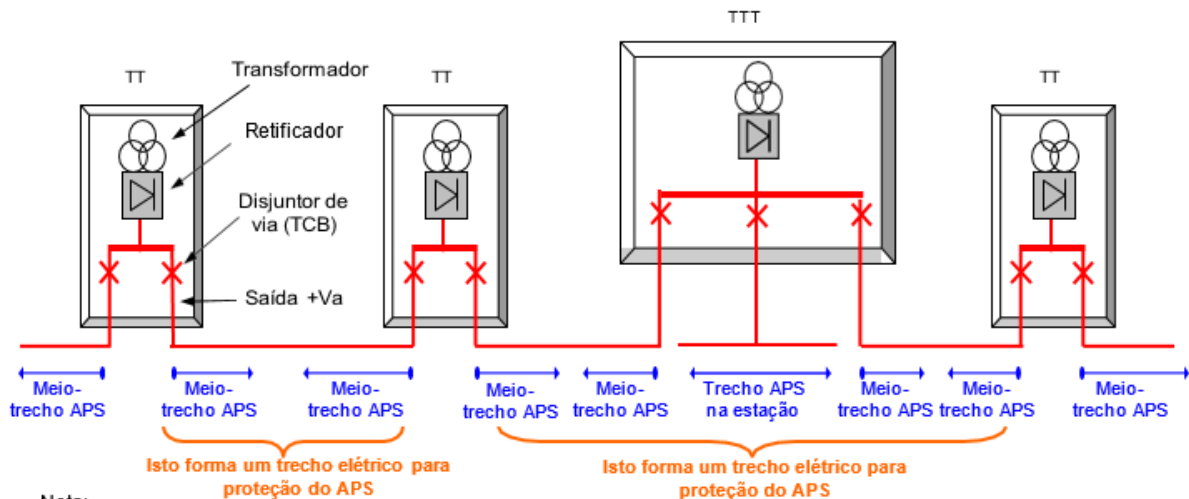
Quando uma ou várias PBs são isoladas (independentemente da forma de isolamento), o trecho elétrico correspondente é colocado no chamado estado seguro restritivo para acionar um comando de isolamento da PB. Este princípio impede, pelo mecanismo de corte (chave de isolamento), qualquer operação em carga. Uma chave de isolamento (IS) quebrada, que permanece em contato após um comando de isolamento, exigiria a interrupção de funcionamento do trecho elétrico correspondente e a substituição imediata dessa PB (tal evento é muito improvável).

4.2.8.2.2 Garantia de Segurança do APS

Trecho seguro

Tornar as instalações seguras é feito trecho elétrico por trecho elétrico. Um trecho corresponde, em geral, a uma seção de via entre dois pontos de injeção de corrente desde a TPS.

Figura 4-26 - Trechos e meios-trechos elétricos do APS



Nota:
O mesmo princípio aplica-se à Via 2 (na área de via dupla)

Um trecho está em um estado seguro sob a seguinte condição:

Na TPS do trecho, todas as saídas positivas +Va que alimentam o trecho são curto-circuitadas para os respectivos conjuntos de barramentos negativos em 0Vr.

Ao mesmo tempo, é retirada a autorização para fechar o disjuntor de linha (LCB) desde a TPS, para forçar a abertura do disjuntor antes do curto-circuito. No entanto, a abertura do disjuntor de linha não é uma operação à prova de falhas, por isso é necessário o uso de curto-circuitadores.

O curto-circuito é garantido pelos curto-circuitadores localizados nos armários APS da TPS. O estado não energizado corresponde ao estado de segurança (curto-circuitadores fechados).

Uma solicitação de estado restritivo seguro é processada pelo hardware de segurança em cada meio-trecho no receptor da linha de segurança (SLR). Uma solicitação de estado restritivo seguro é informada a todos os armários APS na TPS do mesmo trecho elétrico, para coordenar a segurança em todas as TPS que alimentam esse trecho.

Instalação em funcionamento

A instalação está pronta para operação do trem quando o sinal da linha de segurança é recebido pelo receptor da linha de segurança (SLR). O sistema é então colocado na seguinte configuração:

- Saídas +Va e 0Vr não curto-circuitadas pelo curto-circuitador.
- Autorização para fechar os disjuntores dada pelo receptor da linha de segurança.

Os curto-circuitadores são então mantidos em sua posição de funcionamento pelo receptor da linha de segurança do meio-trecho.

A autorização para fechar o disjuntor é fornecida na forma de um contato seco fechado quando o disjuntor de linha é autorizado a fechar.

Informação de Falha remota

O equipamento APS em uma TPS (alimenta meio-trecho) monitora apenas parcialmente o trecho de alimentação elétrica.

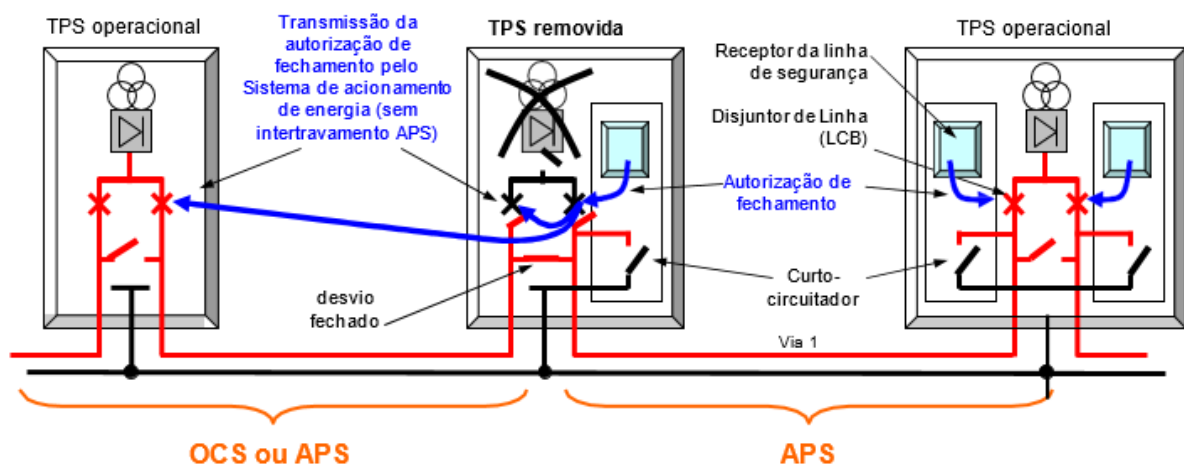
Para garantir a segurança, o fechamento dos curto-circuitadores é efetivo em cada entrada da fonte de alimentação (disjuntor de linha) em um mesmo trecho elétrico dedicado.

Para isso, é feito um sistema de intertravamento através da conexão de todos os receptores da linha de segurança do APS, verificando o mesmo trecho elétrico. Isso garante o fechamento com segurança dos curto-circuitadores em cada entrada de alimentação no circuito elétrico.

O equipamento APS permanece operacional no caso de uma falha da TPS. O trecho com energia deve transmitir autorização de fechamento através da Linha Piloto (feita por terceiros) para o disjuntor de linha na entrada da fonte de alimentação garantindo backup.

Na próxima TPS operacional, o fechamento do desvio (ver figura abaixo) só pode ser autorizado se os dois Disjuntores de Linha (LCB) estiverem abertos.

Figura 4-27 - Informes de autorização de fechamento em caso de remoção da TPS



Ativação do estado restritivo seguro

Como lembrete, a Linha de Segurança (SL) é executada do emissor da SL no final do meio-trecho do APS até o Receptor da Linha de Segurança no armário APS na TPS. Qualquer

interrupção do circuito de verificação contido na SL faz com que os curto-circuitadores fechem dentro de um determinado tempo máximo.

Quando o estado restritivo seguro da linha é ativado, ocorrem os seguintes comandos e eventos:

- Receptor de Linha de Segurança (SLR) não detecta mais o sinal da linha de segurança,
- SLR corta com segurança o sinal da linha de intertravamento enviado ao SLR de todos os armários APS localizados na TPS que alimentam o mesmo trecho elétrico,
- A sequência logo continua em todos os TPS no mesmo trecho elétrico:
- SLR aciona com segurança um dispositivo temporizador de segurança (atualmente um relé NS1),
- A saída do SLR transmite isto para o Sistema Eletrônico Programável (PES) do armário APS,
- Este temporizador permite que as falhas sejam removidas, para filtrar falhas curtas sem significância
- PES abre o contato seco para autorização de fechamento do Disjuntor de Linha,
- Os Disjuntores de Linha (LCB) abrem e extinguem o arco em cada TPS no referido trecho elétrico.
- dispositivo temporizador de segurança corta a fonte de alimentação das bobinas de manutenção dos curto-circuitadores,
- Os curto-circuitadores em cada TPS no trecho elétrico são então fechados.
- armário APS alimenta o circuito de isolamento em 230V, isolando assim todas as PBs, as quais não transmitem o sinal da linha de segurança.

O fechamento dos curto-circuitadores é temporizado para permitir que os Disjuntores das TPSs adjacentes sejam abertos. Este tempo não deve afetar a segurança do sistema ao estender excessivamente o tempo de resposta do estado restritivo seguro.

4.2.8.2.3 Dispositivo de Verificação, Linha de Segurança

Lógica de segurança na PB

Cada caixa de alimentação (PB) e cada segmento possuem dois circuitos de verificação (circuito 1 e circuito 2), que verificam continuamente as seguintes configurações operacionais nominais:

1. segmento está conectado ao circuito de proteção 0Vr,
2. veículo é detectado no circuito de detecção associado ao segmento.
3. Harmonizando a detecção do veículo pelos dois circuitos de verificação na PB para o mesmo segmento.

O trecho elétrico deve ser colocado em estado restritivo seguro quando ambas as condições (1) e (2) não forem atendidas em um segmento.

		Veículo detectado (2)	
		Sim	Não
Segmento 0Vr (1)	Sim	Correto	Correto
	Não	Correto	estado restritivo

O trecho elétrico deverá ser colocado em estado restritivo seguro quando a condição (3) não for atendida.

		Detecção com o circuito 1 no segmento (3)	
		Sim	Não
Detecção com o circuito 2 no segmento (3)	Sim	Correto	estado restritivo
	Não	estado restritivo	Correto

Nestes casos, a PB que gerencia o segmento deixa de transmitir para a linha de segurança.

Lógica de segurança da TPS

Em cada armário APS da TPS, o receptor da linha de segurança verifica continuamente a recepção do sinal esperado do par de fios da linha de segurança.

O receptor da linha de segurança segue a premissa à prova de falhas. Todos os modos de falha ou desvio resultam em um estado restritivo seguro.

Operacionalmente, o receptor garante que qualquer variação no sinal acima dos critérios predefinidos coloque o sistema em um estado restritivo seguro.

Os critérios verificados pelo receptor da linha de segurança são:

- Amplitude do sinal,
- Frequência do sinal,
- Ciclo de trabalho do sinal.

Circuito de verificação, linha de segurança

O circuito de verificação chamado de linha de segurança (SL) é processado com segurança.

Este circuito é formado por um par de fios que transmitem um sinal de onda quadrada emitido pelo emissor da linha de segurança, localizado na caixa de Fim de Linha. O sinal é transmitido e amplificado em cada PB associada a um determinado armário APS, logo recebido pelo Receptor de Linha de Segurança (SLR) no armário APS da TPS.

Uma falha é sinalizada pelo circuito de verificação, ou seja, a ausência ou avaria do sinal na Linha de Segurança, significa que a instalação deve ser colocada no estado restritivo seguro.

Aparição e manejo de falhas da linha de segurança

Uma detecção de falha é traduzida em uma solicitação (em segurança) de estado seguro restritivo à TPS. Isto desliga a energia do trecho afetado da linha.

Se foi detectada uma falha em um segmento e ainda permanece na área ocupada pelo veículo, o tempo para estabelecer o estado restritivo seguro é menor que o tempo necessário para que o veículo se afaste do segmento condutor. Este tempo é determinado com a velocidade máxima de circulação dos veículos que circulam na linha.

Além disso, cada falha detectada é enviada ao MSC pelo circuito de comunicação.

A detecção de uma falha que cause o estado restritivo seguro fica registrada, e o fechamento dos disjuntores correspondentes fica proibido. Se a falha persistir, aplica-se um procedimento de isolamento da PB correspondente.

A tensão retorna automaticamente à instalação assim que a falha é removida após o procedimento de isolamento da PB.

Uma vez realizada esta sequência, se aparece novamente uma falha durante o período de teste, o trecho do APS é bloqueado. Ele só pode ser religado após a intervenção de uma pessoa autorizada.

Estado do armário APS	Descrição	Condições de entrada e saída
Parada	Nesta condição, nenhum equipamento recebe tensão, ficando inativos.	A entrada e a saída neste estado são possíveis por ação manual.
Partida	As PBs são energizadas. O circuito de controle da Linha de Segurança ainda não está ativo.	A entrada é por comando de partida do operador. A saída é automática após o rearme do circuito de controle da linha de segurança.
Circulação em teste	O circuito de controle é fechado novamente, e os curto-circuitadores são abertos. É dada autorização de fechamento aos Disjuntores	A entrada é pelo fechamento do circuito de controle, o que significa que não há falha. A saída é após 30 segundos sem falha.
Tensão de recepção	Os Disjuntores são fechados	Este é um estado intermediário para um estado de teste de circulação.
Armado	É autorizado o processamento de uma falha.	O estado de teste de circulação passou sem falha.

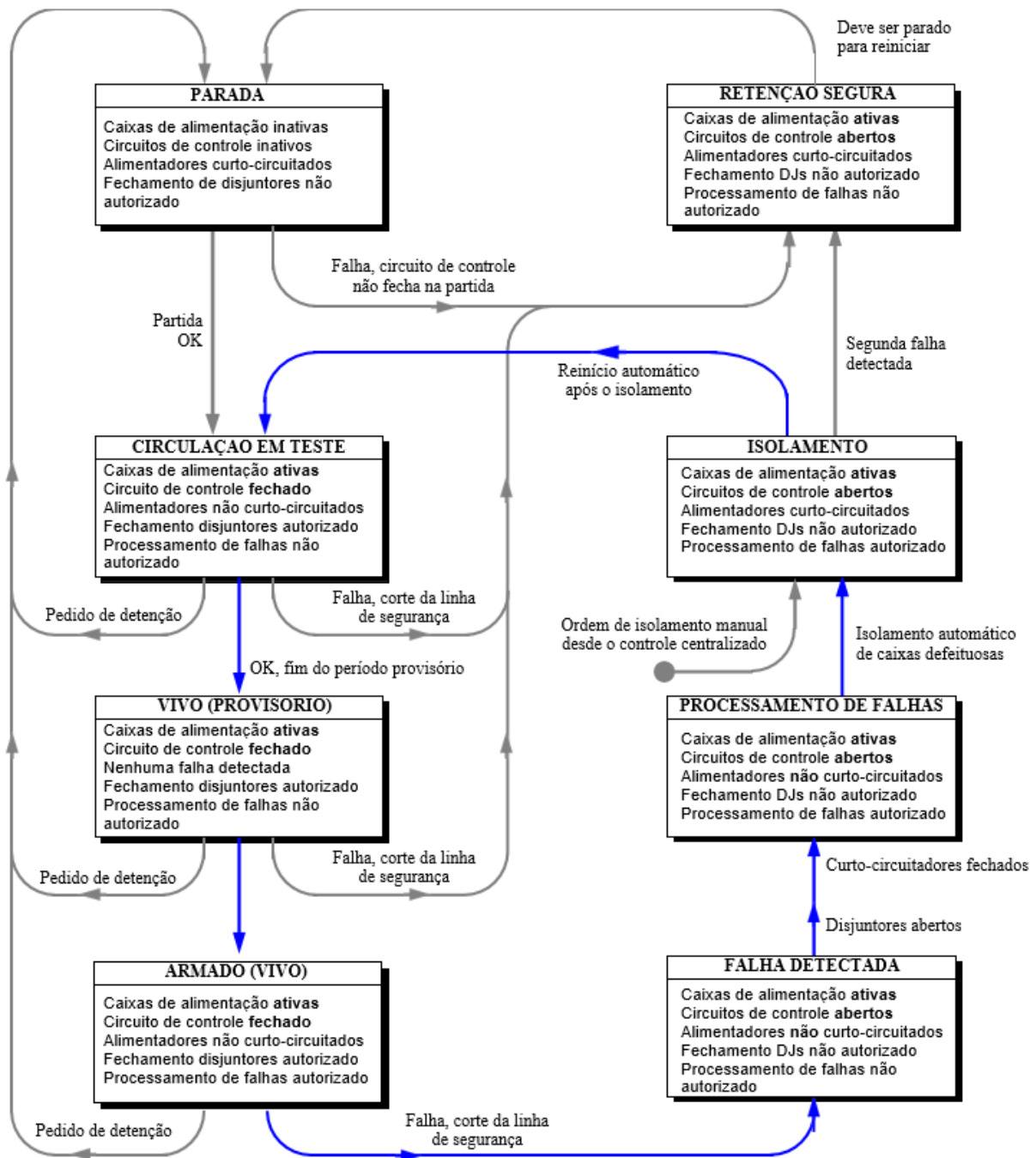
Falha detectada	Uma falha foi detectada, o circuito de controle é aberto. É retirada a autorização de fechamento dos Disjuntores	A entrada neste estado é feita pela interrupção do circuito de controle da Linha de Segurança. A saída é automática após o rearme da autorização de fechamento dos Disjuntores.
Estado restritivo seguro e Processamento de falhas	Os alimentadores +Va são curto-circuitados, e conectados à tensão do trilho.	
Isolamento	Emissão do comando de isolamento da PB.	O sistema retorna ao estado de segurança no final da sequência de isolamento.
Retenção segura	Somente com intervenção do operador se pode sair deste estado.	A entrada para este estado ocorre pela interrupção do circuito de controle da Linha de Segurança, durante o teste de circulação, ou se o circuito de controle permanece aberto após uma tentativa de isolamento.

É possível parar o sistema manualmente independentemente de seu estado, exceto em caso de “falha detectada”, “processamento de falha” ou “isolamento”.

O comando de fechamento dos Disjuntores vizinhos pode ser feito manualmente pelo operador ou automaticamente quando a autorização de fechamento dos Disjuntores é habilitada. Isso depende do esquema de seccionamento de energia.

O fluxograma a seguir mostra os diferentes estados do sistema, associado ao princípio apresentado.

Figura 4-28 - Fluxograma de reinício após falha no circuito de controle



4.2.8.2.4 Acionamento por Curto-Circuito

Assim como no sistema de alimentação OCS, um curto-circuito é detectado por I_{max} ou dispositivos de detecção remota de falhas associados ao Disjuntor de Linha no trecho de alimentação da TPS. A detecção faz com que os Disjuntores de Linha que alimentam o trecho elétrico se abram.

Os Disjuntores de Linha devem ser dotados de dispositivo de detecção remota de falhas para detectar qualquer curto-circuito com os alimentadores, ou quando fecha um curto-circuitador remoto da TPS.

Nota importante: o acionamento dos Disjuntores de Linha é uma parte importante da definição do sistema APS. No entanto, o desempenho da detecção de curtos-circuitos não faz parte do sistema APS, e deve ser tratado ao definir a arquitetura de suprimento de energia de tração do próprio sistema de transporte.

Foram considerados vários casos de curto-circuito, cujas respostas são dadas a seguir:

- Curto-circuito dentro da caixa de alimentação do APS:

Quando ocorre um curto-circuito entre um circuito 0Vr e um circuito +Va na PB, o curto-circuito é enviado para a TPS através do trilho de circulação e através do cabo 0Vr conectado à PB.

A detecção e remoção de curtos-circuitos é feita por equipamentos convencionais fora do sistema APS. Para uma Detecção de Falha distante (DFD), a proteção às vezes pode ser acelerada fazendo com que o sistema APS acione o estado restritivo seguro com uma falha na PB.

Este cabo 0Vr é dimensionado para que:

- A tensão resultante na PB fique abaixo do valor máximo autorizado pela norma EN50122-1 (1997) parágrafo 7.3.1 tabela 4,
- A temperatura do cabo permaneça dentro da faixa definida pelo fabricante durante os curtos-circuitos.
- Curto-circuito na plataforma pelo OCS caindo em um segmento conectado ao 0Vr:

A possibilidade disso existe em áreas de zona de transição entre OCS e APS. Como o segmento APS está em 0Vr através do Contator Cm e IGBT, o fusível comum aos dois segmentos da PB dispara. Os dois segmentos permanecem sob tensão a partir do OCS.

O segmento não está mais em 0Vr, portanto o APS aciona o estado restritivo seguro. A PB fica isolada porque tem uma falha permanente. Os dois segmentos da PB são então colocados em 0Vr pela chave de isolamento que cria um curto-circuito repentino.

Normalmente, o curto-circuito acionaria o Disjuntor de Linha associado ao OCS. Se isso não acontecer, os dois segmentos da PB permanecem com a tensão do OCS. Como não há indicação no solo da associação entre segmentos através de uma PB, todo segmento contíguo que toca o OCS deve ser considerado como recebendo tensão. Ou seja, além de 8+3+8 m do ponto de contato, em ambas as direções.

- Curto-circuito na plataforma pelo OCS caindo em um segmento da PB isolado:

Este caso é o mesmo que o caso acima a partir do isolamento da PB.

Normalmente, o curto-circuito acionaria o Disjuntor de Linha associado ao OCS. Se isso não acontecer, os dois segmentos da PB permanecem com a tensão do OCS. Não havendo indicação para o solo da associação entre segmentos através de uma PB, todo segmento contíguo que toca o OCS deve ser considerado como recebendo tensão. Ou seja, além de 8+3+8 m do ponto de contato, em ambas as direções.

- Curto-circuito entre um segmento recebendo tensão e a carroçaria do trem:

isso pode ser possível por objetos de metal na via. Esses curtos-circuitos acontecem embaixo do trem, e não afetam a segurança.

A ocorrência de curtos-circuitos é reduzida pela proteção de material isolante embaixo do trem, colocado em áreas localizadas acima do segmento que recebe tensão.

4.2.8.2.5 Teste de Linhas do APS

A energização dos alimentadores +Va deve ser feita após a verificação de que nenhum alimentador esteja conectado a um segmento condutor através de uma PB defeituosa.

Esta verificação permite manejar o caso de uma falha dupla:

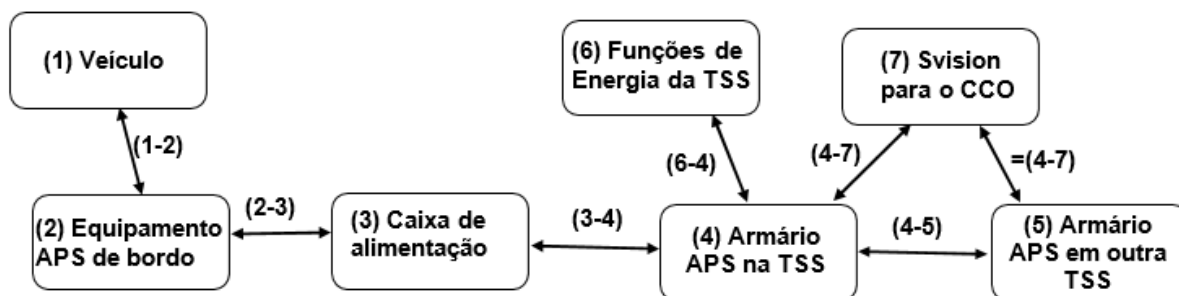
- Contator principal permanece fechado,
- Falha no circuito de controle de estado do segmento condutor.

Nesse caso, a segurança do sistema APS provoca um curto-circuito no trecho elétrico em um tempo inferior a 200ms. O teste de linha antes do fechamento do LCB evita qualquer energização eventual não intencional.

Quando o teste é positivo, o sistema APS dá a autorização de fechamento do LCB. Quando o teste é negativo, o sistema APS não autoriza o fechamento do LCB até a intervenção da manutenção.

4.2.8.3 Modos Degradados

O contexto simplificado do ambiente APS é indicado a seguir:



Os modos de operação normal e degradado são descritos abaixo:

Descrição dos cenários de operação do APS	Modo de operação APS	Modo de operação do sistema de transporte
Sem falha: Todos os armários APS da TPS e todas as PBs estão funcionando	NORMAL	NORMAL
(6) Falha de alimentação 750V da TPS, e TPS removida: O APS funciona normalmente, ver parágrafo 4.3.3		
3) A PB foi isolada ou inibida, mas ainda pode transmitir a Linha de segurança. O trecho sem energia é cruzado em inércia, com os auxiliares RST alimentados pela bateria do APS. Para limitar o uso da bateria, é permitido um número limitado de PBs defeituosas na linha. 1 PB inativa na linha por km de via única, e 1 PB inativa na zona de parada (estação, cruzamento) por 10 km de via única.	DEGRADADO	NORMAL
(3-4) ou (4-7) falhas de comunicação: A PB continua alimentando os segmentos.		

Descrição dos cenários de operação do APS	Modo de operação APS	Modo de operação do sistema de transporte
<p>(1) e (1-2) falhas de alimentação 24V e de comando no veículo impedindo o funcionamento do equipamento APS de bordo</p> <p>2) Qualquer avaria demorada a bordo leva à retirada do veículo:</p> <p>Fim do período: falha no nível da bateria</p> <p>Empurrar-rebocar com veículo rodoferroviário ou outro trem: falha de sapatas coletoras, MSC, emissor, contator</p>	ALTAMENTE DEGRADADO	DEGRADADO (rebocar/empurrar ou serviço temporário)
<p>(3) PB defeituosa não transmitindo a linha de segurança: trecho elétrico sem energia entre 2 TPSs com defeito.</p>		
<p>(3-4) Falha na linha de segurança: trecho elétrico sem energia entre 2 TPS isoladas.</p>		
<p>(4-5) Falhas de intertravamento da linha de segurança: trecho elétrico entre 2 TPS.</p>		
<p>(6-4) Falha na fonte de alimentação 230V CA do APS: trecho elétrico sem energia entre 2 TPS.</p>		
<p>(4) Falha do armário APS da TPS (Receptor da linha de segurança, curto-circuitador, dispositivo automatizado, fonte de alimentação): trecho elétrico sem energia entre 2 TPS.</p>		

4.2.8.3.1 Modos Degradados por Falha de PB

O número de PBs isoladas por quilômetro de linha afeta a vida útil da bateria, os contadores do cubículo MSC, e a qualidade da operação. Na realidade, isso multiplica as situações em que o maquinista não tem energia de aceleração total.

As recomendações para a troca antecipada da PB isolada incluem três parâmetros:

- número de PBs isoladas por quilômetro de via única (1 PB por 1 km)
- A localização dessas PBs isoladas em relação à condução do veículo (zona de aceleração onde a bateria seria mais necessária).
- número de PBs isoladas contíguas.

A troca da PB isolada pode ser feita à noite, durante o Horário de Engenharia (quando a energia é desligada) entre o fim da operação e o início do próximo período de operação. Isto afeta a seguinte PB:

- PB localizada em subida íngreme (de acordo com o perfil da linha),
- PB localizada em uma zona de aceleração, como uma partida de estação ou em um cruzamento crítico,
- PB localizada em uma estação (geralmente uma única PB),

- PB isolada contígua.

4.2.8.3.2 *Modo Degradado por Falha Permanente do APS*

Algumas falhas impedem alimentar novamente um trecho elétrico entre 2 TPS. Por exemplo, falha grave do armário APS ou PB danificada que não seria resolvido com o isolamento da PB.

Neste caso de falha, o sistema fica fora de serviço até a intervenção de manutenção.

Intervenção de manutenção:

- Em caso de falha em um armário APS na TPS, os alarmes são exibidos no CAMS.
- Em caso de falha da PB que já não transmita o sinal da linha de segurança, mesmo após comando de isolamento, a PB deverá ser substituída no local. A PB defeituosa é identificada através do CAMS. Como de costume, o trecho elétrico deverá ser protegido desde a subestação, mediante procedimentos normais de bloqueio, antes que a PB seja desconectada e substituída.

Intervenção da operação:

As ações a serem realizadas pelo Operador serão definidas caso a caso, levando em consideração as particularidades da linha (subida íngreme, cruzamento crítico, longa distância entre estações, procedimentos do Operador, etc.):

Excepcionalmente, para distâncias curtas entre estações, os trens podem atravessar trechos defeituosos usando bateria, sem o HVAC.

A recomendação é conduzir o trem até a estação mais próxima em modo de bateria (se a distância e a subida não forem muito longas/inclinadas) e aguardar o religamento da linha antes de sair daquela estação.

O diagnóstico de manutenção deve ser fornecido rapidamente para configurar um serviço temporário, se necessário.

4.2.8.3.3 *Modo Degradado por Falha da TPS*

Se uma TPS falhar, a TPS vizinha assume o suprimento de energia de tração.

As consequências no sistema APS são as seguintes:

- sistema APS deverá aceitar este modo de operação durante duas horas, em horário de pico (CEI 146 - Classe de serviço VI). Os cabos e outros componentes elétricos devem permanecer dentro dos limites térmicos admissíveis.
- Se o barramento e o LCB da TPS estiverem ativos: O APS mantém o controle no LCB e o sistema funciona normalmente,
- Se a TPS for completamente removida e se a continuidade dos cabos do APS e OCS for feita via chave de isolamento: A abertura remota do Disjuntor de Linha do APS, exigida pelo sistema APS, é fornecida por outros.

4.2.8.3.4 *Modo Degradado por Falha a Bordo do Veículo*

Uma falha que pode afetar parcial ou totalmente a motorização do veículo é exibida a bordo, na cabine do maquinista.

Em caso de avaria a bordo, e se não for possível recuperar rapidamente uma situação normal de funcionamento, o Operador deverá organizar o reboque do trem avariado, sem

passageiros, em todo o trecho afetado do APS. Se outro trem empurrar ou rebocar, este pode ser alimentado pelo sistema APS.

Antes de rebocar/empurrar um trem, o maquinista deve sair do modo APS para o modo Isolado. Quando este modo for ativado, o pantógrafo é abaixado, as sapatas coletoras levantadas para a posição Inativa, o emissor que aciona a alimentação dos segmentos condutores embaixo do trem é inibido.

Se o atuador da sapata coletora estiver com defeito, isto impede o resgate do veículo. Um dispositivo de elevação manual está disponível dentro do trem para levantar a sapata manualmente e iniciar o resgate do trem.

4.2.8.3.5 Falha de Telecomunicações

As telecomunicações entre a PB e a TPS não são informações relacionadas à segurança. Uma falha de telecomunicação PB-TPS é informada ao CCO via CAMS.

As telecomunicações entre os equipamentos de via (armário APS, PB) e o sistema CAMS do APS não são informações relacionadas à segurança. Uma falha de telecomunicações entre o equipamento de via e o CAMS é exibida no CAMS do APS.

Em qualquer caso, o nível de segurança do sistema não é degradado. A PB continua a alimentar os segmentos e o isolamento automático da PB continua normalmente quando necessário. Os informes de estados da PB e os comandos remotos da PB não estarão disponíveis, em particular o isolamento manual da PB e os comandos de inibição da PB não serão possíveis.

4.2.8.4 Operação de um Sistema de Trânsito em APS

A operação de um sistema de transporte que inclui áreas de APS é semelhante à operação de um sistema completo em OCS. As diferenças estão principalmente ligadas aos modos degradados, como são detalhadas neste Item.

4.2.8.4.1 Intervalo entre Veículos

O sistema APS é projetado para um intervalo mínimo de 2 minutos com todas as TPS funcionando, ou com uma TPS fora de operação com alimentadores de reforço necessários ao longo da linha.

O intervalo bem como a alimentação do trem são parâmetros fundamentais para o dimensionamento dos cabos +Va e dos contadores de potência nas PBs:

- Os cabos +Va estão nos dutos APS entre as vias. O cabo +Va é dimensionado utilizando uma simulação global de energia do sistema com todos os trens em operação.
- limite térmico dos contadores nas PBs exige uma limitação de corrente máxima de 1500A por trem.

4.2.8.4.2 Perfil de Operação

O sistema e a PB devem permanecer alimentados 24h/24h em 230 V.

4.2.8.5 Mudança de Modo / Transição entre Zonas de APS e OCS

A transição de uma zona APS híbrida pode ser feita de forma estática ou dinâmica. Em ambos os casos a transição é feita de forma idêntica a partir de uma zona APS híbrida (trilhos de energia) ou de uma zona de autonomia (sem trilho de energia).

4.2.8.5.1 Modos de Operação dos Veículos

Como já foi dito anteriormente, a fonte de alimentação selecionada pode ser:

- OCS: alimentação do trem fornecida pelo OCS,
- APS: alimentação do trem fornecida por segmentos APS no solo,
- BATERIA: alimentação do trem fornecida pela bateria 750V do APS a bordo.
- RESERVA: os 3 contadores MSC estão abertos. O trem não está alimentado.

A mudança do modo de alimentação é feita com o trem totalmente parado, exceto a comutação automática para o modo de bateria (consultar o modo de funcionamento por inércia).

As particularidades para cada modo APS são indicadas a seguir:

Modo de funcionamento nominal do APS

O modo de funcionamento nominal é usado para circulação normal em áreas APS. Este modo é selecionado pelo maquinista na cabine do trem. Uma vez concluído o ciclo de comutação, o maquinista pode partir no modo APS. O maquinista deverá:

- Respeitar a velocidade máxima de operação.
- Respeitar o intervalo para evitar o superaquecimento dos cabos e componentes elétricos do APS.

Modo de operação de manobra

O modo de operação de manobra é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros) e aplica-se também quando o trem está em uma área APS.

Modo de operação autônomo (bateria)

O modo de operação autônomo é específico do sistema APS, e pode ser ativado manualmente pelo maquinista ou automaticamente quando for detectada uma perda de tensão nas sapatas coletoras do APS.

Ao mudar para o modo de autonomia (usando bateria para tração), o HVAC é desligado para minimizar o consumo da bateria. Assim que a tensão de 750V retorna, o modo de bateria é desativado automaticamente. O modo de autonomia deverá ser usado para cruzar áreas APS não alimentadas.

Modo de operação isolado

O modo ISOLADO é específico do modo APS, podendo ser acionado qualquer que seja o modo atual do APS, OCS ou RESERVA.

Ao pressionar o botão “Modo isolado”, abaixa o pantógrafo, levanta as sapatas coletoras e abre os 3 contadores principais do OCS, APS, Bateria no MSC.

Modo de operação de velocidade excessiva

Este modo de operação é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros). Nenhuma restrição adicional relacionada ao APS é exigida pelo sistema APS neste modo.

Modo de operação Reboque/Empurra

O modo de operação Reboque/Empurra é descrito no manual do maquinista (feito por terceiros), sendo aplicável ao APS sem modificação.

Em modo de bateria, há uma restrição da capacidade de empurrar/rebocar devido ao consumo máximo de bateria de 150A que limita a energia disponível, e devido à capacidade da bateria que limita a distância possível de deslocamento.

Em todos os casos, as sapatas coletoras do trem com defeito devem ser levantadas eletricamente ou manualmente.

Modo de operação por inércia

Operação por inércia significa que não há comando de tração nem de frenagem na alavanca de tração do maquinista.

Quando as duas sapatas coletoras do APS embaixo do trem entram em uma área sem energia APS, a tração é automaticamente inibida e a alimentação do trem passa automaticamente para a energia da bateria.

Modo de RESERVA

O modo de RESERVA é selecionado quando o trem é ligado ou após uma liberação de falha pelo maquinista, mas não permite que o trem se mova. Este modo é, portanto, temporário. Para sair deste modo, o maquinista deve selecionar outro modo de operação: OCS, APS, Bateria (somente na área de APS).

Modo de operação OCS

Este modo inclui todos os modos de operação clássicos: Nominal, Manobra, Velocidade Excessiva, Reboque/Empurra (feito por terceiros).

4.2.8.5.2 Procedimentos de Segurança do APS

Estes procedimentos devem ser seguidos pelo maquinista nos modos degradados. O cumprimento adequado desses procedimentos permite o estado restritivo seguro do trem antes de retornar ao depósito, e ser assumido pelas equipes de manutenção.

Levantamento manual das sapatas coletoras

Em uma situação normal, o levantamento das sapatas coletoras é realizado automaticamente quando o modo APS não está selecionado. Se a elevação automática não funcionar, o maquinista deverá levantar manualmente a sapata coletora, e o trem deverá ser devolvido ao depósito.

A elevação manual de uma sapata coletora é realizada por uma alça isolada eletricamente, localizada embaixo de uma das bordas da carroceria do trem próxima à referida sapata coletora. Há uma alça por sapata coletora em cada trem. A operação da alça elevará totalmente a sapata coletora, travando-a na posição levantada.

Desconexão manual da bateria

Quando um trem está sendo preparado para manutenção ou reboque, é necessário cortar manualmente a alimentação da bateria de 750V localizada no teto. Esta desconexão manual é feita graças a uma roda localizada no salão de passageiros, no teto interno do trem.

Ao cortar a energia da bateria aparece automaticamente um sinal no teto indicando que a energia da bateria foi fisicamente desconectada, e que nenhuma tensão de 750V pode fluir dela.

O retorno da bateria ao serviço é realizado executando manualmente a operação anterior no sentido inverso.

O trem é então chamado de seguro, em termos de energia da bateria, para serem realizadas as operações de manutenção.

4.2.8.5.3 Monitoramento do APS desde o CCO

O funcionamento em modo nominal de um trecho APS é idêntico ao funcionamento em modo nominal de um trecho OCS.

A organização da rotatividade dos trens, maquinistas, e paradas nas estações é idêntica à dos sistemas OCS.

Nos painéis de controle no CCO, a presença ou falta de indicadores de tensão são os mesmos do sistema OCS. As informações sobre os estados do armário APS estão disponíveis no console de supervisão das instalações elétricas.

Não há necessidade de mostrar informações sobre as PBs CCO, pois isso não afeta a operação.

Os modos degradados que afetam a operação do APS são descritos no capítulo 4.3 - Modos degradados. É responsabilidade do CCO tomar as decisões necessárias:

- Organização do retorno de um trem ao depósito,
- Usar um veículo de resgate rodoferroviário,
- Organização dos serviços temporários.

4.2.8.5.4 Diagrama de Segmentação Elétrica no APS

Fundamentos da segmentação elétrica do APS

O sistema APS é fundamentalmente diferente do sistema OCS, uma vez que não há cabos desencapados ativos na rede.

Em áreas OCS, o isolamento elétrico é necessário nos seguintes casos:

- Intervenção em torno da área de OCS,
- Intervenção no próprio OCS
- Intervenção na TPS.

Intervenção na área de APS

Podem ser necessárias várias intervenções no ambiente urbano: brigada de incêndio, transporte de cargas largas, corte de árvores, manutenção da iluminação pública, acidentes de trânsito, obras civis, intervenção no teto de um trem avariado, etc.

Todas as intervenções, sem risco de comprometer a integridade da plataforma da via ao redor do APS, podem ser realizadas sem isolar o APS e os alimentadores do APS na área. Todas as tarefas pesadas, como obras civis executadas nas proximidades da plataforma, exigirão isolamento e bloqueio do trecho APS.

No próprio APS

Os equipamentos APS são alimentados com tensão de 230V e 750V. Assim, nenhuma intervenção pode ser realizada na plataforma sem:

- Isolamento e bloqueio da tensão de tração da TPS circundante
- Isolamento e bloqueio das fontes de alimentação em 230V no armário APS

Se essas intervenções devem ser realizadas mantendo-se trechos da via em funcionamento, deverão ser implantados armários APS temporários e Disjuntores de Linha associados.

Esta configuração deve ser levada em consideração no projeto da linha, pois é mais fácil criar essas zonas próximas às subestações.

Na TPS

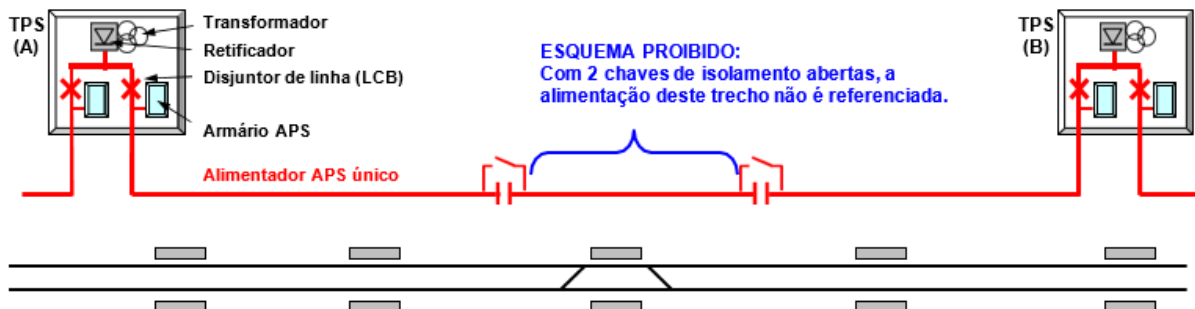
As intervenções podem ser realizadas quando o Disjuntor do trecho elétrico está aberto. Isso é semelhante à intervenção do sistema OCS na TPS, e não requer um seccionamento elétrico.

A dupla segmentação não é permitida no APS

A segurança do APS depende do curto-circuito simultâneo de todos os pontos de suprimento de energia no mesmo trecho elétrico. É essencial que cada trecho do alimentador APS esteja em contato direto com o curto-circuitador do armário APS.

Portanto, diferentemente do OCS, não podem ser realizados 2 seccionamentos em alimentadores APS no meio de um trecho. Haveria uma área onde a tensão não é controlada.

Figura 4-29 - Diagramas de segmentação elétrica proibida no APS



Segmentação individual no APS

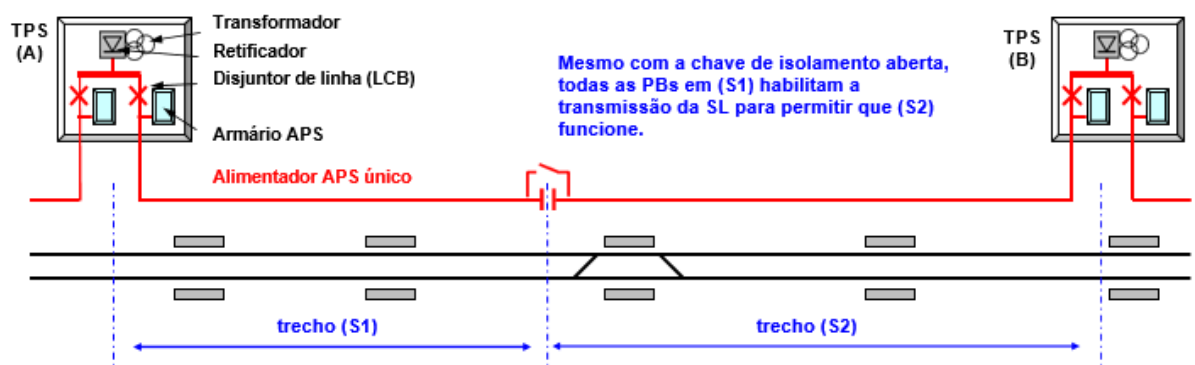
Estabelecer o estado restritivo seguro entre as TPSs do sistema APS significa que um trecho elétrico completo está desligado.

Portanto, localizar uma chave no meio de um trecho APS não permite que um meio-trecho funcione independentemente do outro trecho.

Para fazer funcionar o trecho (S1), todas as PBs do trecho completo (S2) devem permitir a transmissão da Linha de Segurança (SL). Na realidade, se uma PB no trecho (S2) estiver fora de serviço e não puder transmitir a Linha de Segurança (a SL está quebrada), a SL acionará o estado restritivo seguro dos trechos elétricos em 750V (S1) e (S2).

Em seguida, o Armário APS na TPS (B) ordena a abertura do Disjuntor de Linha (LCB). Imediatamente depois, o LCB curto-circuita o +Va para o 0Vr dentro das duas TPSs vizinhas. O uso dessa chave, portanto, é muito limitado porque as PBs não são totalmente independentes.

Figura 4-30 - Diagramas da segmentação elétrica do APS com chave



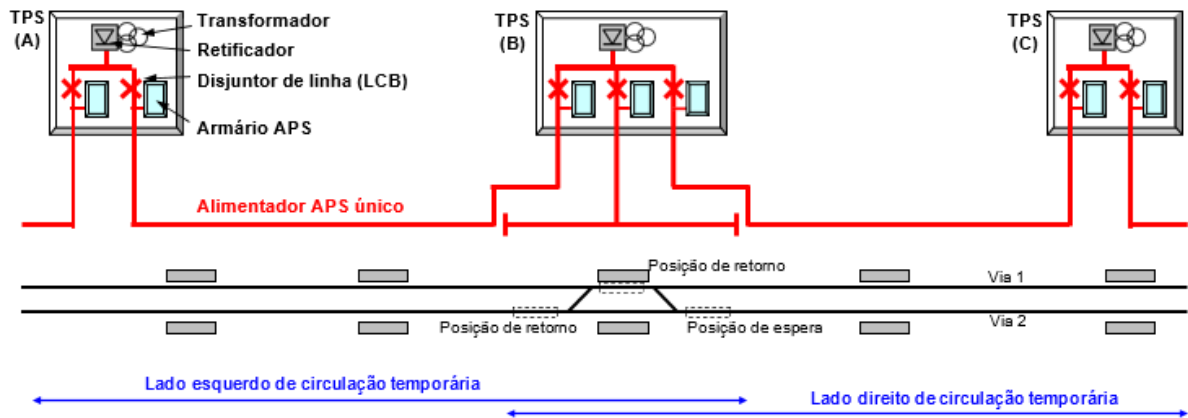
Nota:
O presente esboço serve apenas para fins de seccionamento elétrico proibido no APS.
A estratégia de alimentação das vias no APS não é detalhada neste esboço, sendo esta representação somente ilustrativa.

Segmentação do APS para melhorar o serviço temporário

O diagrama a seguir permite uma independência total entre os diferentes trechos do APS, para o funcionamento temporário do sistema. Nas áreas que não estão sendo utilizadas, tanto os alimentadores como as PBs não são alimentados.

O meio-trecho alimentado pelo APSC do meio tem MTBF teórico maior do que qualquer outro trecho do APS, uma vez que inclui um número limitado de PBs, e apenas um APSC.

Figura 4-31 - Diagramas de separação elétrica com APS



4.2.8.5.5 Intervenções

A documentação do sistema APS fornecerá todas as informações relevantes para definir os princípios de operação em relação às intervenções.

Isto incluirá:

- Intervenções das equipes de operação para situações já apresentadas neste documento,
- Intervenções dos serviços de resgate e policiais,
- Intervenções dos representantes da cidade.

4.2.8.5.6 Manutenção

Um Plano de Manutenção do APS detalhará as atividades de manutenção do sistema APS.

Na medida do possível, o sistema APS leva em consideração os princípios de operação em relação à manutenção.

Em qualquer caso, o sistema APS permite isolar e bloquear com segurança os trechos no solo, bem como os equipamentos de bordo antes das operações de manutenção.

Se forem necessárias modificações no Plano de Manutenção do APS, elas devem ser revisadas e aprovadas pelo fornecedor do sistema APS, o gerente de segurança do sistema APS, o gerente de segurança do sistema de transporte, o gerente de operações, e o gerente de manutenção.

A natureza do equipamento APS de bordo é semelhante ao equipamento eletromecânico de bordo convencional, exceto por:

- As peças de desgaste das sapatas coletoras (bandas de atrito) estão sujeitas a substituição periódica. A bateria de 750V, que deve ser desconectada antes de qualquer intervenção de manutenção.

Manutenção a bordo:

Após cada tarefa de manutenção concluída no equipamento APS de bordo, deverá ser concluído e aprovado um teste funcional no modo APS na zona de troca do depósito.

Manutenção no solo:

Todas as operações de manutenção no solo em um trecho APS exigem que a fonte de alimentação desse trecho seja isolada e bloqueada. Nesse caso, são identificadas 3 categorias de operações:

Substituição de uma PB do APS

Cada caixa de alimentação defeituosa ou isolada é substituída realizando uma operação simples de troca de peças: desconectar, remover, colocar uma peça nova, e reconectar. Nenhum teste deverá ser feito como comprovação de falhas físicas ou funcionais (por projeto e construção) para evitar situações não seguras. No entanto, uma vez concluída a substituição da PB e restabelecida a alimentação, deve-se verificar o bom funcionamento do trecho elétrico.

Intervenções na infraestrutura do APS (cabos, trilhos, instalações APS na subestação, etc.).

Neste caso, é obrigatório realizar testes funcionais e/ou relacionados à segurança antes de religar o trecho (consultar o manual de manutenção).

As operações em instalações não APS, mas em interface com este, requerem testes ou verificação antes do religamento do trecho elétrico:

- Disjuntor de Linha, seu comando e a ativação coordenada,
- Conexões da corrente de retorno de tração,
- Conexões +Va e 0Vr no Curto-Circuitador,
- Rede de comunicação do sistema de transporte.

4.2.8.6 Ambiente

4.2.8.6.1 Temperatura E Luz Solar

As temperaturas as seguir foram extraídas dos requisitos do Cliente. Esta tabela é usada como informação para o projeto do APS.

Equipamento	Critérios	Em operação
Equipamentos APS ao lado da via (superfície do trilho APS, tampa de poço de visita, PB.)	Temperatura ambiente operacional	-30°C / +55°C
	Luz solar	850W/m ²
	Temperatura na superfície	-30°C / +85°C
Equipamentos APS na TPS (armário APS, UPS, etc.)	Temperatura ambiente operacional	-5°C / +40°C
Equipamento APS de bordo (MSC, BC, CS, antenas, etc.)	Temperatura ambiente operacional	-20°C / +55°C
	Luz solar	850W/m ²

4.2.8.6.2 Corrosão

Todos os equipamentos APS instalados ao tempo, seja instalação fixa ou em veículos com superfícies metálicas, deverão cumprir 96 horas de ensaios de névoa salina de acordo com a NF ISO 9227.

Os equipamentos localizados em poços de visita com drenagem não estão sujeitos a esta exigência.

4.2.8.6.3 Produtos Químicos

Todas as partes do sistema, com uma superfície em contato com o exterior, podem suportar o produto utilizado pelos serviços de manutenção rodoviária:

Herbicidas e fertilizantes atuais,

Produtos de limpeza atuais.

4.2.8.6.4 Luz Solar

Os equipamentos de via, e em particular o trilho do APS, não serão degradados sob o efeito prolongado da luz solar.

4.2.8.6.5 Locais De Instalação E Inserção No Ambiente Urbano

O trilho APS pode ser embutido no revestimento da rua e na terra com grama.

O trilho de circulação e o trilho APS não perturbarão os carros ou o tráfego de duas rodas nos cruzamentos rodoviários.

As PBs estão projetadas para instalação em poços de visita subterrâneos. As caixas das PBs estão equipadas com um sistema de bloqueio que impede o acesso de pessoas não autorizadas.

O sistema APS foi projetado para ser instalado nos seguintes locais:

- Ao longo da beira do mar,
- Em espaço aberto ou em um túnel ou viaduto.
- Em local segregado ou compartilhado,
- Altitude máxima: 2000m (isto está relacionado com as seguintes distâncias de isolamento conforme a EN 50124 e IEC 60947).

4.2.8.6.6 Compatibilidade Eletromagnética e Radioelétrica

A compatibilidade eletromagnética está sujeita a um documento específico que define as regras a serem observadas para a suscetibilidade EM, as emissões EM, e os regulamentos a serem seguidos para a atribuição de frequências emitidas.

O sistema APS em geral está em conformidade com as seções 1 a 5 da EN 50121.

Os emissores intencionais do APS são:

- sinal emitido pela antena na sapata coletora.
- sinal emitido pela Caixa de Alimentação (se aplicável).

Esses sinais permanecem abaixo do nível de EMC autorizado emitido por todo o trem, e se enquadram na categoria de Dispositivos de Curto Alcance (SRD). No entanto, como são emissores voluntários, as faixas de frequência devem ser reservadas para essas emissões:

- Para a antena: a frequência está centrada em 483 kHz com uma largura de banda de 14 kHz (+/- 7kHz).
- Para a PB: Para a antena: a frequência está centrada em 38 kHz com uma largura de banda de 4kHz kHz (+/- 2kHz).

4.2.9 Normas Aplicáveis

Referência	Título
IEC 60077	Regras aplicáveis em equipamentos elétricos para material rodante
EN 50327,50328,50329	Harmonização dos valores nominais para grupos conversores
IEC 1287-1: (IEC 61287-1 (1995-07))	Conversores de potência a bordo de material rodante ferroviário – Seção 1: Características e métodos de ensaio
EN 50126	Aplicações ferroviárias. Especificação e demonstração da confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança (RAMS)
EN 50129	Aplicações ferroviárias. Comunicação, sinalização e sistemas de processamento. Sistemas eletrônicos de sinalização relacionados com a segurança
EN 50121 seção 1 a 5	Aplicações ferroviárias, compatibilidade eletromagnética.

EN 300330-1 (V1.5.1) 2006	Compatibilidade eletromagnética e Assuntos do Espectro Radioelétrico (ERM) - Dispositivos de Curto Alcance (SRD) - Equipamentos de rádio na faixa de frequência de 9 kHz a 25 MHz e sistemas de laço indutivos na faixa de frequências de 9 kHz a 30 MHz - Parte 1: Características técnicas e métodos de ensaio
EN 300 330-2 (V1.3.1) 2006	Compatibilidade Eletromagnética e Assuntos do Espectro Radioelétrico (ERM); Dispositivos de Curto Alcance (SRD); Equipamentos de Rádio na Faixa de Frequências de 9 kHz a 25 MHz e Sistemas de Laço Indutivos na Faixa de Frequências de 9 kHz a 30 MHz
EN 50122-1	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Medidas de proteção relativas à segurança elétrica e aterramento
EN 50122-2	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Medidas de proteção contra os efeitos de correntes parasitas provocadas por sistemas de tração em corrente contínua
EN 50123	Aplicações ferroviárias. Instalações fixas. Equipamento de manobra em corrente contínua Para-raios e limitadores de baixa tensão para uso específico em sistemas de corrente contínua
EN 50124 -1A1 e A2	Aplicações ferroviárias, Coordenação de isolamento, Regras essenciais
EN 50125-1	Aplicações ferroviárias. Condições ambientais dos equipamentos. Equipamentos a bordo de material rodante
EN 50125-2	Aplicações ferroviárias. Condições ambientais dos equipamentos. Instalações elétricas fixas
EN 50153	Aplicações ferroviárias. Material rodante. Medidas de proteção relativas a riscos elétricos.
EN 50163	Aplicações ferroviárias. Tensões de alimentação dos sistemas de tração
EN 60529	Especificação dos graus de proteção fornecidos pelos invólucros (código IP).
NF C15-100	Instalações elétricas de baixa tensão
NF C20-040 seção 1	Coordenação de isolamento de equipamentos em sistemas de baixa tensão (redes). Princípios, regras e testes
NF ISO 9227	Teste de corrosão em atmosferas artificiais - Testes de névoa salina

NF F16-101	Material Rodante Ferroviário - Comportamento ao fogo - Escolha de materiais
NF F16-102	Material Rodante Ferroviário - Comportamento ao fogo - Escolha de materiais, aplicação em equipamentos elétricos
NF F 63-808	Material Rodante Ferroviário - Condutores e cabos elétricos livres de halogênio com proteção de paredes finas
NF F 63-826	Material Rodante Ferroviário - Condutores e cabos elétricos livres de halogênio
Nota: IEC 60 364-4	Instalações elétricas de baixa tensão, proteção para garantir a segurança. --> Não aplicável para aplicações ferroviárias

4.3 SISTEMA SEMAFÓRICO

4.3.1 SISTEMA DE CONTROLE SEMAFÓRICO - SCS

O Sistema de Controle Semafórico tem como objetivo principal controlar e gerenciar a movimentação de: veículos/veículos, veículos/pedestres, veículos/VLT e VLT/pedestres nas intersecções relacionadas ao projeto VLT, permitindo a passagem dos VLTs pelas regiões de cruzamento de forma a não prejudicar o escoamento dos veículos do viário, garantindo a segurança, tanto dos usuários do sistema, quanto dos envolvidos indiretamente (motoristas de outros veículos e pedestres).

A condução do VLT se dará obedecendo ao princípio de Marcha à Vista, sendo realizada pelo seu condutor, o qual será responsável por todos os comandos de aceleração, frenagem, abertura e fechamento de portas do VLT.

O Sistema de Controle Semafórico deve ser desenvolvido de maneira que garanta alta disponibilidade e confiabilidade de seus componentes e do sistema em si.

Deverão ser observadas e atendidas às normas e regulamentação que envolve esse tipo de fornecimento e também em relação à execução dos serviços em vias públicas.

O SCS deverá permitir o gerenciamento e a operação dos cruzamentos em tempo real e também em tempo fixo (em caso de ausência de comunicação entre controladores semafóricos e o sistema de controle semafórico centralizado).

O SCS deverá ser composto basicamente por um sistema de controle semafórico centralizado completo, incluindo:

- servidores,
- interfaces e software aplicativo;
- controladores semafóricos microprocessados;
- detectores veiculares;
- detectores de pedestres;
- detectores de VLT;
- conjuntos ópticos semafóricos rodoviários, ferroviários e de pedestres;
- sistema de fornecimento de energia ininterrupta (nobreak). Este nobreak deverá ter a capacidade para alimentar o controlador local, os grupos semafóricos e os detectores, garantindo a disponibilidade operacional destes equipamentos quando da falta de energia da fonte principal, por pelo menos 2 (duas) horas.

A alimentação elétrica dos equipamentos de campo do SCS deverá ser através da estação mais próxima da zona de controle, isto é, do equipamento controlador.

O Sistema de Controle Semafórico deverá ser estruturado em dois níveis, sendo:

- Primeiro nível representado pelos controladores semafóricos;
- Segundo nível representado pelo Sistema de Controle Semafórico Centralizado.

4.3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS

4.3.2.1 Primeiro nível

Representado pelos controladores semafóricos, os quais, dentre outras funções, respondem pelo acionamento dos grupos focais dos semáforos nas intersecções. Estão também aqui

incluídos os detectores dos veículos (VLTs), detectores de veículos e de pedestres, assim como os conversores, acessórios e a rede de fibra óptica dedicada que deverá ser instalada nos trechos de controle e interligada ao Sistema de Transmissão de Dados (STD). Através do STD se dará a comunicação entre o controlador semafórico e o sistema de controle semafórico centralizado (Segundo Nível).

O sistema deverá operar os semáforos correspondentes às interseções que há princípio foram estabelecidos em 100 interseções nos trechos da avenida W3 (Sul e Norte) – trecho1 e 20 interseções no trecho Aeroporto – trecho2. Sendo essas quantidades definidas no projeto executivo. Basicamente, cada uma dessas interseções deverá ser operada por um controlador semafórico. Porém, em alguns casos, um mesmo controlador poderá vir a operar mais de uma interseção.

Os controladores semafóricos, responsáveis pela operação dos semáforos, deverão basear-se no estado do trânsito de veículos em sua área de abrangência e nas informações de posicionamento de VLTs nas vias. As informações desses detectores deverão chegar ao sistema semafórico centralizado possibilitando que o aplicativo os processe e, para cada região configurada, estabeleça em tempo real e os tempos para cada controlador de forma a otimizar a circulação no local. Esses tempos devem priorizar a passagem do VLT e evitar sua parada, mas sem deixar de atender também ao trânsito rodoviário.

Para a detecção de veículos deverão ser utilizados sensores (laços indutivos) instalados sob o pavimento, numa profundidade mínima de 5 cm, em cada faixa de rolamento, em distância adequada para cada intersecção, a ser definida durante a fase de projeto de execução.

Para passagem dos pedestres deverão ser utilizadas botoeiras instaladas nas colunas semafóricas, em locais de travessia de pedestres, utilizados para solicitar ao controlador de tráfego a travessia em faixas de pedestres.

Para a detecção de VLT deverão ser utilizados 3 sensores com tecnologia de rádio frequência (RFID) para cada intersecção ou faixa de travessia de pedestres (por sentido de circulação de VLT), sendo aqui definidos: detector de solicitação de passagem (DSP), detector de reativação de passagem (DRP) e detector de finalização de passagem (DFP).

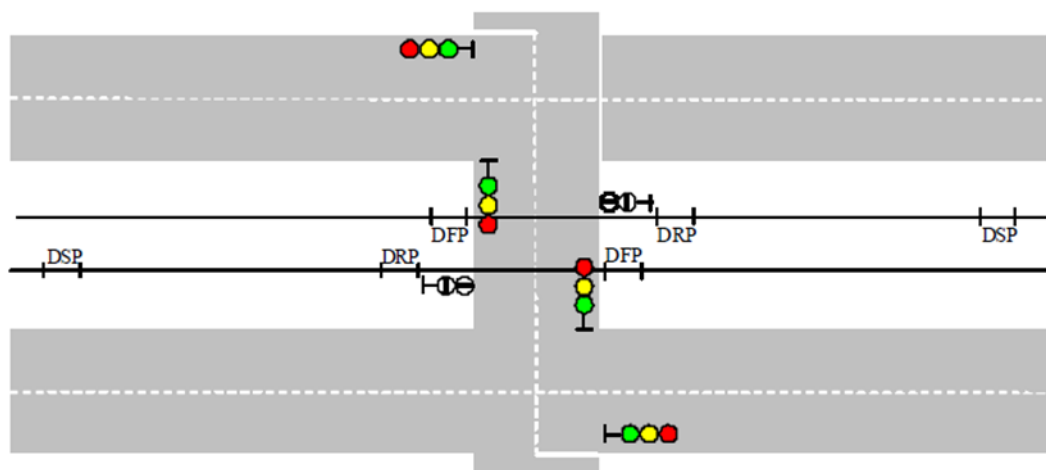
Deverão ser fornecidos os grupos semafóricos veiculares, grupos semafóricos de pedestres e grupos semafóricos ferroviários (estes últimos deverão ser do mesmo padrão dos utilizados no Sistema de Sinalização e Controle – SSC). Os semáforos rodoviários e de pedestres deverão atender as normas ABNT em sua última versão.

4.3.2.2 Segundo nível

O segundo nível deverá ser representado pelo Sistema de Controle Semafórico Centralizado, a ser localizado no Centro de Controle Operacional (CCO). O hardware deverá ser acondicionado em bastidor e instalado na sala técnica de equipamentos do CCO. A operação do sistema deverá ser realizada através de um posto de controle, localizado na Sala do CCO, que conterà a aplicação específica do sistema de controle semafórico e possibilitará ao operador o monitoramento e controle de todas as áreas de interesse (áreas de controle semafórico).

4.3.3 CRUZAMENTO TÍPICO

Esquema de um cruzamento típico, juntamente com a localização esquemática relativa de todos dispositivos de detecção necessários para que os Controladores de Tráfego possam programar a lógica de controle dos semáforos.



INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle semafórico e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.4 SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

O Sistema de Telecomunicações tem como objetivo principal dar suporte às comunicações de voz, dados e imagens para suporte à operação, manutenção e administração do Sistema VLT, garantir os níveis de segurança, rapidez no atendimento em situações normais e de emergência, garantir o desempenho operacional e estruturar os meios de comunicação para permitir uma interação dinâmica entre os diversos sistemas que estarão implantados no Centro de Controle Operacional (CCO), Pátio de Manutenção, embarcados nos VLTs, nas Estações de passageiros, nas Subestações de energia e nas vias por onde tráfegará o VLT.

A alimentação dos equipamentos do STC deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

Os equipamentos do Sistema de Telecomunicações deverão enviar os alarmes de falhas para o Sistema de Apoio à Manutenção (SAM) que deverá ser instalado na sala do Centro de Informação e Manutenção- CIM, no Centro de Controle Operacional-CCO (O SAM é escopo de fornecimento do Sistema de Controle Centralizado - SCC). O protocolo de comunicação deverá ser definido na especificação técnica de requisito dos sistemas, podendo ser SNMP, IEC104, WebServer, OPC, entre outros.

O Sistema de Telecomunicações será composto pelos seguintes sistemas:

- Sistema de Transmissão de Dados – STD
- Sistema de Comunicações Fixas – SCF
- Sistema de Radiocomunicação – SRC
- Sistema de Monitoração Eletrônica – SME
- Sistema de Multimídia – SMM

4.4.1 Sistema de Transmissão Dados - STD

O sistema de Transmissão de Dados (STD) será responsável por interligar todas as localidades do Sistema VLT de modo a viabilizar e dar suporte a todas as comunicações de

dados, voz e imagens necessárias e ele próprio e aos sistemas usuários. Para isso o STD será composto pela Rede de Dados, Rede de Fibra Óptica e Rede Wi-Fi.

O Sistema de Transmissão de Dados (STD) deverá ser concebido e implantado para atender aos requisitos de projeto de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança, em sistemas de missão crítica.

Rede de Dados

A rede de dados deverá atender às necessidades dos sistemas usuários em uma alta velocidade de transferência de dados, devendo utilizar tecnologia TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). O projeto deverá prever uma arquitetura com 2 camadas (Core e Acesso), sendo a princípio na topologia lógica radial (estrela).

Camada Core: Composta por equipamento Core modular totalmente redundante, prevendo sua instalação em sala de equipamentos do CCO, com ligações full duplex de 10 Gbps para os equipamentos de acesso. Este equipamento deverá possuir redundância de fontes de alimentação, dos módulos centrais e das interfaces de rede.

Camada de Acesso: Composta por stacks (pilhas) de equipamento de Acesso de camada 3 (layer 3) do modelo OSI, com ligação redundante de 10 Gbps à camada Core e com redundância dos principais componentes. Deverá fornecer Interface de Acesso (ETH 10/100/1000) e Power over Ethernet (PoE) a cada sistema usuário e em todas as localidades (estação de passageiros, subestação de energia, pátio de manutenção e CCO), conforme requerido, sendo que a ligação física do sistema usuário à interface de acesso deverá ser feita sempre através de Patch Panel e nunca diretamente ao equipamento de acesso.

A rede deverá prever a utilização de equipamento Firewall para segregar logicamente as ligações físicas entre sistemas internos e externos, dando a devida segurança à rede do Sistema VLT (por exemplo: uma ligação a Internet).

Além disso, a rede de dados deverá prover os serviços de autenticação de usuários e de distribuição dinâmica de endereços IP (DHCP) para os sistemas usuários, sendo os equipamentos responsáveis por esses serviços instalados em sala de equipamentos do CCO.

Rede de Fibra Óptica

A Rede de Fibra Óptica deverá contemplar cabos com fibras ópticas tipo monomodo para a rede lógica IP e fibra apagada para os sistemas usuários do Sistema VLT.

Deverão ser previstos 2 cabos de fibras ópticas distintos, lançados ao longo do trecho do VLT e que ligam o CCO as demais localidades passando por todas as estações de passageiros e subestações. Estes cabos ópticos deverão ser instalados em banco de dutos separados, assegurando a redundância e confiabilidade dos diversos sistemas.

Também faz parte os cabos de fibra óptica monomodo que interligarão os prédios administrativos e oficinas do pátio de manutenção.

As fibras necessárias em cada local deverão ser terminadas num Distribuidor Intermediário Óptico (DIO). Às restantes fibras deverá ser dada continuidade por “splicing” no DIO, que terá funções de Bastidor de Emenda Óptica (BEO). A ligação aos equipamentos deverá ser feita através de cordões ópticos. Os DIOs deverão ser dimensionados de acordo com o número de chegada e saída de fibras de cada trecho.

Rede Wi-Fi

A Rede de comunicação sem fio (Wi-Fi) deverá utilizar padrão IEEE 802.11 e IP e deverá ser do tipo Mesh (rede em malha) e será responsável pela cobertura Wi-Fi ao longo da via de circulação do VLT e na região do Pátio de Manutenção.

Esta Rede Wi-Fi deverá utilizar equipamentos que trabalham em frequência não licenciada, ou seja, em 2.4 GHz e 5 GHz.

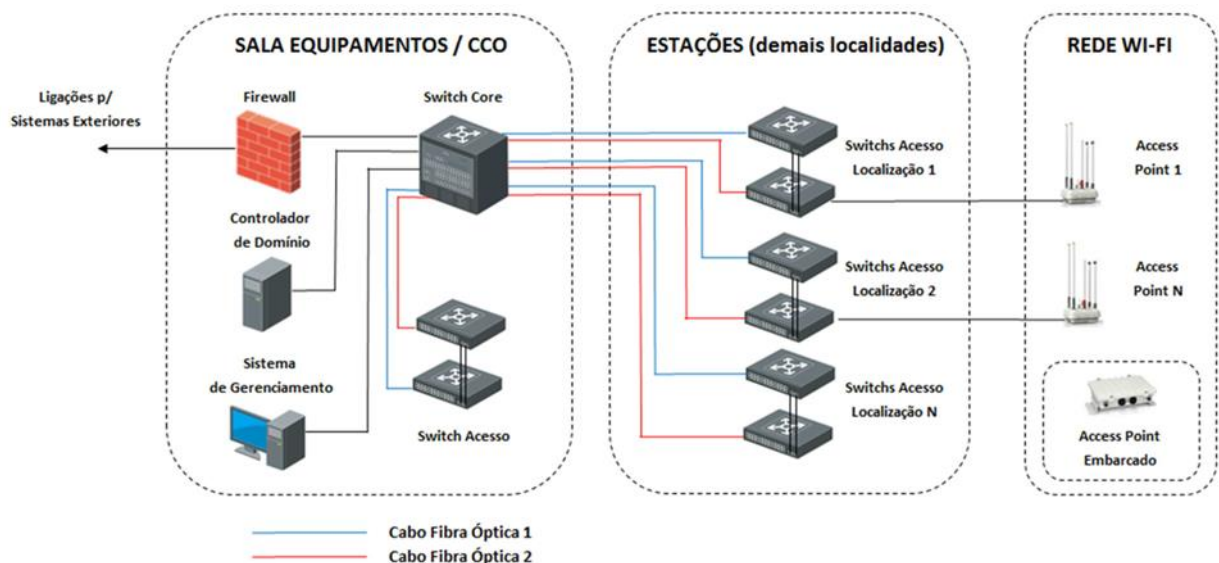
A Rede Wi-Fi será constituída por equipamentos (Access Point - AP) distribuídos ao longo da via de forma a prover cobertura em tempo real e em 100% (cem por cento) do trecho, nas estações de passageiros, subestação de energia e pátio de manutenção (vias do pátio, salas administrativas e oficinas). Como preferência esses equipamentos deverão ser instalados nas estações de passageiros e ou nas subestações de energia, evitando a instalação de equipamentos entre estações, além da instalação nas áreas do Pátio de Manutenção.

Esta rede será responsável pela comunicação bidirecional Terra-VLT, entre o Centro de Controle Operacional (CCO) e o VLT, sendo que para isso deverá ser instalado em cada VLT um Access Point (AP) deste sistema. Este AP deverá estar interligado a rede embarcada, sendo esta rede do escopo do material rodante (VLT).

A rede Wi-Fi deverá ser projetada para atender aos requisitos de alta confiabilidade, disponibilidade e segurança provendo a troca de dados entre o CCO e o VLT, como por exemplo: a seleção e visualização de imagens das câmeras internas do VLT em posto de monitoramento de imagem no CCO, fazer download das imagens gravadas e armazenadas em equipamento de gravação embarcado.

O STD deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

Arquitetura Geral - STD



4.4.2 Sistema de Comunicações Fixas - SCF

O Sistema de Comunicações Fixas (SCF) deverá viabilizar as comunicações de voz internas ou externas, tanto administrativas como operacionais, no CCO, no Pátio de Manutenção, nas Estações de passageiros e Subestações de energia do Sistema VLT.

O Sistema de Comunicações Fixas também deverá incluir as funcionalidades de Gravações de Comunicações de voz fixas. Todas as comunicações do SCF cuja origem ou destino seja a Sala de Controle do CCO deverão ser gravadas e armazenadas para posterior verificação.

O SCF deverá utilizar tecnologia de voz sobre IP (VOIP) e composto por Central Telefônica VoIP, media gateway, telefones IP, sistema de gravação, sistema de caixa postal e sistema

de tarifação. Os equipamentos do SCF deverão estar interligados entre si através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

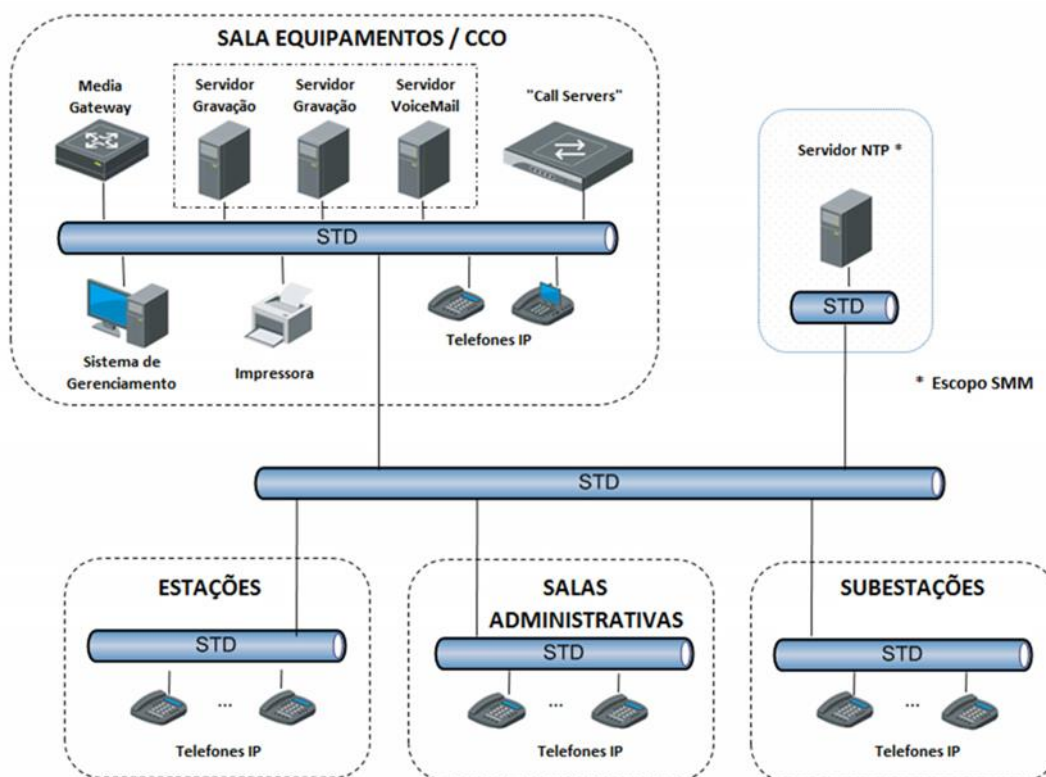
Deverá ser previsto a instalação de telefones IP nas estações de passageiros, subestações de energia, salas administrativas do pátio de manutenção e sala do CCO.

O SCF deverá estar preparado com interface adequada para se ligar a rede pública de telefonia fixa e móvel, de forma a prover às comunicações externas ao Sistema VLT. A ligação física à rede pública de telefonia deverá ser feita no Pátio de Manutenção.

O SCF deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SCF deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

Arquitetura Geral - SCF



4.4.3 Sistema de Radiocomunicação - SRC

O Sistema de Radiocomunicação será responsável pela comunicação entre funcionários, numa área de cobertura que se estende por todo o trecho percorrido pelos VLTs, incluindo a Sala do CCO, Pátio de Manutenção (vias do pátio, oficinas e áreas administrativas), as estações de passageiros, subestações de energia e interior dos VLTs.

Este sistema deverá utilizar tecnologia Terrestrial Trunked Radio (TETRA), padrão desenvolvido pela ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

O SRC deverá prever o fornecimento de console de despacho para a sala do CCO e para o centro de manutenção, de rádios móveis e antenas para os VLTs e veículos auxiliares de manutenção e de rádios portáteis para o pessoal da operação e manutenção.

Este sistema deverá permitir a formação de grupos de comunicação, permitindo a comunicação de voz e trocas de mensagens curtas de dados (SDS) entre os envolvidos.

Os rádios portáteis do pessoal da manutenção e os móveis dos veículos de manutenção deverão possuir o serviço de GPS (Global Position System) para que possam ser rastreados e localizados através da console do centro de manutenção, possibilitando assim dar agilidade no deslocamento das equipes de manutenção.

Deverão ser previstas a implantação de Estações Rádio Base (ERB) ao longo do trecho de via que percorrem os VLTs, que inclui a instalação dos equipamentos de rádio e da infraestrutura irradiante (torre e antenas). A localização das ERBs deverá ser definida durante o desenvolvimento do projeto executivo e deverão atender a legislação ANATEL.

O SRC Tetra deverá prever o Nó central na sala de equipamentos do prédio do CCO e distribuição das estações de rádio base nas diferentes localidades e que deverão estar interligadas através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

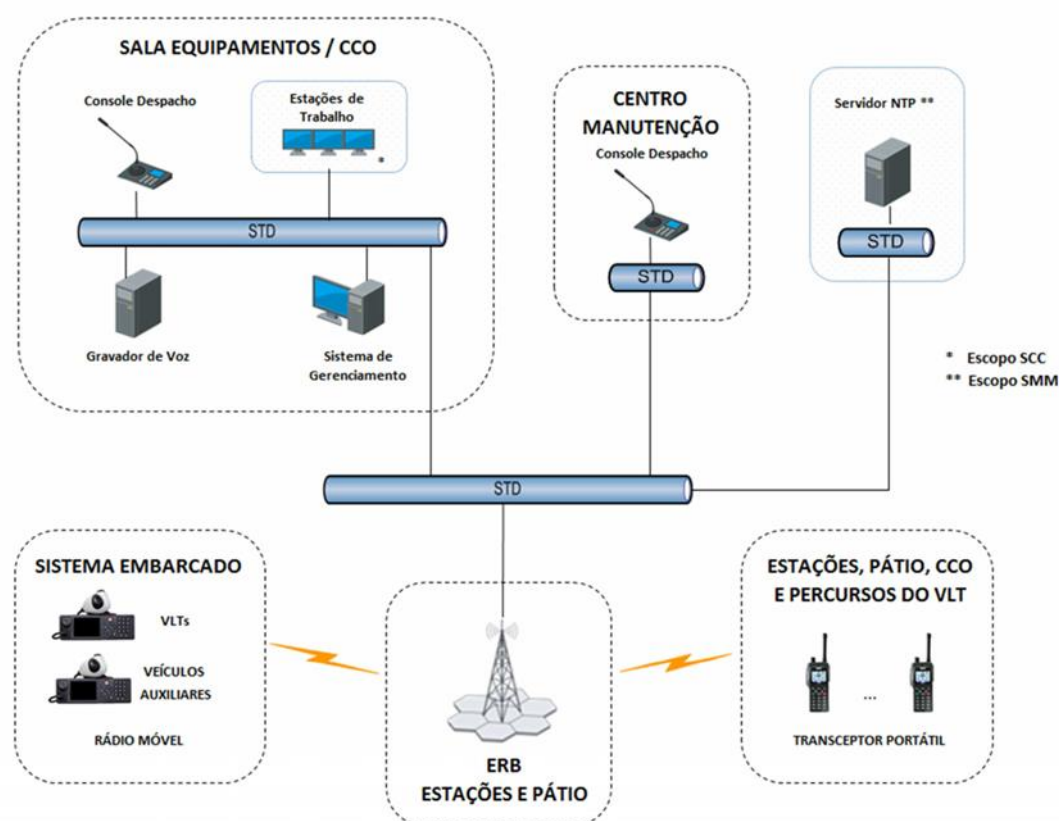
Todas as comunicações do SRC cuja origem ou destino sejam a Sala do CCO deverão ser gravadas e armazenadas e poderão ser acessadas posteriormente através do posto de trabalho do sistema.

O SRC poderá ser utilizado como via de comunicação da posição do VLT na via principal e no pátio de manobras, para informação ao Sistema de Sinalização e Controle (SSC).

O SRC deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SRC deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

Arquitetura Geral – SRC



4.4.4 Sistema de Monitoração Eletrônica - SME

O Sistema de Monitoração Eletrônica (SME) corresponde ao sistema de monitoramento por imagem dos diversos espaços das estações de passageiros, subestações de energia, pátio de manutenção, ao longo da via e cruzamentos com a via pública, servindo ao pessoal operativo, pessoal da manutenção e pessoal da segurança do Sistema VLT. No item 3.9.3 (pág 47) detalha esse sistema no material rodante.

Todas as câmeras deverão ser baseadas em Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). As câmeras devem possuir característica de IP nativo, serem Full HD e possuir sistema de alimentação elétrica PoE para aquelas que utilizam cabo UTP, ou mediante alimentação externa para locais onde o comprimento do cabo de dados seja superior a 100 metros. Nesta situação deverá ser utilizada ligação por fibra óptica e conversores eletro-ópticos para transmissão do sinal de vídeo.

As câmeras deverão poder operar com baixíssima luminosidade sem que haja qualquer deficiência na visualização da imagem, mesmo nos casos das imagens em preto e branco, geradas nestas condições. Para localidades onde houver necessidade comprovada, por deficiência na iluminação, as câmeras deverão possuir dispositivo IR integrado.

As câmeras do SME deverão estar associadas a uma determinada localidade de acordo com sua proximidade e as imagens deverão ser gravadas localmente e digitalmente 24 horas por dia, 7 dias por semana em equipamento NVR. A gravação do vídeo de cada câmera deverá ser identificada com o nome do local, data, hora, minuto e segundo, para posterior recuperação e análise da imagem de vídeo.

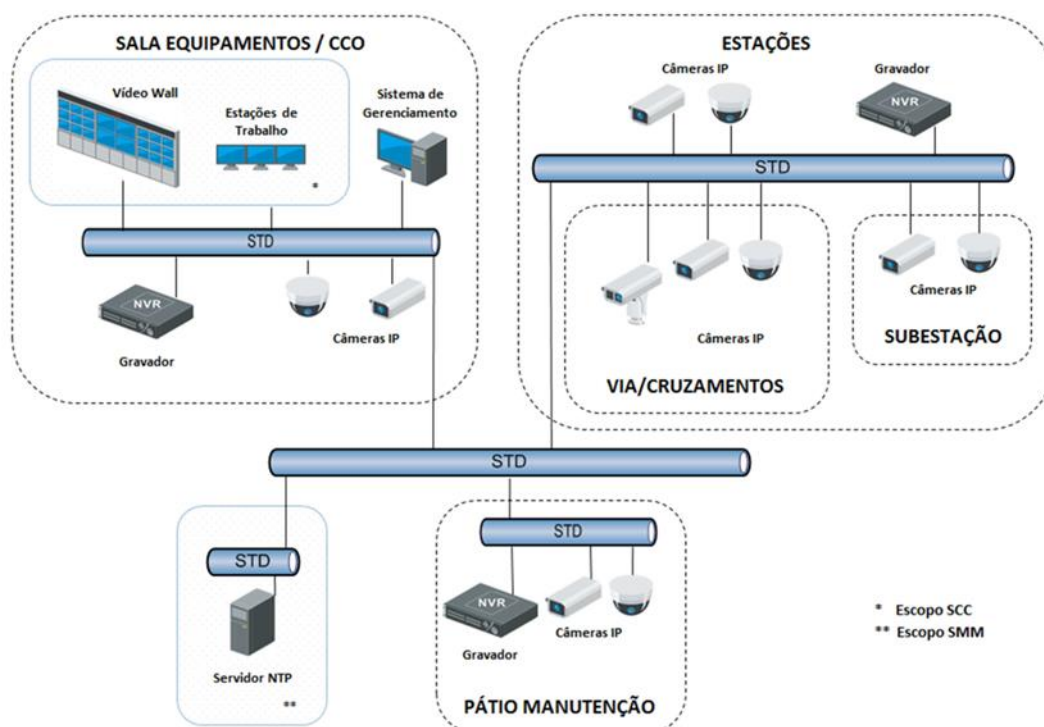
Todas as câmeras e os NVRs deverão estar interligados ao Sistema de Transmissão de Dados (STD) para o envio das imagens as estações de trabalho da sala do CCO, sendo que através destes postos será possível o acesso às imagens de todas as câmeras instaladas, comandos em câmeras móveis e visualização de imagens gravadas.

Deverá ser previsto interface entre o SME e o Sistema de Vídeo Wall de modo que imagens de determinadas das câmeras possam ser visualizadas em determinados monitores desse sistema.

O SME deverá possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

O SME deverá estar sincronizado com o Sistema de Sincronismo Horário, com ligação através do STD, de acordo com o protocolo NTP.

Arquitetura Geral - SME



4.4.5 Sistema de Multimídia - SMM

O Sistema de Multimídia será responsável por disponibilizar informação visual e sonora (de forma sincronizada ou não) aos usuários e funcionários, através de Sistema de Sonorização e dos Painéis de Informação Variável (painéis de LED). O controle e operação do sistema deverão ser efetuados através das posições de operação instalados na sala do CCO.

A arquitetura de hardware deste sistema abrangerá todas as estações de passageiros e o Pátio de Manutenção (neste caso somente o hardware do sistema de sonorização) e estarão interligados ao Centro de Controle Operacional (CCO) através do Sistema de Transmissão de Dados (STD).

O sistema encarrega-se do fornecimento de informações em tempo real (mensagens em viva voz ou pré-gravadas) aos usuários e funcionários, através de painéis de LED e alto-falantes instalados nas estações de passageiros e alto-falantes instalados no pátio de manutenção (vias do pátio e oficina). O sistema deverá ser baseada em uma arquitetura cliente-servidor, onde o servidor central deverá coordenar o envio da informação para as demais localidades.

A informação horária aos usuários deverá ser fornecida a partir dos painéis de LED, que devem ser instaladas em todas as estações de passageiros, dispostos em cada plataforma de embarque. Além do campo relacionado a informações institucionais e horárias, o painel de LED deverá prever um campo específico onde será apresentada as informações aos usuários relacionadas ao Sistema de Sinalização e Controle (por exemplo: previsão de partida/chegada e destino do VLT).

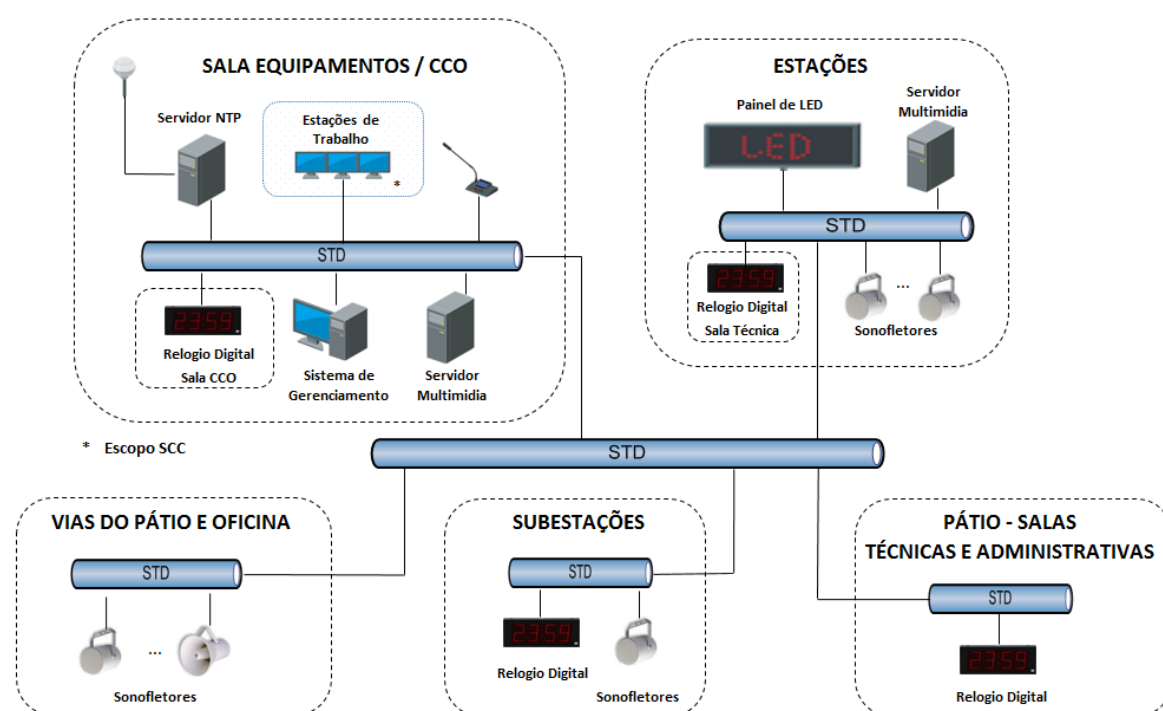
Parte integrante do Sistema de Multimídia (SMM) o Sistema de Sincronismo Horário (SSH) deverá ser projetado para fornecer a informação horária exata aos usuários e funcionários do Sistema VLT. Ele também deverá fornecer sincronismo horário, através de protocolo NTP aos demais sistemas usuários, através do STD.

Para garantir uma informação uniforme e confiável, o sistema deverá utilizar sincronismo pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS – Global Position System) e trabalhar como relógio mestre central, que terá a função de distribuir a informação horária padrão para todos os dispositivos de todos os sistemas usuários que requererem esta informação.

Como fonte de informação horária aos funcionários do Sistema VLT deverão ser utilizados relógios digitais, sincronizados pelo relógio mestre central, nas seguintes localidades: salas administrativas e salas técnicas nos prédios do pátio de manutenção; sala técnica da estação, subestações de energia e na sala do CCO.

O SMM devesse possuir um sistema de gerenciamento com posto de trabalho para gestão do sistema.

Arquitetura Geral – SMM



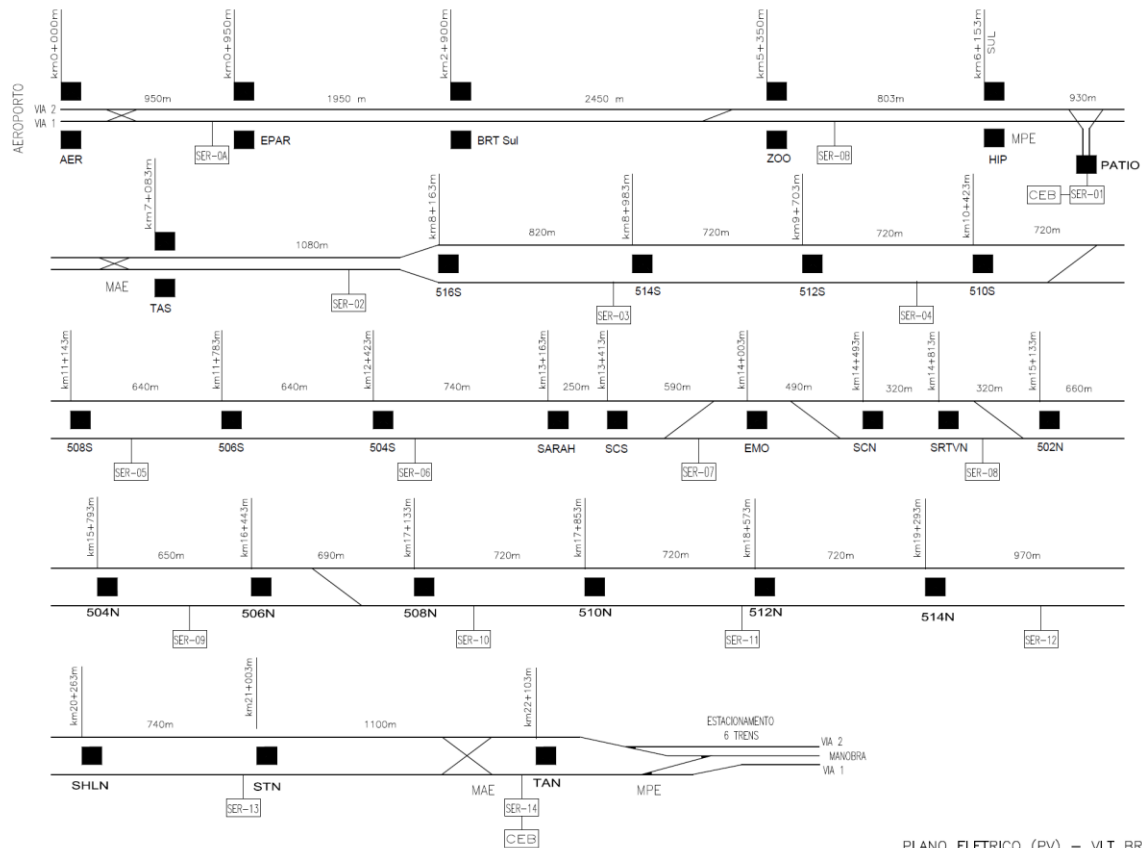
INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de telecomunicações e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completude no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.5 SISTEMA DE SINALIZAÇÃO

SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE CENTRALIZADO – SSCC

O Sistema de Sinalização e Controle será composto basicamente pelo seguinte Plano de Vias (PV). Sendo a elaboração do Plano de Vias Sinalizado – PVS, quando do projeto executivo:



O Sistema de Sinalização e Controle aqui apresentado será composto pelos seguintes Sistemas:

- Sistema de Sinalização e Controle (SSC);
- Sistema de Controle Centralizado (SCC).

4.5.1 Sistema de Sinalização e Controle (SSC)

O Sistema de Sinalização e Controle tem como objetivo principal proporcionar um nível de automação compatível com operação em Marcha à Vista. Este Sistema deverá ser responsável por desempenhar funções de segurança (função do intertravamento) e de rastreamento não vital dos veículos ao longo da via principal e vias do pátio.

A condução do VTL deverá obedecer como premissa os princípios de Marcha à Vista, sendo o condutor do VLT o responsável pela condução segura ao longo de toda a via principal, nas zonas de manobras e nas via do Pátio de Manutenção.

Os principais componentes do Sistema de Sinalização e Controle estão descritos a seguir. Esses equipamentos devem ser concebidos de modo a atender ao padrão SIL 3 ou superior, conforme normas EN 50126, EN 50128 e EN 50129.

A alimentação dos equipamentos do SSC deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

Intertravamentos

O objetivo do intertravamento será o de controlar os elementos de via e permitir o alinhamento de rotas seguras nas regiões de AMV (função vital).

Cada área sinalizada possuirá o seu próprio módulo de intertravamento microprocessado (intertravamento local) que permitirá a independência do ponto de vista do controle. A solução deverá indicar as estações onde serão instalados (sala técnica de equipamentos) os equipamentos de controle local.

Nesta arquitetura também deverá estar previsto o intertravamento centralizado que se comunicará via rede de dados com os intertravamentos locais. Os equipamentos do intertravamento centralizado deverão ser instalados em sala de equipamentos nas dependências do Complexo Operacional e de Manutenção.

Equipamentos de Via

Sistema de detecção por contadores de eixos (CE)

Os contadores de eixos são um sistema de detecção de veículos vital e serão aplicados para dar segurança na movimentação do VLT nas regiões de AMV. A detecção de veículos nas plenas vias e nos pátios deverá ser assegurada por contadores de eixos (CE) em uma versão baseada em comunicações Ethernet entre o Avaliador de Contador de Eixos (ACE) e o intertravamento, e entre o ACE e os respectivos pontos de contagem.

Sinais de LED

Os sinais deverão ser do tipo compacto, com módulos empilhados e focos com tecnologia de LED. Neste projeto poderão existir sinais de dois ou três focos, com uma barra de cor branca com os aspetos: Pare; Siga e Siga à Esquerda ou Siga à Direita.

Um sinal é formado pelos seguintes subconjuntos: Cabeça, Poste e Base em concreto.

Máquinas de Chave

Para movimento de AMV's, a solução adotada deverá ser a máquina de chave elétrico-hidráulica comandadas com segurança e remotamente através do intertravamento.

Em caso de falha nestes equipamentos poderão ser utilizadas alavancas para movimentação manual das máquinas de chave.

Os dispositivos mecânicos, hidráulicos e elétricos deverão estar integrados de forma compacta e estruturados de forma modular de maneira a facilitar as ações de manutenção.

Rede de Dados

A interligação entre os equipamentos do sistema de sinalização deverá ser realizada por uma rede de dados dedicada e composta por switches Layer 3, instaladas nas localidades onde se terão os equipamentos do sistema de sinalização. Esta rede deverá estar interligada por fibras óptica dedicadas do cabo de fibra óptica da rede de fibras do Sistema de Transmissão de Dados (STD). A ligação da rede de dados da sinalização a rede de dados do STD deverá estar segregada logicamente por equipamento firewall de escopo do sistema de sinalização.

Sistema Embarcado

O sistema embarcado (SE) consiste de equipamentos instalados nos VLTs de modo a proporcionarem uma interface com o sistema de sinalização e controle e a partir daí estabelecer as funcionalidades relacionadas à Localização Automática do Veículo (AVL) e Regulação de Serviço (funcionalidades não vital). Os principais equipamentos que deverão ser implementados para garantia desta funcionalidade são: o computador de bordo, Interface Homem Máquina (IHM) em cada cabine, as TAG de localização, os rádios móveis Tetra e as antenas (rádio e antena faz parte do fornecimento do sistema de

telecomunicações), além do odômetro (odômetro faz parte do fornecimento do material rodante). Os equipamentos do sistema embarcado deverão interligar-se através da rede embarcada (de fornecimento do material rodante).

4.5.2 Sistema de Controle Centralizado – SCC

O SCC executará o controle global do processo do Sistema VLT, permitindo o acesso aos equipamentos dos sistemas controlados e instalados nas estações de passageiros, subestações de energia, vias, pátio e a bordo do VLT.

O SCC deverá ser funcionalmente composto pelos seguintes sistemas:

Sistema de Controle de Tráfego – SCT (Via e Pátio);

Sistema de Controle de Energia – SCE (Via e Pátio);

Sistema de Controle de Semafórico – SCS;

Sistema de Fluxo de Passageiros – SCP;

Sistema de Proteção Patrimonial – SPP;

Sistema de Apoio a Manutenção – SAM.

O SCC irá controlar o Sistema VLT por meio de comandos enviados para os equipamentos de campo, comandos estes que deverão ser definidos a partir de objetivos e características operacionais de cada sistema.

Os eventos ocorridos no campo geram indicações que são transmitidas ao SCC. Estas indicações, em conjunto com os objetivos preestabelecidos deverão nortear o controle efetivo do sistema.

A arquitetura do SCC deverá ser implementada utilizando-se de uma infraestrutura de TI (servidores e dispositivos de armazenagem de alta capacidade) e tendo os operadores acessos as funcionalidades (aplicações), por meio de postos de operação. Esta arquitetura de hardware deve levar em conta a utilização do sistema durante 24 horas por dia, 7 dias por semana e sem interrupção.

As funcionalidades do SCC são a somatória das funcionalidades dos sistemas que o compõem.

As aplicações SCT, SCE, SCS, SFP, SPP e SAM deverão estar disponíveis nos respectivos servidores e dispositivos de armazenamento, permitindo aos operadores o acesso específico a cada uma das suas aplicações clientes a partir dos postos de operação presentes na sala do CCO. A única exceção é o posto de operação do SAM que deverá ser instalado na Sala do CIM (Centro de Informação da Manutenção).

A comunicação dos equipamentos do SCC com os equipamentos em campo (nas estações de passageiros, subestações de energia e no pátio de manutenção) e com os equipamentos dos sistemas embarcados deverá ser efetuada por meio do Sistema de Transmissão de Dados - STD, suportando o protocolo TCP/IP.

A alimentação dos equipamentos do SCC no CCO deverá ser de responsabilidade do Sistema de Alimentação Elétrica. Deverão ser alimentados a partir de um Sistema Ininterrupto de Energia para garantir sua disponibilidade operacional quando da falta de energia da fonte principal.

Entre os recursos disponíveis na Sala do CCO deverá haver o painel de Videowall para a visualização, pelos operadores, dos painéis sinóticos do controle de circulação dos VLTs na via principal e nas vias do pátio, sinótico do sistema de energia e imagens das câmeras do sistema de monitoração eletrônica.

A supervisão e o controle do sistema de energia, do controle semafórico, do sistema de sinalização e telecomunicações, entre outros, serão exercidos prioritariamente, a partir do CCO, permitindo a execução das funções operacionais do Sistema VLT de forma centralizada. Por outro lado cada sistema deverá possuir recursos próprios para permitir o controle dos seus respectivos equipamentos/dispositivos, em função de estratégias e contingências operacionais ou determinados níveis de degradação.

Os equipamentos do SCC deverão estar distribuídos em ambientes distintos:

Sala do Centro de Controle Operacional, suportando pelo menos 6 (seis) postos de operação (SCT, SCE, SCS, SFP, SPP e Supervisor), compostos por mobiliário e demais equipamentos para uso dos operadores no desempenho de suas funções e painéis sinópticos apresentados em Videowall, composto por 32 (trinta e dois) monitores de 46 polegadas cada, formando um painel de 8 (oito) monitores na horizontal e 4 (quatro) na vertical.

Sala do Centro de Informação da Manutenção, suportando o posto de operação do SAM, compostos por mobiliário e demais equipamentos para uso dos operadores no desempenho de suas funções.

Sala técnica de equipamentos que abrigará os bastidores com os equipamentos de processamento dos sistemas que compõem o SCC e os bastidores do sistema de telecomunicações, entre outros.

Deverão ser previstos os seguintes postos de operação na sala do CCO. Cada posto deverá conter um conjunto de equipamentos pré-definidos de forma a possibilitar ao operador realizar suas funções operacionais diárias.

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Tráfego – SCT (via e pátio);

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Energia – SCE (via e pátio);

01 (um) posto de operação para o Sistema de Controle de Semafórico – SCS;

01 (um) posto de operação para o Sistema de Fluxo de Passageiros – SFP, composto por: Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros – SCAP, Sistema de Monitoração Eletrônica – SME e Sistema de Multimídia – SMM;

01 (um) posto de operação para o Sistema de Proteção Patrimonial – SPP, composto por: Sistema de Controle de Acesso – SCA e Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio – SDAI e Sistema de Monitoração Eletrônica – SME;

01 (um) posto de operação para o Supervisor.

Deverá ser previsto o seguinte posto de operação na sala do CIM:

01 (um) posto de operação para o Sistema de Apoio a Manutenção – SAM. Este posto deverá conter um conjunto de equipamentos pré-estabelecidos de forma a possibilitar ao operador realizar suas funções operacionais diárias.

4.5.2.1 Sistema de Controle de Tráfego (SCT)

O SCT é um sistema integrado de gerenciamento de veículos que consiste em uma aplicação instalada no CCO, capaz de trocar dados com os equipamentos/dispositivos

embarcados e o sistema de sinalização, permitindo a supervisão e controle da movimentação do VLT na via principal e nas vias do pátio, além da regulação do serviço.

Controle de Tráfego

A partir do posto do SCT deverá ser possível supervisionar e controlar a movimentação dos VLTs ao longo da via principal e vias do pátio, bem como comandar e supervisionar as condições operacionais dos equipamentos de via (contadores de eixo, máquinas de chave, sinaleiros, entre outros).

Esta aplicação deverá, através do sistema de intertravamento, permitir a configuração de um modo padrão (normal) de alinhamento para cada AMV e das regiões de manobras. Este modo deve ser mantido quando não houver VLT's na região do intertravamento e suas adjacências.

Caso a rota alinhada, de forma automática, não satisfaça às necessidades operacionais, o operador do SCT deverá ter a possibilidade de solicitar a mudança, a partir de sua console de operação (a segurança da operação deverá ser garantida pelo sistema de intertravamento).

O condutor do VLT será o responsável pela condução segura do veículo ao longo de toda a via principal e vias do pátio, e deverá trafegar em marcha à vista, orientando-se pela sinalização lateral instalada à margem da via (semáforos, placas fixas de sinalização etc), adequando sua condução às condições operacionais que se apresentam, bem como às informações de regulação apresentadas na IHM de bordo.

Localização do Veículo

A localização do veículo será realizada de forma automática através do sistema de localização automática de veículos (AVLS) que deverá ser capaz de detectar e reconhecer veículos (VLTs) em todo o trecho de via e nas vias do pátio, servindo de base para a supervisão da movimentação dos VLTs no CCO.

A comunicação entre o sistema AVLS e o sistema embarcado deverá ser realizado pelo sistema de radiocomunicação (rádio Tetra).

Regulação do Serviço

A regulação do serviço deverá estar associada a uma função de gestão da frota de forma que se possam estabelecer os parâmetros de circulação dos veículos para cada dia de operação (números de veículos que serão utilizados, tempos de parada nas estações, tempo de percurso entre estações, entre outros parâmetros operacionais). A partir desta função deverá ser possível criar uma grade horária que será ativada antes da entrada dos veículos em operação.

Deverá existir uma troca de informação entre os equipamentos/dispositivos embarcados e o SCT, sendo que o veículo enviará ao SCT a sua posição e, por sua vez o SCT enviará ao Sistema Embarcado (SE) os dados de serviços, por exemplo: indicação de tempo de atraso/avanço e o tempo de parada nas estações, em função da grade horária preestabelecida e ativada.

Toda a informação de regulação deverá ser mostrada na IHM de bordo ao condutor, na cabine ativa, para que o operador do VLT possa tomar as devidas providências para garantir a regularidade do serviço.

Por sua vez no sinótico do videowall no campo referente ao controle da movimentação dos veículos, além da localização dos mesmos, também deverão ser apresentados o status dos VLTs em relação a sua condição operacional entre outras informações.

4.5.2.2 Sistema de Controle de Energia (SCE)

O SCE deverá possibilitar a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado do sistema de energia, abrangendo a rede de média tensão, a rede de tração e os automatismos presentes no sistema de energia a ser fornecido.

Tanto no posto de operação do SCE como no Videowall deverão ser apresentadas informações em tempo real do sistema de energia, com sinóticos apresentados em padrão universal IEC. A partir do posto de operação do SCE deverá ser possível atuar no sistema de energia, através de comandos em determinados equipamentos/dispositivos, porém a segurança do sistema elétrico deverá ser garantida pelo intertravamento presente no próprio sistema de energia.

4.5.2.3 Sistema de Controle Semafórico (SCS)

O SCS deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do sistema de controle semafórico. Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicação específica e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

4.5.2.4 Sistema de Fluxo de Passageiros (SFP)

O SFP deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do SCAP, SME e SMM. Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicações específicas para cada sistema e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos seus equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

4.5.2.5 Sistema de Proteção Patrimonial (SPP)

O SEA deverá permitir a partir da Sala do CCO realizar a supervisão e o controle centralizado dos equipamentos do SCA, SDAI e SME. Estas funcionalidades deverão ser executada a partir do respectivo posto de operação, através de aplicações específicas para cada sistema e deverá possibilitar o monitoramento das condições operacionais dos seus equipamentos/dispositivos de campo, bem como possibilitar comandar e alterar as condições operacionais dos mesmos.

4.5.2.6 Sistema de Apoio a Manutenção (SAM)

O SAM terá por objetivo dar suporte às atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva a serem desempenhadas pelas equipes de manutenção.

O SAM deverá permitir a partir da Sala do CIM, realizar o gerenciamento e diagnóstico dos alarmes de falhas de todos os equipamentos/dispositivos elegíveis e instalados nas estações de passageiros, via principal e vias do pátio, pátio de manutenção e nos VLTs.

Deverá ainda possuir a função de gerenciamento de Ordens de Serviços de Manutenção (OSM) por meio de relatórios de abertura, acompanhamento e fechamento de falhas.

Estas funcionalidades deverão ser executadas a partir do respectivo posto de operação, através de aplicação específica desenvolvida a partir de protocolos pré- estabelecidos (SNMP, OPC, IEC 104, Webservice etc.) dependendo do sistema a qual fará interface.

INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de sinalização e controle centralizado e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.6 SISTEMA DE BILHETAGEM, CONTROLE E ARRECADAÇÃO DE PASSAGEIROS – SCAP

O Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP), e de Bilhetagem, consiste do fornecimento de bloqueios eletrônicos, máquinas de venda automática de passagens, máquinas de venda assistida de passagens ou máquinas guichê, para as estações integradas ao sistema de transporte e necessárias para manter o fluxo de passageiros controlados.

O sistema deve ser capaz de executar o controle do fluxo dos passageiros nas estações, mantendo o padrão normativo dos equipamentos de alto fluxo de usuários e softwares das instalações integradas.

4.6.1 Definições do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)

A tecnologia do SCAP deverá permitir a total integração com os modais existentes (metro e ônibus – as diretrizes de integração e compatibilidade devem ser obrigatoriamente fornecidas por esses sistemas), compatibilizando os sistemas de arrecadação utilizados nos transportes públicos do Distrito Federal.

Fará o registro de todas as transações e operações realizadas nos pontos de venda e bloqueios. Também realizará a contagem eletrônica de usuários que entram e saem das estações através destas linhas de bloqueios.

As linhas de bloqueios devem ser constituídas de bloqueios eletrônicos com barreira de tripé, para corredores de 0,50 metro e bloqueios eletrônicos especiais com barreira de 2 portas basculantes (FLAP) para corredores de 0,92 metro. Todos os bloqueios devem possuir validadores de cartões eletrônicos e bilhetes unitários, e todas as estações deverão ser controladas por linhas de bloqueios.

O SCAP deverá ser uma plataforma baseada em tecnologias predominantemente Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP), Ethernet visando a integração entre os sistemas devido as necessidades de compartilhamento, compatibilidade, seleção e integração de dispositivos entre os diversos sistemas e subsistemas.

O SCAP deve comunicar-se com os demais sistemas de interface nas estações e centro de controle através do sistema de transmissão de dados a ser adotado.

Os servidores devem possuir redundância formada por clusters com tecnologia de virtualização, utilizando storages, garantindo a alta disponibilidade do sistema.

O projeto do sistema deverá incluir uma política de segurança, definindo de forma clara as responsabilidades das pessoas e empresas envolvidas. Deverá definir as condições sob as quais cada entidade ativa poderá ter acesso a cada classe de informação e recursos do sistema.

4.6.2 Definições do Sistema de Bilhetagem

O SCAP será responsável pela bilhetagem eletrônica, com o sistema de venda antecipada de passagens, por meio de créditos adicionados em cartões eletrônicos sendo debitados em

equipamentos específicos (validadores). O sistema terá por finalidade efetuar o controle da utilização dos créditos para acesso às plataformas de embarque através das linhas de bloqueio de controle de acesso nas estações.

Os cartões eletrônicos devem ser do tipo proximidade smart card atendendo os padrões ISO 14443 A e B. Os bilhetes unitários devem utilizar a tecnologia QR Code.

A segurança de validação dos créditos nos validadores e nas recargas se dará pela utilização de chip SAM (Security Access Modules).

Os dados relativos aos cartões e bilhetes unitários processados deverão ser enviados ao concentrador central no CCO, onde deverão ser emitidos relatórios da arrecadação.

As vendas (autoatendimento ou máquina guichet) devem realizar as transações online com os servidores do SCAP.

Deverá ser possível o acesso online às informações referentes à operação, emissão, comercialização e compensação dos créditos eletrônicos, cartões e bilhetes unitários por parte da operadora.

Deverá ser possível a configuração de créditos e cartões especiais (exemplo: idosos, estudantes, agentes públicos e funcionários).

O tráfego de dados de informações referentes à operação, emissão, comercialização e compensação dos créditos eletrônicos deve possuir equipamento Firewall para segurança dos dados.

Deverá ser disponibilizado a instalação de central telefônica e canais de internet para atendimento ao público, com a finalidade de esclarecer as questões relacionadas à utilização do sistema de bilhetagem.

Os registros de perda, roubo do cartão deverão ser comunicados à Retaguarda.

4.6.3 Funcionalidades do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)

O SCAP deverá exercer as seguintes funções básicas:

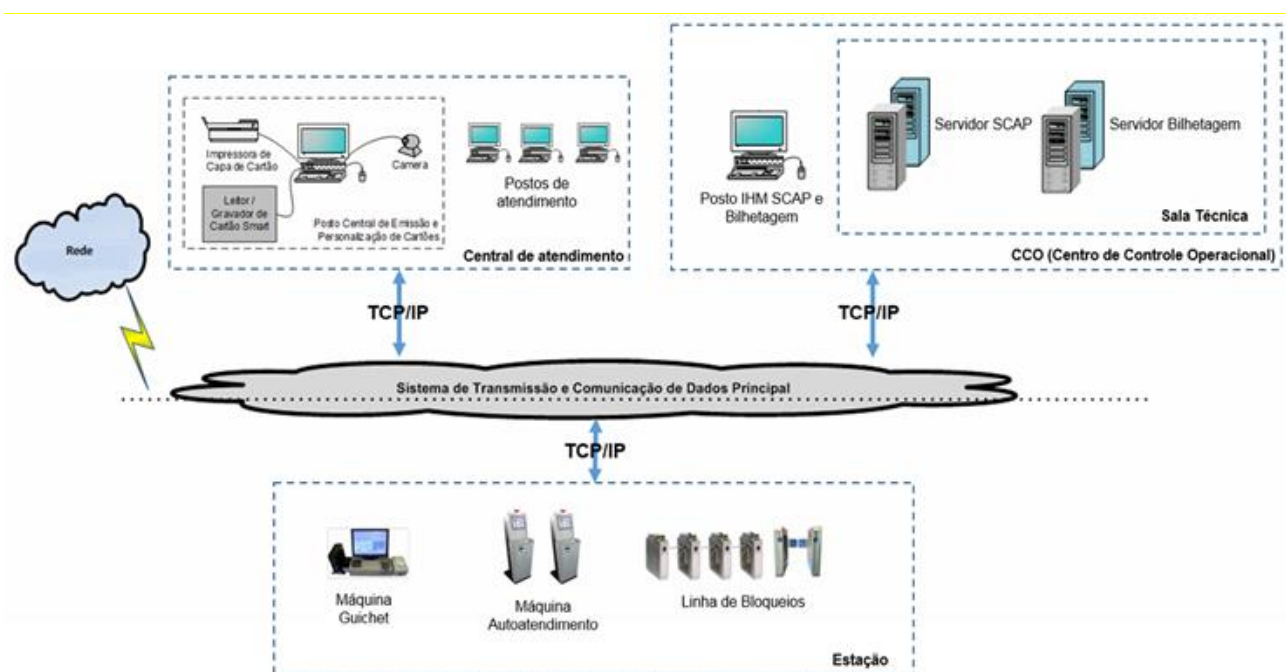
- Controle do acesso às áreas pagas e tarifação dos usuários do serviço de Transporte;
- Captura e arquivamento de dados gerados pelo Sistema;
- Habilitar a integração com outros operadores e a transferência entre modais de transporte;
- Permitir auditoria.

4.6.4 Funcionalidades do Sistema de Bilhetagem

- Emissão de cartões e bilhetes unitários;
- Cadastramento e distribuição de cartões, bilhetes unitários;
- Carregamento de créditos nos cartões e venda de bilhetes unitários;
- Atualização de créditos nos cartões smart;
- Leitura e validação de QR Code de Bilhete unitário;
- Habilitar estruturas de tarifas diferentes dentro do sistema;
- Permitir flexibilidade para implantação de novas estruturas de tarifa futuras;

- Habilitar a venda com dinheiro (moedas e notas);
- Carregamento de créditos nos cartões;
- Emissão de cartões;
- Emissão de QR Code;
- Distribuição de cartões;
- Minimizar o tempo de espera para a aquisição de bilhetes pelos usuários;
- Permitir auditoria.

4.6.5 Arquitetura do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)



4.6.6 Equipamentos do Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP)

4.6.6.1 Bloqueio Eletrônico com barreira de Tripé

O bloqueio eletrônico é formado por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete ou Caixa do Bloqueio Eletrônico;
- Conjunto Barreira tipo Tripé;
- Controlador do Bloqueio;
- Fonte de alimentação;
- Sinalizações Visuais de Orientação de Sentido (Pictogramas);
- Validador de cartão Smart Card.
- Validador de QR Code.

4.6.6.2 Bloqueio Eletrônico com barreira tipo Flap

O bloqueio eletrônico para PNE é formado por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete ou Caixa do Bloqueio Eletrônico;
- Conjunto Barreira tipo Flap - Basculante;
- Controlador do Bloqueio;
- Fonte de alimentação;
- Sinalizações Visuais de Orientação de Sentido (Pictogramas);
- Validador de cartão Smart Card;
- Validador de QR Code;
- Motor e mecanismo da Barreira tipo Flap.

4.6.7 Equipamentos do Sistema de Bilhetagem

4.6.7.1 Ponto de venda Guichet

Máquinas de vendas de créditos de bilheterias ou máquinas guichês:

A máquina guichê é formada por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Monitor Touch Screen;
- Leitor e Gravador de Cartões inteligentes sem contato;
- Impressora;
- Placa Chip SAM, padrão SIM Card;
- CPU ou Processador;
- PIN pad débito.

4.6.7.2 Autoatendimento

Máquinas de vendas de créditos de passagens automáticas - ATM:

A ATM é formada por um conjunto composto basicamente dos seguintes elementos:

- Gabinete das Máquinas de Vendas Automáticas de Passagens;
- Monitor Touch Screen;
- Leitor e Gravador de Cartões inteligentes sem contato;
- Impressora;
- Placa Chip SAM, padrão SIM Card;
- CPU ou Processador;
- Cash Flow, ou cassete;
- Nobreak;
- PIN pad para pagamento de cartão de débito;

- Demais componentes como: CLP, conectores, disjuntores, bocal, interruptores, fechaduras e etc.

INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle de arrecadação e de passageiros e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completudeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.7 SISTEMA DE PORTA DE PLATAFORMA

O Sistema de Portas de Plataforma (PSD) que deverá ser instalado em todas as estações do Sistema VLT de Brasília será composto basicamente por Portas Deslizantes, Painéis Fixos, Portas de Emergência, Painéis de Controle e Quadros de Alimentação Elétrica.

O Sistema PSD tem como objetivo principal otimizar as operações de embarque e desembarque e aumentar os níveis de segurança, restringindo o acesso de usuários às vias onde trafegam os VLTs, e ainda o acesso de pessoas não pagantes às áreas de embarque e desembarque da estação.

Do ponto de vista funcional o sistema PSD é um sistema com portas que abrem e fecham em sincronismo com as portas do VLT, quando este estiver estacionado na plataforma de embarque e desembarque.

O Sistema de Portas de Plataforma e seus equipamentos associados devem ser concebidos em conformidade com as normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis.

A solução técnica para o controle de abertura e fechamento das portas do PSD deverá minimizar as necessidades de integração e interação com os demais Sistemas. Não deverá existir qualquer interface elétrica entre os sistemas a bordo do VLT e o sistema de acionamento das portas do PSD.

O PSD deverá ser uma plataforma baseada em tecnologias atualizadas e consagradas, predominantemente TransmissionControlProtocol / Internet Protocol (TCP/IP), Ethernet 10/100/1000, utilizando para alimentação de seus periféricos o sistema Power over Ethernet (PoE) onde aplicável, visando minimizar a infraestrutura e a perfeita integração entre os sistemas devido as necessidades de compartilhamento, compatibilidade, seleção e integração de dispositivos entre os diversos sistemas e subsistemas.

O PSD deverá possuir um sistema de monitoração e de diagnóstico adequado para indicar e manter registradas as condições de falha do sistema, a fim de subsidiar os trabalhos de manutenção. O PSD deverá enviar status de alarmes para o Centro de Controle Operacional (CCO).

O comando para abertura e fechamento das Portas de Plataforma será através de um sistema que verificará algumas condições que deverão ser respeitadas para que seja enviado o comando de abertura para as Portas de Plataforma:

- VLT parado dentro da tolerância de parada;
- Velocidade do veículo igual a zero;

- Início de abertura das portas do VLT.

Da mesma maneira, o sistema deverá enviar comando de fechamento para as Portas de Plataforma, quando detectar o início do fechamento das portas do VLT.

O projeto do PSD deverá prever as interfaces adequadas de hardware e software para garantir o cumprimento de todos os requisitos especificados neste documento. Ressalvando, conforme mencionado acima, que não deverá existir qualquer interface elétrica entre os sistemas a bordo do VLT e o sistema de acionamento das portas do PSD.

A alimentação elétrica para o PSD deverá ser a partir do Sistema de Baixa Tensão de cada estação.

Os sistemas vitais da PSD (aqueles que não podem sofrer qualquer dano caso ocorra falta de energia) devem ser ligados no Sistema de Baixa Tensão das estações, onde exista alimentação ininterrupta por no mínimo 30 minutos.

Devem ser considerados os aspectos de proteção elétrica em atendimento à norma EN 50122-1, de forma a evitar que o Sistema PSD coloque em risco a integridade dos usuários e funcionários em relação ao surgimento de possíveis diferenças de potenciais, nas regiões de embarque/desembarque das plataformas.

Todas as partes metálicas da estrutura do PSD, que possibilitem aos usuários e funcionários tocarem simultaneamente o PSD e o VLT, deverão receber algum tipo de revestimento isolante, de maneira a garantir correntes de toque inferiores a 0,5 mA, em atendimento as normas IEEE-80 e EN 50122-1.

Não será aceita a equipotencialização entre trilho de retorno do VLT e estrutura do PSD, no intuito de minimizar o surgimento de Diferença de Potencial.

As portas de Emergência deverão ser revestidas por material eletricamente isolante, no lado voltado para a via.

Toda fachada deve receber tratamento para não acumular e conduzir tensão eletroestática.

Além dos requisitos especificados acima deverão ser atendidos os requisitos especificados no documento ET – Especificação Técnica de Requisitos Gerais de Fornecimento. Quando houver conflito deverá prevalecer os requisitos aqui especificados.

Os servidores do PSD, no CCO, deverão receber o sincronismo horário, através de um servidor com protocolo NTP do SMM. A interligação se dará através da rede de dados do STD.

O PSD deverá possuir índices de Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade e Segurança (CDMS) de forma a serem compatíveis com os índices dos demais Sistemas com os quais interage, de modo a não influir negativamente no desempenho operacional geral. Devem ser seguidas as normas IEC 62380 e CENELEC (EN 50126 e EN 50129).

Deverá ser apresentada uma análise de CDM para o Sistema como um todo e para cada um de seus componentes, juntamente com os critérios adotados e métodos utilizados para os cálculos.

4.7.1 REQUISITOS TÉCNICOS E FUNCIONAIS - PSD

4.7.1.1 Estrutura

A fachada do PSD deve se estender por toda a plataforma em uma altura mínima de 1,10m, suficiente para garantir a proteção dos usuários e evitar a invasão da plataforma, sendo composta basicamente por:

- a) Conjunto de portas de acesso deslizantes, sendo 02 (duas) folhas de portas deslizantes para cada conjunto, posicionadas de acordo com a distribuição das portas do VLT, com vão livre igual ao das portas do VLT;
- b) Conjunto de portas de emergência pivotantes, sendo 02 (duas) folhas de portas pivotantes para cada conjunto, posicionadas entre os intervalos das portas do VLT;
- c) Complementando a fachada do PSD deverão ser instalados painéis fixos adjacentes até o fechamento completo da plataforma;
- d) Estruturas que atendam às exigências ambientais, fixadas no piso da plataforma ao longo de toda a sua extensão.

Por questões de segurança dos usuários, o Sistema PSD deva ser concebido para resistir a pressões de vento de até 1200 N/m² exercidas sobre os painéis em todas as direções.

As estruturas do Sistema PSD deverão suportar carga exercida pelos usuários de até 500 N/Metro linear sem deterioração e de 1500 N/Metro linear aplicado a uma altura de 1 metro uniformemente ao longo do comprimento de toda plataforma sem ruptura.

O Sistema PSD deverá resistir a um impacto de carga de 1500 N aplicado a 1,125 metros acima do nível do piso acabado, sobre uma área efetiva de 100 mm por 100 mm durante 0,2 segundos.

A fixação do PSD na plataforma deve contemplar o gabarito dinâmico do VLT, interferências com sistema de multimídia, sistema de iluminação e de comunicação visual, e respeitar os requisitos de aterramento e isolamento determinados nesta especificação.

As estruturas e equipamentos do PSD devem ser adequadamente isolados e/ou aterrados para evitar potencial de toque.

A fachada do PSD deverá garantir vedação à chuva e à lavagem por máquina automática a ser comprovada no ensaio de estanqueidade de cada módulo do PSD. Deverá oferecer também boa resistência a ação do sol e demais intempéries.

As estruturas das portas devem atender as exigências ambientais, fixadas no piso da plataforma ao longo de toda a sua extensão.

O PSD não deverá introduzir degrau ou desnível entre o piso acabado da plataforma da estação e o piso do vão de passagem do PSD para o VLT. Qualquer necessidade de adequação na borda da plataforma da estação para implantação do PSD é escopo deste fornecimento, com aprovação da Contratante.

A durabilidade do sistema de portas deverá ser de 30 anos, no mínimo, com revisão geral a cada 5 anos.

O Painel de Controle Manual do PSD deverá ser instalado na extremidade da plataforma mais próxima do carro líder. No caso de plataforma central em ambas as plataformas do lado mais próximo do carro líder daquela via.

Deverá existir sinalização luminosa na fachada do PSD, lado da via, alinhada à cabine do condutor do VLT, para indicação ao condutor do VLT que as portas do PSD estão fechadas e travadas.

O Painel de Controle Central do PSD na estação deverá ser instalado na Sala Técnica.

Todas as portas do PSD deverão possuir dispositivo para utilização em situações de emergência. Este dispositivo deverá possuir indicação clara de sua existência, função e emitir alarme visual e sonoro quando acionado.

4.7.1.2 Portas de Acesso

Todas as portas de acesso do PSD deverão:

- a. Ser deslizantes, motorizadas e sincronizadas entre si;
- b. Possuir dispositivos de abertura manual local (lado da plataforma e lado da via);
- c. Possuir sinalizadores áudio/visual no “headbox”;
- d. Possuir módulo de controle;
- e. Possuir motor elétrico;
- f. Possuir mecanismo de transmissão e travamento;
- g. Ser coincidentes com o eixo das portas do VLT.

Os dispositivos de abertura manual local das portas de acesso do PSD do lado da via, não deverão permitir abertura sem a presença do VLT parado na estação, ou seja, enquanto não houver VLT parado na estação este dispositivo deverá estar inoperante/travado.

O mecanismo de acionamento das Portas de Acesso deverá evitar o impacto das folhas das portas em toda e qualquer operação de abertura e fechamento.

O tempo de abertura e fechamento das portas de acesso deverá ser de 2,5 segundos, com possibilidade de regulagem entre 2,0 e 3,0 segundos, contados a partir do instante do comando.

4.7.1.3 Portas de Emergência

Todas as portas de emergência do PSD deverão:

- a. Ser pivotantes;
- b. Possuir dispositivos de abertura manual local (lado da via);
- c. Possuir mecanismo de travamento;
- d. Ser coincidentes com o eixo dos intervalos das portas do VLT.

Os dispositivos de abertura manual local das portas de emergência do PSD do lado da via, não deverão permitir abertura sem a presença do VLT parado na estação, ou seja, enquanto não houver VLT parado na estação este dispositivo deverá estar inoperante/travado.

4.7.2 REQUISITOS DE ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura do Sistema PSD deverá ser baseada em conceitos de sistemas distribuídos, com processadores executando funções específicas e se comunicando através da rede de dados do STD. A sua implantação deverá ser baseada em padrões definidos para sistemas abertos desde o nível de rede de comunicações até o sistema operacional utilizado.

Deverão existir concentradores em cada estação aos quais os dispositivos do Sistema de PSD deverão ser conectados.

Os concentradores de cada estação por sua vez, deverão se conectar à rede de dados do STD para envio de alarmes do Sistema PSD para o Sistema de Apoio a Manutenção (SAM), no Centro de Controle Operacional.

Os mesmos concentradores, através da rede do STD, enviarão informações de eventos e alarmes do sistema, ao Centro de Controle Operacional (CCO). Estas informações serão disponibilizadas no Posto de Operação do Sistema de Fluxo de Passageiros (escopo do SCC), possibilitando ao operador do posto a supervisão e monitoração do Sistema PSD das estações.

INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o sistema de controle do PSD e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.8 SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO

O SCA do Sistema do VLT terá por finalidade controlar e permitir o acesso às áreas privativas pelos colaboradores nas Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional e Saídas de Emergência.

O SCA contempla a utilização de Servidores, IHM de gerenciamentos e operacionais, controladoras de portas e acessórios.

Os dados serão processados pelo Sistema e Controle de Acesso instalado no Servidor e armazenados no banco de dados específico do SCA no CCO. Os dados de todos os acessos, que incluem usuários e regras de acesso, serão gerenciados e cadastrados pela IHM de Gerenciamento do CCO e depois replicados para todas as controladoras de portas, exceto Portas de Plataforma, na qual pertence a outro Sistema.

As controladoras de portas armazenarão estes dados em sua memória interna e realizarão o controle de acesso processando estes dados quando da requisição de acesso do local controlado. Os dados dos acessos realizados pelas controladoras de portas deverão ser enviados ao servidor central no CCO, onde deverão ser armazenados no banco de dados do SCA. Com estes dados, o SCA deverá ser capaz de gerar relatórios gerenciais de todos os locais controlados nas IHMs de Gerenciamento e Patrimonial. Além disso, pela IHM operacional, ter possibilidades de realizar autorizações liberando acesso nos locais controlados no SCA através de comandos diretos na controladora.

O Sistema de Controle de acesso deve atender aos requisitos funcionais, operacionais, técnicos e de segurança estabelecidos nesta Especificação Técnica. O Sistema implantado deve adotar tecnologia atual e consagrada.

O Sistema de Controle de Acesso e seus equipamentos associados devem ser concebidos em conformidade com as normas técnicas nacionais e internacionais aplicáveis.

4.8.1 ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS

Funções Básicas do Sistema de Controle de Acesso

O SCA deverá exercer as seguintes funções básicas:

- a) Controle do acesso às áreas privativas feitas pelos colaboradores, visitantes e fornecedores no VLT de Brasília;
- b) Monitoramento de entrada de saída de todos os locais controlados (autorizados, não autorizados, intrusão, porta aberta, entre outros);
- c) Botão de Emergência localizado na saída de todos os locais controlados. Uso exclusivo em caso de emergência (falha, incidentes, acidentes). Invólucro em caixa com proteção do botão (vidro ou acrílico) de acionamento manual do botão com sinal sonoro local. O acionamento irá destravar a porta, independentemente da passagem do cartão de identificação na leitora. O SCA deverá monitorar esta ação em caso de abertura da porta controlada sem o uso do cartão;
- d) Módulo de gerenciamento completo do sistema de controle de acesso no CCO;
- e) Módulo de operação do sistema de controle de acesso feito pelo Posto Patrimonial do VLT de Brasília;

- f) Módulo de cadastro de visitantes na recepção do Pátio, Portaria veicular do Pátio e recepção do CCO;
- g) Permitir funcionalidades de operação conforme perfil do operador;
- h) Atualização dos cadastros de acesso em todas as controladoras dos locais controlados on-line;
- i) A controladora deverá ter capacidade para armazenar todas as regras e cadastros dos SCA e funcionar Off-Line, sem prejuízo ao seu funcionamento do sistema;
- j) Captura e arquivamento de todos os dados gerados pelo Sistema no servidor central;
- k) A controladora deverá ter capacidade para armazenar todos os eventos e funcionar Off-Line. Quando do restabelecimento da comunicação com o servidor central, enviar todos os eventos, assim sem prejuízo ao seu funcionamento do sistema;
- l) Integrar com outros sistemas do VLT de Brasília (SAM, SCC, SMM, entre outros).

4.8.1.1 Arquitetura Geral do SCA

O SCA é o responsável pelo controle de acesso das áreas privativas dos colaboradores nas estações, subestações, pátio, CCO, saídas de emergência e acessos às estações.

A partir da IHM de operação do Posto Patrimonial, fornecida pelo SCC no CCO, o operador irá monitorar todas as portas das áreas controladas. Adicionalmente, permite ele atuar diretamente nos equipamentos, ou seja, abertura de portas das áreas controladas e também visualizar relatórios de todos os acessos dos locais controlados.

O Sistema de Controle de Acesso controlará todas as portas de acesso às estações, portas de Salas Técnicas, portas dos Postos de Serviços, portas das saídas de emergências, definidas em projeto pertencentes ao domínio de uma Estação, Subestação Pátio e CCO, todos pertencentes ao VLT de Brasília.

O SCA é composto por equipamentos e programas. Os equipamentos de gerenciamento estão localizados no CCO onde este são os servidores, IHMs de Gerenciamento e do Posto Patrimonial. Os equipamentos de cadastramento de visitantes estão localizados no Pátio e CCO onde estes são as IHMs das recepções e portaria veicular. Os equipamentos que controlarão os locais controlados estão localizados nas Estações, Subestações, Pátio e CCO e são eles: controladoras de portas, leitoras de entrada e saída, fechos de liberação das portas, sensores de abertura, botão de emergência e mola de retorno de porta. A funcionalidade desses equipamentos é definida pelos programas neles executados.

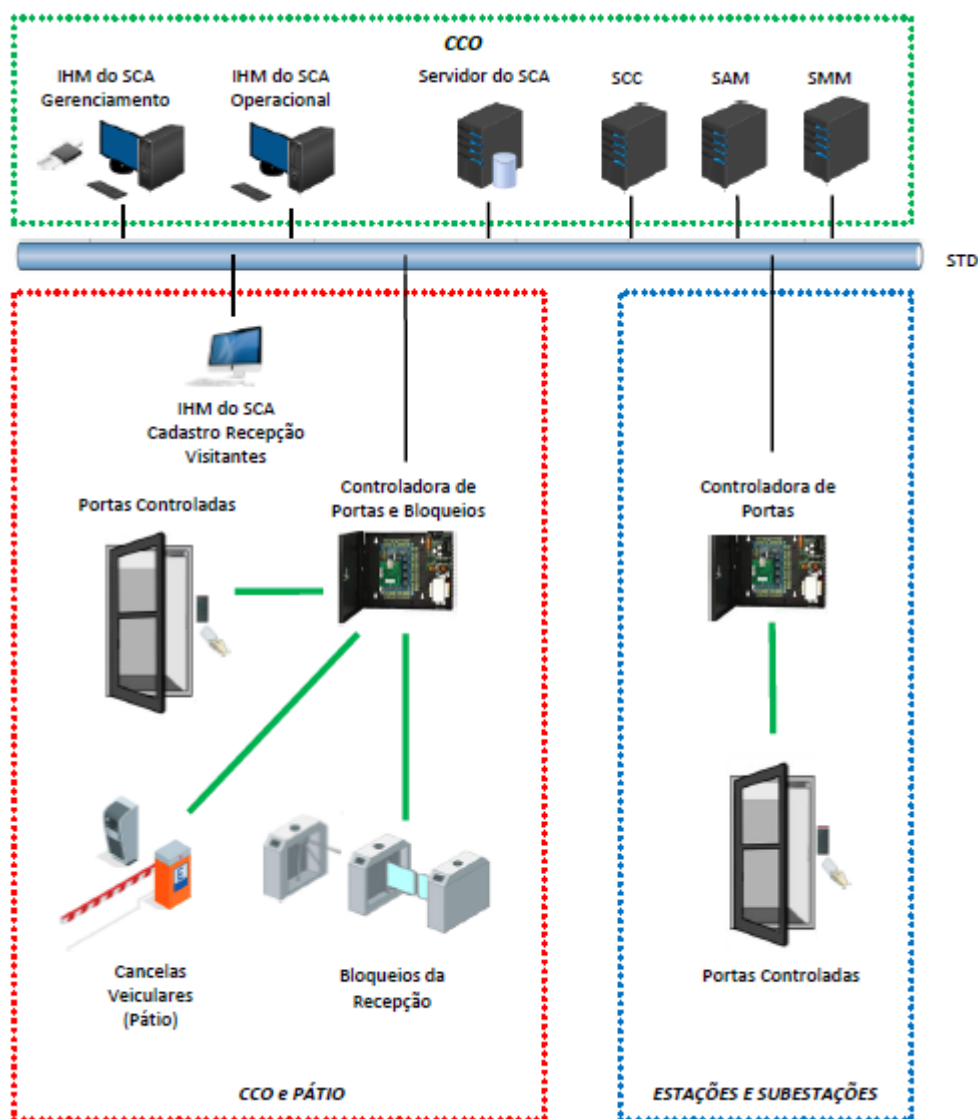
Cada controladora enviará para o servidor central no CCO as mensagens com todos os eventos, falhas e ou intrusão das portas. Ele irá armazenar todas as regras de acesso localmente caso o servidor ficar inoperante. Após o restabelecimento da comunicação este retornará a enviar as mensagens para o servidor central.

No CCO, os diversos sistemas (SCC, SAM, SMM) se comunicam com o servidor do SCA, recebendo as informações de todas as portas, armazenadas no banco de dados deste servidor.

O equipamento Servidor e IHM para o controle operacional do Posto Patrimonial é de responsabilidade do fornecimento do SCC.

As IHMs de cadastro nas recepções do Pátio e CCO do SCA terão acesso somente para incluir informações do visitante no sistema. Tais como nome do visitante, documento, referências (telefone, empresa, endereço, responsável pela autorização). Mas não terá permissão para alterar nenhum dos controles programados. Estas alterações somente poderão ser efetuadas no Posto de Controle Operacional da Patrimonial no CCO.

A figura, abaixo, apresenta a arquitetura geral do SCA.



4.8.2 ESPECIFICAÇÕES OPERACIONAIS

Neste capítulo são especificadas, de forma sucinta, as operações a serem executadas pelos equipamentos do Sistema de Controle de Acesso. São especificados os cartões utilizados para acionar o Sistema, bem como, os equipamentos que são primordiais para a operação de validação dos mesmos, quando de sua utilização no sistema.

4.8.2.1 Cartão Inteligente

A Aplicação instalada no Cartão Inteligente deverá ser reconhecida somente por meio de interface sem contato, quando utilizada ao acesso do local controlado.

As características físicas dos cartões com circuito integrado de acoplamento remoto deverão seguir alguns requisitos:

- Seguir conforme as normas ISO7810-1 e ISO 14443-1 – Características Físicas;
- Frequência da portadora para a transmissão de energia e de dados: 13,56 MHz;
- Velocidade mínima de transferência de dados: 106 kbps;

- Proteção contra colisão quando houver vários cartões presentes no campo de energia do leitor (anticolisão);
- O Cartão Inteligente deverá ser implantado com recursos eletrônicos e de programação (hardware e software) que permitam atender os requisitos do Sistema;
- Os cartões deverão suportar a leitura e a gravação eletrônicas de informações criptografadas dos dados, segundo os padrões de inviolabilidade normalmente aceitos pelos sistemas brasileiros de automação bancária e comercial e definidos nas normas mencionadas, acima.

Além destas características deverá conter identificação única para cada cartão, emitido pelo órgão Gestor do Sistema do VLT de Brasília.

Os detalhamentos dos itens, abaixo listados, estão contemplados na Especificação Técnica do Sistema de Controle de Acesso (SCA):

- Identificação do cartão
- Utilização do Cartão
- Aplicação Acesso
- Aplicações Agregadas
- Lista Negra Ativa de Cartões Irregulares
- Módulo de Validação / Acesso
- Controladora de Acesso.
- Botão de Emergência
- Servidor e IHM de Gerenciamento.
- Registros nas Controladoras
- Informações operacionais
- Registros na Aplicação Agregados

4.8.3 Desempenho Operacional

O projeto e a implantação do Sistema de Controle de Acesso deverão ser desenvolvidos de forma que seja atendido o desempenho operacional a seguir descrito.

Cartão com Aplicação Acesso

Rejeições na validação de cartões com Aplicação Acesso de até 0,1% do tempo programado, excluídas aquelas claramente atribuíveis a defeito de fabricação e a má conservação de cartões.

Controladoras de Portas

Indisponibilidade ao uso pelos usuários em até 0,5% do tempo programado de operação comercial, por mês. Exclui-se o tempo despendido em manutenções preventivas, programadas e aprovadas previamente pelo Operador e o tempo de indisponibilidade causada por casos fortuitos que independam de ação do Concessionário ou do Operador, e o tempo de ações administrativas e logísticas no processo de restabelecimento após a ocorrência de falha. Considerar apenas o MTTR – Tempo Médio Entre Falhas.

4.8.4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS

Este capítulo apresenta as especificações técnicas gerais do Sistema de Controle Acesso. Estas especificações se referem aos sistemas e equipamentos relacionados às funções de Controle de Acesso, compreendendo requisitos gerais da arquitetura, do software, da operação, da confiabilidade/disponibilidade e da segurança do sistema.

4.8.4.1 Função Geral do SCA

O SCA do Sistema do VLT terá por finalidade controlar e permitir o acesso às áreas privativas pelos colaboradores nas Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional e saídas de emergência.

A tecnologia do SCA do Sistema do VLT deverá permitir a total integração com os modais existentes, compatibilizando com os sistemas utilizados no VLT de Brasília.

O SCA contempla a utilização de Servidores, IHM de gerenciamentos e operacionais, controladoras de portas e acessórios.

Os dados serão processados pelo Sistema e Controle de Acesso instalado no Servidor e armazenados no banco de dados específico do SCA no CCO. Os dados de todos os acessos, que incluem usuários e regras de acesso, serão gerenciados e cadastrados pela IHM de Gerenciamento do CCO e depois replicados para todas as controladoras de portas.

As controladoras de portas armazenarão estes dados em sua memória interna e realizar o controle de acesso processando estes dados quando da requisição de acesso do local controlado. Com isso os dados processados dos acessos realizados através das controladoras de portas deverão ser enviados ao servidor central no CCO, onde deverão ser armazenados no banco de dados do SCA. Com estes dados o SCA deverá ser capaz de gerar relatórios gerenciais de todos os locais controlados, onde através das IHMs de Gerenciamento e do Posto Patrimonial poderão visualizar estes relatórios de acessos. Além disso, pela IHM operacional, ter possibilidades de realizar autorizações liberando acesso dos locais controlados no SCA através de comandos diretos na controladora.

O SCA deverá prever que receberá sincronismo horário através do servidor NTP que deverá ser instalado no CCO, objeto de outra especificação.

4.8.4.2 Requisitos

Os detalhamentos dos requisitos, abaixo listados, estão contemplados na Especificação Técnica do Sistema de Controle de Acesso (SCA):

- *Devendo ser ressaltado: Quando do desenvolvimento do projeto executivo deverá ser descrita, em detalhes, como cada um dos requisitos descritos, neste item, deverão ser atendidos, ressaltando as eventuais exceções, plenamente justificadas, e com solução de continuidade.*

- Requisitos Gerais de Arquitetura do Sistema
- Requisitos de Software
- Requisitos de Operação
- Requisitos de Confiabilidade e Disponibilidade
- Requisitos de Uso e Acessibilidade
- Requisitos de Alimentação Elétrica

4.8.5 ESCOPO DE FORNECIMENTO

A relação a seguir constitui-se de uma simples estimativa dos equipamentos e serviços necessários à implantação do sistema, não sendo limitativa, para o fornecimento de todos os produtos e serviços necessários ao desenvolvimento e implantação do SCA no CCO, no Pátio, nas Estações e Subestações. Devendo ser entregue em perfeito funcionamento e operando de forma integrada com os demais sistemas, de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica.

O projeto do SCA deverá prever as interfaces adequadas de hardware e software para garantir o cumprimento de todos os requisitos especificados neste documento.

Os requisitos de projeto, fabricação, montagem, instalação, inspeção, aceitação, documentação, treinamento, embalagem, transporte, seguros, operação assistida, sobressalentes, garantias e outros, estão detalhados no documento de Requisitos Gerais de Fornecimento que terá aplicação geral para todos os sistemas e equipamentos, desta forma é parte integrante desta Especificação Técnica.

São partes integrantes deste fornecimento o projeto, montagem, instalação, testes de fábrica e de campo, documentação técnica, treinamento, operação assistida, sobressalentes, bem como as garantias dos equipamentos, serviços e acessórios objetos desta especificação técnica.

As quantidades e características técnicas dos produtos e serviços são apresentadas apenas como referência para elaboração do projeto executivo.

4.8.5.1 Geral

O Sistema de Controle de Acesso (SCA) tem como objetivo principal efetuar o controle do acesso às áreas privativas das Estações, Subestações, Pátio, Centro de Controle Operacional (CCO) e saídas de emergências do VLT do Distrito Federal pelos colaboradores, fornecedores e visitantes.

Nas Estações, o Sistema de Controle de Acesso controlará as portas de acesso, as portas das salas técnicas, as portas dos postos de serviços e das saídas de emergências. O mesmo se aplicará nas subestações.

No Centro de Controle Operacional, o Sistema de Controle de Acesso controlará o acesso principal na recepção do prédio (catracas normais e de acessibilidade), as portas das salas de controle operacional, as portas das salas técnicas e saídas de emergências.

No Pátio, o Sistema de Controle de Acesso controlará o acesso principal na recepção do prédio (catracas normais e de acessibilidade), as portas das salas técnicas, os acessos de veículos (portaria) e saídas de emergência.

Todos os acessos controlados serão definidos em projeto pertencentes ao domínio de uma Estação, Subestação, CCO e do Pátio, todos pertencentes do VLT do Distrito Federal.

Todos os dados registrados serão centralizados e armazenados no servidor do SCA, localizado no CCO.

O equipamento Servidor, preferencialmente deverá ser do fornecedor do SCC. Somente o software a ser instalado no Servidor faz parte do escopo do SCA. Devendo assim incluir todos os requisitos mínimos do equipamento para a execução do SCA.

O Sistema de Telecomunicação definirá padronização, características, metodologia, materiais, entre outros requisitos que deverão ser obedecidos para a ligação física do SCA no Sistema de Transmissões e Dados (STD).

Sendo assim, nas Estações e Subestações, o STD deverá disponibilizar pontos de rede Ethernet e a partir destes, os equipamentos do SCA deverão se conectar e comunicar com o Servidor no CCO.

No Centro de Controle Operacional e no Pátio, o STD deverá disponibilizar pontos de rede Ethernet e a partir destes, os equipamentos do SCA deverão se conectar, e comunicar com o servidor.

Os equipamentos de cadastramento de visitantes e fornecedores se localizaram nas recepções do Pátio e CCO (IHM da Recepção do Pátio e CCO), desde que exista autorização previamente feita pelo responsável da área.

Cada controladora de acesso enviará para o servidor mensagens com todos os eventos, falhas e ou intrusão dos acessos. Ele irá armazenar todas as regras de acesso localmente caso o servidor central ficar inoperante. Após o restabelecimento este retornará a enviar as mensagens para o servidor central.

No CCO, os sistemas (SAM, SCC e SMM) se comunicam com o servidor do SCA, recebendo as informações de todas as estações, armazenadas no banco de dados deste servidor.

INTERFACES

Deverão ser estabelecidas as interfaces entre o Sistema de Controle de Acesso (SCA) e os demais sistemas operacionais e o projeto civil para que se possa ter completeza no tratamento e atendimento aos requisitos especificados para o projeto VLT.

4.9 SISTEMA DE REDE DE DUTOS (BANCO DE DUTOS)

4.9.1 Objetivo

As Redes de Bancos de Dutos têm como objetivo prover a infraestrutura necessária ao encaminhamento de todos os tipos de cabos proveniente de todos os sistemas envolvidos no Projeto do VLT-Brasília, como: Sistema Sinalização e Controle, Sistemas de Telecomunicações, Sistema de Semaforização, Sistema de Energia e Sistemas auxiliares, entre outros.

Ressaltamos que o caminhamento do cabo de aterramento longitudinal será lançado abaixo da rede de bancos de dutos primárias, BD1 e BD2, conforme descrito no item 4.8.2.5.

4.9.2 Composição das Redes de Banco de Dutos

- **Rede Primária:** Longitudinal as vias férreas do VLT, em toda sua extensão. Subdividida em:
 - **Banco de Dutos do Sistema de Energia - Via 1 (BD1):** No sentido normal de tráfego dos trens a Rede de Dutos do Sistema de Energia será lançada longitudinalmente do lado esquerdo da via 1 onde contiver o canteiro central e do lado direito da via 1 onde não contiver o canteiro central. Agrupando os cabos de média tensão 13,8Kv, cabos de tração 750Vcc, cabos de comando, cabo de coleta de correntes parasitas, cabo de fibra óptica do sistema de energia e cabo de fibra óptica do sistema de transmissão de dados (redundância ativa).
 - **Banco de Dutos dos Sistemas Fixos - Via 2 (BD2):** No sentido normal de tráfego dos trens a Rede de Dutos dos Sistemas Fixos será lançada longitudinalmente do lado esquerdo da via 2 onde contiver o canteiro central e do lado direito da via 2 onde não contiver o canteiro central. Agrupando os cabos do sistema de sinalização e controle, do sistema de telecomunicações, do sistema de semaforização, dos sistemas auxiliares e cabo de fibra óptica do sistema de transmissão de dados.
- **Rede Secundária:** Transversais e diagonais as vias férreas do VLT. Estabelece a infraestrutura de caminhamento dos cabos entre as redes BD1 e BD2, armários técnicos das estações, subestações retificadoras, entre outros aos respectivos equipamentos de campo, de todos os sistemas. Distribuída no canteiro central e entre vias para atender as interconexões dos equipamentos de campo, por exemplo: sinaleiros, aparelhos de mudança de vias (máquina de chave), contadores de eixos, câmeras de CFTV, antenas do sistema de rádio, entre outros sistemas, inclusive para subida nos postes para alimentação do fio de contato. Estas redes de bancos de dutos serão projetadas quando

da execução do projeto executivo de instalações, após todas as definições e locações dos diversos equipamentos ao longo das vias.

Os dutos deverão ser fabricados em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), de seção circular, corrugado, dupla parede, anelado externamente e liso internamente, flexível, impermeável e destinado à proteção de cabos subterrâneos.

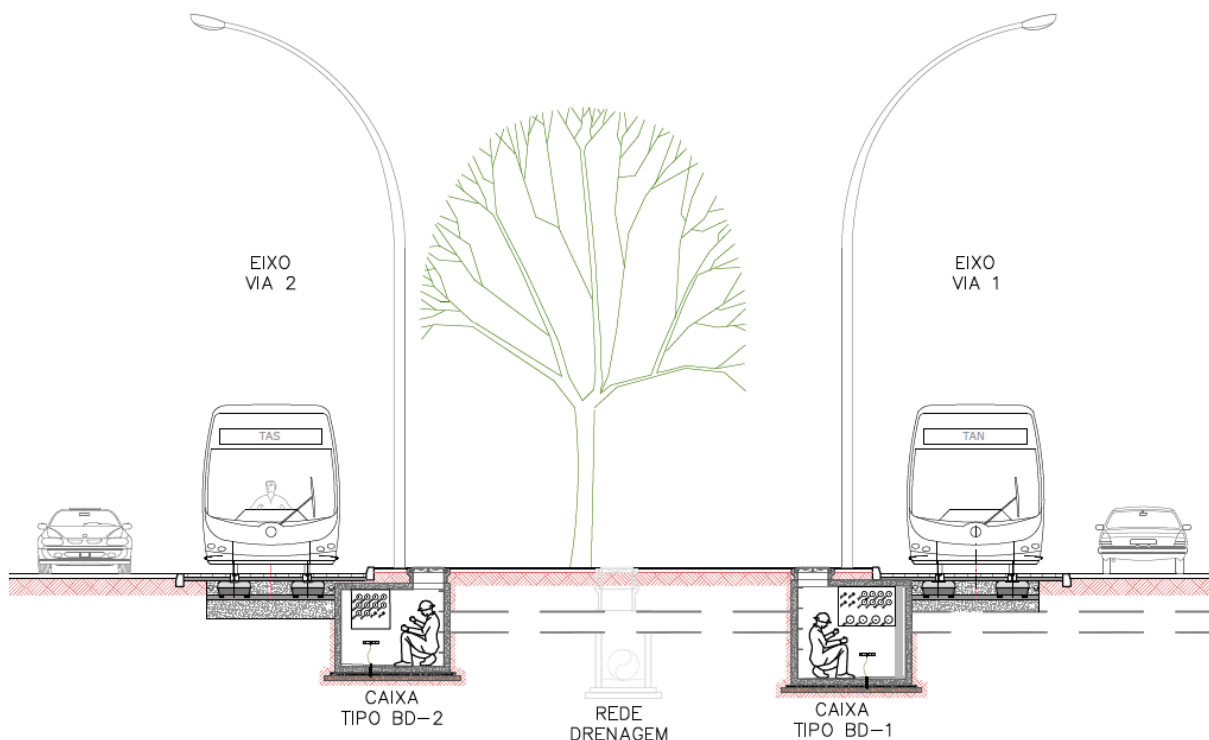
As infraestruturas referentes aos equipamentos de energia, controle, bem como os sistemas de forma global são semelhantes aos sistemas metroferroviários. Desta forma, as redes de dutos deverão obedecer às normas aplicadas para esse tipo de sistema, como: ABNT NBR 13.897 e 13.898, bem como a norma ABNT NBR 14.692 referente ao tempo de oxidação induzido. Sendo ainda obrigatório o fornecimento de atestados que atendem as normas citadas.

4.9.2.1 Banco de Dutos do Sistema de Energia-Via1 (BD1)

No sentido normal de tráfego a via 1 fica do lado direito e via 2 do lado esquerdo sentido Aeroporto / Noroeste. Sendo o DB1 lançado longitudinalmente a via 1, em toda a sua extensão.

No trecho W3Sul/Norte até Noroeste o BD1 estará locado na extremidade direita do canteiro central, conforme figura 4.1

Figura 4-32: Locação dos Bancos de Dutos Trecho W3 Sul e Norte Sentido: Hípica/TAN



No trecho Aeroporto até chegada na estação 516S o BD1 estará locado no centro das vias (entrevias) do VLT, seja em via rígida (LVT) ou em lastro, conforme figuras 4-2 e 4-3.

Figura 4-33: Locação dos Bancos de Dutos Trechos Aeroporto e TAS Sentido: Aeroporto/Hípica em LVT

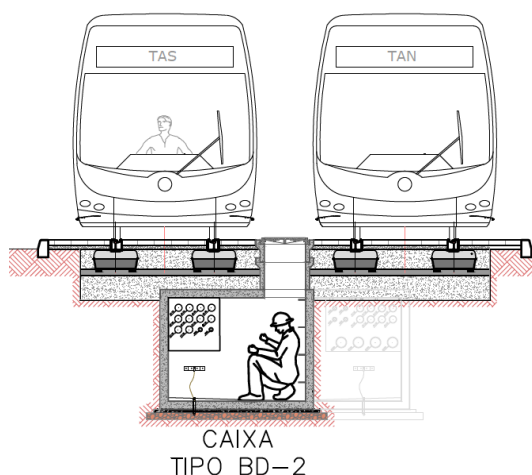
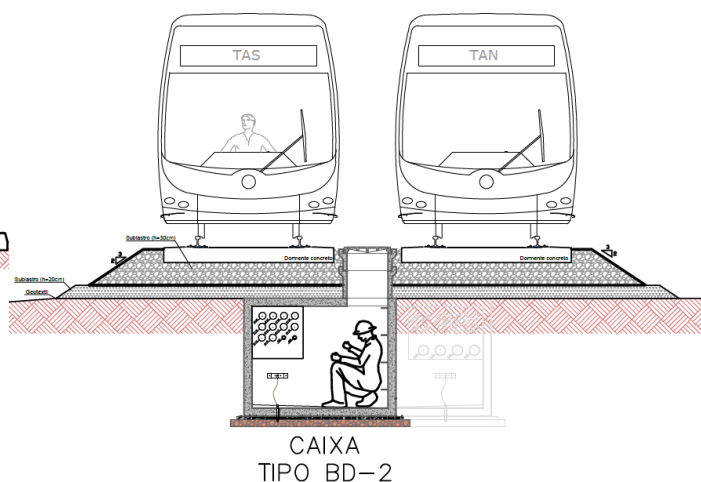


Figura 4-34: Locação dos Bancos de Dutos Trechos Aeroporto e TAS Sentido: Aeroporto/Hípica em Lastro



Os bancos de dutos BD1 e BD2 estarão sob as respectivas vias, enquanto que as caixas de passagem serão defasadas.

As redes de interconexões entre a rede BD1 e as SRs serão compostas por caixa de passagem de derivação (CPD) que deverá suportar o caminhamento dos cabos de média tensão, tração e comandos, sendo disponibilizado dutos para atender: 4x feeder, 2x ligação APS e catenária (750Vcc), 2x retorno de tração (trilho), 2x comando, 2x fibra óptica e 2x reserva. Totalizando 14 dutos, sendo 4x160mm, 8x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

Fora da locação de todas as SRs, restante dos trechos, deverá ter caixa de passagem (CP) que suporte o caminhamento dos cabos de média tensão, APS e catenária e comandos, sendo disponibilizado dutos para atender: 4x feeder, 2x ligação APS e catenária (definição de setor elétrico), 1x comando, 2x fibra óptica e 1x reserva. Totalizando 10 dutos, sendo 4x160mm, 4x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

As caixas de passagem das redes primária nas plataformas das estações, principalmente da rede BD1(Energia), deverão ter tampas rentes com os pisos.

4.9.2.1 Banco de Dutos do Sistemas Fixos-Via2 (BD2)

No sentido normal de tráfego a via 1 fica do lado direito e via 2 do lado esquerdo sentido Aeroporto / Noroeste. Sendo o DB2 lançado longitudinalmente a via 2, em toda a sua extensão.

No trecho W3Sul/Norte até Noroeste o BD2 estará locado na extremidade esquerda do canteiro central, conforme figura 4-1.

No trecho Aeroporto até chegada na estação 516S o BD2 estará locado no centro das vias (entrevias) do VLT, seja em via rígida (LVT) ou em lastro, conforme figuras 4-2 e 4-3.

A rede de dutos BD2, em toda a sua extensão, será composto para atendimento aos Sistemas Fixos (Telecomunicações, Radiocomunicação, Semaforização, STD e Auxiliares). A distribuição dos dutos ocorrerá quando do projeto executivo e sendo disponibilizado 2 dutos para atendimento específico do sistema de transmissão de dado (fibra óptica ativa) e

10 dutos para atendimento aos Sistemas. Totalizando 12 dutos, sendo 10x110mm e 2x50mm (diâmetros nominais).

Próximo ao Quiosque Técnico (sala técnica – Armários técnicos) de todas as estações haverá caixas de passagem ou valas técnicas ou porão de cabos do quiosque da rede BD2.

Em determinadas caixas, ao longo das vias, ocorrerá a interconexão entre a caixa de passagem da via 1 (DB1) com a caixa de passagem da via 2 (DB2) com dois dutos de DN110 para atendimento aos sistemas de Telecomunicações (ex: antenas do sistema de radiocomunicação e CFTV) e sistema semafórico. Sendo esses detalhados quando do projeto executivo.

4.9.2.2 Rede de Dutos Secundária

A rede de dutos secundária tem como objetivo prover o meio da interconexão dos equipamentos de campo com seus controladores instalados nos quiosques técnicos (armários técnicos), armários instalados no campo e subestações retificadoras (SRs) e com inserções na rede primária. Sendo essas locadas nas entrevias das vias 1 e 2, canteiro central e laterais das vias férreas e rodoviária.

Objetiva atender as interconexões com os equipamentos de campo, por exemplo: sinaleiros, máquinas de chave, câmeras de vídeo, entre outros.

Distribuídas transversalmente ao longo das vias. O detalhamento será apresentado quando do projeto executivo, depois de estabelecido o posicionamento dos equipamentos de campo no projeto geométrico pelos projetistas de sistemas de sinalização, energia, telecomunicações, semaforização e auxiliares, que definem suas necessidades e encaminhamentos necessários, com base no projeto geométrico. Após essa etapa é feita a compatibilização com os outros sistemas interferentes, como: Drenagem, bases trapezoidais de apoio, faixas de servidão, entre outros.

4.9.2.3 Espaçamento entre Caixas de Passagens das Redes de Dutos

Obedecerá a seguinte distribuição:

- BD1 (Via1): Espaçamento entre caixas de passagem de 50 em 50 metros em tangente. Podendo apresentar variação em curva.
- BD2 (Via2): Espaçamento entre caixas de passagem de 50 em 50 metros em tangente. Podendo apresentar variação em curva.

Essas caixas objetivam propiciar o lançamento, distribuição, inspeção e retrabalho, entre outras atividades. O detalhamento será apresentado no item 4.8.5.

4.9.2.4 Aterramento Longitudinal

O aterramento longitudinal corresponde ao cabo terra lançado ao longo das vias que comporá a malha de terra de média tensão - TEM (Aterramento) e SPDA. Será lançado ao longo das vias e abaixo das redes primárias (BD1 e BD2), objetivando propiciar o meio para aterrar os equipamentos de baixa tensão e eletrônicos. Sendo lançado, no mínimo, a 60 cm abaixo das fundações das edificações, fato esse atendido, pois o cabo de cobre nú (Cu #35mm²) que compõe o aterramento longitudinal será lançado diretamente no solo e abaixo da rede de dutos das vias 1 e 2, com inserção nas caixas de passagem (barra de terra) e nas edificações, sendo detalhado no Projeto Executivo.

4.9.3 Formação e Composição das Redes de Dutos

A Rede de Dutos será composto por dutos fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), na cor preta, de seção circular, corrugado, dupla parede, anelado externamente

e liso internamente, flexível, impermeável, com excelente raio de curvatura e destinado à proteção de cabos subterrâneos de energia ou telecomunicações, e largamente utilizado na infraestrutura de redes ferrovias, indústrias, rodovias, aeroportos, entre outros.

Todos os eletrodutos devem ser fornecidos e instalados com fios guia para facilitar a operação de puxamento de cabos.

Devem ser instaladas fitas de aviso “PERIGO” para energia elétrica e telecomunicações sobre os respectivos bancos de dutos para proteção contra futuras escavações.

Nota: Referência comercial: Kanaduto. Fabricante: Kanaflex.

4.9.3.1 Bancos de Dutos das Redes Primárias

- BD1 (Via1): 10 dutos, sendo 4 DN 160mm, 4 DN 110mm + 2 DN 50mm
- BD Derivação (Via1_SRs): 14 dutos, sendo 4 DN 160mm, 8 DN 110mm + 2 DN 50mm
- BD2 (Via 2): 12 dutos, sendo 10 DN 110mm + 2 DN 50mm

4.9.3.2 Descrição dos Dutos

Fornecido, preferencialmente em rolo de 50 ou 100 metros de comprimento, com seus respectivos acessórios, como: luva de emenda, tampão, kit de vedação, conexões, cabo guia e entre outros.

Os dutos deverão atender as normas ABNT 13.897, 13.898 e 14.692, em sua última versão, não sendo aceito normas similares e normas internacionais não reconhecidas pelos órgãos reguladores brasileiros.

4.9.3.3 Características Técnicas dos Dutos

Os dutos deverão cumprir as seguintes propriedades:

- Elevada resistência à compressão diametral;
- Alta resistência ao impacto;
- Alta rigidez dielétrica;
- Baixa resistividade, facilitando a dissipação térmica;
- Elevada resistência a produtos químicos;
- Simples manipulação;
- Maior leveza;
- Maior rapidez na instalação;

Principais vantagens:

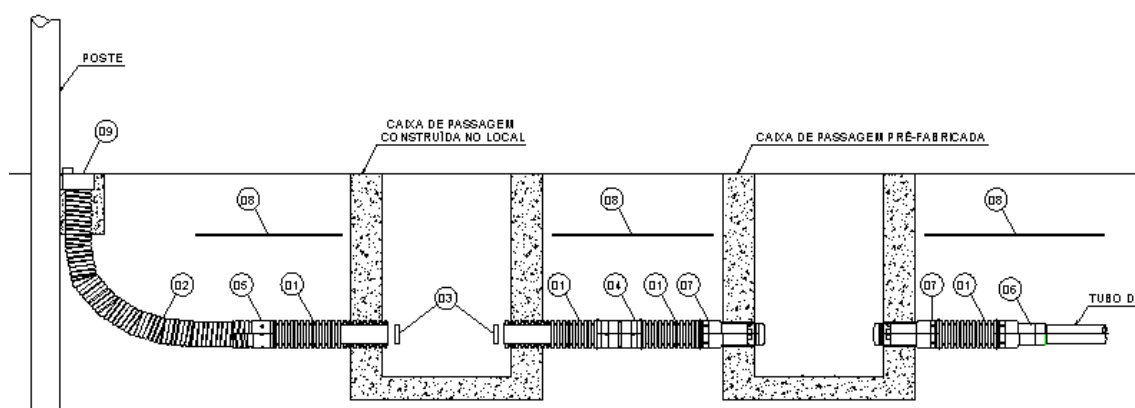
- a) Graças a sua elevada resistência à abrasão, tanto na face externa como na interna, tornam-se extremamente reduzidos os danos por ocasião da instalação;
- b) Devido a sua estrutura corrugada e de passos estreitos, possui grande resistência às cargas e alto grau de segurança contra afundamentos do solo;
- c) Dispensa totalmente o envelopamento em concreto ao longo da linha;
- d) Comparado com outros dutos de mesma aplicação, seu peso unitário é menor, resultando em facilidade de transporte, manuseio e instalação;
- e) Grande resistência a produtos químicos;
- f) Arame guia de aço galvanizado e revestido em PVC fornecido no interior do duto;

- g) Acompanha fita de aviso "PERIGO" para energia ou telecomunicações (opcional);
- h) Fornecido tamponado nas extremidades.

4.9.4 Modelo de Instalação da Rede de Dutos

A figura 4-4 apresenta o caminhamento típico de instalação de dutos entre caixas e conexões finais.

Figura 4-35 – Esquema Típico de Instalação



Legenda:

Item	Produto	Finalidade
1	Duto Helicoidal	Duto para passagem e proteção de cabos
2	Duto Helicoidal	Duto para passagem e proteção de cabos
3	Plug	Tampar dutos: instalação e reserva
4	Luva de emenda	Unir
5	Luva de transição	Unir
6	Luva de transição	Unir com Tubo de PVC Liso
7	Conexão	Conectar com caixa de passagem
8	Fita de aviso	Proteção contra futuras escavações
9	Subida Lateral	Conectar com tubos rígidos

4.9.4.1 Abertura de Vala – Rede de Dutos Primária

A largura e a profundidade da vala são definidas pela quantidade de dutos e pelo tipo das caixas de passagem.

A altura de reaterro deverá ter em média 60 cm, e em casos onde o nível de cargas for muito elevado, poderá variar de 65 a 120 cm.

Antes de ser efetuado o assentamento dos dutos no interior da vala, o fundo da mesma deverá estar nivelado, compactado e limpo (sem a presença de agentes externos), a fim de evitar que a linha de dutos seja danificada durante a colocação e compactação.

Se o fundo da vala for constituído de material rochoso ou irregular, aplicar uma camada de areia ou terra limpa e compactar, assegurando desta forma o nivelamento e a integridade dos dutos a serem instalados.

Caso haja presença de água no fundo da vala, recomenda-se a aplicação de uma camada de brita, recoberta com areia, para drenagem, a fim de permitir uma boa compactação.

4.9.4.2 Acomodação e Assentamento no Interior da Vala

Como característica básica os dutos deverão dispensar totalmente o envelopamento em concreto, portanto, a compactação entre as linhas de dutos deverá ser efetuada manualmente com terra ou areia limpa é possível ainda a colocação de um lamina de concreto.

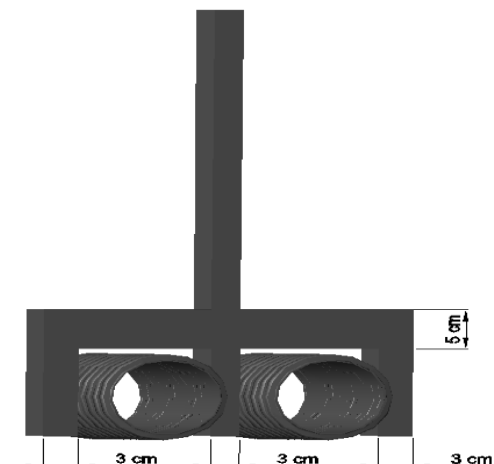
Os espaçadores permitem o alinhamento e o preenchimento de todos os espaços vazios, evitando desta forma, futuros afundamentos de solo e/ou movimentação dos dutos durante o puxamento de cabos.

As distâncias entre um espaçador e outro, em trechos retos, deve ser a cada 1,5m.

Os espaçadores podem ser pontalotes de madeira, pré-moldados de madeira ou concreto, garfos ou pentes de madeira ou ferro, podendo ser removidos e reutilizados ao longo da linha.

Para maior rendimento na instalação, recomendamos a utilização de “garfos” ou “pentas”, conforme demonstrado na Figura 4-5.

Figura 4-36 - Garfo ou Pente



4.9.4.3 Acomodação e Assentamento no Sub-laastro

Conforme mencionado como característica básica os dutos deverão dispensar totalmente o envelopamento em concreto. É lançado próximo ao lastro, possui excelente raio de curvatura facilitando a interconexão com as caixas de passagens e caixas secundárias. Sendo através dessas caixas a interconexão com os equipamentos de campo através de conectores ou chicotes flexíveis, fornecido e instalado após acordados com os fornecedores dos equipamentos de campo.

Nesta fase dos trabalhos adotou-se como profundidade mínima do banco de dutos a cota de 800mm, ou seja, a medida da geratriz superior dos eletrodutos da camada mais próxima da superfície até à cota mais alta da sarjeta.

Sendo a profundidade máxima dos bancos de dutos definida em função das interferências com tubulações do sistema de drenagem de águas pluviais. Especificamente das ligações das bocas de lobos às galerias.

4.9.4.4 Regras para Segregação e Separação de Cabos

A distribuição de eletrodutos em cada um dos bancos é definida considerando-se as restrições de compatibilidade eletromagnética (CEM) entre cabos de diferentes funções, especialmente mantendo distância entre os dutos de cabos de comando, controle e os cabos de energia. As tabelas a seguir indicam as principais classes em que são divididos os cabos e as distâncias a serem respeitadas entre eles.

Tabela 4-1: Classificação segundo Tipos de Sinal

Tipo	Classe	Tipo de Sinal	Exemplos	Exemplos de Subsistemas Fornecidos pela Alstom
Sensível	1	Circuitos analógicos níveis baixos ~1mV escala de sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> Sinais de baixo nível analógico (saída em milivolts) Sinal de medição de sensores Cabos de sinal analógico de áudio e vídeo 	<ul style="list-style-type: none"> Cabos do laço indutivo para detecção de pedido de rota Cabos dos contadores de eixos
	2	Circuitos analógicos/Digitais de níveis baixos ~1V escala de sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> Sinais analógicos padrão (4-20 mA, 1-10 V) HF e UHF transmissor e receptor de sinal por cabos (exceto cabos protegidos) Cabos de comunicação digital (RS232, Ethernet). Sinais de controle CA/CC de nível de tensão igual ou inferior a 110 V (sem cargas indutivas, tais como relés auxiliares) 	<ul style="list-style-type: none"> Cabos das antenas do rádio Tetra
Indiferente	3	Circuitos de controle discreto	<ul style="list-style-type: none"> Sinais de controle CA/CC sinalização para relés, contadores,... (por exemplo, relé de comando, fio piloto, etc.) de nível de tensão superior a 110 V 	<ul style="list-style-type: none"> Cabos de controle
		Circuitos de baixa potência	<ul style="list-style-type: none"> Alimentação CA/CC 1 kV e 20A Circuitos de baterias (do carregador para a bateria e da bateria para a UPS) 	<ul style="list-style-type: none"> Linha Piloto APS Correntes Parasitas Cabos de alimentação das máquinas de chave e câmeras CFTV
Ruidoso	4a	Circuitos de média potência	<ul style="list-style-type: none"> Alimentação CA/CC < 1 kV > 20A Iluminação Arranque de motores com modelação de pulso (≤ 5 kW) 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa Tensão Normal Baixa Tensão Socorrida
	4b	Circuitos de alta potência	<ul style="list-style-type: none"> Cabos do alimentador de tração CC (ex. 750 V_{CC}) Arranque de motores com modelação de pulso (> 5 kW) 	<ul style="list-style-type: none"> Alimentadores 750V_{CC} APS
	5	MT	<ul style="list-style-type: none"> Cabos de distribuição de energia em MT 	<ul style="list-style-type: none"> Rede de Alimentação das subestações em 13,8kV estações e paradas de passageiros

Observação:

Os cabos de fibra ótica são considerados do tipo indiferente, pois, não emitem qualquer perturbação e são imunes diante dos outros cabos.

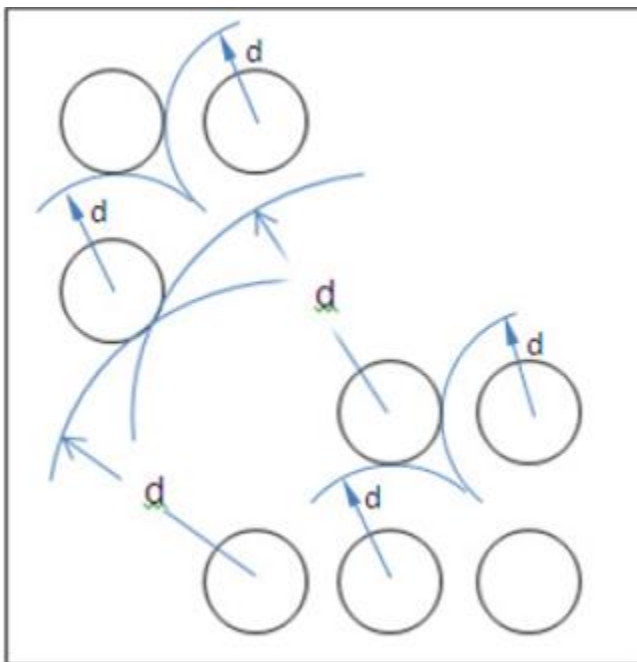
Tabela 4-2: Distância "d" (mm) de separação mínima entre as classes

Classe	1	2	3	4a	4b
2	100				
3	100	100			
4a	200	200	200		
4b	250	250	250	250	
5	750	750	750	750	350

As distâncias se aplicam também com relação às redes existentes de outras concessionárias, motivo pelo qual as classes de cabos dessas redes e sua localização devem ser conhecidas.

A Figura abaixo exemplifica a distância entre os eletrodutos.

Figura 4-37 - Exemplo Segregação de Cabos



4.9.5 Caixas de Passagem e Caixas de Derivação

4.9.5.1 Critérios de Dimensionamento das Caixas de Passagem

Adota-se como premissas básicas para o dimensionamento das caixas de passagem os pontos a seguir:

- Os bancos de dutos poderão ser locados sob o leito rodoviário adjacente ao leito do VLT. Essa condição é válida para ambos os lados.
- tampão de acesso à caixa de passagem poderá estar no pavimento, tanto para caixas de passagem locadas do lado da via 1 ou do lado da via 2.
- Foram consideradas as necessidades ergonômicas para instalação e puxamento dos cabos tanto na fase de implantação como para fases futuras de manutenção. Para tanto, recomenda-se pé-direito mínimo de 1500mm livre no interior destas caixas.

Obs.: Eventualmente as caixas de passagem poderão ter suas dimensões variando na medida em que forem detalhadas no projeto executivo as diversas situações de implantação

4.9.5.2 Caixas de Passagem Típicas – Rede de Dutos Primária

Em sequência são apresentados os detalhes de Caixas de Passagem para os Bancos de Dutos BD1 e BD2, sendo também apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – R2.

Figura 4-38: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da via 1 (BD1) e via 2 (BD2) - Planta

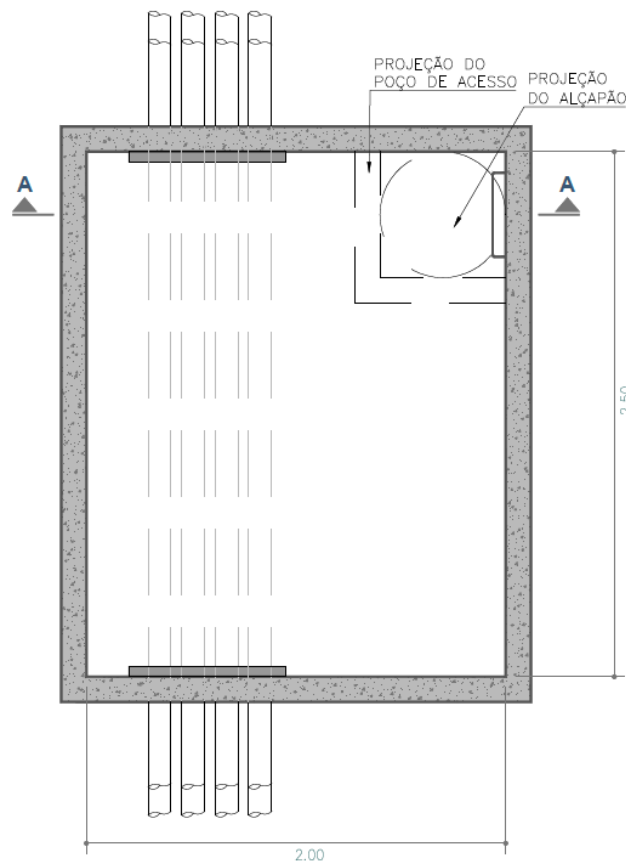


Figura 4-39: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da Via 1 (BD1) - Corte

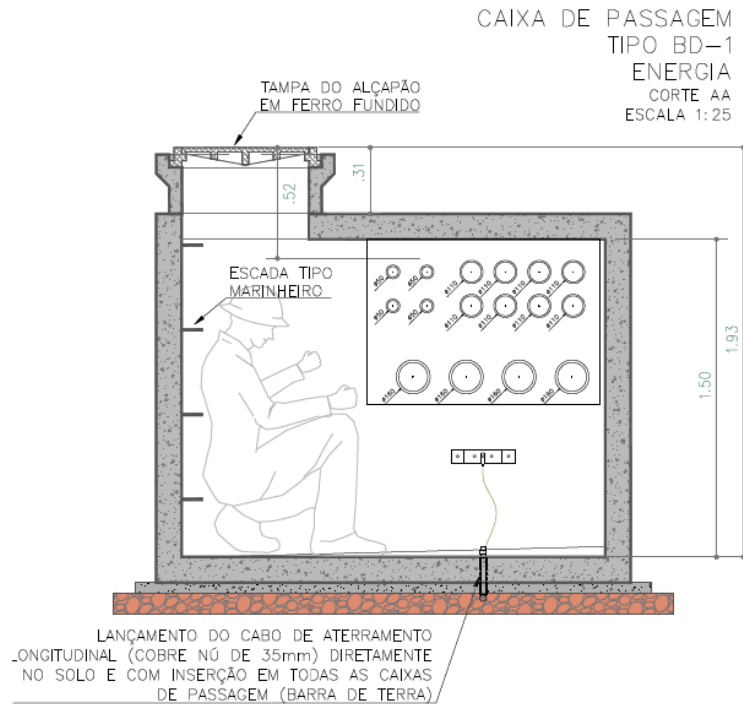
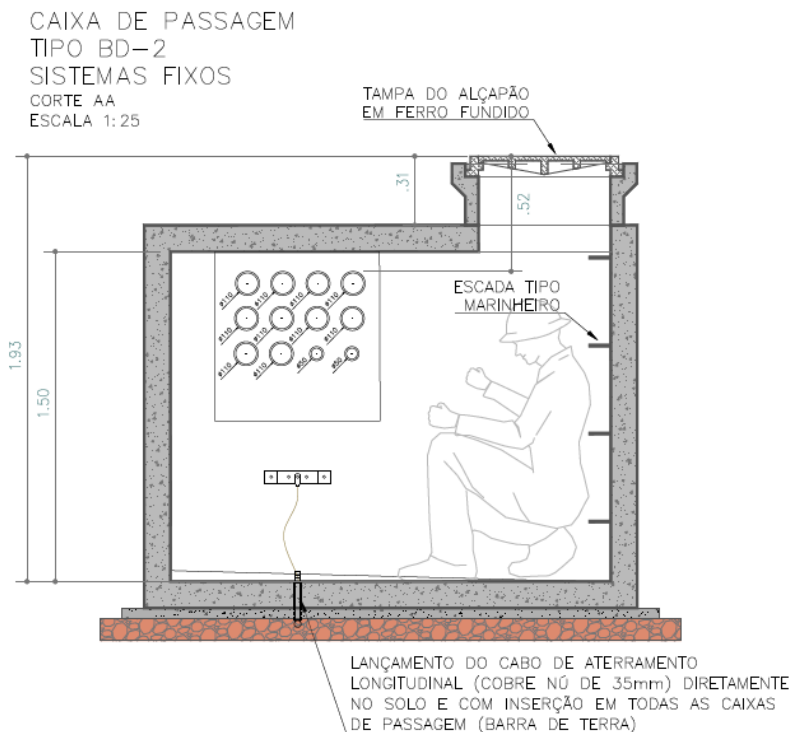


Figura 4-40: Caixa de Passagem Típica para as Redes de Banco de Dutos da Via 2 (BD2) - Corte



As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

4.9.5.3 Inserção dos bancos de dutos e caixas de passagem

A figura 4-10, em sequência, mostra uma situação típica da inserção dos bancos de dutos, bem como caixas de passagem, sem interferência com o sistema de drenagem de águas pluviais e sob a via do VLT.

A figura assinala ainda a interligação do BD1 com as Caixas de Derivação para as Subestações Retificadoras (SR's). As SR's são, via de regra, inscritas em "containers" de 20 pés. Recomenda-se que as SR's sejam locadas em lojas da CRS e CRN 500, a serem alugadas pela concessionária. Esse procedimento evita a alocação de estruturas no canteiro central da W3.

A figura 4-11, por sua vez, apresenta a correlação entre as estruturas de drenagem e as redes bancos de dutos. A rede de drenagem deverá se situar no eixo central do canteiro da Via W3, sendo interligadas aos ramais de bocas de lobo nas laterais das pistas de rolamento.

4.9.5.4 Regras para caixas de passagem dos bancos de dutos

Recomenda-se o a adoção das seguintes regras de distribuição de caixas de passagem e derivação:

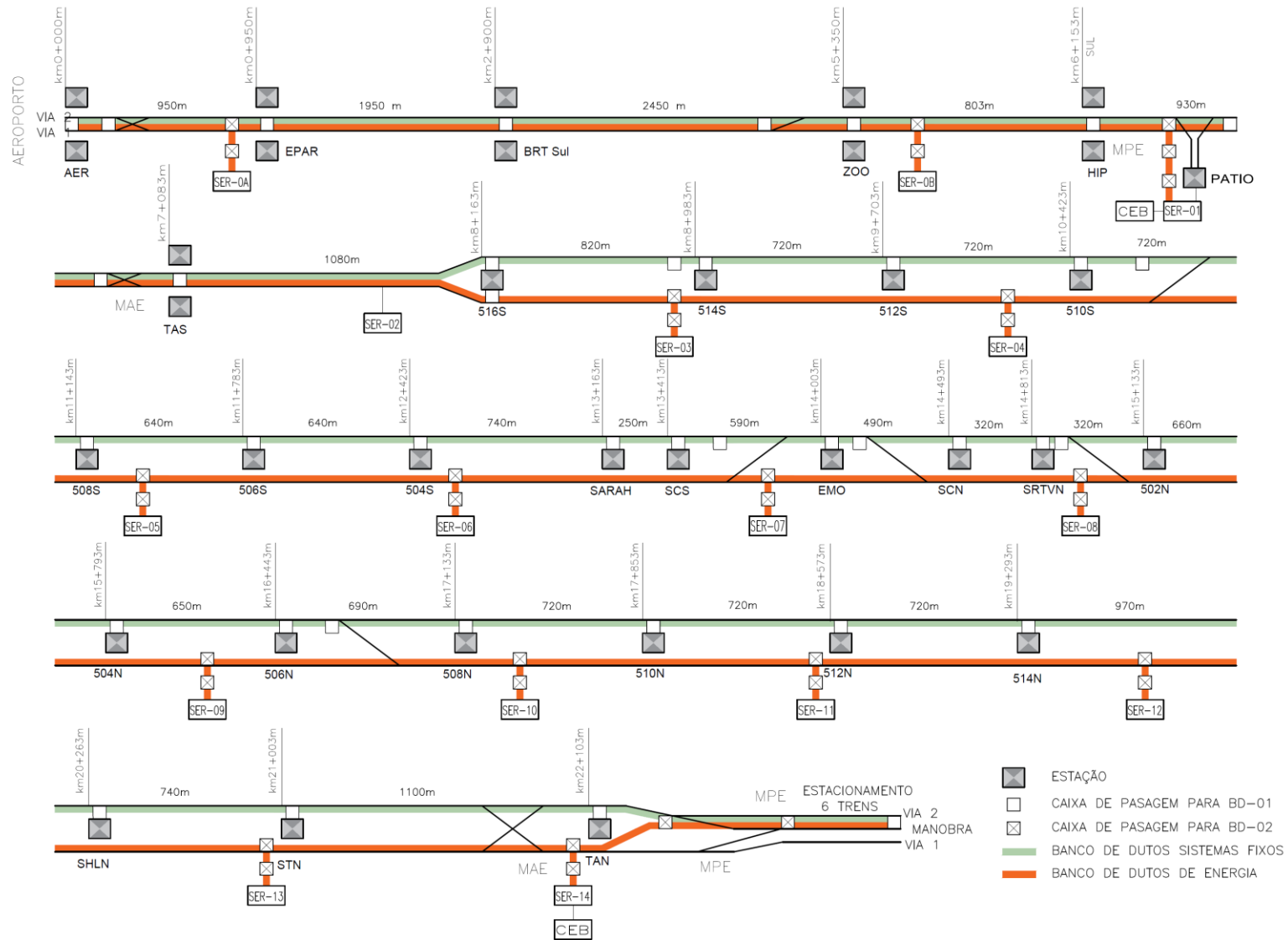
- a) A colocação de interrupção da continuidade do Banco de Dutos com uma caixa a cada 50 metros para rede de dutos da via 1 (BD1).
- b) A colocação de interrupção da continuidade do Banco de Dutos com uma caixa a cada 50 metros para rede de dutos da via 2 (BD2).
- c) Previsão de uma caixa de derivação alinhada com a ponta de agulha para atendimento das Máquinas de Chave, Sinaleiros e Sensores de Contadores de Eixo.
- d) Previsão de uma caixa posicionada aproximadamente 13 (treze) metros do marco de segurança para atendimento dos Sinaleiros opostos e respectivos contadores de eixos.

4.9.5.5 Seções Típicas dos bancos de dutos ao longo da linha

A figura 4-12 apresenta os caminhamentos e distribuição das redes de banco de dutos primárias ao longo do trecho. Nessa fase do projeto as quantidades foram estimadas de acordo com a equidistância entre caixas, sendo as locações definitivas das caixas de passagem definidas na fase de projeto executivo.

As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

Figura 4-43: Esquema de Locação dos bancos de dutos BD-1 e BD-2 e Caixas de Passagem nas Fases 1 e 2

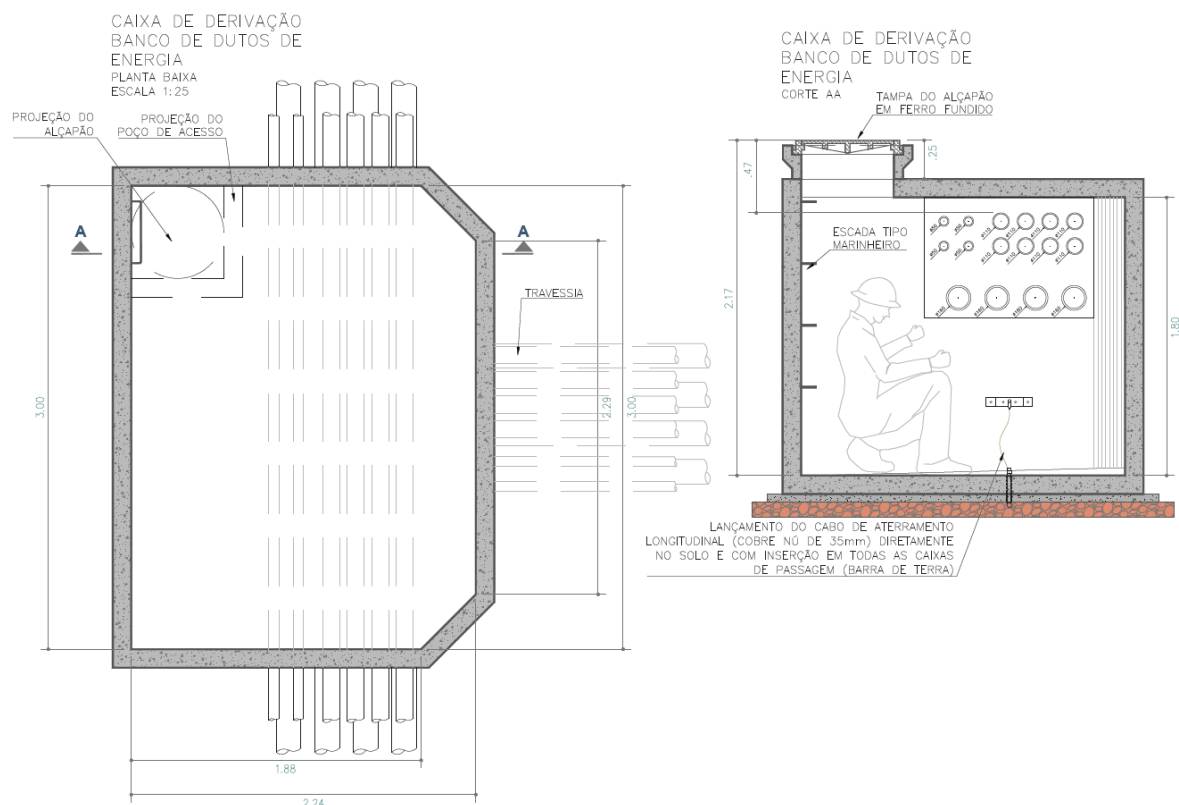


4.9.5.1 Caixas Típicas de Subestações Retificadoras

Próximo das Subestações Retificadoras (SRs) haverá Caixas de Passagens de Derivação (CPDs) dos circuitos provenientes de cada Subestação. Para estes casos, as caixas devem possuir tamanhos adequados para acomodação de todos os cabos e para que os cabos façam as curvas de acordo com seus limites mecânicos.

A figura 4-13 apresenta-se os detalhes das caixas de derivação, em planta e corte.

Figura 4-44: Caixas de Derivação



As plantas e detalhes de bancos de dutos e caixas de passagem também são apresentados no Caderno 4 – Estudo de Engenharia – Desenhos – Revisão 2.

4.9.6 Abertura de Valas e Envolvimento

Os bancos de dutos deverão ser implantados mediante escavação em toda a extensão do percurso com recobrimento de reaterro e envelopados em concreto nos cruzamentos, se necessário. Do topo da camada superior de concreto ao topo do pavimento acabado deverão ser asseguradas as seguintes medidas:

- 800 mm quando este for executado sob via de tráfego de veículos e travessias;
- 600 mm quando estiver sob passeio.

Na faixa do VLT em área segregada, medidas menores podem ser avaliadas por estudo específico, por exemplo, no Complexo de Manutenção (CM).

A largura e profundidade das valas podem ser determinadas:

- Pelo tipo de banco de dutos a ser construído;
- Pelo intervalo entre eles;
- Pelas características específicas do local.

Os eletrodutos deverão ser alinhados, tanto horizontalmente quanto verticalmente, assegurando o espaçamento entre eles e instalados de maneira que não haja estrangulamento da seção útil dos eletrodutos.

Exemplo de forma típica de banco de dutos de um trecho a ser envelopado, é apresentado na figura a seguir.

Figura 4-45: Forma Típica de Banco de Dutos



4.9.7 Espaçamento e Alinhamento do feixe de dutos

O espaçamento horizontal mínimo entre dutos deverá ser de 50mm, conforme item 4.8.4.4 e detalhes das seções típicas dos bancos de dutos - sem prejuízo à aplicação das regras apresentadas nas tabelas 4-1 e 4-2.

Os espaçamentos poderão ser garantidos mediante o uso de espaçadores ou gabaritos, dispostos em intervalos de 3m ao longo da linha, e no máximo de 1,5 m em caso de tubos flexíveis. O uso deste recurso garantirá também o alinhamento do feixe de dutos.

Figura 4-46: Modelo de Gabaritos em banco de dutos



4.9.8 Normas Técnicas

A Rede de Dutos (Primária e Secundária) devem atender as normas Brasileiras, em sua última versão, abaixo listadas:

- ABNT NBR 13.897 - Duto Espiralado Corrugado Flexível, em Polietileno de Alta Densidade, para uso Metroferroviário.
- ABNT NBR 13.898 – Duto Espiralado Corrugado Flexível, em Polietileno de Alta Densidade, para uso Metroferroviário.
- ABNT NBR 14.692 – Sistemas de subdutos de polietileno para telecomunicações – Determinação do tempo de oxidação induzida. Representa o método de ensaio de Degradação.
- ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- ABNT NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
- ABNT NBR 14039: Instalações Elétricas de Média Tensão (1kV a 36,2kV)

5 MANUTENÇÃO

Este documento tem como finalidade apresentar as principais características e especificações necessárias para o complexo de manutenção do sistema de VLT de Brasília, tendo como foco o Material Rodante, Sistemas Fixos, Via Permanente e Edificações. Com relação ao Material Rodante foi considerando como premissas uma frota de 30 veículos de sete módulos e com aproximadamente 45m de comprimento, cada um.

Para se estruturar um complexo de manutenção que atenda às necessidades da frota de material rodante, sistemas fixos, via permanente e edificações, devem ser consideradas as características e os equipamentos que permitam a realização das diversas atividades da manutenção.

No caso específico dos Sistemas Fixos, deverá ser destinada área aproximada de 250m², ora denominada de Base de Manutenção de Energia e Base de Manutenção de Sinalização, envolvendo as manutenções preventivas (Roteiros de Manutenção) e corretivas dos seguintes Sistemas:

- Sistema de Energia;
- Sistema de Semaforização;
- Sistema de Telecomunicações :
 - Radiocomunicação (SRC);
 - Sistema de Transmissão de Dados(STD);
 - Sistema de Comunicações Fixas(SCF);
 - Sistema de Monitoração Eletrônica(SME);
 - Sistema de Multimídias(SMM);
- Sistema de Sinalização;
 - Sinalização e Controle Centralizado;
 - Sistema de Rastreamento de Veículos;
- Sistema de Controle e Arrecadação de Passageiros (SCAP);
- Sistema de Porta de Plataforma;
- Sistema de Controle de Acesso;
- Laboratório de Eletrônica, envolvendo os Sistemas Fixos e Material Rodante.

No caso específico da Via Permanente e Edificações um galpão, com acesso as vias de manutenção, estacionamento e via principal.

Devido à complexidade estrutural do Complexo de Manutenção para o Material Rodante, serão apresentadas, abaixo, as principais diretrizes deste, e não sendo exclusivo.

MATERIAL RODANTE

Deverá ser considerado durante a fase de projeto, áreas destinadas à manutenção preventiva, considerando o acesso dos profissionais aos componentes do veículo; áreas para inspeções diárias, onde cada veículo, antes de entrar em operação, passe por um check list rápido, a fim de prevenir imprevistos no início da operação; áreas para atividades de manutenção mais pesadas, onde a infra-estrutura disponha de máquinas e equipamentos que facilitem este tipo de atividade; área para a limpeza interna diária nos veículos; área destinada à manutenção de equipamentos e componentes; salas técnicas, vestiários,

banheiros e refeitório para as equipes, além de setores auxiliares como ambulatório, recepção, guarita, depósito de lixo, descartes de resíduos, tratamento de água, almoxarifado, prédio administrativo, subestações, entre outros.

Fator relevante com relação à localização do complexo de manutenção: Esteja em paralelo com as vias principais de operação, para que a retirada e a injeção de veículos na operação sejam facilitadas, não havendo interferência com o tráfego rodoviário.

É importante também que o complexo possua uma configuração de via permanente e rede aérea que sejam elaboradas de modo que, em caso de uma falha em um desses sistemas, ele não fique isolado e sem acesso ao Material Rodante, podendo operar mesmo que em modo degradado, alterando chaves de via ou de rede aérea, até que a equipe de manutenção correspondente elimine a falha.

As instalações do complexo devem fornecer espaço suficiente e equipamentos adequados e planejados em torno das seguintes atividades:

Atividades de limpeza

- Limpeza interna diária
- Limpeza externa, pelo menos a cada três dias;
- Limpeza reforçada de quinze dias a um mês;

Manutenção do material rodante

- Manutenção Diária
- Manutenção Preditiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Pesada (grandes revisões)

Manutenção da oficina e equipamentos

- Manutenção elétrica
- Manutenção eletrônica
- Manutenção e conservação dos equipamentos
- Manutenção da via seus componentes
- Manutenção do APS e rede aérea
- Manutenção predial

5.1 FUNCIONALIDADES DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO DO MATERIAL RODANTE

As instalações do Complexo devem fornecer o espaço e os equipamentos necessários para instalar as infraestruturas necessárias, ou seja: Edificações, equipamentos, energia de tração, APS, rede aérea, sistemas de operação, sinalização, comunicações, vigilância por vídeo, entre outros. As principais funcionalidades que serão abordadas para as intervenções de manutenção do Material Rodante são:

- Pátio de estacionamento e manobra dos veículos;
- Centro de controle da Manutenção;

- Vias para Manutenção (preventiva, corretiva e elevação de veículos);
- Edificação e Infraestrutura para lavagem e limpeza dos veículos;
- Manutenção das instalações da oficina;
- Setores de manutenção de componentes e equipamentos;
- Vestiários e banheiros;
- Centro gerencial e administrativo;

5.1.1 Pátio de estacionamento e manobra dos veículos

O Pátio de Estacionamento e manobra do VLT deve ter capacidade para atender a demanda de programação das intervenções de manutenção preventiva, corretivas e lavagens diárias nos veículos. Podendo ainda ser previsto para atender como estacionamento dos veículos fora do horário comercial.

5.1.2 Centro de Controle da Manutenção

Localizado no interior do galpão de manutenção, o Centro de Controle da Manutenção é um setor estratégico responsável por garantir a disponibilidade e confiabilidade da frota e dessa forma, fazer com que os processos de produção sejam cada vez mais eficientes. O Centro de Controle da manutenção deverá contemplar sala para a supervisão técnica, sala para as equipes técnicas, sala para o controle operacional da oficina, sala para acomodação transitória dos condutores, além de uma sala de reunião. É importante que as salas de supervisão técnica e de controle operacional tenham uma visão panorâmica das vias de intervenção de manutenção. Nessa estrutura deverá ser previsto também banheiros masculinos e femininos. Neste Centro de Controle da Manutenção, também, contemplará todos os outros Sistemas.

5.1.3 Vias Para Manutenção

Para que o complexo de manutenção atenda às diversas demandas de manutenção ele deve estar equipado com as seguintes vias:

5.1.3.1 Vias para Intervenções preventivas e corretivas

Deverá ser prevista a construção de três vias internas sobre pilares, formando fossos de acessos para manutenção e inspeção sob estrado, devendo possuir rede aérea com sistema de sinalização e supervisão de rede energizada. O comprimento das vias deverá ser superior em 20m ao tamanho de um veículo, para possibilitar a construção de escadas de acesso pelas extremidades. A profundidade dos fossos deverá ser compatível com a correta ergonomia dos profissionais.

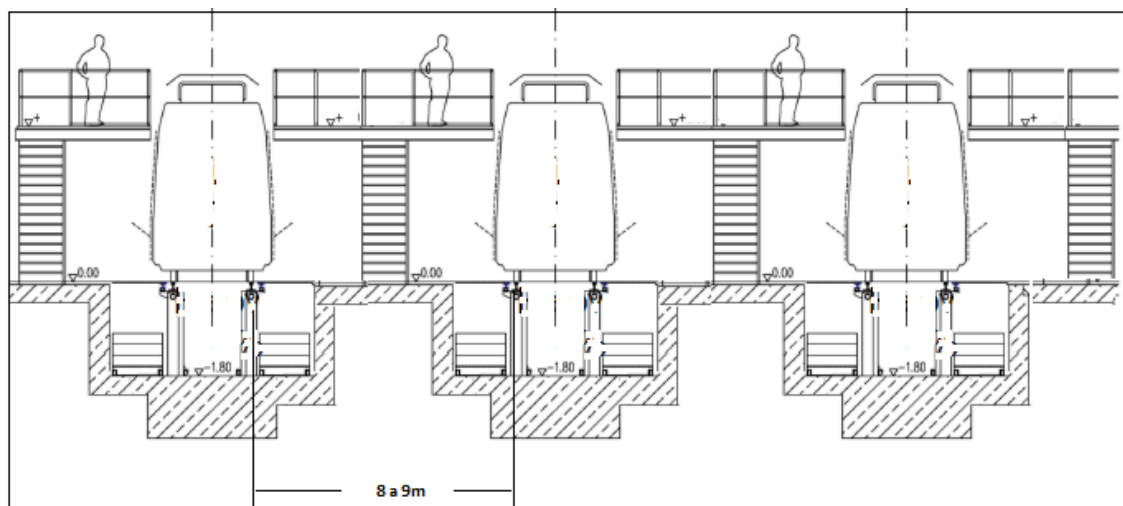
Os fossos de manutenção deverão ter iluminação adequada, tomadas de alimentação elétrica adequadas às intervenções de manutenção, pontos de alimentação pneumática e sistema de drenagem.

Entre estas três vias deverão ser instaladas plataformas aéreas para acesso aos equipamentos do teto do veículo por ambos os lados e com guarda corpo em toda a sua extensão. Deverão existir ainda plataformas laterais no nível do piso do veículo para operações em serviços de portas e outras atividades no interior.

As plataformas devem ter a extensão total da via e deverão conter tomadas elétricas e pontos de alimentação pneumática.

O distanciamento entre cada uma das vias deverá ser entre 8 e 9m a partir do boleto dos trilhos entre elas.

A figura abaixo apresenta uma ilustração das características citadas acima:



5.1.3.2 Vias para corretivas e operações de elevação

Será necessária a construção de uma via em nível de piso, sem fosso, de modo a permitir operações que necessitem a elevação do veículo por meio de macacos eletromecânicos. Essa via precisa ter afastamentos laterais compatíveis, não só para o posicionamento dos macacos, bem como para a circulação de empilhadeiras e plataformas pantográficas.

Em uma das extremidades da via deverá ser instalado um girador de derivação de via para o deslocamento de truques que necessitem de lavagem e intervenções no setor correspondente.

A extensão da via deve ser tal que permita operações de substituição de vidro e máscara frontal.

Deverão ser previstas facilidades como tomadas elétricas, iluminação e ar comprimido e ainda rede aérea com sistema de sinalização e supervisão de rede energizada.

5.1.4 Lavagem e limpeza dos veículos

Cada veículo deve ser inspecionado diariamente, com vistas a verificações no interior e exterior dos carros e inspeções diversas. Além disso, deve ser submetido a atividades de limpeza interna e externa. Para tal é necessária a construção de uma via ligada à via principal do pátio externo e ainda com fácil integração de acesso à via de intervenção corretiva para o caso de detecção de falhas específicas que demandem atendimento nas vias internas do galpão de manutenção.

5.1.5 Setores de manutenção de componentes e equipamentos;

No interior do galpão de manutenção do material rodante deverá existir uma área para acomodar os setores responsáveis pelos reparos e revisões nos componente e equipamentos dos veículos. Essa área deverá ter espaço suficiente para ser dividida entre os seguintes setores:

- Eletroeletrônica (Laboratório de Eletrônica – comum à todos os Sistemas)
- Equipamentos de propulsão

- Mecânica
- Manutenção de truques e acoplamentos
- Ar condicionado
- Manutenção de APS
- Manutenção de pantógrafos
- Acabamento e interiorismo
- Lavagem de peças
- Área para descarte provisório de resíduos

5.1.6 Manutenção das instalações industriais da oficina;

As instalações do galpão de manutenção devem contemplar uma área para acomodar a equipe de manutenção da sua estrutura, considerando um espaço físico adequado para atendimento das demandas de manutenção preventiva e corretiva de diversas funcionalidades, tais como: edificações, instalações elétricas, vias internas, limpeza, suprimento de ar comprimido, equipamentos fixos e móveis de apoio, etc., visando garantir a confiabilidade e a segurança do funcionamento dos equipamentos de todo complexo.

5.1.7 Vestiários e banheiros;

O dimensionamento do vestiário e das áreas destinadas aos banheiros deverá ser compatível com o quadro de pessoal alocado no complexo de manutenção e seguir a Norma Regulamentadora N° 24 (NR-24), que trata das condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho.

5.1.8 Centro gerencial e administrativo;

As edificações do complexo de manutenção deverão contemplar ainda os setores que integram o centro gerencial e administrativo, tais como: gerência, recepção, recursos humanos, financeiro, salas de reunião, auditório, área para treinamento, ambulatório, refeitório, etc.

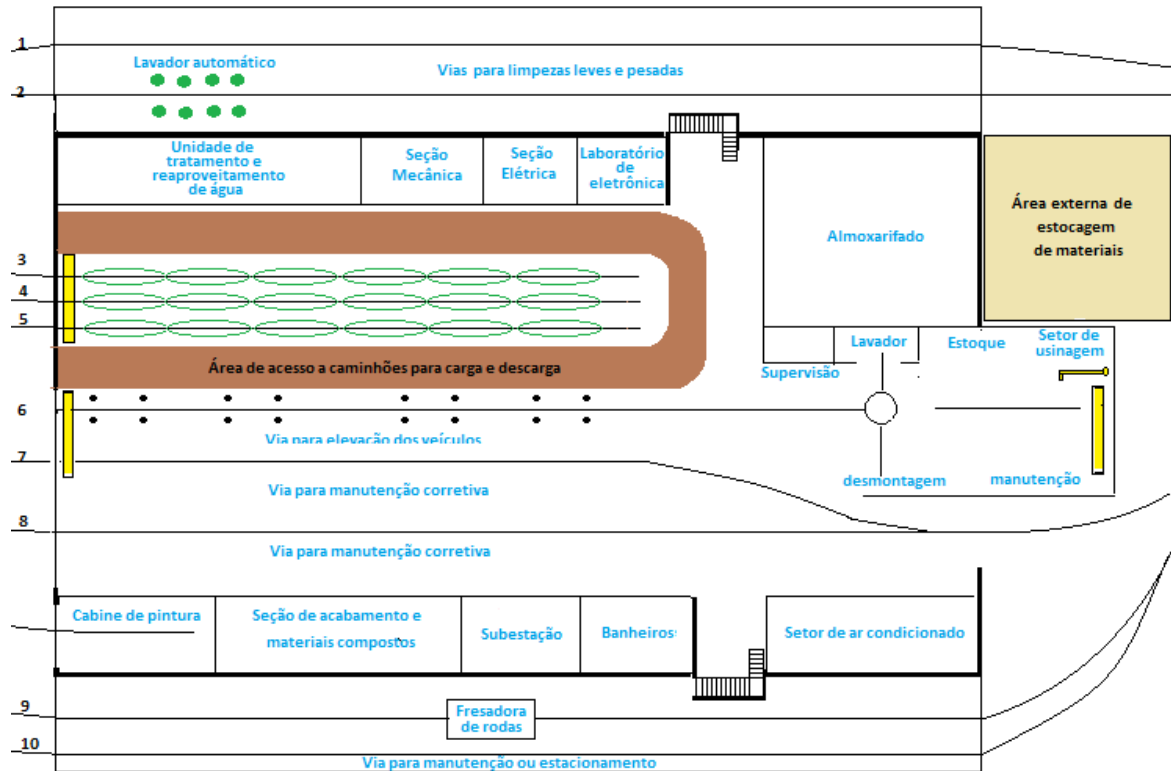
5.2 ESTRUTURA DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO

5.2.1 Vias de manutenção

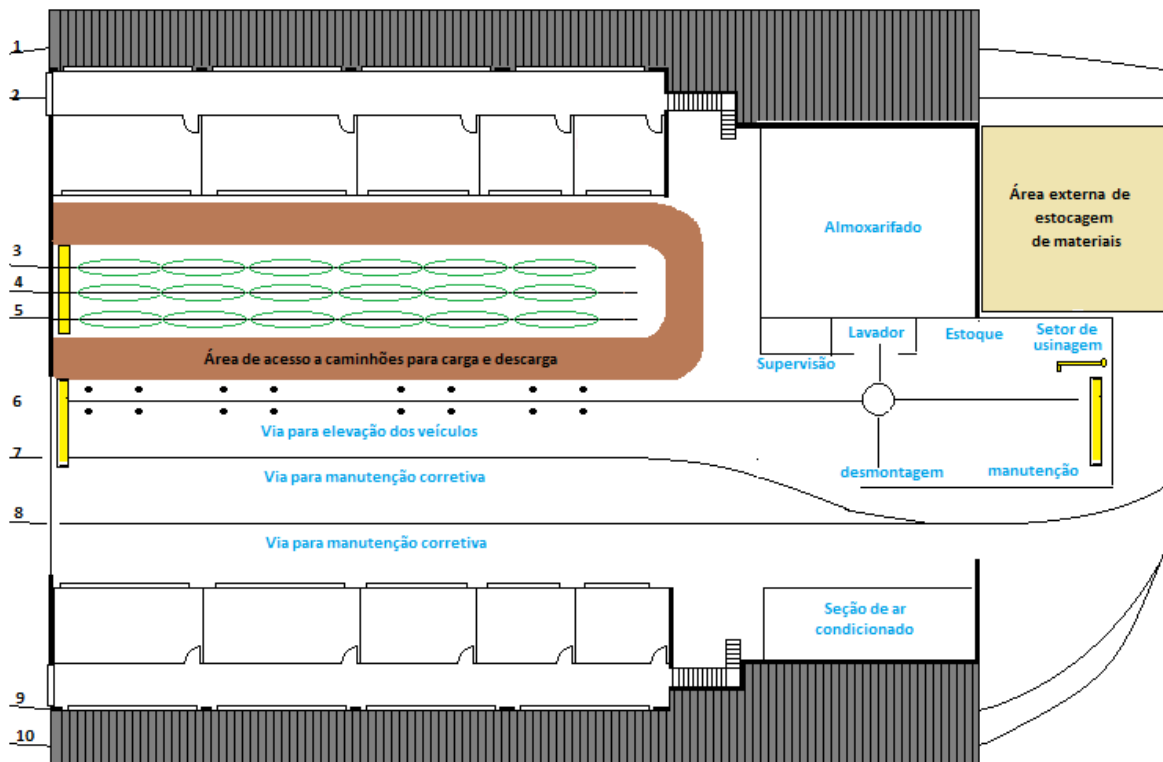
Conforme mencionado anteriormente o galpão de manutenção terá três vias internas sobre pilares para manutenção preventiva e uma via sem fosso estruturada para elevação dos veículos. Além dessas vias deverão ser construídas mais duas vias sem fosso para eventuais atendimentos de manutenção corretiva, sendo essas vias interligadas e uma delas com saída pela outra extremidade do galpão.

Mais quatro vias deverão ser consideradas na parte externa do galpão, sendo duas à esquerda da entrada do galpão, para lavagem dos veículos, e duas à direita, sendo uma para reperfilamento de rodas e outra para eventuais atendimentos também de manutenção corretiva ou estacionamento. Essas vias deverão ser totalmente cobertas.

A figura abaixo apresenta uma aproximação do layout da edificação idealizada, indicando a numeração de cada via, que servirá como referência utilizada mais à frente para identificar os detalhes dos equipamentos necessários em cada uma delas.



Sugestão de Layout para o Galpão de manutenção – vista do primeiro piso



Sugestão de Lay Out para o Galpão de manutenção – vista do segundo piso

A via 1, posicionada estrategicamente ao lado do lavador automático, tem como finalidade a realização de limpeza interna dos veículos, devendo ser equipada com iluminação adequada, pontos de água e energia ao longo de toda a sua extensão.

A via 2 será a via de acesso ao lavador automático, tendo como finalidade a lavagem externa dos veículos e também deverá ser equipada com iluminação, água e energia.

Para facilitar a manobra de recolhimento dos veículos no final da operação estas duas vias deverão ter acesso ao pátio de estacionamento, para que os veículos entrem na oficina, passem pela lavagem diária e sigam para o serem guardados.

As vias 3, 4 e 5 destinam-se à manutenção Preventiva e devem ser equipadas com plataformas, conforme descrito no item 2.3.1. Ao longo de cada uma dessas vias deverá ser instalada uma ponte rolante de 2t para a elevação dos equipamentos sobre o teto.

A via 6, conforme descrito no item 2.3.2 deverá ser destinada ao posicionamento de macacos eletromecânicos para a elevação dos carros, principalmente para a remoção dos truques. No projeto de construção dessa via deverá ser considerado um reforço nas bases de apoio dos macacos eletromecânicos para evitar o afundamento do solo.

Para facilitar o deslocamento de truques, deverá ser instalado no final da via 6 um equipamento girador de truques, permitindo o encaminhamento do mesmo para o setor desejado, seja para o setor de lavagem, seja para o setor de manutenção de truques. Nessa via não será necessária a instalação de ponte rolante, apenas a distribuição de iluminação, energia e pontos de ar comprimido.

As vias 7 e 8 serão destinadas às diversas atividades de manutenção corretiva que não necessitem de acesso ao sob estrado. Ao longo dessas duas vias deverá ser instalada uma ponte rolante com capacidade de 10t, que além de atender as necessidades de manutenção corretiva no VLT, atenderá também eventuais necessidades de carregamento e descarregamento de materiais e equipamentos.

O espaçamento entre as vias 6, 7, e 8 e suas laterais deverá ser dimensionado de forma adequada para o trânsito de empilhadeira, mesmo em caso de estarem ocupadas com VLT's estacionados.

As vias 9 e 10 estão localizadas na parte externa, adjacente ao galpão e também deverão estar sob cobertura. A via 9 será destinada ao trabalho de reperfilamento de rodas, portanto deverá ser prevista a construção de um fosso para instalar um torno subterrâneo, onde serão feitas as usinagem de rodas

A via 10 terá dupla funcionalidade, podendo ser utilizada tanto para atendimento de manutenção, como para estacionamento temporário de veículos.

As dez vias que compõem o galpão deverão ser energizadas para tração e interligadas para facilitar a retirada e injeção dos veículos na operação.

5.2.1.1 Equipamentos de suporte às operações de manutenção

Sistema de fornecimento de ar comprimido

Um sistema de fornecimento de ar comprimido deverá ser instalado, visando atender as necessidades das vias e setores de manutenção. Esse sistema deverá ser composto por compressores de ar, painel central de comando, reservatórios de ar, unidade purificadora de ar comprimido e rede de distribuição, devendo ser dimensionado considerando o número de pontos de alimentação, as demandas dos equipamentos e ferramentas pneumáticas, os fatores de simultaneidade e de utilização e o número de vias e setores de manutenção atendidas. Esse sistema deverá prever ainda um compressor reserva para o caso de vazão de consumo extraordinária.

Sistema de pontes rolantes

O sistema de Pontes Rolantes deverá ser formado basicamente por: vigas, cabeceiras, talhas elétricas, abastecimentos de força longitudinal e transversal e caminhos de rolamento.

Deverá ser prevista a instalação de pontes rolantes em pelo menos duas das três vias de manutenção preventiva. Estas poderão ser pontes rolantes apoiadas, uni viga e com capacidade de 2t, para um vão compatível com a distância entre as vias.

Deverá ser prevista também a instalação de uma ponte rolante para as vias de manutenção corretiva. Esta poderá ser ponte rolante apoiada, uni viga e com capacidade 10t, com vão compatível com o distanciamento entre as vias.

Cabine de pintura

Deverá ser prevista uma área para a instalação de uma cabine de pintura com ventilação e exaustão adequadas ao sistema de controle de emissões de gases e particulados. O sistema deverá ser do tipo pressão negativa, onde o ar contaminado com pigmentos, solventes e partículas em suspensão sejam aspirados para garantir um ambiente mais limpo. Este ar aspirado deverá passar por um processo de filtração de pigmentos e partículas antes de ser lançado para a atmosfera novamente.

A cabine deverá ser construída e alocada em uma área onde possa ser instalada uma via para acesso ao seu interior, possibilitando a entrada total ou parcial de um módulo cabine do veículo, a fim de possibilitar intervenções de reparo da máscara frontal.

Veículo rodoferroviário e rodoviário

Deverá ser prevista a utilização de um robô rodo ferroviário com alta capacidade de manobra para a realização e movimentações internas dos veículos, tanto nos trilhos, como fora deles. Sendo, preferencialmente com acionamento elétrico, por bateria. As manobras são possíveis tanto nas oficinas quanto em áreas de pátio com facilidade e segurança.

Deverá ainda ser previsto dois veículos rodo ferroviário, sendo um para atender a demanda da Via Permanente e o outro será utilizado para operações de resgate na via comercial, podendo em determinados casos, dependendo de sua configuração, auxiliar na manutenção externa a oficina de APS, rede aérea e sinalização. Deverá ainda ser previsto veículos rodoviários, na qual deverá ser dimensionado em função da demanda de manutenção.

Máquina para jateamento

Será necessária a disponibilização de um local específico para a instalação de uma unidade de jateamento, com ventilação adequada, ponto de energia compatível com a alimentação do equipamento e ponto de alimentação pneumática.

A unidade de jateamento deverá ser do tipo gabinete e com operação manual, onde o operador situa-se em ambiente separado, tendo acesso a peça somente por luvas de proteção e com acesso visual através de visores.

O material para o jateamento deverá ser de micro esferas de vidro, por ser pouco abrasiva, não reagir com os materiais tratados e não incrustarem nos materiais jateados.

A pistola deverá ser de sucção, acionada com ar comprimido e os coletores de pó deverão ser do tipo balão de tecido. Os sistemas de coleta de pó e reciclagem do abrasivo devem ser ligados numa determinada ordem que evite o acúmulo e o transbordamento

Para maior segurança é preciso que existam:

- Exaustores que provoquem uma descompressão interna na área da pistola, evitando a fuga de abrasivos no caso de falha de vedação;

- Sistema de bloqueio do funcionamento da pistola quando qualquer porta ou abertura estiver mal fechada;
- Sistema pneumático que impede a abertura das portas, só as liberando 30 segundos após o desligamento da pistola, dando tempo para a total decantação do pó, evitando sua fuga ou que venha a ser absorvido pelo operador.

5.2.2 Centro de controle da manutenção

O Centro de controle da manutenção terá um papel fundamental no cumprimento do planejamento e na execução das atividades de manutenção preventiva e corretivo, incluso os veículos e os sistemas. Para permitir um trabalho de equipe de forma ativa e seguindo metodologias e procedimentos específicos para cada atividade, haverá uma equipe alinhada com o gerenciamento, a programação e a tomada de decisões inerentes às atividades da oficina.

Desta forma, torna-se necessária uma edificação contemplando uma sala principal e uma sala de reunião com banheiro de acesso próximo. É importante que sua localização no interior da galpão tenha um posicionamento estratégico, de modo a possibilitar uma visão panorâmica das vias de manutenção.

5.2.3 Setores de manutenção de componentes e equipamentos

A manutenção preventiva é o estágio inicial da manutenção. Ela estabelece paradas periódicas com a finalidade de realizar inspeções ou reparos programados. Para garantir uma eficiência no processo e redução nos custos da manutenção é importante que existam setores especializados em cada área para a execução desses reparos de forma a agilizar a manutenção, disponibilizando equipamentos e componentes já revisados para uma possível substituição e mantendo um estoque em almoxarifado. Para isso deverão ser previstas áreas destinadas aos seguintes setores:

- Eletroeletrônica (Laboratório de Eletrônica – comum a todos os Sistemas)
- Equipamentos de propulsão
- Mecânica
- Manutenção de truques e acoplamentos
- Ar condicionado
- Manutenção de APS
- Manutenção de pantógrafos
- Acabamento e interiorismo
- Lavagem de peças
- Área para descarte provisório de resíduos

5.2.3.1 Laboratório de eletroeletrônica

O Laboratório de Eletroeletrônica atenderá às necessidades da manutenção preventiva e corretiva, fornecendo equipamentos revisados e calibrados para todos os setores. Seu principal objetivo é atuar na manutenção dos equipamentos eletroeletrônicos, como fontes de alimentação, placas de inversores, CLP's, sistema de PIS/PA, sistema de vídeo vigilância, módulos eletrônicos e componentes diversos, etc. O laboratório deverá contar com uma área que atenda às necessidades de manutenção e expedição, com capacidade

para acomodar a infraestrutura necessária, tais como, bancadas de trabalho, armários e estantes para armazenamento de componentes, bem como equipamentos reparados e aguardando reparo. Principalmente a área destinada as bancadas de trabalho deverão ser climatizadas.

5.2.3.2 Setor de equipamentos de propulsão

A seção de equipamentos de propulsão executará as atividades de manutenção preventiva, corretiva e revisão geral dos equipamentos eletroeletrônicos relacionados ao sistema de tração, inversores de tração, motores, chaves e contadores. O setor deverá contar com uma área que atenda às necessidades de manutenção, expedição e circulação de empilhadeiras, com capacidade para acomodar a infraestrutura necessária, tais como: Guincho Girafa Hidráulico, bancadas, cavaletes, armários e estantes

5.2.3.3 Setor de manutenção mecânica

A seção de manutenção mecânica atenderá às necessidades da manutenção preventiva e corretiva do sistema de freio e demais equipamentos, realizando atividades de medição, limpeza, ajustes, lubrificação, regulagens e revisão geral. O setor deverá contar com uma área que atenda às demandas de manutenção e acomode a seguinte infra estrutura: Macacos hidráulicos, guinchos, cavaletes, bancadas, talhas elétricas, armários e estantes.

5.2.3.4 Setor de Manutenção de truques

O setor de manutenção de truques e acoplamentos deverá ser alocado na direção da via destinada ao içamento dos veículos, onde essa via terá ligação com o girador de truques. O girador deverá ser posicionado de forma tal, que ao ser retirado do veículo, o truque possa ser enviado tanto para o lavador como para a área destinada a manutenção. A ponte rolante que atenderá a via de içamento deverá ter acesso ao interior do setor, para atender às necessidades de movimentação dos truques. O setor deverá prever uma área para a instalação de um pequeno complexo de usinagem, que deverá contar com um torno paralelo para usinagem de eixos e rodas e um braço giratório com talha elétrica para a movimentação, entre outras cargas, dos rodeiros e dos eixos, além de uma furadeira de coluna, uma serra alternativa. O layout para setor deverá considerar ainda espaço para circulação de empilhadeira, bem como a instalação de cavaletes, bancadas, estantes, armários para guarda de ferramentas, área de estocagem e sala de supervisão.

5.2.3.5 Setor de manutenção de ar condicionado

O setor de ar condicionado atenderá às necessidades da manutenção preventiva e corretiva das unidades de ar condicionado, efetuando revisões nos ventiladores axiais, evaporadores, condensadores, filtros, compressores, entre outros. O setor realizará também atividades de revisão geral e pequenas reformas. Para a execução destas atividades o setor deverá contar com espaço destinado ao tráfego das empilhadeiras, que farão a movimentação das máquinas, bem como para a infraestrutura de alocação de guinchos girafa, bancadas, armários de aço, cavaletes de apoio e estantes, além de uma sala para a supervisão.

5.2.3.6 Setor de manutenção de sapatas APS e pantógrafos

Este setor atuará nas atividades de manutenção preventiva, corretiva e revisão geral de sapatas APS e dos pantógrafos de toda a frota, executando atividades de limpeza, reparos na pintura, substituição de componentes, ensaios com partículas magnéticas, regulagem de pressão, entre outras atividades. O setor deverá ter espaço compatível com a alocação dos seguintes equipamentos: guinchos girafa, bancadas para manutenção e reparos, armários em aço, estantes e cavaletes para armazenagem de sapatas APS e dos pantógrafos recuperados e aguardando reparos.

5.2.3.7 Setor de acabamento e interiorismo

Este setor englobará todas as atividades de manutenção de peças de acabamento do interior e exterior do veículo, incluindo máscara frontal, contemplando reparos em fibra de vidro e pintura de pequeno porte. Para os serviços com fibra de vidro será necessária a instalação de um sistema forçado de renovação de ar por exaustores. A área destinada deverá comportar a instalação de uma cabine de pintura, bancadas para serviços de reparos em componentes de fibra, bancadas para reparos diversos, cavaletes, armários de aço, armários corta fogo e estantes para guarda de ferramentas.

5.2.3.8 Setor de lavagem de peças

Deverá ser construída uma área destinada à lavagem de truques, ar condicionado e componentes em geral. Este local deverá ser localizado no interior do setor de manutenção de truques. O piso da área de lavagem deverão ser impermeáveis, com caimento adequado e totalmente coberto com grades, de modo a permitir o escoamento da água de lavagem para uma canaleta que conduzirão os efluentes para um reservatório de captação e separação de óleo/água. Esta área deverá ser abrigada da chuva para que não haja contaminação das águas pluviais.

O sistema de tratamento dos efluente gerados deverão passar por processos de separação dos materiais pesados arrastados pela água, pela remoção e armazenado do material sólido separado, separação de óleo da água, armazenamento para descarte apropriado do óleo, armazenamento da água e transferência desta água para um reservatório de reutilização.

5.2.3.9 Área para descarte provisório de resíduos

Deverá ser destinado um local para estocagem temporária de resíduos sólidos para posterior descarte. O local deve atender aos requisitos legais da Política Nacional de Resíduos Sólidos, considerando a classificação de resíduos sólidos envolvidos, a identificação e a atividade de origem para que seja realizado um processo planejado de separação, acondicionamento e coleta conforme sua constituição ou composição. Para atender à Política Nacional de Resíduos Sólidos o local deverá ser separado por classe de resíduos, estima-se um volume de armazenamento de 0,5m³ para os resíduos de classe I, 0,5m³ para os de classe II e capacidade de 400L para reciclagem de óleos. Para os resíduos de classe I e II deverão ser disponibilizadas duas caçambas com as capacidades correspondentes e para o armazenamento do óleo, dois tambores de 200L posicionados sobre um contentor para evitar contaminação em caso de derramamento. Uma opção seria a construção de um local com a área total preparada para contenção. Essa área deverá ter uma profundidade de, pelo menos 0,4m e ser toda coberta com estrado de madeira ou grades de metal. É importante que este local seja coberto e bem ventilado.

5.2.4 Infraestrutura para lavagem e limpeza dos veículos

Os veículos, após o termino da operação, deverão passar diariamente por uma limpeza programada, que pode ser leve ou pesada. Para a execução destas atividades é necessária a existência de duas vias, uma para lavagem e outra para limpezas leves e internas. Estas duas vias deverão ter acesso direto à via principal de operação para facilitar o processo. Além deste acesso, será preciso que se tenha uma facilidade para manobrar os veículos para as vias de manutenção, caso seja encontrada alguma irregularidade técnica durante a limpeza.

Uma Máquina automática para lavar os veículos deverá ser instalada em uma das vias fora do galpão manutenção. O equipamento de controle, bombeamento e reciclagem da água deverá ser instalado dentro de uma sala próximo ao lavador, onde deverão ser acomodados também todos os cabos e tubulações necessários para operar o sistema.

O Equipamento que deverá ser instalado na área de lavagem deverá ser composto por um Sistema de Controle de reciclagem e Tratamento de Água. O número de escovas deverá ser configurado e projetado para garantir a eficiência e qualidade de lavagem do veículo.

O sistema deverá ser projetado para lavar as laterais da caixa do carro, as partes dianteira e traseira e a borda dianteira, quando este passa pela área de lavagem em um único sentido. O equipamento deverá ser capaz de lavar de forma eficiente uma composição completa.

Os equipamentos que compõem o sistema deverão ser ativados automaticamente com a entrada do veículo na área de Lavagem ou ser ativado manualmente em um painel de controle local.

O local de lavagem deverá ser construído em concreto, ser capaz de coletar a água usada e escoá-la para o tanque de coleta subterrâneo. Deve também possuir um local plano e nivelado para a instalação dos equipamentos.

O coletor de água deverá ser instalado entre o local de lavagem e a sala de equipamentos. O tanque deverá permitir que os sólidos sedimentem antes da água ser enviada para o processo de reciclagem. Um reservatório de água potável para lavagem dos veículos deverá ser instalado na sala de equipamentos, onde serão acomodados também o painel de controle local, o equipamento de bombeamento, o sistema de reciclagem, os tanques de detergente e equipamentos dosadores.

Uma plataforma deverá ser instalada na área de lavagem para fornecer o acesso ao teto de um veículo inteiro.

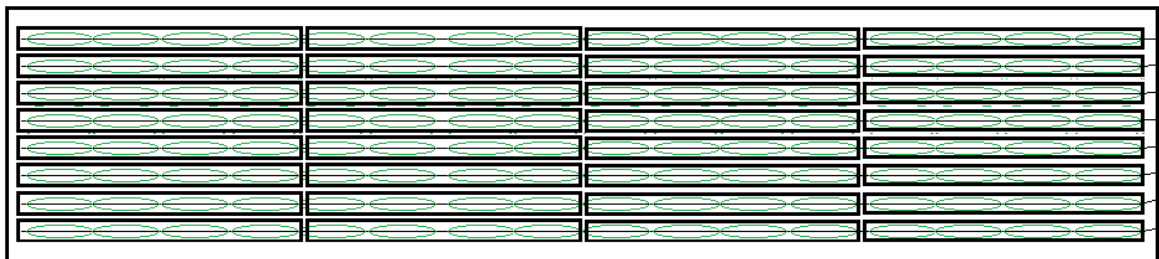
O acesso ao interior do veículo deverá ser feito em uma segunda via, que deverá ser destinadas para serviços de limpeza interna. Ela deverá ser equipada apenas com iluminação e pontos de água e energia.

5.2.5 Pátio externo

5.2.5.1 Estacionamento e manobra de VLT's

O Pátio de estacionamento, para que cumpra a função de abrigar todos os veículos de forma eficiente, deverá ter um número de vias e uma estrutura básica para os atendimentos de revisão diária. Cada via deverá ser energizada por rede aérea, ter uma iluminação adequada e pontos de energia elétrica para eventual uso de máquinas e equipamentos.

Considerando o comprimento total de cada veículo e o tamanho da frota, deve ser previsto um arranjo de 8 vias férreas, com a capacidade para quatro veículos cada. Considerando-se ainda um distanciamento de 2m entre cada veículo, tanto das laterais, quanto das cabeceiras. Portanto estima-se um pátio de 8.000m², sendo 200m de comprimento e 40m de largura.



5.2.5.2 Estacionamento e acesso rodoviário

O pátio externo do complexo de manutenção, além de conter as vias de estacionamento e manobra dos VLT's, deve prever área para atender às demandas de entrada e saída de

caminhões de pequeno a grande porte, permitindo acesso estratégico à via rodoviária externa.

Deverá possuir ainda área segregada para estacionamento de veículos automotivos.

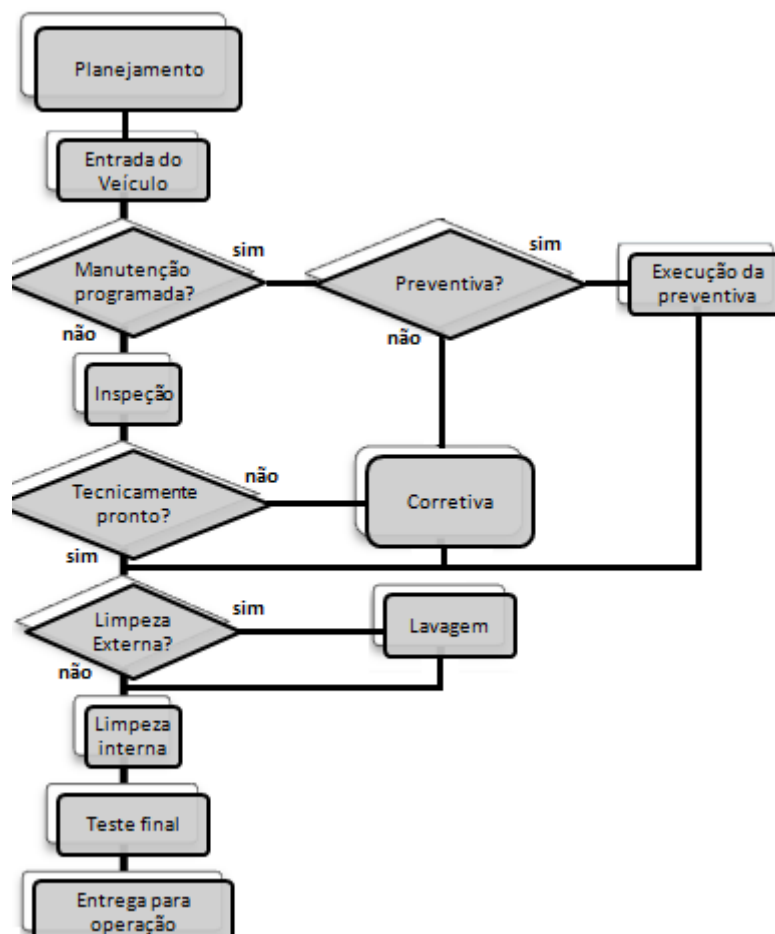
O acesso deve ser contemplado com edificação para portaria e recepção, com infraestrutura adequada, incluindo sistema de vigilância.

Deverá ser dimensionado adequadamente de forma a viabilizar manobras e acessos de caminhões e carretas para entrega de materiais, equipamentos e ainda descarregamento de módulos de VLT's, que nesse caso é imperiosa a previsão de acesso às vias férreas do pátio.

5.3 OPERAÇÃO DO COMPLEXO DE MANUTENÇÃO

As funções básicas do Complexo de manutenção do material rodante serão inspecionar, manter, limpar e estacionar a frota de veículos, de forma a garantir a qualidade e a confiabilidade da operação. Para que tudo aconteça corretamente e não cause atrasos ou prejuízos para a operação é necessário que o planejamento da manutenção seja muito bem executado. As principais atividades realizadas no complexo serão: inspeções diárias, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção corretiva, lavagem nos veículos e revisões em geral. Para isso é preciso que um processo sequencial de decisões seja tomado para que a programação execute o planejamento de forma eficaz.

Os processos de inspeção e manutenção estão ilustrados de forma resumida no fluxograma abaixo:



A sequência descrita deve ser seguida para garantir o bom funcionamento da complexo de manutenção, ou seja, os veículos que, ao terminarem a operação comercial diária e entrarem no pátio, passarão por um processo de limpeza e seguirão para o estacionamento.

Todos os veículos, antes de serem encaminhados para a operação comercial diária, deverão, antes de sair do estacionamento, passar por uma inspeção de rotina leve.

Os veículos que estiverem programados para intervenções de manutenção devem ser encaminhados para as vias correspondentes. Concluídas tais intervenções os mesmos devem passar pelo processo de limpeza e somente então serem entregues à operação comercial.

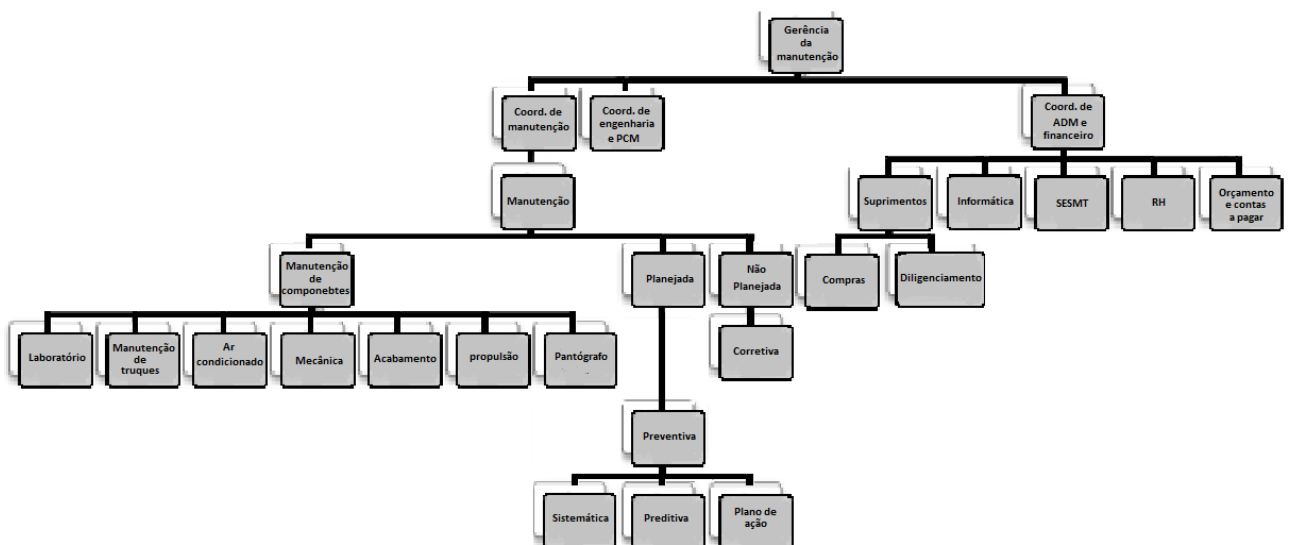
Quando algum imprevisto ou incidente ocorrer com a rede aérea, via permanente ou até mesmo com um veículo e que não seja possível a realização da sequência das atividades conforme descrito acima, o pátio deverá estar preparado para operar na Condição de operação Degradada.

No caso de uma falha no suprimento de energia para qualquer uma das vias, deverão existir condições de manobra para que a via principal seja capaz de prover alimentação para o complexo de manutenção de forma a permitir a continuidade das operações.

No caso de falha de algum desvio da via, a inserção e remoção de veículos não poderão ser afetadas. Problemas nas vias internas são aceitáveis e devem ser previstas, para isso um duplo acesso ao pátio de manobra é a melhor opção, quando comparado com um único acesso, pois em situações de falha na movimentação dos veículos que impeçam a entrada do veículo, devem ser previstas manobras alternativas para que eles entrem pela via de saída. No caso de ocorrer alguma interdição por falha do veículo deve existir um equipamento que possa rebocá-lo e liberar via de acesso para que não ocorram atrasos.

5.3.1 Estrutura organizacional

A estrutura organizacional da manutenção está disposta, hierarquicamente em três níveis. No topo a Gerência da manutenção, responsável pela operação do sistema. No segundo nível as Coordenadorias de Manutenção, Coordenadoria de Engenharia e PCM e Coordenadoria de ADM e Financeiro. O terceiro nível a são das áreas operacionais de cada coordenadoria.



5.3.1.1 Matriz de responsabilidades

Gerência de manutenção

A Gerência de Manutenção é responsável pela coordenação das equipes técnicas, suprimentos, administrativo e financeiro do complexo de manutenção, promovendo uma perfeita integração das áreas no cumprimento das metas estipuladas.

Coordenadoria de manutenção

A Coordenadoria de Manutenção é responsável pela coordenação das atividades das equipes de manutenção preventiva e corretiva dos veículos, bem como dos subsistemas e equipamentos, identificando as causas das falhas e desenvolvendo soluções em conjunto com a engenharia, além de elaborar planos de treinamento técnico para o desenvolvimento das equipes.

Coordenadoria de Engenharia & PCM

Responsável pelo planejamento e controle das atividades de manutenção, incluindo a programação, abastecimento e controle dos materiais necessários, visando a eficiência do processo, o adequado desempenho da frota, adequando e desenvolvendo planos de manutenção preventiva, corretiva e preditiva, controlando os indicadores de desempenho da frota de trens e os custos da operação de manutenção.

Responsável pela análise e diagnóstico de ocorrência de falhas nos veículos, propondo e implementando soluções técnicas.

Responsável pela elaboração de relatórios gerenciais internos.

Coordenadoria de Administração e Financeiro

Responsável pela coordenação dos setores de Suprimentos, Informática, Segurança e Medicina do trabalho, Recursos Humanos, Orçamento e Contas a Pagar, em sincronismo com a Gerência da manutenção.

Suprimentos

Responsável pela coordenação e gestão da cadeia de suprimentos e de contratação de serviços, abrangendo os processos de compra de materiais, de contratação de terceiros e de diligenciamento, definindo os tempos de ressuprimento e os estoques mínimos junto ao Planejamento toda manutenção.

- **Compras** - Responsável pelos processos de compra e contratação de serviços de terceiros, desde a solicitação de cotação até o fechamento dos processos.
- **Diligenciamento** - Responsável pelo acompanhamento e desempenho das ordens de compra, após o recebimento pelos fornecedores

Segurança e Medicina do trabalho

Responsável por realizar auditorias, acompanhamentos e avaliações das áreas de manutenção; Participar de perícias e fiscalizações; Identificar variáveis de controle de doenças, acidentes, qualidade de vida e meio ambiente; Investigar e analisar acidentes e recomendar medidas de prevenção e controle.

Recursos humanos

Responsável pelas atividades de seleção e recrutamento, controle de frequência, avaliação de desempenho, política de treinamento e políticas de motivação e bem estar da equipe.

Orçamento e Contas a pagar

Responsável pela orçamentação e controle de despesas, bem como pela programação e controle de pagamento de faturas.

5.4 SISTEMA DE MANUTENÇÃO

Durante a operação dos veículos, a atuação isolada ou combinada dos diversos sistemas elétricos, eletrônicos, mecânicos, pneumáticos e de refrigeração, que geram comunicação, conforto e segurança para o usuário, requer a aplicação de diferentes tipos de manutenção e a avaliação permanente dos resultados obtidos.

Desta forma, a execução do Plano de Manutenção converte-se em uma atividade dinâmica, sujeita a melhorias a partir da análise das seguintes variáveis envolvidas na vida útil de um componente:

- Tempo de operação do componente;
- Quilometragem percorrida;
- Distribuição das falhas por veículo, sistemas e componentes.

Assim, o alcance dos índices de confiabilidade e disponibilidade desejados, baseia-se na análise das falhas e no conhecimento dos sistemas e componentes envolvidos.

A análise das falhas será executada por profissionais experientes, com sólidos conhecimentos em manutenção, e com vasta experiência nos equipamentos e sistemas aplicados em VLT's.

Desta forma, o ajuste do Plano de Manutenção Preventiva, ocorrerá pela combinação de ações em função da quilometragem percorrida, e do prazo entre as revisões, e tem como objetivo o aumento da vida útil dos componentes e por consequência a redução do número de falhas e otimização do uso de mão de obra na Manutenção Corretiva.

Existem casos em que a análise das falhas remete a implantação de ações emergenciais, que se implantadas na Manutenção Preventiva, mesmo naquelas de maior incidência, pode converter-se em resultado de médio ou longo prazo. Assim, sempre que for necessário buscar resultados de curto prazo, uma vez que os profissionais da engenharia determinem as ações a tomar, predefinindo os insumos, mão de obra e demais recursos necessários, é estabelecido um Plano de Ação, que oscila entre a Manutenção Modificativa e a Manutenção Corretiva não Planejada.

A Manutenção Corretiva não Planejada, executada por profissionais polivalentes, deve ser minimizada ao máximo, pois este tipo de falhas gera desconforto ao usuário e prejuízos diversos.

Dentre os principais sistemas de manutenção citados, destacam-se:

Manutenção Planejada - É a manutenção organizada com antecedência e controlada pelos procedimentos de Manutenção Preventiva e pelos Planos de Ação desenvolvidos pela Engenharia;

Manutenção Preventiva - É a manutenção programada, efetuada segundo critérios predeterminados, conduzida com o objetivo de reduzir a probabilidade de um sistema ou componente do veículo falhar;

A Manutenção Preventiva pode ser desenvolvida de forma sistemática ou por ações preditivas, ambas inseridas nos procedimentos e planilhas de registro das atividades de manutenção, e que, por sua vez podem determinar ações corretivas sempre que o componente inspecionado tenha que ser substituído em razão de não permitir o alcance dos

parâmetros operacionais definidos, ou em razão de reparos em bancada por ter atingido o limite de uso operacional;

Manutenção Preventiva Sistemática - É aquela realizada no cumprimento dos procedimentos de manutenção, baseada no controle visual, dimensional, limpeza, aferições, etc.

Manutenção Preventiva Preditiva - É aquela que permite conhecer o estado do equipamento mediante a avaliação de variáveis, como vibração, temperatura, aspecto visual, cor, etc.

Plano de Ação - É o conjunto de atividades corretivas desenvolvidas para corrigir desvios, que por sua vez são geradores de falhas, e que devem ser implementados e concluídos, geralmente em curto prazo.

Manutenção não Planejada - Corretiva - É a correção da falha de maneira aleatória, e mesmo havendo profissionais habilitados e a postos para corrigir e restabelecer as condições operacionais do veículo.

5.4.1 Recursos de infraestrutura

A execução das atividades de manutenção, tendo em vista sua complexidade, somente poderá ser realizada com a disponibilização dos meios necessários ao desenvolvimento de cada uma das tarefas envolvidas. Para isso, além da infraestrutura operacional do complexo de manutenção deverão ser disponibilizados os recursos necessários para a execução direta da manutenção como equipamentos, ferramentas, pessoal e peças de reposição. Assim a título sugestão, serão apresentados a seguir algumas facilidades indispensáveis à realização das atividades de manutenção.

5.4.1.1 Ferramentas e instrumentos

A manutenção dos veículos, em decorrência da diversidade de subsistemas, conjuntos e subconjuntos envolvidos, requer a existência de diferentes recursos para a sua realização, como os citados no item 3 (Estrutura do complexo de manutenção). Além da infraestrutura física e de equipamentos é muito importante que as equipes que executam a manutenção tenham à disposição as ferramentas individuais necessárias para a execução de cada atividade. Para isso é aconselhável que seja disponibilizado um local onde as ferramentas, tanto individuais, como coletivas sejam armazenadas, conservadas e distribuídas, de forma que se tenha um controle de fornecimento minimizando os prejuízos com possíveis perdas.

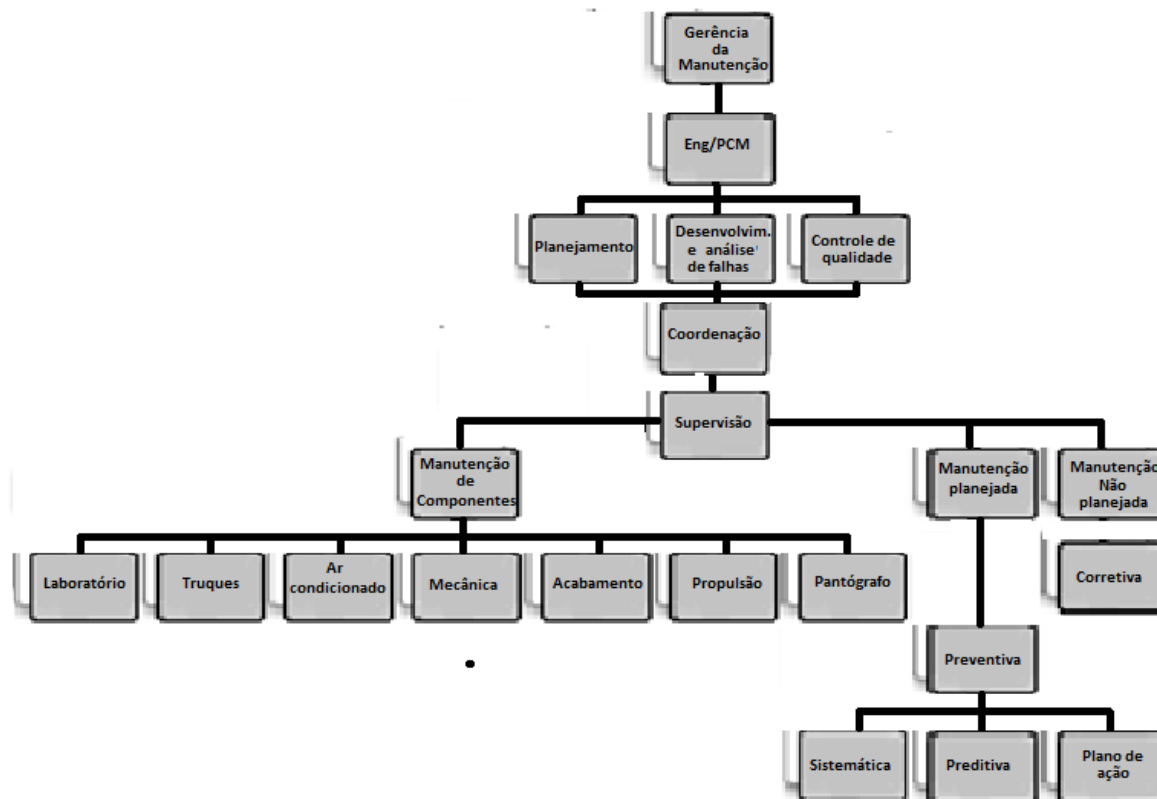
5.4.1.2 Equipes técnicas

Pela diversidade de subsistemas que compõem o material rodante e a grande gama de tecnologia envolvida, a manutenção requer também uma equipe técnica com diversos níveis de formação, conhecimento e especialização. Assim, a equipe que compõe a manutenção deve atuar nos subsistemas em atividades que abrangem desde o auxiliar até o especialista, passando por profissionais de nível médio, técnico e superior, seja na parte de mão de obra direta como no gerenciamento e controle da manutenção.

As atividades de manutenção se iniciam no setor de Engenharia/PCM, onde as áreas de planejamento, desenvolvimento e controle de qualidade definem as metas, controlam indicadores, criam planos de manutenção e gerenciam as atividades de forma que se mantenham os indicadores pré-determinados.

Com as diretrizes determinadas, os supervisores de cada área coordenam a execução das atividades dos profissionais de cada área, alimentando com informações o setor de engenharia.

As equipes de mão de obra direta executam as atividades seguindo os roteiros e procedimentos para cada atividade de forma padronizada para garantir a qualidade no resultado da manutenção.



5.4.1.3 Sistema de Gerenciamento

A gestão da manutenção, envolverá o material rodante e todos os outros Sistemas, é o processo de supervisionar o funcionamento regular dos recursos técnicos. Além de recursos permanentes como máquinas, equipamentos, instalações e ferramentas, essa supervisão evita:

- Paradas no processo de manutenção por equipamentos defeituosos;
- Desperdício de dinheiro em procedimentos de manutenção ineficientes;
- Impacto na operação comercial dos veículos, suprimindo viagens e comprometendo a confiabilidade do sistema.

Para atingir os níveis de qualidade e confiabilidade desejáveis, torna-se fundamental o uso de uma ferramenta que permita a gestão da manutenção como um todo, integrando diversos módulos que direta e indiretamente, influenciam nos resultados dos indicadores de performance dos veículos.

Dessa forma, deverá ser previsto e especificado um software de gestão integrada que permita o gerenciamento das atividades de manutenção preventiva, corretiva, preditiva e revisões, através da combinação prática, dentre outros, dos seguintes módulos.

- Programação automática das manutenções.
- Nivelamento de recursos.
- Abertura de ordens de serviços.
- Controle de estoque de materiais.

- Coleta de dados das movimentações: serviços - funcionários - materiais.
- Coleta de dados de medições dos pontos de controle.

A utilização do software de gestão, combinada com a competência de uma equipe técnica experiente, permitirá a obtenção dos seguintes e principais resultados:

- Aumento da disponibilidade de veículos e equipamentos;
- Agilidade do processo de ordens de serviço;
- Planejamento da manutenção;
- Identificação de falhas repetitivas;
- Otimização da mão de obra;
- Otimização dos indicadores de performance;
- Redução das tarefas administrativas;
- Tratamento da informação de forma objetiva e confiável.

6 REMANEJAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CEB

6.1 INTERFERÊNCIAS EXISTENTES NA W3 SUL

A rede de distribuição de energia elétrica da CEB na avenida W3 Sul corre no canteiro central. Para consecução das obras de implantação do VLT essa rede deverá ser remanejada, sendo necessária à realização de obras civis, na área de abrangência do Shopping Pátio Brasil até a Quadra 516 Sul.

- a) Construção das redes subterrâneas de média tensão na Avenida W4 Sul e dos ramais subterrâneos que alimentarão as Estações Transformadoras das quadras 500 e 700;
- b) Mudança da configuração das redes existentes das quadras 500 e 700 (reticulado spot network e/ou radial com recurso pela baixa tensão, para a configuração Primário Seletivo);
- c) Adequações das Estações Transformadoras (superior a 50 intervenções) em função da implantação do sistema de distribuição em primário seletivo (2 circuitos alimentadores e chaves de transferência automática de 3 ou 4 vias dependendo da instalação existente), confecção de emendas retas e de transição e instalação de acessórios desconectáveis;
- d) Construção das redes de distribuição e caixas especiais para as travessias sob a via férrea (VLT) das redes de 15 kV e, também, das 2 (duas) travessias de 34,5 kV da CEB;
- e) Transferência das Estações Transformadoras para as novas redes e suas energizações.

Na altura do Shopping Pátio Brasil até a quadra 502Sul constitui o trecho com maiores interferências, pois nele se encontra o sistema reticulado de 3 (três elementos) supridor, envolvendo: Setor Hoteleiro, Comercial Sul, Autarquia Sul e Bancário.

6.2 INTERFERÊNCIAS EXISTENTES NA W3 NORTE

As interferências do sistema subterrâneo da CEB com as obras de implantação do VLT na W3 Norte são apenas as redes existentes nos cruzamentos da citada avenida.

Trata-se de:

- a) Construção de caixas especiais e redes de travessias das redes de 15 kV, com pequenos trechos no canteiro central;
- b) Construção de caixas especiais e redes para travessias de 34,5 kV;
- c) Construção de caixas especiais e redes para 01 travessia de 138 kV.