



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)

## **ANEXO III**

# **DIRETRIZES BÁSICAS DO PROJETO**

### **VOLUME III ESTUDOS DE TRANSPORTE**



## Sumário

<b>2. Estudos de Transportes.....</b>	<b>3</b>
2.1. Plano Operacional, Traçado, Estações e Simulação de Marcha e de Energia ....	4
2.1.2. <i>Definição do Traçado Ajustado da Linha do Metrô .....</i>	<i>5</i>
2.1.3. <i>Levantamento das Desapropriações.....</i>	<i>9</i>
2.1.4. <i>Definição do Número, Localização e Programa de Necessidades das Estações .....</i>	<i>18</i>
2.1.5. <i>Definição da Localização e Programa de Necessidades do Pátio de Manutenção e Edificações Operacionais .....</i>	<i>32</i>
2.1.7. <i>Características Operacionais do Material Rodante.....</i>	<i>59</i>
2.1.8. <i>Simulação de Marcha.....</i>	<i>63</i>
2.1.9. <i>Simulação da Demanda de Energia e Dimensionamento das Subestações.....</i>	<i>65</i>
2.1.10. <i>Pré-dimensionamento da Frota do Trem .....</i>	<i>68</i>
2.1.11. <i>Lógica de Funcionamento dos Sistemas de Sinalização e Controle .....</i>	<i>78</i>
2.1.12. <i>Pré-dimensionamento da Movimentação dos Trens.....</i>	<i>82</i>
2.1.13. <i>Análise da Operação das Estações .....</i>	<i>91</i>
2.1.14. <i>Caracterização dos Sistemas.....</i>	<i>96</i>



## 2. Estudos de Transportes

Os estudos de transportes permitirão definir e dimensionar o sistema para atender a esses objetivos. Eles definirão a localização das estações, como a interface entre o sistema de transporte e a cidade, o traçado linear do sistema permitindo a movimentação dos trens, as características operacionais (headway, capacidade, tempo de percurso e frota) e os equipamentos necessários à operação (plano de via, pátio, sistemas de sinalização e controle, material rodante).



## **2.1. Plano Operacional, Traçado, Estações e Simulação de Marcha e de Energia**

Este item apresenta as diferentes características do sistema de transportes:

- Integração entre o sistema de metrô e os outros modais;
- Localização das estações e a adequação do traçado;
- Simulações de marcha e de energia;
- Definição da oferta e o plano operacional adequado;
- Características operacionais do material rodante e o dimensionamento da frota;
- Sistemas fixos.



## 2.1.2. Definição do Traçado Ajustado da Linha do Metrô

A seguir, está apresentada a descrição da definição do traçado da linha do metrô.

### a) Premissas do projeto geométrico

O traçado geométrico foi desenvolvido segundo as premissas constantes no Termo de Referência e complementadas por demais condicionantes de projeto, transcritas a seguir:

- Planta
  - Raio mínimo de curva horizontal na linha principal: 300 m;
  - Raio mínimo de curva horizontal no pátio de manutenção: 100 m;
  - Tangente mínima: 25 m;
  - Tangente de 180 m nas estações, sendo 136 m de plataforma e 22 m de folga antes e depois das plataformas, correspondente ao tamanho de um vagão.
  
- Perfil
  - Rampa mínima: 0,5%;
  - Rampa máxima: 4%;
  - Raio mínimo de curva vertical: 2.500 m;
  - Rampa de 0% com extensão de 180 m na região das estações;
  - Nível do boleto do trilho nas estações a no mínimo, 24 m de profundidade;
  - Cobertura mínima do túnel: 16 m;
  - Cobertura mínima do túnel sob os rios canalizados (a partir da cota de fundo): 11 m.
  
- Seção transversal
  - Diâmetro externo do shield: 11 m;
  - Bitola: 1,435 m;
  - Superelevação máxima: 143,5 mm (10% da bitola).



## **b) Considerações iniciais**

Estão apresentadas, a seguir, as condicionantes inicialmente elencadas, para a definição do traçado ajustado da linha do metrô:

- **Planta**

Segundo o Termo de Referência, o eixo de projeto da Linha 1 - Azul foi definido preliminarmente pelo IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, sendo vedadas nessa etapa alterações significantes no corredor a ser utilizado.

As alterações em planta resumiram-se a pequenos deslocamentos nas tangentes e ajustes nas curvas horizontais, especificamente nos pontos em que o projeto básico anterior não atendia ao raio mínimo de 300 m estabelecido para esse novo estudo.

Os comprimentos das clotóides (curvas espirais de transição) de entrada e saída também foram recalculados em função da nova superelevação, com o intuito de minimizar as acelerações laterais e o desconforto a bordo.

Procurou-se ao longo de todo o traçado ajustar o alinhamento de tal forma que os limites externos de atuação do shield (5,50 m para cada lado do eixo) não ultrapassassem o alinhamento predial existente, evitando interferências com as fundações das construções existentes.

Há alguns casos, porém, em que não foi possível a inserção da linha dentro desses limites, mas o levantamento dessas áreas indica que serão afetados apenas terrenos sem edificações ou com construções de baixo porte (inferior a três pavimentos), em geral sustentadas por fundações rasas.



Não houve alteração no segmento em elevado, sendo mantidas as mesmas condições do projeto básico anterior. Cabe ressaltar, porém, que o posicionamento da via nesse trecho será reavaliado na fase de projeto detalhado devido às obras-de-arte correntes e o projeto de extensão da Linha Verde-Sul, que deverá modificar a disposição das vias da Rodovia BR-476.

- Perfil

As modificações no greide foram mais significativas em razão, principalmente, da alteração do método construtivo anterior em cut and cover e NATM para o método em shield.

No segmento subterrâneo, a profundidade média do topo do boleto do trilho (nível de rolamento) passou de 12 m para 24, respeitando a condicionante preliminar desse método construtivo que define uma cobertura mínima de solo sobre o túnel de, pelo menos, 16 m.

Nos pontos interceptados por córregos e rios, foi respeitada uma cobertura entre o fundo desses e o topo do túnel de, pelo menos, 11 m (valor de um diâmetro da tuneleira).

As rampas foram ajustadas mantendo-se o mais próximo desses níveis, de forma que as estações e os poços de ventilação/saídas de emergência resultassem na menor profundidade possível, respeitando ainda os valores exigidos de rampas mínimas de 0,5% e máximas de 4%.



Os raios de curvatura vertical também foram revistos, mantendo raios mais confortáveis nos segmentos entre estações, onde a velocidade de operação é maior, enquanto os raios de menor valor estão posicionados nos segmentos próximos às estações, de menor velocidade.

Da mesma forma que em planta, não foram feitas modificações no greide do trecho em elevado, será compatibilizado em fase posterior com os greides de projeto da extensão da Linha Verde-Sul.



### **2.1.3. Levantamento das Desapropriações**

Para a execução do projeto do Metrô de Curitiba, serão necessárias quatro áreas, uma área terá por finalidade ser o pátio de manobras e instalações necessárias à administração e manutenção do metrô, outra para o emboque do túnel e, outras duas áreas servirão para produção e estocagem de aduelas.

Será necessário fazer a aquisição da área destinada ao pátio e instalações e da área destinada ao emboque, utilizando o processo de desapropriação.

As outras duas áreas poderão ser adquiridas ou alugadas, sendo que elas somente terão utilidade durante a construção do metrô.

As áreas necessárias para a execução do projeto são áreas relativamente grandes, e necessitam estar próximas à região do traçado. Como estão localizadas em uma região muito urbanizada, são cada vez mais raras de serem encontradas, sendo de alto valor comercial. A seguir, as áreas sugeridas serão detalhadas.

#### **2.1.3.1. Área do Pátio e Instalações**

As instalações necessárias à administração e manutenção do metrô, juntamente com o pátio, irão ocupar uma área de, aproximadamente, 220.000 m<sup>2</sup>. A única área encontrada, que atende à essa demanda e que está relativamente próxima do início da linha do metro, é uma área que fica na alça de acesso à Avenida Juscelino Kubitschek de Oliveira, trevo da Rodovia BR-116 com o Contorno Sul. A mesma tem dimensão de, aproximadamente, 350.000 m<sup>2</sup>.



Na imagem a seguir está apresentada a área do pátio.



### 2.1.3.2. Área para o Emboque

De posse do projeto geométrico e das definições do emboque do túnel, foi escolhida uma área de 3.800 m<sup>2</sup> entre a Rodovia BR-116 e o início da Via Rápida Pinheiro - Centro (Rua André Ferreira Barbosa).

Parte da área está sendo usada como revenda de caminhões usados e outra parte está desocupada.



A imagem, a seguir, ilustra a localização dessa área.



### 2.1.3.3. Área da Fábrica e Estocagem de Aduelas 1ª Etapa

A área que servirá para a fabricação e estocagem das aduelas a serem empregadas na construção do túnel deverá estar próxima à região do projeto, também servirá para montagem da tuneleira que necessita de, aproximadamente, 5.000 m<sup>2</sup>, portanto, o terreno deverá ter uma área total de, aproximadamente, 10.000 m<sup>2</sup>.



Áreas com essa dimensão e próximas à região do projeto são difíceis de serem encontradas. Nesse caso, a área identificada e sugerida está localizada na Rua Lothário Boutin, próxima à Via Rápida Pinheirinho - Centro e também próxima ao Terminal do Pinheirinho.

É um imóvel com 50.000 m<sup>2</sup>, sendo uma área muito maior do que o projeto necessita. Por isso, estão sendo sugeridas duas alternativas desta área, utilizando somente os 10.000 m<sup>2</sup>. Uma divisão com saída a pra a Rua Lothário Boutin e, outra divisão com saída para a canaleta do ônibus (Linha Verde - Terminal do Pinheirinho), conforme ilustrado na figura a seguir.





#### 2.1.3.4. Área da Fábrica e Estocagem de Aduelas 2ª Etapa

Essa área também servirá para a fabricação e estocagem de aduelas, para a segunda etapa da construção do metrô, e ao fim da construção servirá também para desmontagem da tuneleira. Foram encontradas duas opções, que estão localizadas na região norte de Curitiba, no Bairro Boa Vista.

##### a) Opção 1 (entre a Via Rápida e a Avenida Paraná)

Essa área de, aproximadamente, 14.000 m<sup>2</sup>, está localizada entre a Via Rápida (Boa Vista - Centro) e a Avenida Paraná (canaleta do ônibus), próxima à Rua da Cidadania do Bairro Boa Vista, estando a 1,4 km do Terminal de Santa Cândida (final do projeto do metrô) e, a 2,8 km do Terminal do Cabral (final da 1ª etapa de construção do metrô).

A seguir, está apresentada a figura que ilustra a área citada.





## b) Opção 2 (na Rua Lodovico Geronazzo a 700 m da Via Rápida)

Essa área de, aproximadamente, 11.300 m<sup>2</sup> está localizada na Rua Lodovico Geronazzo a 700 m da Via Rápida (Boa Vista - Centro). A partir desse cruzamento, há uma distância de 2,2 km do Terminal de Santa Cândida (final do projeto do metrô) e 2,1 km do Terminal do Cabral (final da 1ª etapa de construção do metrô).

A seguir, está apresentada a figura ilustrado a área citada.





### **2.1.3.5. Valores de Mercado das Desapropriações**

Para estimar os valores médios do metro quadrado das áreas apresentadas, foi feita uma pesquisa em imobiliárias da região e na internet, onde também foi encontrado dificuldade, por ser difícil encontrar imóveis de dimensões semelhantes e próximos da região de interesse.

A seguir, estão apresentadas as planilhas resumo dos valores de mercado, para a aquisição e aluguel das áreas citadas.



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
www.curitiba.pr.gov.br

### Estimativa de Custo de Desapropriação e Aluguel - Projeto Metrô de Curitiba (Opção 1)

Terreno	Finalidade	Localização	Área (m <sup>2</sup> )	Valor Estimado (R\$/m <sup>2</sup> )	Valor Estimado da Propriedade (R\$)	Valor Estimado de Aluguel Mensal (R\$)
1	Pátio do metrô	Cidade Industrial	350.000	100,00	35.000.000,00	-
2	Emboque	Pinheirinho	3.800	1.000,00	3.800.000,00	-
3	Fabricação e estocagem de aduelas 1ª etapa e armazenamento temporário da tuneleira para desmontagem	Pinheirinho	10.000	800,00	8.000.000,00	40.000,00
4	Fabricação e estocagem de aduelas 2ª etapa e armazenamento temporário da tuneleira para desmontagem	Boa Vista	11.300	1.100,00	12.430.000,00	62.150,00
<b>Total</b>					<b>59.230.000,00</b>	<b>102.150,00</b>



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
www.curitiba.pr.gov.br

### Estimativa de Custo de Desapropriação e Aluguel - Projeto Metrô de Curitiba (Opção 2)

Terreno	Finalidade	Localização	Área (m <sup>2</sup> )	Valor Estimado (R\$/m <sup>2</sup> )	Valor Estimado da Propriedade (R\$)	Valor Estimado de Aluguel Mensal (R\$)
1	Pátio do metrô	Cidade Industrial	350.000	100,00	35.000.000,00	-
2	Emboque	Pinheirinho	3.800	1.000,00	3.800.000,00	-
3	Fabrição e estocagem de aduelas 1ª etapa e armazenamento temporário da tuneleira para desmontagem	Pinheirinho	10.000	800,00	8.000.000,00	40.000,00
4	Fabrição e estocagem de aduelas 2ª etapa e armazenamento temporário da tuneleira para desmontagem	Boa Vista	14.000	1.500,00	21.000.000,00	105.000,00
<b>Total</b>					<b>67.800.000,00</b>	<b>145.000,00</b>



## **2.1.4. Definição do Número, Localização e Programa de Necessidades das Estações**

Tendo em vista o modelo de desenvolvimento atual da cidade, o desenvolvimento linear, o BRT adapta-se de maneira muito vantajosa, pois cria um sequenciamento de estações próximas umas das outras. Porém, como já constatado atualmente, pela superlotação recorrente do sistema, para uma demanda alta, que caracteriza o transporte de massa, a capacidade do sistema deixa a desejar.

No caso do metrô, com um veículo de maior capacidade e rapidez de fluxo, a proximidade de estações deixa de ser uma prioridade, já que se cria, no entorno de cada estação, polos radiais de interesse e atração. Portanto, é importante dimensioná-las e alocá-las de maneira mais viável.

Por um lado, perde-se a proximidade de cada estação típica do BRT, mas por outro, ganha-se, com o metrô, agilidade no deslocamento à longa distância, além de desenvolvimentos social e econômico no entorno de cada estação.

As oportunidades de desenvolvimento são mais acentuadas próximas ao centro, e não exatamente no centro, onde já está consolidada a densidade. Próximo ao centro, há espaço para o crescimento físico, e o metrô intensificará as oportunidades de desenvolvimento pela melhor acessibilidade. Pontualmente, em regiões mais afastadas, onde haja um planejamento de consolidação urbana por parte da prefeitura, pode ser interessante o desenvolvimento econômico do metrô.

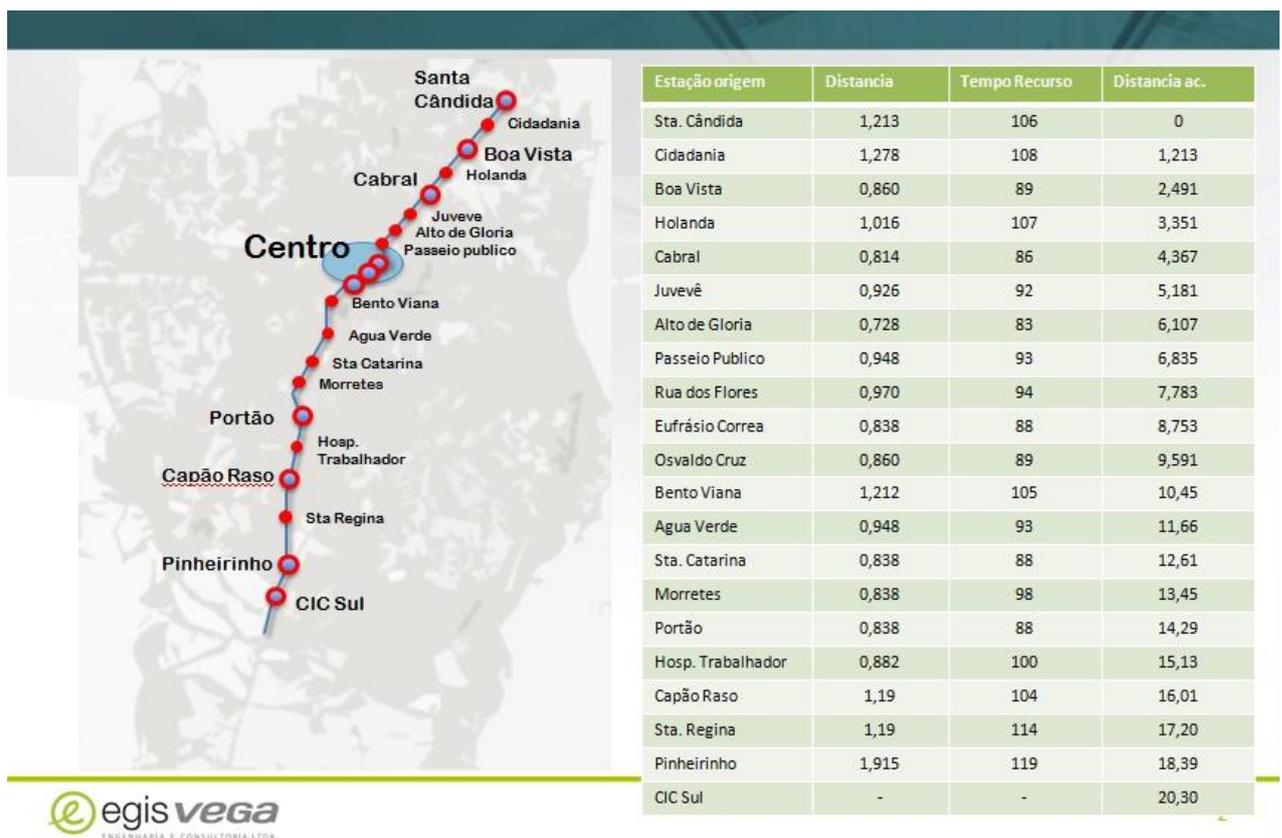
Para não impactar na RIT (rede integrada de transportes) de Curitiba, o traçado do metrô acompanhará e coincidirá as estações de integração com os terminais existentes do sistema de BRT; pois, esses terminais são importantes alimentadores do metrô. A complementaridade dos modais será primordial.



Observa-se, nos estudos de demanda do projeto básico anterior, que existe uma distribuição irregular da demanda ao longo do traçado. Sendo assim, é possível otimizar e relocar o posicionamento das estações, para atender, de maneira mais eficaz, à população.

### 2.1.4.1. Projeto Básico Anterior

O projeto anterior da linha do Metrô de Curitiba previa 21 estações ao longo de 22 km, conforme o esquema a seguir:





### a) Implantação das estações no projeto anterior do metrô

A implantação estava prevista para ocorrer em duas fases, sendo a primeira do CIC-Sul até a Rua das Flores e, a segunda, da Rua das Flores até a Santa Cândida.

Segundo o projeto anterior, o quadro de embarques estimados por estação, para o ano 2024, seria o seguinte:

Estação	Embarques/dia (2024)	Embarques/trem (2024)	(%)
Santa Cândida	71.775	150	8,3
Cidadania	7.111	15	0,8
Boa Vista	20.120	42	2,3
Holanda	5.438	11	0,6
Cabral	97.098	202	11,3
Juvevê	4.664	10	0,5
Alto da Glória	5.409	11	0,6
Passeio Público	17.154	36	2,0
Rua das Flores	126.432	263	14,7
Eufrásio Correia	66.802	139	7,8
Oswaldo Cruz	23.405	49	2,7
Bento Viana	43.644	91	5,1
Água Verde	17.829	37	2,1
Santa Catarina	10.844	23	1,3
Morretes	12.219	25	1,4
Portão	122.078	255	14,2
Hospital do Trabalhador	14.020	29	1,6
Capão Raso	121.117	252	14,1
Santa Regina	7.188	15	0,8
Pinheirinho	66.683	139	7,8
CIC-Sul	32.369	67	3,8



É possível observar na distribuição anterior que:

- Existem 6 estações com menos de 12 mil passageiros/dia: Santa Regina, Santa Catarina, Alto da Glória, Juvevê, Holanda e Cidadania;
- As 8 estações mais importantes concentram 82% do fluxo diário de passageiros: CIC-Sul, Pinheirinho, Capão Raso, Portão, Eufrásio Correia, Rua das Flores, Cabral e Santa Cândida;
- As 5 menos expressivas somam apenas 3,3% do fluxo diário de passageiros: Santa Regina, Alto da Glória, Juvevê, Holanda e Cidadania.

### **2.1.4.2. Nova Proposta de Estações**

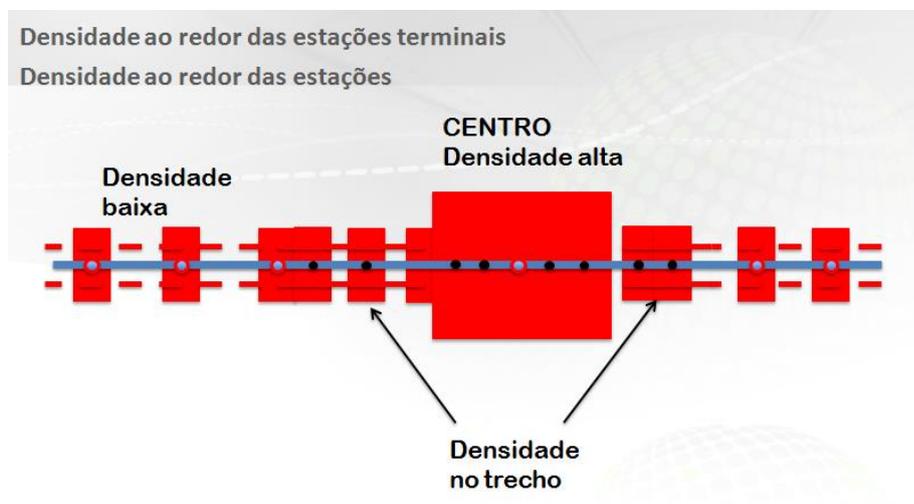
Foi estudada uma nova proposta para otimizar a locação das estações da linha do Metrô de Curitiba.

As considerações utilizadas estão descritas a seguir.

#### **2.1.4.2.1. Característica Principal do Metrô: Densidade ao Redor das Estações**

A diretriz principal é acompanhar a característica primordial que um sistema rápido e de alta capacidade, como o metrô, produz no ambiente em que está implantado, ou seja, intensificar, ao redor das estações, a densidade da demanda e do desenvolvimento.

O sistema deixará de ter um comportamento linear com o BRT e passará a ter características de polos radiais próximos às estações mais importantes.



#### 2.1.4.2.2. Proposta: Redução do Número das Estações

Os dados anteriores de demanda mostraram que já existe uma grade de polarização no trecho do BRT.

O sistema de metrô intensifica a tendência de polarização, e a implantação das estações poderá acompanhar o desenvolvimento da cidade com mais um modelo adicional, no qual serão concentrados os empregos e as residências com maior acessibilidade.

Isso permitirá também aperfeiçoar o número das estações, sem prejuízo ao sistema, e obter ganhos operacionais e baixos investimentos iniciais.

Para detalhar melhor os conceitos, o corredor do metrô poderá ser dividido em três partes: Trecho Sul, Centro e Trecho Norte.



## a) Trecho sul

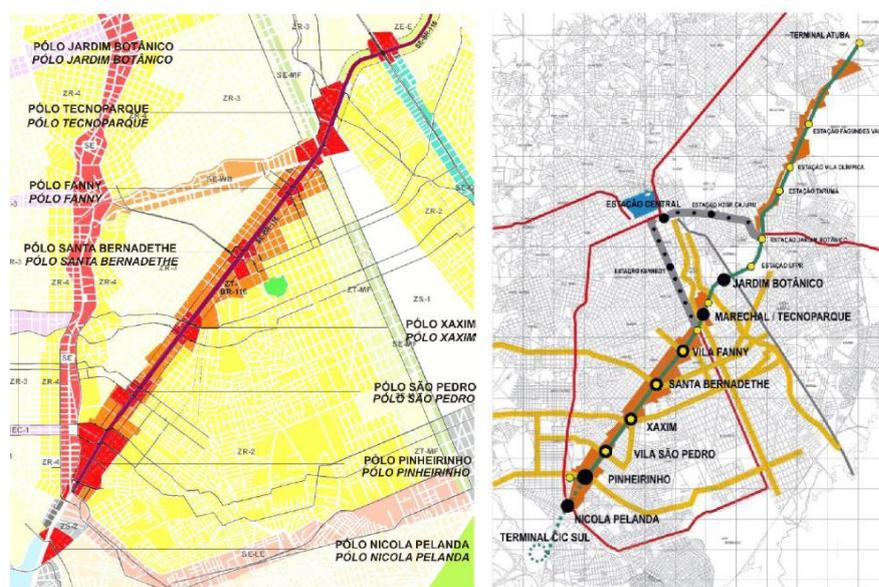
### a.1) Estação Terminal CIC-SUL

A futura estação CIC-Sul terá um importante papel na viabilidade do projeto do metrô.

A prefeitura de Curitiba planeja instalar na região um terminal de transporte de passageiros de alta capacidade, para o desenvolvimento da região, que atualmente já é um vetor de crescimento da cidade.

Esse terminal receberá, além da linha 1 do Metrô de Curitiba, toda a extensão do sistema de BRT da Linha Verde e a conexão com os “alimentadores” da região sul da cidade.

Na questão imobiliária, será permitida a alta densidade e a verticalização de edificações no polo Nicola Pelanda da Linha Verde.



Projeto da Linha Verde Sul



## a.2) Estações Pinheirinho e Capão Raso

No trecho compreendido entre as Estações Pinheirinho e Capão Raso, a densidade populacional é moderada à baixa, existindo pouca concentração de edificações, Assim, como está longe do centro da cidade, o potencial de desenvolvimento com o metrô parece baixo.



Localização da Estação Santa Regina



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)



Fotos do entorno da Estação Santa Regina



### a.3) Estações Portão e Bento Viana

Entre as Estações Portão e Bento Viana, a densidade populacional é média e está em rápida ascensão, e por estar próxima ao centro, terá grande potencial de desenvolvimento com a implantação do metrô.

Já as Estações Santa Catarina e Morretes encontram-se em uma zona de transição e estão próximas uma da outra (890 m); por essa razão, sugere-se unificar as duas e alocar essa nova estação na metade da distância das duas, deixando-a mais próxima ao centro e, com isso, será também possível obter um traçado mais direto.



Localização das Estações Morretes e Santa Catarina



**Foto do entorno da Estação Morretes**

## **b) Centro**

A passagem pelo centro da cidade será feita de maneira a respeitar as estações propostas no projeto básico atual e também considerar a conexão com o sistema de ônibus da cidade.

A distância entre as estações serão menores (entre 800 e 1.000 m), pois a densidade no centro é maior do que no restante da linha.

## **c) Trecho norte**

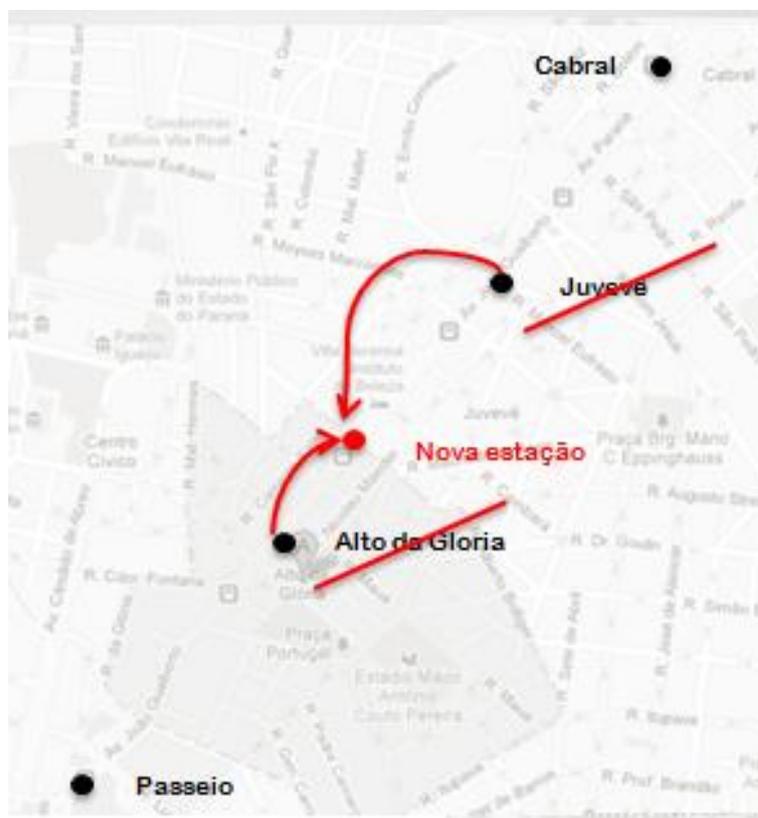
O trecho norte do metrô de Curitiba, se comparado ao trecho sul, concentra, aproximadamente, uma demanda menor, e encontra-se em uma região de difícil topografia, com muitos aclives e declives.



### c.1) Estações Passeio Público e Cabral

O trecho entre as Estações Passeio Público e Cabral é uma área de média densidade populacional e que poderá ser desenvolvida com a implantação do metrô, pelas estações estarem muito próximas ao centro da cidade. Ainda assim, a distância média entre as estações, nesse trecho, segundo o projeto básico anterior, é de 850 m, menor, inclusive, que no centro da cidade, onde se concentra a maior densidade de demanda.

Nesse caso, a proposta é unificar as Estações Juvevê e Alto da Glória, por estarem situadas muito próximas, e alocar essa nova estação na metade da distância das duas, deixando-a mais próxima ao centro. Assim, as distâncias médias entre as estações, nesse trecho, serão de 1,1 km.



Localização das Estações Passeio Público e Cabral



## c.2) Estações Cabral e Santa Cândida

O trecho final da linha do Metrô de Curitiba, compreendido entre as Estações Cabral e Santa Cândida, encontra-se em uma região de topografia irregular, com muitos aclives e declives, e em zona de baixa densidade populacional, sendo as demandas previstas, as mais baixas de todo o sistema da linha.

As Estações previstas no projeto anterior, Holanda e Cidadania, estão na parte mais alta de áreas elevadas, fazendo com que, devido à profundidade necessária para suas implantações junto ao traçado referencial da linha, seu custo de construção seja muito alto.

Sendo assim, propomos excluir as Estações Holanda e Cidadania e intensificar a densidade nas Estações Cabral, Boa Vista e Santa Cândida.

A distância entre as Estações Cabral e Boa Vista passaria para 1,9 km, e entre as Estações Boa Vista e Santa Cândida, para 2,5 km.



Trecho norte



### 2.1.4.2.3. Esquema Final da Proposta de Estações

O esquema, a seguir, mostra o resumo dos aspectos especificados:



A concepção da linha preverá a instalação de futuras estações, caso isso se justifique pela demanda criada, através da criação de um fator importante, como por exemplo, a construção de uma universidade, estádio de futebol ou um hospital.

Para isso, está prevista uma geometria de via com um padrão que possibilite a possível inserção de uma futura estação.

### 2.1.4.2.4. Vantagens na Redução de Estações

Com a redução do número de estações e a otimização do projeto geométrico, a velocidade média manter-se-á acima de 44 km/h, resultando em um tempo de percurso entre 29 e 30 minutos.



A redução de estações trará os seguintes benefícios:

- Redução do CAPEX: obviamente, com a redução do número de estações, o investimento inicial de construção da linha diminuirá. Sendo assim, haverá menos custos de construção de edificações de estações e também de aparelhos de via permanente;
- Otimização da frota: será necessário menos material rodante com a diminuição das estações, porque com menos paradas, haverá diminuição no custo de manutenção;
- Redução do OPEX: com menos estações, haverá a redução nos custos de manutenção e de energia de tração;
- Operação mais eficaz: resultando em uma atratividade por parte dos usuários que buscarão maior rapidez nos deslocamentos.



## **2.1.5. Definição da Localização e Programa de Necessidades do Pátio de Manutenção e Edificações Operacionais**

Estão apresentadas, neste item, as características das edificações operacionais, o programa de necessidades dos principais sistemas e o estabelecimento de metas de um programa de desempenho confiável para o sistema operacional do metrô.

### **2.1.5.1. Descritivo do Complexo CIC-SUL**

O complexo localizado na região sul de Curitiba, denominado de CIC-SUL, terá sua finalidade justificada pelas atividades descritas a seguir, que são de grande importância para o sistema metroviário.

Esse complexo estará situado na extremidade da linha do metrô de Curitiba, na região do trevo da antiga Rodovia BR-116, mais precisamente no contorno sul, que vai para a cidade de Araucária, hoje Linha Verde, numa área desabitada e ainda não explorada.

Sem esse complexo, o sistema não sobreviverá a uma operação de curto, médio e longo prazos, por não permitir a assistência técnica, alimentação de energia, administração e controle operacional necessários a todo o sistema.

Estão apresentadas, a seguir, as características das edificações operacionais do metrô de Curitiba.



### **a) Pátio de estacionamento**

O pátio de estacionamento de trens estará localizado no complexo CIC-SUL e será formado por 12 vias (01 a 12), com capacidade para abrigar em cada uma, 2 trens com 5 carros em cada uma delas.

A capacidade do pátio será, portanto, de 24 trens de 5 carros, dimensionada para atender à demanda de trens do horizonte final do projeto.

Cada via de estacionamento terá acesso direto às vias principais com o mínimo de manobras, e com alternativa de operação dos trens sem condutor.

Todas as vias do pátio de estacionamento contarão com plataformas de acesso ao salão de passageiros, além de infraestrutura para alimentação de energia elétrica e água, iluminação e rede de águas servidas, para possibilitar as intervenções de limpeza de trens e manutenções corretivas de pequeno porte.

Cada via de estacionamento (vias de 01 a 12) contará com chaves seccionadoras de rede aérea, possibilitando o desligamento da alimentação em 1,5 kV, individualmente.

As 12 vias do pátio serão eletrificadas e sinalizadas, contando com recursos do sistema de detecção de trens da sinalização de vias, que possibilitará a manobra automática dos trens do estacionamento até o terminal da Estação CIC-SUL, sem utilizar o operador de trens.

As composições estacionadas serão preparadas para a operação automática e somente serão liberadas para a console de controle de tráfego do CCO, após o cumprimento dessa rotina.



Cada composição somente poderá ser liberada a partir de um dos 24 marcos, das 12 vias do pátio de estacionamento.

No painel de liberação, na cabine de comando do trem, haverá dois botões de liberação para operação automática, com as seguintes funcionalidades:

- Verificação dos salões de passageiros e das cabines de comando do trem  
Essa rotina será realizada pelo supervisor da limpeza, para a verificação do estado geral do interior do trem quanto à aparência, higiene e presença de objetos estranhos;
- Verificação visual dos equipamentos de segurança operacional do trem  
Essa rotina será realizada pelo supervisor de manutenção, para a verificação visual do funcionamento das portas (abertura e fechamento), aplicação de freios (pressões e tempos de aplicação), produção de ar comprimido (conjunto compressor e secador de ar, verificando tempos de carga, desligamento e religamento), iluminação (dos salões de passageiros e cabines de comando, sinalização de abertura e fechamento de portas, sinalizações e faróis nas máscaras dos trens), comunicação eletrônica sonora e visual (sonorização, CFTV e painéis anunciadores), tração (teste de rotina), equipamento de bordo de sinalização, climatização (ventilação e ar condicionado), radiocomunicação, registrador de eventos e telemetria. O supervisor de manutenção contará com um programa de testes que executará todas essas rotinas, cabendo a ele observar se todas as funcionalidades estão operantes.

O operador poderá assumir o comando do trem na plataforma de embarque do terminal da Estação CIC-SUL, por ocasião do embarque de passageiros.

## **b) Lavador de trens e vias de apoio**

A infraestrutura do complexo para a lavagem e limpeza de trens contará com as vias de 13 a 17, sendo que na via 17 será instalada a máquina de lavagem dos trens. As vias de 13 a 16 serão utilizadas para a execução de serviços de limpeza



complementares à lavagem dos trens e terão capacidade para realizar serviços em 9 composições simultaneamente (uma no lavador e oito na limpeza interna).

A via 17, do lavador de trens, estará agregada à edificação que abrigará os equipamentos do lavador de trens. Essa via comportará uma composição de cinco carros, antes do lavador de trens, e outra composição de cinco carros, após o mesmo. Essa configuração permitirá que todos os carros passem pelo lavador sem prejudicar outras manobras de trens no complexo.

A via 17 não será eletrificada e, para tanto, será instalado um pórtico de ancoragem da rede aérea de tração na entrada da via. No lugar da rede aérea eletrificada será instalado um “cabo vida”, para atender às normas de segurança do trabalho. As manobras dos trens na via de lavagem serão executadas com veículo de tração especial a diesel (locotrator).

As vias, de 13 a 16, serão eletrificadas e equipadas com chaves seccionadoras para a desenergização das mesmas, em caso de necessidade. Nessas vias serão instalados “cabos vida”, em paralelo ao cabo eletrificado, para atender às normas da segurança do trabalho.

O sistema de lavagem reutilizará a água através de dispositivos de drenagem, coleta e tratamento.

As vias de 13 a 17 serão dotadas de sistema de iluminação, para possibilitar os serviços de limpeza durante as 24 horas do dia. Essas vias serão dotadas de sistemas para a coleta de lixo.

Nas vias de 13 a 17 não serão instalados equipamentos de operação automática de trens - ATO e, portanto, não será possível a manobra automática (sem o operador de trens) dessas vias, diretamente para o terminal da Estação CIC-SUL.



### **c) Oficina de manutenção do material rodante**

A oficina de manutenção do material rodante contará com 8 vias, sendo uma auxiliar, via 20A (destinada à manutenção de truques - escape do elevador de truques, sem ligação com o plano de vias do complexo) e as demais, de 20 a 26, destinadas à manutenção das composições.

As manutenções do material rodante serão programadas em função da quilometragem realizada pela frota. A frequência das manutenções serão calculadas a partir do estudo de demanda e do plano operacional, e serão classificadas da seguinte forma:

- Via 20A – manutenção de truques (escape do elevador de truques)

Trata-se de uma via auxiliar que será utilizada para a manutenção de truques oriundos do elevador. Parte dessa via será elevada (cerca de 0,70 m em relação ao nível do piso da oficina - os truques serão colocados nessa parte elevada com o auxílio de ponte rolante ou pórtico).

Nessa área não haverá rede aérea de tração e serão instalados pórtico e ponte rolante de 15 toneladas, para a execução de serviços gerais de manutenção nos truques (troca de rodeiros, motor de tração, entre outros).

Nessa área não haverá valas, possibilitando o trânsito livre de empilhadeiras.

- Via 20 – serviços especiais de manutenção

Essa via será destinada à execução de serviços especiais que necessitarão de elevação da caixa, retirada de equipamentos no teto dos carros, entre outros. Nessa área não haverá valas e a ponte rolante sobre a via 20A atenderá, também, à via.



Não haverá rede aérea de tração, sendo que a rede eletrificada será ancorada na entrada da oficina, propiciando que os trens se aproximem até a entrada da oficina com tração própria.

A movimentação das composições no interior da oficina será executada com o auxílio de veículo de tração a diesel (locotrator), obedecendo à velocidade máxima de 5 km/hora.

- Via 21 – Inspeções a cada 10.000 km

Uma das vias da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Essa inspeção terá duração prevista de 4 horas. Será uma via com vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho) e valas laterais rasas (cerca de 0,7 m entre o fundo das valas e o nível do boleto do trilho, com largura de 1,1 m).

Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

- Via 22 (primeira metade) – revisão preventiva do tipo R1 20.000 km

A metade da via 22 da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Essa revisão terá duração prevista de 6 horas. Será uma via com vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho) e valas laterais rasas (cerca de 0,7 m entre o fundo das valas e o nível do boleto do trilho, com largura de 1,1 m).

Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.



- Via 22 (segunda metade) – revisão preventiva do tipo R2 40.000 km

A metade da via 22 da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Essa revisão terá duração prevista de 8 horas. Será uma via com vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho) e valas laterais rasas (cerca de 0,7 m entre o fundo das valas e o nível do boleto do trilho, com largura de 1,1 m).

Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

- Via 23 – revisão preventiva do tipo R3 120.000 km

Uma das vias da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Essa revisão terá uma duração prevista de 30 horas ou 5 dias úteis. Será uma via com vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho) e valas laterais rasas (cerca de 0,7 m entre o fundo das valas e o nível do boleto do trilho).

Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

- Via 24 – manutenção corretiva leve

Uma das vias da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Será uma via com apenas vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho).



Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

- Via 25 – manutenção corretiva pesada

O programa de controle de qualidade prevê para o desempenho operacional do material rodante, um MKBF (mean kilometer between failure, sigla em inglês equivalente à quilometragem média rodada entre falhas ou avarias), para falhas do tipo B (falha de gravidade média), de 60.000 km. Isso significa que uma das vias da oficina será destinada exclusivamente para a execução desses serviços. Será uma via com apenas vala central profunda (cerca de 1,4 m entre o fundo da vala e o nível do boleto do trilho).

Nessa via será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com tração própria. Em paralelo com a rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

- Via 26 – revisão geral a cada 1.200.000 km e outros serviços

As revisões gerais serão realizadas a cada 1.200.000 km. Isso significa que uma das vias da oficina será destinada, durante quatro meses do ano, exclusivamente para a execução desses serviços. Será uma via sem vala e servida com ponte rolante leve (7,5 toneladas).

As revisões gerais serão executadas com a filosofia de manutenção por componentes, na qual as caixas dos trens serão desmontadas e os equipamentos principais (inclusive o truque completo), substituídos por outros revisados. As instalações fixas (cablagens de baixa tensão - BT e alta tensão - AT, encanamentos, entre outros) e o interior dos carros (revestimentos, pisos,



portas, janelas e iluminação) serão revisados nos próprios carros. Para essas intervenções, está prevista a duração de um mês.

Nessa via não será instalada rede aérea de tração, e a movimentação das composições no interior da oficina será executada com veículo de tração a diesel (locotrator), obedecendo à velocidade máxima de 5 km/hora.

No lugar da rede aérea eletrificada, será instalado o cabo vida para atender às normas de segurança do trabalho.

Em relação à área de apoio para a preparação de componentes e equipamentos, haverá dois pisos, a saber:

- Piso inferior

Nessa área não serão instaladas vias, e será atendida parcialmente pela ponte rolante de 7,5 toneladas. Terá como objetivo abrigar uma seção de inspeção e pequenos reparos nos componentes e equipamentos vitais para os trens (compressores de ar, equipamentos de sinalização de bordo, válvulas de freio, chaves contactoras elétricas, pantógrafos, rádio, climatização, portas de salão, dispositivos de comando e controle, iluminação, painéis anunciadores, CFTV, sonorização, telemetria e registradores de eventos).

Todos os serviços executados nessa área estarão submetidos a rigoroso controle de qualidade, em particular as atividades de rastreamento e de tratamento das não-conformidades.

Essa área comportará, ainda, um almoxarifado avançado, onde estarão disponíveis para o pessoal da manutenção de trens, os kits utilizados nas manutenções preventivas e os componentes e equipamentos, inspecionados e revisados, para serem substituídos nos trens.



- **Piso superior (mezanino)**

Nessa área funcionará o sistema de controle de entrada e saída de trens, planejamento e execução dos programas de manutenção, engenharia de manutenção, controle de materiais, controle de serviços terceirizados, controle da produção das seções de apoio, controle da qualidade, segurança do trabalho e controle ambiental, enfim, a gestão da manutenção do material rodante.

#### **d) Elevador de truques – via 19**

O elevador de truques contará com a via 19, que comportará uma composição de 5 carros, antes do elevador, e outra composição de 5 carros, após o mesmo.

A operação de retirada do truque da composição iniciar-se-á com o posicionamento do mesmo sobre a plataforma do elevador; na sequência, a caixa do carro será apoiada na estrutura fixa do elevador e, finalmente, o truque será removido da caixa e trasladado para a via de escape, já no interior da oficina de manutenção do material rodante.

A via 19 não será eletrificada e, para tanto, será instalado um pórtico de ancoragem da rede aérea de tração na entrada da edificação do elevador. A composição destinada ao elevador de truques se aproximará do elevador com tração própria, e depois será manobrada no elevador com veículo de tração especial a diesel (locotrator).

#### **e) Torno de rodas (subterrâneo) – via 18**

O torno de rodas contará com a via 18, que comportará uma composição de 5 carros, antes do torno, e outra composição de 5 carros, após o mesmo.



A operação de torneamento das rodas da composição iniciar-se-á com o posicionamento do rodeiro inicial do primeiro truque sobre a plataforma do torno de rodas e, na sequência, todos os demais rodeiros serão posicionados para o torneamento.

A via 18 não será eletrificada e, para tanto, será instalado um pórtico de ancoragem da rede aérea de tração na entrada da edificação do torno. A composição destinada ao torno de rodas se aproximará do torno com tração própria, e depois será manobrada no torno com veículo de tração especial a diesel (locotrator).

#### **f) Subestações de energia elétrica**

O complexo CIC-SUL abrigará todas as instalações para atender à própria alimentação elétrica, inclusive, a energia de tração das vias elevadas entre o complexo e a zona de manobras das vias principais no terminal da Estação CIC-SUL, incluindo a via de teste.

Considerando a disponibilidade de áreas e a facilidade de captação de energia da concessionária local, em 69 kV, o complexo abrigará uma das subestações primárias que alimentará, em condições normais, a metade do consumo de energia da linha norte-sul do metrô e mais o consumo do próprio complexo.

Próximo do futuro pátio existirá uma subestação de 69 kV (aproximadamente, 2,6 km).

No momento oportuno, a CONCESSIONÁRIA negociará com a distribuidora de energia a entrega em 22 kV, o que reduzirá, substancialmente, os investimentos da operadora metroviária na construção da subestação primária no pátio.



### **f.1) Subestação primária do pátio**

Independentemente das futuras negociações, na área de 3.569 m<sup>2</sup> está prevista a entrada de duas linhas de transmissão em 69 kV da COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade), os dispositivos de manobras, proteções e controle dos circuitos de entrada, dos transformadores de potência de 69 kV e 22 kV, e dos dispositivos de manobras, proteções e controle dos circuitos de saída em 22 kV.

Nessa área também está prevista uma edificação para abrigar os painéis de controle e operação de toda a subestação, incluindo o sistema de medições de demanda, controle de falhas e telecomando.

### **f.2) Linhas de 22 kV/SE retificadora/SE auxiliar/sinalização e Telecom**

Na área total de 672 m<sup>2</sup>, está prevista a instalação dos seguintes equipamentos:

- Painéis de controle das linhas de 22 kV, oriundas da subestação primária do pátio e destinadas à alimentação do complexo CIC-SUL, ocupando uma área de 150 m<sup>2</sup>;
- Dois grupos retificadores de 3,5 MW para alimentação da energia de tração para o complexo, incluindo via de teste, ocupando uma área de 100 m<sup>2</sup> (o consumo de potência de tração do complexo foi estimada em 2 MW, entretanto, a potência instalada será de 7 MW e estará disponível para socorrer a alimentação das vias principais, em caso de emergência);
- Uma subestação auxiliar de 1.500 kW, para alimentar todo o complexo, incluindo o CCO (centro de controle operacional), ocupando uma área de 200 m<sup>2</sup>;
- Uma sala técnica para abrigar os sistemas de sinalização e telecomunicações do pátio e do CCO, ocupando uma área de 100 m<sup>2</sup>;
- Uma sala técnica para abrigar o PCL (posto de controle local) do complexo (operação local, no caso de interrupção das comunicações entre o complexo e o CCO), ocupando uma área de 30 m<sup>2</sup>;



- Uma sala de baterias, ocupando uma área de 22 m<sup>2</sup>;
- Um sala de bombas e outros equipamentos, ocupando uma área de 70 m<sup>2</sup>.

### **f.3) Grupo motor gerador a diesel**

Está prevista a instalação de um grupo motor gerador de 1.000 kW, para atender às cargas essenciais de todo o complexo CIC-SUL (em particular, a do CCO).

### **g) Oficina de manutenção da via permanente**

Está prevista a instalação de uma oficina para dar apoio à manutenção da via permanente em toda a linha metroviária.

As atividades nessa área consistirão na preparação dos materiais de reposição, equipamentos e instrumentos, para a manutenção da via permanente.

### **h) Oficina de manutenção dos sistemas elétricos**

Está prevista a instalação de uma oficina para dar apoio à manutenção dos sistemas elétricos (alimentação de energia, sinalização e telecomunicações em toda a linha metroviária).

As atividades nessa área consistirão na preparação dos materiais de reposição, equipamentos e instrumentos, para a manutenção dos sistemas elétricos.

### **i) Oficina de veículos de manutenção dos sistemas fixos**

Está prevista a instalação de uma oficina de manutenção de veículos ferroviários e rodoferroviários que serão utilizados na manutenção dos sistemas fixos (sistemas



elétricos e via permanente), ao longo das vias da linha do metrô, inclusive no complexo CIC-SUL.

#### **j) Sede administrativa e serviços gerais**

Em uma área de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup>, está prevista a instalação da sede administrativa do complexo CIC-SUL e do próprio metrô.

#### **2.1.5.2. Programa de Necessidades**

Fará parte do plano operacional, um programa global para a manutenção do metrô com gestão e gerenciamento, a partir do complexo CIC-SUL.

A descrição das funcionalidades do CCO (plano operacional) incluirá os requisitos da console de falhas do material rodante e instalações fixas, que se constituirá na principal ferramenta de gestão e de gerenciamento do sistema de manutenção do metrô.

A manutenção de todos os sistemas do metrô será estruturada no conceito de prevenção e predição de falhas. O objetivo é o de atuar nos componentes, equipamentos e subsistemas, antes da ocorrência da falha, executando serviços de limpeza e ajustes, regulagens, ou efetuando a troca de componentes.

Para tanto, o gerenciamento da manutenção utilizará recursos estatísticos previstos nos softwares da console (unidade que permite que um operador se comunique com um sistema de computador) de falhas do CCO, para determinar a periodicidade de falhas de cada componente, equipamento ou subsistema, com o objetivo de programar as intervenções preventivas e preditivas.



## **a) Manutenção do material rodante**

Para o material rodante, a referência principal para a programação das intervenções de manutenção será a quilometragem dos trens, e o indicador de desempenho dos trens será o MKBF (quilometragem média rodada entre falhas ou avarias).

A meta das equipes de manutenção será a de manter o MKBF de cada subsistema do material, nos valores estabelecidos na especificação técnica do material rodante.

Com base nos indicadores exigidos na especificação técnica, o fornecedor (fabricante) apresentará nos manuais de manutenção, uma programação de intervenções no sentido de garantir o desempenho estipulado, obedecendo à diretriz de que o menor intervalo entre intervenções programadas nos trens (preventivas ou preditivas) será de 10.000 km rodados.

Isso significa que o projeto do trem considerará que nesse intervalo (10.000 km) não haverá a necessidade de limpeza, ajustes, regulagens, abastecimento de lubrificantes ou troca de componentes por desgaste.

No material rodante, a manutenção será organizada nos grupos: truque, acoplamentos, caixa, portas automáticas, climatização, iluminação e faróis, comunicações visual e sonora, comando e controle, alimentação elétrica, tração e frenagem regenerativa, freios de atrito, produção de ar, sinalização de bordo, registrador de eventos, telemetria e radiocomunicação.

### **a.1) Manutenção preventiva – inspeções de 10.000 km**

Trata-se do nível mais leve de intervenções no trem abrangendo as atividades de limpeza, ajustes, regulagens, medição de limites de desgastes (com troca de



componentes, se necessário), lubrificação e correção de anomalias causadas por mau uso ou atos de vandalismo.

Para a execução dessas inspeções, estão previstas 4 horas de trabalho com o trem na vala de manutenção, no período diurno, entre os vales da manhã e o da noite, ou no período noturno, entre os vales da noite e o da manhã.

### **a.2) Manutenção preventiva – revisão de 20.000 km**

Trata-se do primeiro nível efetivo de manutenção, no qual além das atividades de inspeção, serão realizadas trocas sistemáticas de componentes de desgaste.

Para a execução da revisão de 20.000 km, estão previstas 6 horas de trabalho com o trem na vala de manutenção, no período diurno, entre os vales da manhã e o da noite, ou no período noturno, entre os vales da noite e o da manhã.

### **a.3) Manutenção preventiva – revisão de 40.000 km**

Nesse terceiro nível de manutenção, além das inspeções e das intervenções de troca sistemática de componentes de desgaste, serão realizados os registros das medições dos parâmetros dos componentes, equipamentos e subsistemas, vitais do trem. Nesse nível de manutenção, o cartão do registrador de eventos será detalhadamente analisado.

Para a execução da revisão de 40.000 km, estão previstas 8 horas de trabalho com o trem na vala de manutenção, no período diurno, entre os vales da manhã e o da noite, ou no período noturno, entre os vales da noite e o da manhã.



#### **a.4) Manutenção preventiva – revisão de 120.000 km**

Trata-se da primeira revisão de grande porte, na qual além dos roteiros das revisões anteriores, haverá a substituição de componentes e equipamentos vitais, por outros revisados em bancada (válvulas de freio, chaves elétricas, compressores de ar, baterias, pantógrafos, mecanismos de acionamento de portas automáticas, entre outros).

Para a execução da revisão de 120.000 km, estão previstas 30 horas de trabalho com o trem na vala de manutenção, no período diurno, entre os vales da manhã e o da noite, ou no período noturno, entre os vales da noite e o da manhã.

Apesar da duração de 30 horas, essa revisão será executada sem prejuízo da utilização da composição na operação, nos horários de pico.

#### **a.5) Manutenção preventiva – revisão geral de 1.200.000 km**

Trata-se da revisão mais abrangente do programa, cuja periodicidade atinge cerca de 10 anos. A duração dessa revisão foi limitada a 30 dias, que foi o prazo definido como mínimo para a execução dos serviços de recuperação da caixa, dos revestimentos internos, da comunicação visual, dos bancos e pega-mãos, da iluminação e dos equipamentos de acessibilidade.

Seguindo as diretrizes da manutenção por componentes, durante a recuperação da caixa, os principais componentes, equipamentos e subsistemas serão substituídos por outros revisados em bancada ou em terceiros, agrupados da seguinte forma:

- Truques completos;
- Engates automáticos das cabeceiras dos trens e os engates semipermanentes entre os carros;
- Mecanismos de acionamento das portas automáticas dos salões de passageiros;



- Motores de tração;
- Conjuntos de resistores de frenagem reostática;
- Conjuntos de produção de ar (motores e compressores, com secadores de ar);
- Cadeia de tração (formada pelos inversores de potência);
- Sistema de frenagem de atrito (formado pelos conjuntos de cilindros de freio, válvulas eletropneumáticas, painéis de comando e controle de frenagem e tubulações);
- Sistema de alimentação de energia de tração (formado pelo pantógrafo, chave seccionadora de proteção por fusível e chaves disjuntoras ultrarápidas);
- Sistema de alimentação de energia em média e baixa tensão (formado pelo conversor de energia com saídas em 440, 220 e 110 Vca, e 72, 48 e 24 Vcc, conjuntos de baterias, inversores e retificadores);
- Módulos e circuitos de comando e controle, a rede de comunicação entre os vagões do trem;
- Equipamentos de climatização (ventilação e ar condicionado);
- Sistema de iluminação dos salões de passageiros e das cabines, e os faróis e lanternas da parte externa dos trens;
- Sistema audiovisual entre a cabine e o salão de passageiros (abrangendo a sonorização, os painéis indicadores de destino e de avisos aos passageiros e o CFTV);
- Equipamento de sinalização de bordo;
- Registrador de eventos;
- Sistema de telemetria;
- Equipamento de radiocomunicação.

Durante os 30 dias dessa revisão, a composição não será utilizada na operação do sistema.



#### **a.6) Manutenção corretiva**

As equipes de manutenção corretiva do material rodante estarão disponíveis para a operação durante as 24 horas do dia, incluindo fins de semana e feriados.

As intervenções de manutenção corretiva serão controladas através dos procedimentos de abertura e fechamento das ordens de serviços (OSs), executadas pelo controlador da console de falhas do CCO.

#### **b) Manutenção dos sistemas elétricos**

Para os sistemas elétricos, a referência principal para a programação das intervenções de manutenção será a quantidade de horas trabalhadas dos equipamentos, e o indicador de desempenho dos sistemas será o MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

A meta das equipes de manutenção será a de manter o MTBF de cada sistema e subsistema, nos valores estabelecidos nas respectivas especificações técnicas.

Com base nos indicadores exigidos na especificação técnica, o fornecedor (fabricante) apresentará nos manuais de manutenção, uma programação de intervenções no sentido de garantir o desempenho estipulado, obedecendo à diretriz de que o menor intervalo entre intervenções programadas (preventivas ou preditivas) será de 240 horas.

Isso significa que o projeto dos sistemas elétricos considerará que nesse intervalo (240 horas), não haverá a necessidade de limpeza, ajustes, regulagens, abastecimento de lubrificantes ou troca de componentes por desgaste.

Para os sistemas elétricos, as manutenções preventivas e corretivas serão atendidas por uma única equipe.



### **b.1) Manutenção das subestações primárias**

Nas subestações primárias, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto de entrada (chaves seccionadoras, TPs - transformadores de potência, TCs - transformadores de corrente, disjuntores e barramento);
- Conjunto de potência (transformadores principais);
- Conjunto de saída de 22 kV (chaves seccionadoras, TPs, TCs, disjuntores e barramento);
- Conjunto de alimentação auxiliar e outros equipamentos;
- Conjunto de comando e controle (proteções, medições, telecomando e telemetria).

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

Excepcionalmente, os disjuntores sofrerão manutenção preventiva em função do número de aberturas.

### **b.2) Manutenção das subestações retificadoras**

Nas subestações retificadoras, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto de entrada (painéis de controle das linhas de média tensão em 22 kV e barramento);
- Conjunto de potência (transformadores dos retificadores e retificadores);
- Conjunto de saída (chaves seccionadoras ultrarápidas e barramento).



As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias). Excepcionalmente, as chaves disjuntoras ultrarápidas sofrerão manutenção preventiva em função do número de aberturas.

### **b.3) Manutenção das subestações auxiliares**

Nas subestações auxiliares, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto de entrada (barramento de 22 kV, transformadores de 22 kV/460 volts e barramento de 460 volts para todas as cargas e para cargas essenciais);
- Conjunto de painéis de distribuição de energia (iluminação, tomadas, ar condicionado, escadas rolantes, elevadores, iluminação e tomadas de vias, bombas, detecção de incêndio e outros);
- Conjunto de alimentação em baixa tensão (retificadores, inversores e baterias);
- Conjunto motor gerador a diesel.

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

Excepcionalmente, o conjunto motor gerador a diesel sofrerá manutenção preventiva em função do número de entradas em serviço.

### **b.4) Manutenção da sinalização de vias**

No sistema de sinalização, a manutenção de vias será organizada nos seguintes grupos:



- Conjunto de equipamentos instalados ao longo das vias (caixas de locação, circuitos de via, máquinas de chave, sinaleiros e outros);
- Conjunto dos equipamentos instalados nas salas técnicas em algumas estações e na sala técnica do pátio (intertravamento, linhas de transmissão de dados, PCL - posto de controle local completo, entre outros).

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

Excepcionalmente, as máquinas de chave dos AMVs (aparelhos de mudança de via) sofrerão manutenção preventiva em função do número de operações previstas na operação comercial.

#### **b.5) Manutenção do CCO**

No centro de controle operacional, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto dos consoles e painéis de visualização;
- Conjunto dos sistemas de transmissão de dados.

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).



### **b.6) Manutenção das telecomunicações**

Nos sistemas de telecomunicações, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Sonorização;
- Cronometria;
- Telefonia;
- CFTV;
- Radiocomunicação;
- Transmissão de dados;
- Outros.

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

### **b.7) Manutenção da rede aérea de tração**

No sistema da rede aérea de tração, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto de equipamentos aéreos instalados na parte interna da cobertura do túnel (estruturas de fixação, isoladores, isoladores de seção, condutores de alimentação e estruturas rígidas de alimentação);
- Conjunto dos equipamentos instalados no nível das vias (chaves seccionadoras telecomandadas e alimentadores de energia).

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao



longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

Para a execução das manutenções da rede aérea, os respectivos trechos de vias serão obrigatoriamente interditados, onde será permitida apenas a passagem de veículos especiais para a manutenção desse sistema.

O trecho a ser interditado em cada programação será definido em função do plano de vias sinalizado (localização dos aparelhos de mudança de vias), e permitirá a operação de outros veículos ao longo da linha utilizando vias singelas.

Excepcionalmente, as chaves seccionadoras telecomandadas da rede aérea sofrerão manutenção preventiva, em função do número de operações executadas.

#### **b.8) Manutenção dos sistemas e equipamentos auxiliares**

Os sistemas e equipamentos auxiliares serão organizados nos seguintes grupos:

- Instalações de iluminação;
- Tomadas;
- Iluminação e tomadas de vias;
- Detecção de incêndio;
- Equipamentos de ar condicionado;
- Escadas rolantes;
- Elevadores;
- Bombas.

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).



### **c) Manutenção da via permanente**

Na via permanente, a manutenção será organizada nos seguintes grupos:

- Conjunto de trilhos e fixações das vias corridas;
- Conjunto de trilhos e fixações das regiões de aparelhos de mudança de vias e travessões.

As manutenções preventivas/preditivas serão realizadas conforme a programação periódica, onde o intervalo de tempo será definido inicialmente pelo fornecedor e, ao longo do tempo, readequado em função dos índices de MTBF (tempo médio entre falhas ou avarias).

Para a execução das manutenções da via permanente, os respectivos trechos de vias serão obrigatoriamente interditados, onde será permitida apenas a passagem de veículos especiais para a manutenção desse sistema.

O trecho a ser interditado em cada programação será definido em função do plano de vias sinalizado (localização dos aparelhos de mudança de vias), e permitirá a operação de outros veículos ao longo da linha utilizando vias singelas.

Excepcionalmente, os aparelhos de mudança de vias sofrerão manutenção preventiva, em função do número de operações previstas para serem executadas na operação comercial.

#### **2.1.5.3. Metas de Confiabilidade e Disponibilidade**

O objetivo desse item é apresentar um programa de desempenho com metas de confiabilidade e disponibilidade, que será adotado para as especificações técnicas de todo o projeto.



Esse programa fará parte da política de qualidade adotada para a aquisição do material rodante e das instalações fixas, que será submetido à aprovação pelo metrô de Curitiba.

As definições do programa de desempenho serão utilizadas para nortear a supervisão dos programas de ensaios/testes e de garantia, mais adiante abordados, a serem tomadas como base para a elaboração dos programas de manutenção preventiva dos diversos sistemas.

Serão especificados materiais, componentes, módulos e equipamentos, tomando como referência mínima, o desempenho adotado para as linhas mais modernas de metrôs, em construção ou recentemente construídas.

A meta é atingir o desempenho especificado, visto ser o fator preponderante para que o metrô de Curitiba possa oferecer aos seus usuários um serviço de qualidade.

Além disso, será também um fator que influirá diretamente nos custos de manutenção (reposição de peças sobressalentes e utilização de mão-de-obra) e nos custos de investimentos (alta disponibilidade e cumprimento fiel da vida útil esperada).

Portanto, evitar falhas que venham a comprometer a operação comercial e/ou que venham a onerar os orçamentos de custeio e de investimentos do metrô de Curitiba, será a meta fundamental desse programa de desempenho.

O programa de desempenho apresentará um memorial descritivo de cálculos da predição dos índices de confiabilidade e disponibilidade de todos os equipamentos integrantes dos fornecimentos.



Será elaborado um modelo físico retratando a configuração física e funcional dos módulos constituintes, de forma que através da divisibilidade apresentada, possa ser demonstrado o desempenho previsto, não somente para cada módulo individualmente, mas para os subsistemas como um todo.

Na determinação do TMEF/MKBF e da disponibilidade dos módulos constituintes dos subsistemas, a CONCESSIONÁRIA apresentará cálculos, conforme a Norma MIL-STD-756, utilizando o método de contagem das partes – Parts Count Reliability Prediction Method – e análise por estresse de componentes – Part Stress Analysis Method, descritos na Norma MIL-STD-HDBK-217, todos em suas últimas versões.



## 2.1.7. Características Operacionais do Material Rodante

As diretrizes contidas nessas especificações abordam os aspectos de utilização dos trens pelos passageiros, do desempenho operacional das composições ao longo das vias (principais, terminais, estacionamentos e pátios de manutenção), das interfaces do material rodante com os sistemas de via permanente, sinalização, telecomunicações, energia e das obras civis das estações de embarque, dos túneis e dos elevados.

Serão utilizadas tecnologias atualizadas para a concepção do projeto do material rodante, comprovadas internacionalmente, com garantia de fornecimento de peças e componentes durante toda a vida útil dos trens, e com fornecedores alternativos.

Os trens serão concebidos com todos os avanços tecnológicos da atualidade, principalmente com relação aos motores de tração, inversores de tração e auxiliares, compressores, rede de dados (“data bus”), estrutura metálica das caixas, truques, pantógrafos, freios regenerativo e por atrito, ar condicionado, registradores de eventos, telemetria, equipamentos de sinalização de bordo, materiais de segurança (antichamas, antitóxicos e antipoluentes) e, comunicações (visual, áudio e imagem).

Poderão ser apresentadas alternativas em função da realidade industrial dos fornecedores, desde que respeitadas as diretrizes básicas estabelecidas nessa especificação com relação ao padrão operacional, às interfaces com os demais sistemas e com as obras civis (túneis, elevados, estações, entre outros).

O projeto considerará, para a linha 1, uma capacidade, no horizonte final do projeto, de 24.000 passageiros por hora e por sentido, “head-way” de 120 segundos, utilizando como parâmetros de cálculos 6 passageiros por metro quadrado na área do salão reservada para passageiros em pé, quantidade de assentos não inferior a 15% da capacidade do trem, composição inicial formada por 3 carros (todos



motorizados e 2 com cabina de comando) será de 250 passageiros por carro (ou 750 passageiros por trem de 3 carros), com largura máxima de 3 m e comprimento inicial de 68 m (incluídas as extensões das conexões entre carros).

Além dessas diretrizes, serão consideradas as interfaces com os sistemas fixos necessários para a operação dos trens, as condições ambientais ao longo de todo o traçado, a capacidade de transporte, o desempenho operacional e os níveis de conforto e segurança para os passageiros.

Os dados de consumo de energia, apresentados na simulação de energia, servirão de base para o desenvolvimento dos projetos de rede aérea de tração e das subestações retificadoras do sistema elétrico.

Portanto, o material rodante obedecerá aos limites de consumo de energia elétrica simulados, mas em hipótese alguma a racionalização do consumo de energia poderá comprometer os requisitos de desempenho operacional, de segurança e de conforto especificados.

A capacidade de tração e frenagem elétrica do material rodante será dimensionada para operar sem degradação com até 8% dos seus motores de tração fora de serviço. Ou seja, operará normalmente com 1 dos 12 motores em falha. No segundo nível, poderá provocar uma degradação máxima no sistema de 10%, o que representa perder, no máximo, mais 1 motor de tração.

A capacidade de alimentação para os circuitos auxiliares terá uma reserva operacional de 30%, de forma que a perda de 1 dos 2 conversores estáticos não provoque nenhuma degradação no sistema (parcialmente, apenas no sistema de ar condicionado. Nesse caso, o ar condicionado e a iluminação poderão ser reduzidos, mas a ventilação e a produção de ar comprimido será mantida plena).



Em relação ao desempenho do material rodante, serão adotadas as seguintes principais grandezas:

- Aceleração máxima..... 1,2 m/s<sup>2</sup>;
- Aceleração média..... 1,1 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração máxima com freio de serviço..... 1,2 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração média com freio de serviço..... 1 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração média com freio dinâmico..... 0,75 m/s<sup>2</sup>;
- Velocidade máxima..... 80 km /h;
- Tempo de parada nas estações..... 30 s;
- Formação do trem-tipo..... MC-MI-MC. (MC = motor cabine e MI = motor intermediário);
- Comprimento do carro MC..... aproximadamente 21 m;
- Comprimento do carro MI..... aproximadamente 20 m;
- Comprimento do trem no início de operação..... 68 m;
- Massa do carro MC..... aproximadamente 60.000 kg;
- Massa do carro MI..... aproximadamente 60.000 kg;
- Massa do trem no início de operação..... aproximadamente 180.000 kg;
- Força de arranque..... aproximadamente 180 KN;
- Força de frenagem..... aproximadamente 170 KN.

A aceleração máxima real no primeiro estágio da demarragem (até 45 km/h) foi limitada em 1 m/s<sup>2</sup>, sendo que, em praticamente todas as plataformas das estações, esse estágio é realizado com a via nivelada e em tangente.

O tempo de resposta da tração após o seu acionamento será de, aproximadamente, 2 s, ou seja, 2 s após a abertura do controle de tração, o trem parte com a aceleração real de 1 m/s<sup>2</sup>.



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160

Fone: 3350-9022

80.510.140

São Francisco

Curitiba – PR

[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)

No estágio de frenagem para reduzir a velocidade do trem de 80 km/h até cerca de 10 km/h, será utilizado o freio dinâmico do trem, ou seja, os motores de tração passarão a funcionar como geradores e a frenagem será regenerativa.

No caso de ocorrer qualquer tipo de falha ou desempenho abaixo da expectativa, o freio de atrito será acionado automaticamente.

Os tempos de aceleração e desaceleração nas operações de demarragem (de 0 a 80 Km/h) e frenagem (de 80 a 0 km/h), serão limitados a 33 e 28 s, respectivamente.



## 2.1.8. Simulação de Marcha

A simulação de marcha foi calculada com as premissas de perfil geométrico readequado e com as características de material rodante apresentadas.

Estação de Partida	Km	Distância (m)	Tempo (segundos)	Tempo de Parada (segundos)	Tempo Acumulado (minutos)	Estação de Chegada
CIC-Sul	1,618	2.007	119,3	30,0	2,5	Pinheirinho
Pinheirinho	3,625	2.330	133,9	30,0	5,2	Capão Raso
Capão Raso	5,955	884	68,6	30,0	6,9	Hospital do Trabalhador
Hospital do Trabalhador	6,839	897	69,5	30,0	8,5	Portão
Portão	7,736	1.098	78,5	30,0	10,3	Morretes
Morretes	8,834	1.361	90,2	30,0	12,3	Água Verde
Água Verde	10,195	1.397	90,2	30,0	14,3	Bento Viana
Bento Viana	11,592	796	65,9	30,0	15,9	Oswaldo Cruz
Oswaldo Cruz	12,388	784	65,9	30,0	17,5	Eufrásio Correia
Eufrásio Correia	13,172	949	70,4	30,0	19,3	Rua das Flores
Rua das Flores	14,121	1.037	75,8	30,0	21,0	Passeio Público
Passeio Público	15,158	954	70,9	30,0	22,7	Juvevê
Juvevê	16,112	1.456	95,5	30,0	24,8	Cabral
Cabral	17,568	1.846	113,6	30,0	27,2	Boa Vista
Boa Vista	19,414	2.342	132,9	-	29,4	Santa Cândida
Santa Cândida	21,756	-	-	-	-	-



Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)

O tempo de percurso entre a partida da primeira estação, até a última estação, será de 22 minutos e 20 segundos, sem os tempos de parada; e de 29 minutos e 25 segundos, com as paradas incluídas.

A velocidade comercial será de 44,4 km/h.



## 2.1.9. Simulação da Demanda de Energia e Dimensionamento das Subestações

Para os cálculos de corrente máxima, corrente eficaz e consumo eficaz de potência, foi considerado a classe de tensão de alimentação de tração em 1.500 Vcc, nos percursos entre as estações CIC e SCD, e vice-versa.

Como premissas para a simulação de energia, foram adotados os seguintes parâmetros:

- Tensão de alimentação da rede de tração 1.500 Vcc;
- Potência dos conversores auxiliares: 180 kVA/trem (trem com três carros) - trata-se de sistema vital com reserva de 30% e a carga máxima não é contínua - carga média de 135 kVA;
- Aceleração máxima.....1,0 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração máxima com freio de serviço.....1,2 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração média com freio de serviço.....1,0 m/s<sup>2</sup>;
- Desaceleração média com freio dinâmico.....0,75 m/s<sup>2</sup>;
- Velocidade máxima.....80 km/h;
- Rampas do traçado geométrico.....máxima de 4%;
- Curvas horizontais do traçado geométrico.....mínima de 300 m;
- Tempo de parada nas estações.....30 segundos;
- Formação do trem-tipo.....MC-M-MC (MC = motor cabine e M = motor intermediário);
- Comprimento do carro MC.....21 m;
- Comprimento do carro M.....20 m;
- Comprimento do trem no início de operação.....62 m;
- Massa do carro MC.....60.000 kg;



- Massa do carro M.....60.000 kg;
- Massa do trem no início de operação.....180.000 kg;
- Força de arranque.....180 KN;
- Força de frenagem.....170 KN.

As 8 subestações retificadoras terão capacidade nominal de 4 MW cada uma (dois retificadores de 2 MW em cada SE).

O consumo médio de energia, por trem, será de 120 Wh/ton.km (um trem no início de operação = 180 ton).

No quadro, a seguir, está apresentada a simulação da demanda de energia e o dimensionamento das subestações do Metrô de Curitiba.



### Simulação de Energia - Metrô de Curitiba

	CorrenteMédia (A)	PotênciaMédia (kW)	Potência/SE	SE	SE	km/SE	
MB (CIC)							
CIC-PIN	647,00	970,00	2.094,00	SE 1	CIC	0,00	
PIN-CIC	749,00	1.124,00					
PIN-CPR	675,00	1.012,00	4.630,00	SE 2	CPR	4.340,00	4.340,00
CPR-PIN	663,00	994,00					
CPR-HTR	881,00	1.322,00					
HTR-CPR	868,00	1.302,00					
HTR-POR	870,00	1.305,00	5.092,00	SE 3	POR	6.120,00	1.780,00
POR-HTR	876,00	1.314,00					
POR-MOR	821,00	1.232,00					
MOR-POR	827,00	1.241,00					
MOR-AVD	746,00	1.119,00	4.536,00	SE 4	AVD	8.580,00	2.460,00
AVD-MOR	761,00	1.142,00					
AVD-BVN	763,00	1.144,00					
BVN-AVD	754,00	1.131,00					
BVN-OCZ	869,00	1.303,00	5.376,00	SE 5	OCZ	10.760,00	2.180,00
OCZ-BVN	923,00	1.384,00					
OCZ-EFC	851,00	1.276,00					
EFC-OCZ	942,00	1.413,00					
EFC-RFL	860,00	1.290,00	5.110,00	SE 6	RFL	12.500,00	1.740,00
RFL-EFC	883,00	1.325,00					
RFL-PPB	838,00	1.257,00					
PPB-RFL	826,00	1.238,00					
PPB-JUV	790,00	1.185,00	4.779,00	SE 7	JUV	14.890,00	2.390,00
JUV-PPB	736,00	1.104,00					
JUV-TCB	831,00	1.247,00					
TCB-JUV	829,00	1.243,00					
TCB-BVT	709,00	1.064,00	4.051,00	SE 8	BVT	17.830,00	2.940,00
BVT-TCB	678,00	1.017,00					
BVT-SCD	648,00	971,00					
SCD-BVT	666,00	999,00					
MB(SCD)						20.140,00	
<b>Total</b>	<b>23.780,00</b>	<b>35.668,00</b>					

Obs.: SE CIC alimentará a via de teste e parte do pátio



## 2.1.10. Pré-dimensionamento da Frota do Trem

Para determinar o dimensionamento da frota do metrô, partiu-se das premissas básicas, como a característica do serviço a ser atendido e a demanda estimada para o projeto.

### a) Características da oferta dos serviços

O serviço será prestado todos os dias da semana, das 5 às 24h, e terá a seguinte divisão de operação comercial:

- Pico da manhã 6-9h;
- Vale da manhã.....9-12h;
- Vale do meio-dia ..... 12-14h;
- Vale da tarde..... 14-17h;
- Pico da tarde..... 17-20h;
- Vale da noite .....20-24h.

O horário de maior movimento - HMM, o “pico do pico”, será no período das 7 às 8h, sentido sul-norte, com base nos carregamentos definidos nos estudos de demanda.

O intervalo entre trens, headway, será determinado para poder oferecer um nível de serviço adequado, sobretudo por dois aspectos:

- Uma taxa de ocupação aceitável;
- Um nível de serviço atrativo em termos de frequência, porém, respeitando o custo operacional.

O intervalo entre trens, nos picos da operação, com base no carregamento do horário de maior movimento, respeitará a lotação máxima do trem, com 6 passageiros por metro quadrado. Esse intervalo será atualizado para cada horizonte de operação.



Com trens compostos de 3 carros e uma capacidade de 750 passageiros, os headways máximos e o carregamento na hora de pico, para os diferentes horizontes, estão apresentados na tabela seguinte.

Os trechos de maior carregamento serão os do Hospital do Trabalhador e do Terminal Portão, no sentido sul-norte.

Horizonte	Carregamento Crítico na Hora de Pico (passageiros)		Headway Máximo (minutos)
	Cenário Terminal Cabral	Cenário Terminal Santa Cândida	
2018		10.890	4,13
2019		13.242	3,40
2020	13.978	13.980	3,22
2025	15.616	15.619	2,88
2030	17.222	17.221	2,61
2040	19.205	19.202	2,34
2050	21.231	21.227	2,12

A tabela a seguir apresenta, para ambos os cenários (terminais), os headways comerciais aplicados a cada ano, a capacidade e a taxa de ocupação correspondente.



Prefeitura Municipal de Curitiba

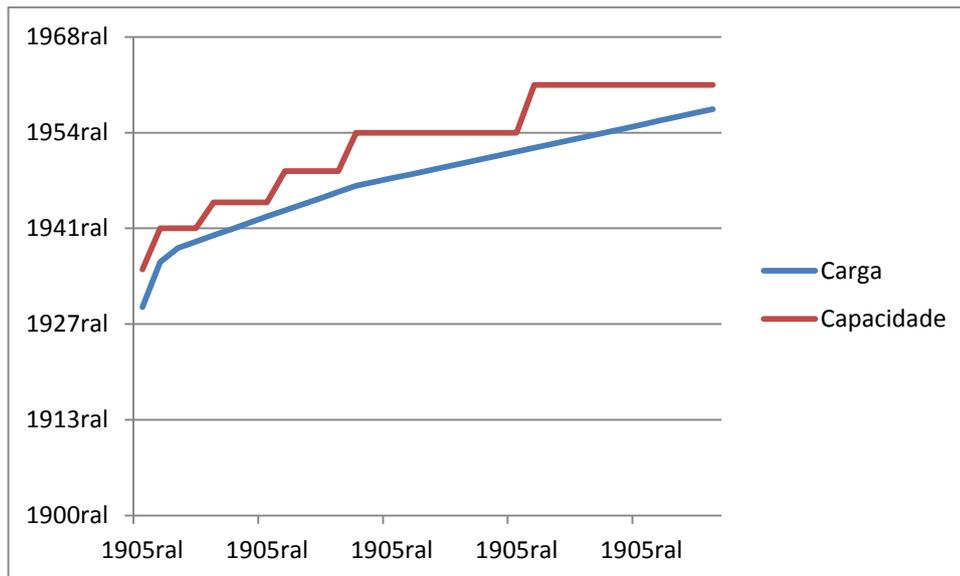
Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba – PR  
[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)

Ano	Carregamento Crítico (passageiros)	Headway Comercial (minutos)	Capacidade (passageiros)	Taxa de Ocupação (%)
2018	10.890	3,50	12.857	85
2019	13.242	3,00	15.000	88
2020	13.978	3,00	15.000	93
2021	14.306	3,00	15.000	95
2022	14.634	2,75	16.364	89
2023	14.963	2,75	16.364	91
2024	15.291	2,75	16.364	93
2025	15.619	2,75	16.364	95
2026	15.940	2,50	18.000	89
2027	16.260	2,50	18.000	90
2028	16.581	2,50	18.000	92
2029	16.901	2,50	18.000	94
2030	17.222	2,25	20.000	86
2031	17.420	2,25	20.000	87
2032	17.619	2,25	20.000	88
2033	17.817	2,25	20.000	89
2034	18.015	2,25	20.000	90
2035	18.214	2,25	20.000	91
2036	18.412	2,25	20.000	92
2037	18.610	2,25	20.000	93
2038	18.808	2,25	20.000	94
2039	19.007	2,25	20.000	95
2040	19.205	2,00	22.500	85
2041	19.408	2,00	22.500	86
2042	19.610	2,00	22.500	87
2043	19.813	2,00	22.500	88
2044	20.015	2,00	22.500	89
2045	20.218	2,00	22.500	90
2046	20.421	2,00	22.500	91
2047	20.623	2,00	22.500	92
2048	20.826	2,00	22.500	93
2049	21.028	2,00	22.500	93
2050	21.231	2,00	22.500	94



No gráfico, a seguir, está apresentada a adequação entre a demanda e a capacidade.



A oferta adapta-se a cada hora do dia e a diferentes características de dias (dia de semana, fim de semana, feriado, entre outros).

Nos dias úteis, com exceção do período do vale da noite, o headway não ultrapassará os 6 minutos, para poder oferecer um nível de serviço atrativo (de qualidade).



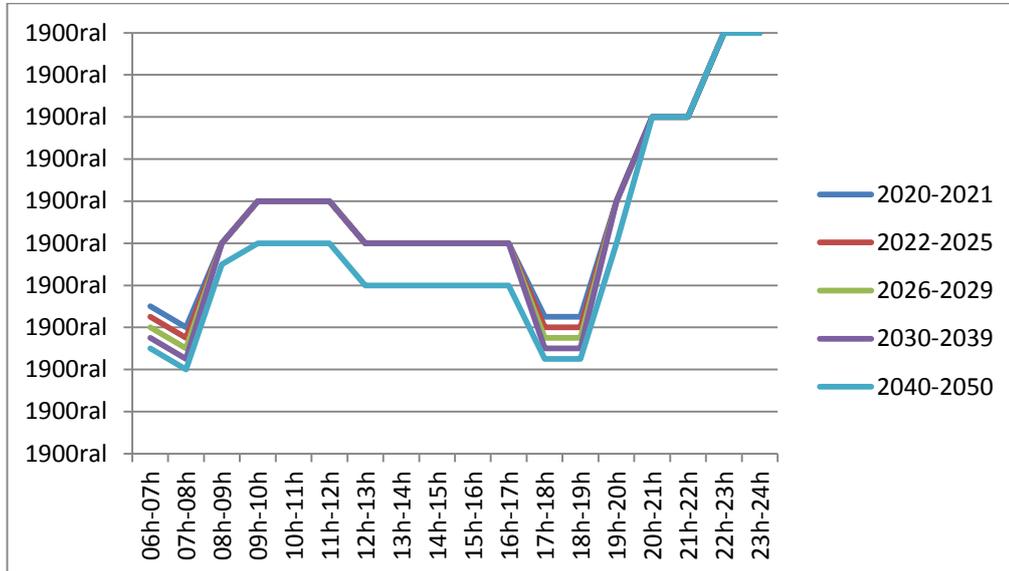
Na tabela, a seguir, estão apresentados os diferentes headways para o ano 2020.

Horário	Semana	Semana de Verão	Sábado	Domingo
6h-7h	3,5	3,75	5	10
7h-8h	3	3,75	5	10
8h-9h	5	5	8	10
9h-10h	6	6	8	10
10h-11h	6	6	8	10
11h-12h	6	6	8	10
12h-13h	5	5	8	10
13h-14h	5	5	8	10
14h-15h	5	6	8	10
15h-16h	5	6	8	10
16h-17h	5	5	8	10
17h-18h	3,25	3,75	5	10
18h-19h	3,25	3,75	5	10
19h-20h	6	6	8	10
20h-21h	8	8	8	12
21h-22h	8	8	10	12
22h-23h	10	10	10	15
23h-24h	10	10	10	15

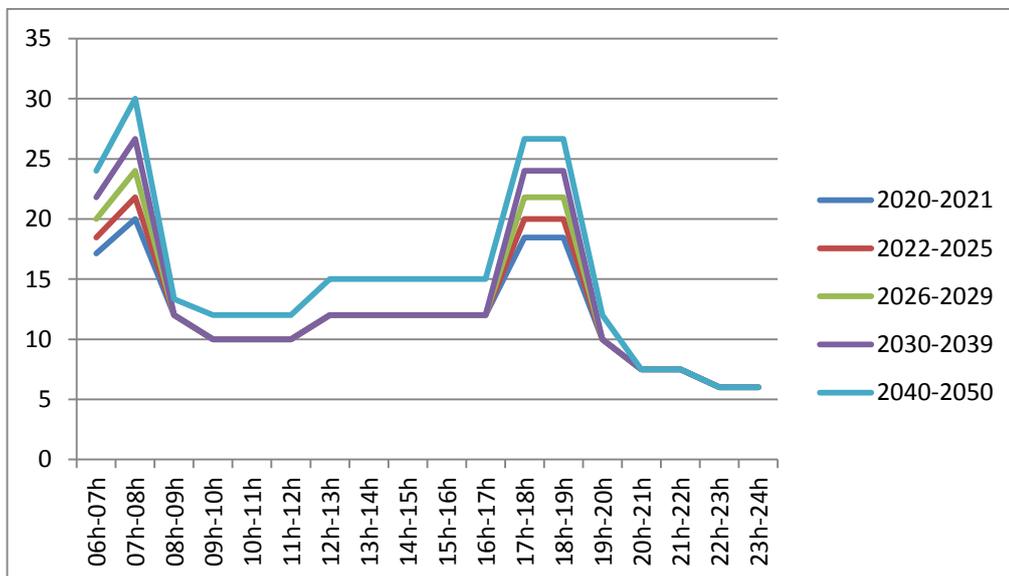
Entre as 20 e às 24h, o headway aumentará de 8 a 10 minutos, pois a demanda será muito baixa.

Aos sábados e domingos, a demanda será menor comparada aos dias de semana. Sendo assim, o headway se adaptará para reduzir o custo operacional.

Os gráficos seguintes apresentam as evoluções do headway e do número de trens por hora, em dias de semana. No ano 2040 haverá um aumento no número de trens por hora, na hora de vale, para atender ao crescimento do números de passageiros.



**Evolução do headway em dias de semana**



**Número de trens por hora em dias de semana**



## b) Dimensionamento da frota

O dimensionamento da frota dependerá se a operação for até o Terminal Cabral ou até o Terminal Santa Cândida.

A operação até o Terminal Santa Cândida, por ter uma maior extensão, necessitará de um número maior de trens, para manter o mesmo headway.

O dimensionamento da frota permitirá a correta operação na hora de pico e considerará uma reserva operacional para manutenção.

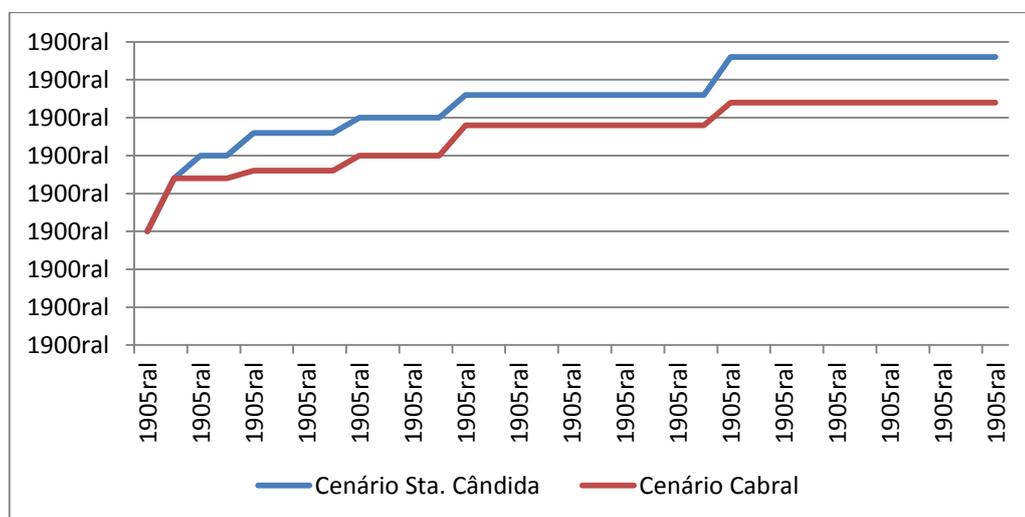
A tabela, a seguir, apresenta o número de trens necessários para a operação nos dois cenários (Terminais Cabral e Santa Cândida), nos diferentes horizontes de projeto.

Ano	Cenário Terminal Santa Cândida			Cenário Terminal Cabral		
	Para Operação	Reserva	Total	Para Operação	Reserva	Total
2018	13	2	15	13	2	15
2019	19	3	22	19	3	22
2020	22	3	25	19	3	22
2021	22	3	25	19	3	22
2022	24	4	28	20	3	23
2023	24	4	28	20	3	23
2024	24	4	28	20	3	23
2025	24	4	28	20	3	23
2026	26	4	30	22	3	25
2027	26	4	30	22	3	25
2028	26	4	30	22	3	25
2029	26	4	30	22	3	25
2030	29	4	33	25	4	29
2031	29	4	33	25	4	29
2032	29	4	33	25	4	29



Ano	Cenário Terminal Santa Cândida			Cenário Terminal Cabral		
	Para Operação	Reserva	Total	Para Operação	Reserva	Total
2033	29	4	33	25	4	29
2034	29	4	33	25	4	29
2035	29	4	33	25	4	29
2036	29	4	33	25	4	29
2037	29	4	33	25	4	29
2038	29	4	33	25	4	29
2039	29	4	33	25	4	29
2040	33	5	38	28	4	32
2041	33	5	38	28	4	32
2042	33	5	38	28	4	32
2043	33	5	38	28	4	32
2044	33	5	38	28	4	32
2045	33	5	38	28	4	32
2046	33	5	38	28	4	32
2047	33	5	38	28	4	32
2048	33	5	38	28	4	32
2049	33	5	38	28	4	32
2050	33	5	38	28	4	32

O gráfico seguinte mostra a diferença no dimensionamento da frota para os dois cenários.







Industrialmente, os trens não poderão ser entregues como mostrado nos gráficos; os pedidos serão realizados de maneira unificada.

A tabela, a seguir, apresenta uma expectativa de calendário para a entrega de trens, nos dois cenários.

		Cenário Terminal Cabral	Cenário Terminal Santa Cândida
<b>Pedido 1</b>		<b>25</b>	<b>30</b>
Entrega	2017	15	15
Entrega	2018	7	7
Entrega	2019	3	6
Entrega	2020	0	2
<b>Pedido 2</b>		<b>7</b>	<b>8</b>
Entrega	2039	4	3
Entrega	2040	3	5
<b>Soma</b>		<b>32</b>	<b>38</b>



## **2.1.11. Lógica de Funcionamento dos Sistemas de Sinalização e Controle**

Supervisionará e controlará a movimentação de trens ao longo da Linha Norte-Sul, disponibilizando os dados no CCO e nos PCLs das estações, através de telas gráficas coloridas com diagramas relatando o “status” dos trens e das rotas.

A tabela horária conterá todas as operações previstas para o dia, com os trens associados às viagens, que será executada automática ou manualmente, sendo possível suprimir ou adicionar viagens, modificar a hora de partida e ajustar a marcha tipo.

O automatismo local se subordinará ou se inibirá diante dos comandos do CCO, com exceção do automatismo local de proteção, que não permitirá a execução de comandos inseguros.

### **2.1.11.1. Funcionalidades**

Os itens, a seguir, ilustram as principais funcionalidades que serão atendidas pelo sistema de controle e supervisão da linha.

#### **a) Comando automático de rotas**

Possibilitará o controle direto do movimento dos trens, através do comando dos itinerários, do tempo de parada, da retenção dos trens na estação e do comando do nível de desempenho, podendo o controlador assumir, manualmente, o comando automático de rotas.



## **b) Regulação**

A regulação será realizada a partir da tabela horária ou da implementação de um intervalo entre trens constante, atuando sobre os tempos de parada e de percurso entre as estações.

No caso de degradação na alimentação elétrica, as partidas poderão ser realizadas a intervalos maiores.

Contemplará, também, a implementação de regulação em resposta específica, no caso de pico de demanda de passageiros durante um prazo reduzido.

## **c) Modos de operação**

O tráfego de trens poderá ser controlado nos modos central (a partir do CCO), local (a partir dos PCLs), automático ou manual (com o controlador no comando manual).

## **d) Estratégias de operação**

Serão definidas estratégias para as situações específicas, como a não disponibilidade de trens para a injeção na operação (emitindo alarme ao controlador), ou para a regularização dos intervalos entre trens, no caso de atraso ou da retirada de um trem, ajustando, automaticamente, o intervalo entre trens.



#### **e) Gestão de terminais**

A gestão das partidas consistirá em calcular a hora e comandar a partida dos trens nos terminais.

A gestão das manobras consistirá em comandar as manobras nos terminais dos trens que entrarão e sairão de vias de estacionamento ou que mudarão de via.

A gestão dos serviços provisórios consistirá em comandar manobras e partidas numa parte reduzida da linha.

#### **f) Limitação de potência**

No caso de degradação na alimentação elétrica, o controlador poderá impor (ou cancelar a imposição) uma redução de consumo de energia elétrica em um trecho de via específico, que será repassada automaticamente a todos os trens.

#### **g) Redução de velocidade**

No caso de restrição de velocidade, o controlador poderá impor (ou cancelar a imposição) uma redução de velocidade em um trecho de via específico, que será repassada automaticamente a todos os trens.

#### **h) Alteração do período de parada**

No caso de necessidade operacional, o controlador poderá impor (ou cancelar a imposição) uma alteração do tempo de parada em uma plataforma específica, que será repassada automaticamente a todos os trens.



### **i) Passagem direta**

No caso de necessidade operacional, o controlador poderá impor (ou cancelar a imposição) uma passagem direta de um trem por uma ou mais plataformas específicas, que será repassada automaticamente a todos os trens.

### **j) Retenção de um trem**

No caso de necessidade operacional, o controlador poderá reter ou liberar um trem em uma plataforma específica.

### **k) Estatísticas de desempenho**

O sistema gerará dados de referência para a regulação da linha.



## 2.1.12. Pré-dimensionamento da Movimentação dos Trens

Dependendo do horizonte de projeto, os headways na hora de pico serão de 3,5 minutos, no início da operação, e 2 minutos, no final da Concessão.

No ano 2020, com a chegada da linha nos Terminais Cabral ou Santa Cândida, o headway será de 3 minutos.

O gráfico, a seguir, apresenta a movimentação dos trens com um headway de 3 minutos até o Terminal Santa Cândida.

O momento crítico da operação será o pico da manhã, onde uma grande parte dos trens terá que sair do pátio, para a entrada em operação.

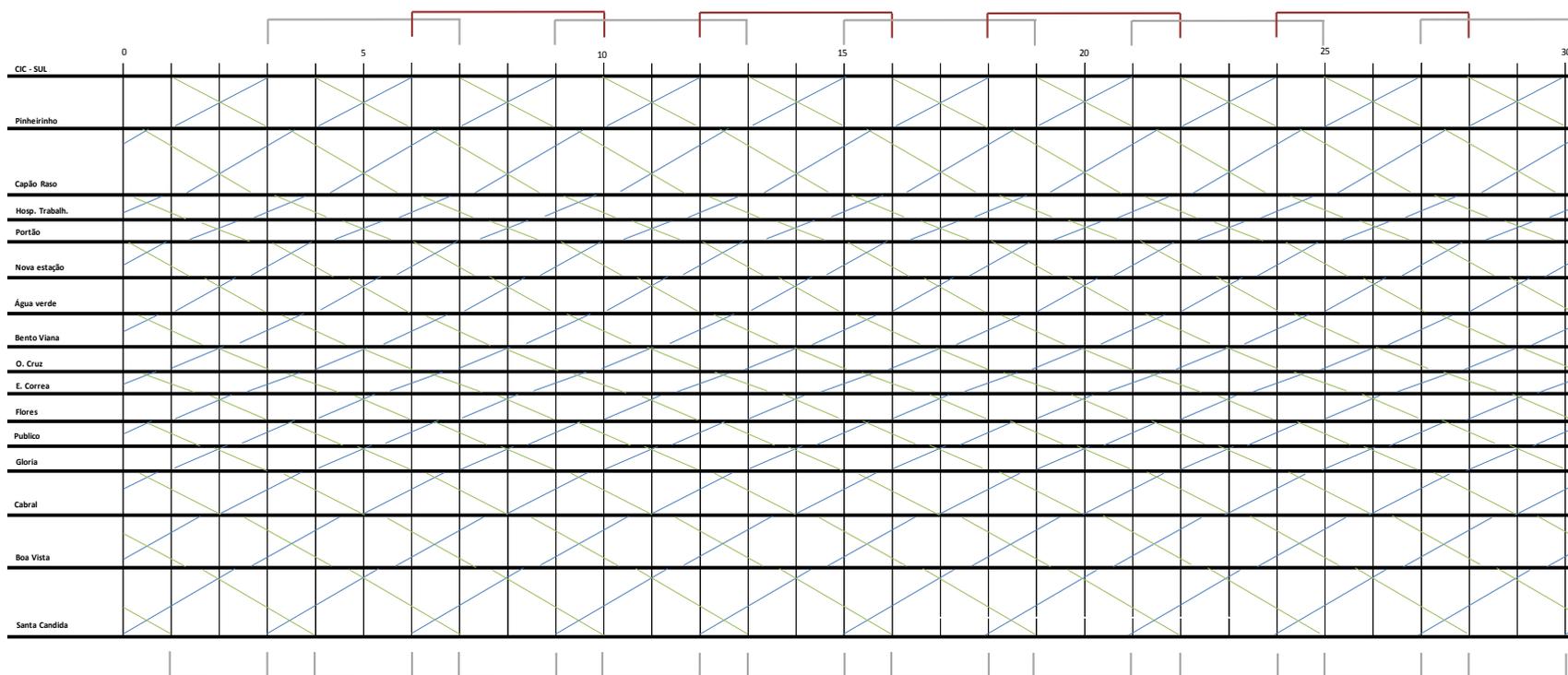


Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)

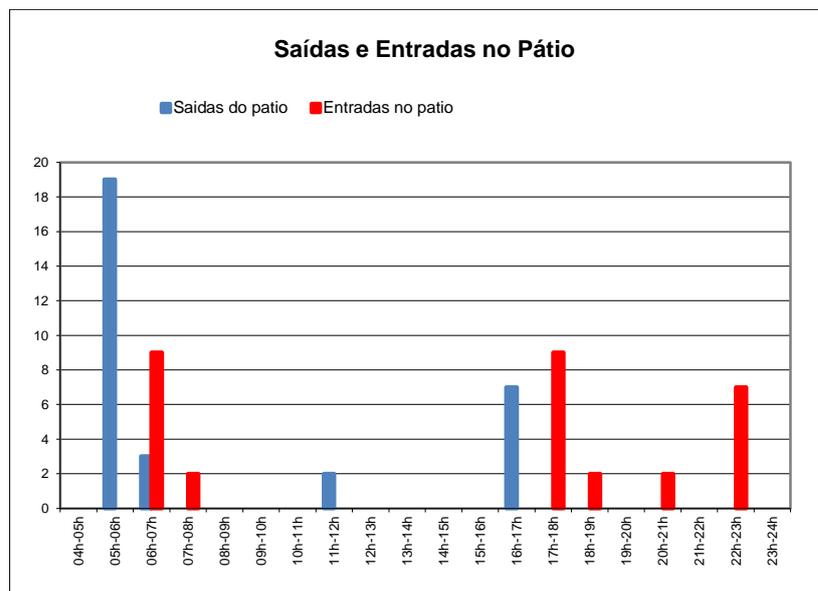
### Grade Horária com Headway de 3 Minutos, para o Ano 2020





### a) Saídas e entradas do pátio

A seguir, o gráfico mostra que na primeira hora de operação, 19 trens sairão do pátio, um trem a cada 3 minutos e 10 segundos.



Com o intuito de facilitar a operação, foram considerados lugares de estacionamento de trens após a Estação Santa Cândida, no final do trajeto norte, e também depois da Estação CIC-Sul, no final do trajeto sul.

O estacionamento depois da Estação Santa Cândida facilitará o início da operação, pois os trens estacionados poderão operar diretamente no sentido norte-sul. A demanda no sentido norte-sul é menor do que no sentido sul-norte, e o início da operação poderá ser feito com menos trens.

O headway de início de operação, no sentido norte-sul, será atingido quando os trens com início no CIC-Sul chegarem à Estação Santa Cândida, 29 minutos mais tarde, para o retorno.



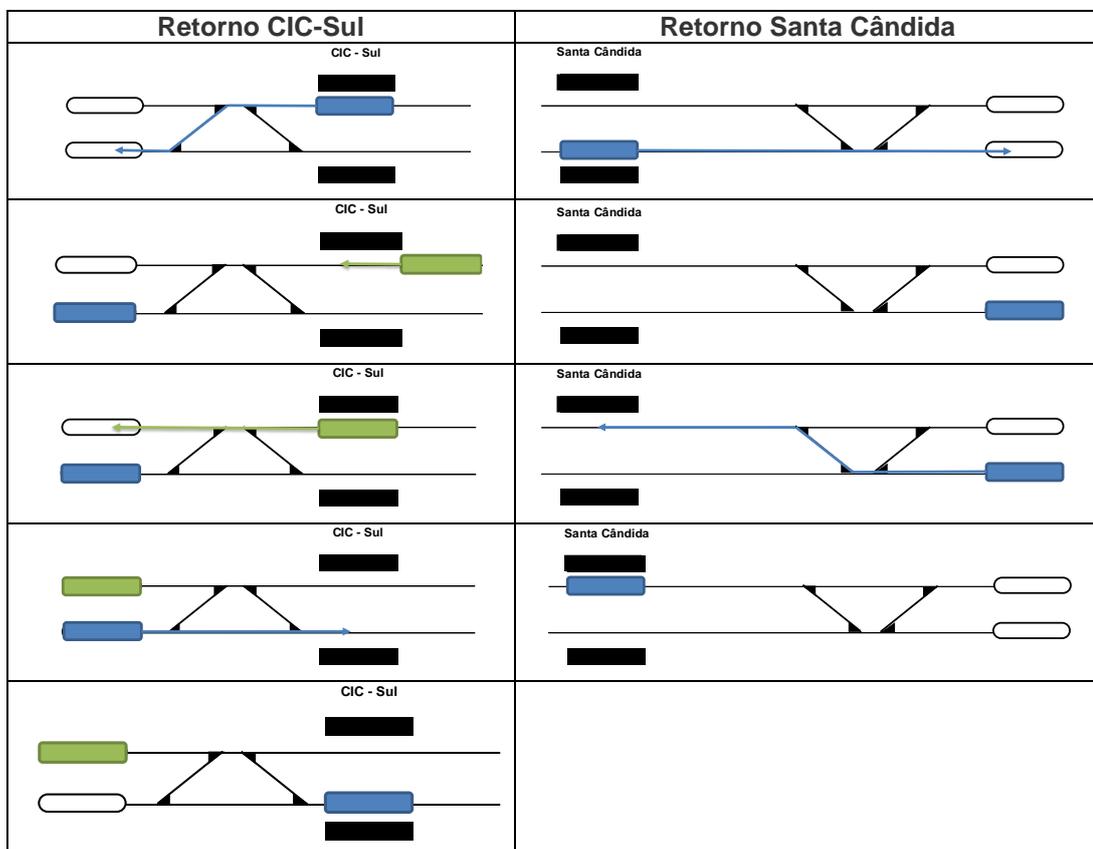
Os lugares de estacionamento serão:

- Santa Cândida ..... 2 lugares;
- CIC-Sul ..... 3 lugares, no mínimo.

Finalmente, somente 14 trens deverão sair do pátio, para o início da operação, um trem a cada 4 minutos e 17 segundos, permitindo assim, uma operação mais moderada.

Com essa grade horária, somente um lugar de retorno será ocupado do lado do terminal Santa Cândida, na operação nominal, enquanto que do lado do Terminal CIC–Sul, dois espaços para retorno serão ocupados.

O esquema, a seguir, apresenta o funcionamento das áreas de retorno.





## **b) Plano de via sinalizado (PVS)**

O PVS, apresentado no esquema a seguir, mostra a configuração operacional das vias principais e o posicionamento dos equipamentos de manobras (travessões e aparelhos de mudança de via), que permitirão a operação normal ao longo de toda a linha, como também em regime de contingência, em trechos provisórios, no caso de emergência.

Para a operação normal serão necessárias áreas de retorno nas Estações CIC-Sul e Santa Cândida. O PVS considerou, nessas estações, dois AMVs e dois lugares de retorno, para permitir uma operação flexível.

Pelo fato de já no primeiro ano de operação, a Estação Rua das Flores funcionar como uma estação terminal, com um headway mínimo de 3,5 minutos, um AMV simples foi considerado ao norte da estação.

No segundo ano de operação, o Terminal Cabral será uma estação terminal, com headway mínimo de 3 minutos, e também poderá vir a ser a estação final do projeto no lado norte, caso o metrô não seja implantado até o Terminal Santa Cândida. Sendo assim, foram considerados dois lugares para retorno.

Após a área de retorno do Terminal Santa Cândida, serão implantados dois lugares de estacionamento. Esses poderão ser usados durante à noite, para a colocação de trens e facilitar o início do serviço no sentido norte-sul, como também durante o dia, para poder retirar trens avariados.

Após a área de retorno do CIC-Sul, existirão duas vias com uso diferenciado:

- Na primeira via de sentido sul-norte, via de acesso ao pátio, será colocado um lugar de injeção atrás do lugar de retorno, para que seja possível um trem



aguardar para ser injetado, enquanto outro trem esteja realizando uma manobra de retorno;

- Na segunda via de sentido norte-sul haverá duas funções. Uma parte dela e a via de teste (aproximadamente, 1.000 m) e na outra parte serão colocados lugares de estacionamento. A área de estacionamento próxima à Estação Terminal terá algumas vantagens, a saber:
  - ❶ Facilidade de injeção e de retirada de trens com proximidade à estação;
  - ❷ Menor carga dos AMVs na entrada do pátio e menor risco de falhas;
  - ❸ Disponibilidade de trens, no caso de falha no acesso ao pátio.

No caso de a via de acesso ao pátio ter uma falha, a segunda via poderá ser também utilizada.

O PVS permitirá, também, realizar os serviços de contingência, em caso de falha no sistema.

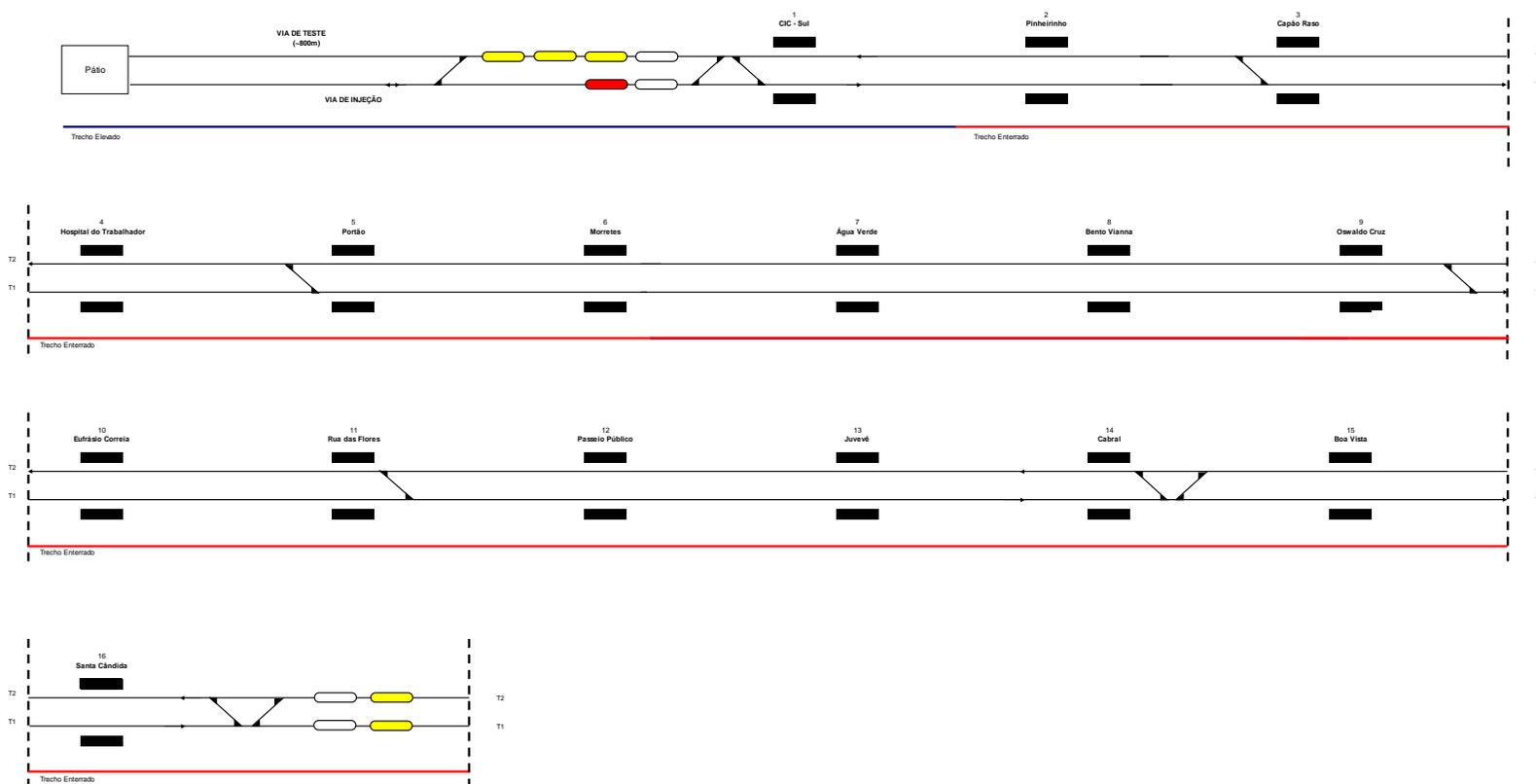


Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de  
Planejamento e Administração

Rua Solimões, 160  
Fone: 3350-9022  
80.510.140  
São Francisco  
Curitiba - PR  
www.curitiba.pr.gov.br

## Configuração Operacional das Vias Principais





### **c) Estratégia de colocação de AMV para os serviços de contingência**

A colocação dos AMVs para os serviços de contingência será uma estratégia para a operação parcial da linha, em caso de interrupção do serviço. A configuração do PVS é que permitirá ou não oferecer um serviço provisório.

No caso da interrupção do serviço, será primordial atender às estações chave da rede do metrô, para que o máximo de usuários possa viajar. Portanto, os AMVs que permitirão um retorno deverão ser posicionados ao lado de estações de maior movimento, em zonas estratégicas e dos terminais de integração.

Entretanto, o AMV, por ser uma complexidade na concepção do perfil geométrico e um custo importante de manutenção, se o nível de manutenção não for atendido, poderá causar falhas adicionais no sistema. Portanto, buscar-se-á dimensionar um número equilibrado de AMVs, para formar uma rede flexível e poder manter o serviço em trechos estratégicos.

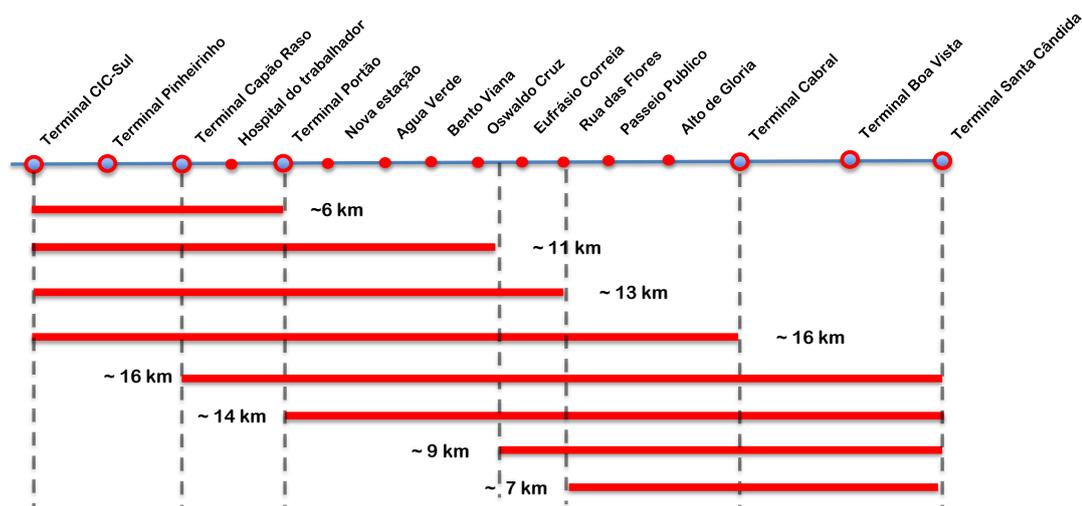
Sendo assim, propomos, então, a disposição dos AMVs da seguinte maneira:

- Um AMV ao lado da Estação Capão Raso e outro ao lado da Estação Portão;
- As duas estações serão terminais de integração com a rede de ônibus e concentrarão 13% e 6% dos embarques/desembarques;
- Com esse PVS será possível operar, provisoriamente, entre as Estações Capão Raso–Santa Cândida, ou Portão–Santa Cândida, no caso de uma interrupção de operação na parte sul da linha;
- Um AMV será colocado no centro, para que possa atender, caso haja uma interrupção de operação em qualquer um dos lados, a partir do centro;
- Esse AMV será colocado entre as Estações Oswaldo Cruz e Eufrásio Correia, para a operação de serviços provisórios entre as Estações CIC-Sul–Oswaldo Cruz e Eufrásio Correia–Santa Cândida;



- As Estações Oswaldo Cruze Eufráasio Correia concentrarão 17% dos embarques / desembarques do sistema;
- No trecho norte, o PVS considerará o retorno do Terminal Cabral para poder também ser utilizado na realização de um serviço de manutenção, Terminal Cabral–CIC-Sul. A estação concentrará 8% dos embarques/desembarques do sistema.

Os serviços de contingência possíveis estão representados na figura a seguir.



O AMV colocado ao lado da Estação Rua das Flores, para o primeiro ano de operação, poderá também ser utilizado para o serviço de contingência.



## 2.1.13. Análise da Operação das Estações

Os grandes setores operacionais de uma estação de metrô poderão ser apresentados da seguinte forma:

- Relação de serviço com os usuários;
- Supervisão dos espaços e dos equipamentos;
- Fiscalização das seguranças;
- Manutenção (limpeza);
- Esquema operacional da estação.

### 2.1.13.1. Relação de Serviço com os Usuários

Na relação de serviço com os usuários estarão compreendidas a relação comercial com os passageiros do metrô e a gestão dos espaços abertos ao público:

- Atendimento: ao público e à administração na estação, num ponto fixo e/ou móvel nos espaços disponibilizados;
- Venda de bilhetes: o pós-venda e a promoção da malha. Pode se tratar de venda manual, de assistência à utilização das máquinas ou cabines de autoatendimento, de gestão dos equipamentos de venda ou de serviço pós-venda;
- Informação aos passageiros: o pessoal lotado na estação será o melhor vetor de informação para auxiliar os passageiros, especialmente os ocasionais, complementando os dispositivos de informação a passageiros existentes;
- Gestão dos fluxos de passageiros: numa malha de metrô, as estações são pontos abertos que podem sofrer a influência dos fenômenos externos que, eventualmente, perturbam a operação do transporte.

Em cada estação, será necessário prestar assistência à função transporte, a fim de garantir a confiabilidade do serviço de transporte.



Essa assistência diz respeito, especialmente, ao direcionamento e controle dos fluxos de passageiros, em caso de afluência muito grande.

### **2.1.13.2. Supervisão dos Espaços e dos Equipamentos**

Todos os espaços e equipamentos da estação contarão com um sistema de supervisão eficaz e de gerenciamento local (SSO - sala de supervisão operacional) e central (CCO - centro de controle operacional), destinado a garantir a solidez do serviço oferecido.

Os sistemas necessários para a operação das estações serão os seguintes:

- Comandos e/ou controle dos equipamentos: escadas rolantes, elevadores e portões de entrada;
- Sonorização dos espaços e circuito fechado de TV;
- Interfones para os passageiros;
- Transmissão dos alarmes operacionais, que permitirão, especialmente, pilotar as linhas de bloqueio, as máquinas e cabines de venda de bilhetes;
- Transmissão dos alarmes técnicos dos equipamentos (postos de iluminação forçada, postos de bomba d'água, quadros elétricos, iluminação de segurança, entre outros).

### **2.1.13.3. Fiscalização das Seguranças**

Esse setor abrangerá as atividades de segurança que são de responsabilidade do operador das estações.

O pessoal operacional atuará, principalmente, em:

- Transmissão e tratamento dos alarmes de segurança e de segurança contra incêndios;



- Proteção dos espaços por sistemas de vídeo;
- Gerenciamento da área/prevenção em matéria de segurança.

Toda estação constitui um estabelecimento que receberá público diversificado.

Sua gestão deverá então, garantir:

- Em termos de segurança contra incêndio: um grau de prevenção em relação aos riscos de incêndio e de pânico, conforme as normas vigentes;
- Em termos de segurança pública: ao mesmo tempo, uma percepção positiva da segurança e uma prevenção real adaptada ao contexto potencialmente hostil de seu ambiente.

#### **a) Fiscalização da segurança contra incêndio**

A fiscalização da segurança contra incêndio será feita em cada estação (fiscalização local) e de forma centralizada no CCO da linha.

#### **b) Fiscalização da segurança e segurança pública**

A fiscalização e a gestão das ações da segurança e da segurança pública serão realizadas em cada estação. Será de responsabilidade do pessoal operacional, que fará a comunicação direta com a polícia.

Para complementar a presença e o zelo assegurados pelo pessoal encarregado da prestação de serviço, será necessária uma ação de prevenção para garantir a segurança do público.

Isso poderá significar uma presença, em tempo integral, nas estações de maior movimento, e uma presença pontual, nas demais estações.



Para reforçar a ação de prevenção, agentes de segurança serão posicionados nos locais mais críticos, em função da necessidade identificada no dia-a-dia, tais como: repressão a fraude, ruídos, depredações e comportamentos agressivos e perigosos.

Essas pessoas utilizarão as salas operacionais previstas em cada estação.

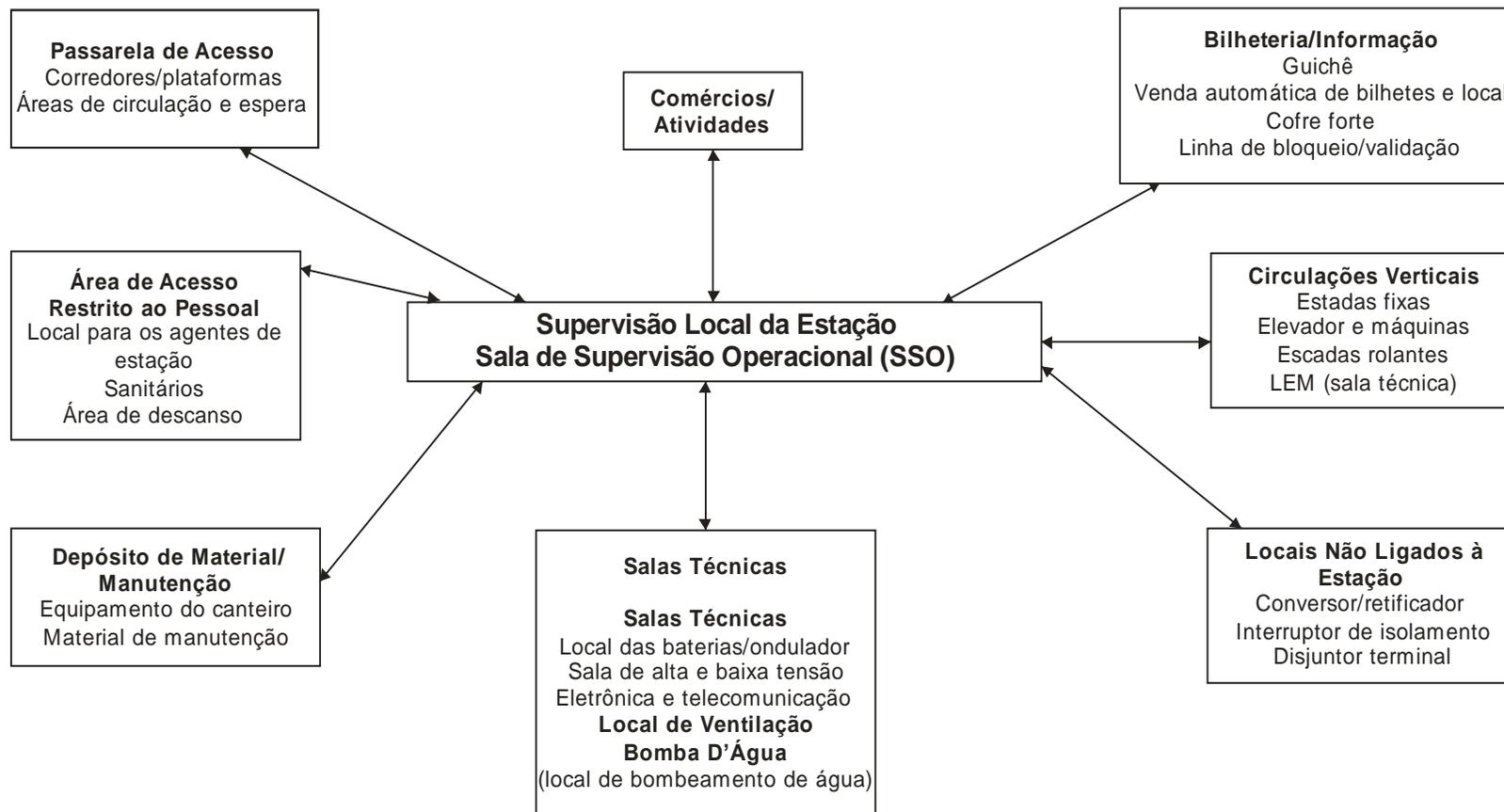
#### **2.1.13.4. Manutenção (Limpeza)**

O gerenciamento das condições da estação fará parte das missões essenciais do operador.

A presença de pessoal nas estações, fixo ou móvel, constituirá a principal forma de gerir os problemas de asseio e limpeza e existirão locais específicos para essa atividade.

#### **2.1.13.5. Esquema Operacional da Estação**

Está apresentado, a seguir, um fluxograma ilustrativo do esquema operacional de funcionamento de uma estação.





## 2.1.14. Caracterização dos Sistemas

### a) Sinalização de vias

O sistema de sinalização de vias da linha norte-sul do metrô terá como objetivo garantir a segurança da operação metroviária, estabelecendo rotas para as composições, transmitindo sinais para os equipamentos de bordo dos trens, os quais calcularão suas curvas de velocidade ideais e controlando o intervalo entre trens, os tempos de parada nas plataformas de embarque e desembarque de passageiros, os tempos de manobras nos terminais e as distâncias entre os trens.

A premissa para esse projeto é que o sistema conterà um mínimo de equipamentos instalados ao longo da via, concentrados em locais que facilitem o acesso para as atividades do pessoal de manutenção preventiva e corretiva.

O sistema de sinalização de vias se integrará com os equipamentos do trem, estabelecendo uma interface operacional com o objetivo de transferir para o material rodante os dados de situações operacionais de interesse, para viabilizar um preciso controle da movimentação das composições ao longo das vias.

O sistema contemplará um eficiente dispositivo de diagnóstico conectado diretamente ao CCO, capaz de oferecer informações relevantes para uso da operação e da manutenção do sistema.

O sistema será projetado utilizando o conceito modular, de forma que qualquer alteração possa ser realizada sem afetar a operação.

Os fornecedores de sistemas de sinalização e controle oferecem tecnologias diferenciadas e serão consideradas duas alternativas uma baseada no princípio do



bloco fixo e outra no princípio do bloco móvel, que poderão ser aplicadas nesse projeto, a saber:

- A baseada no bloco fixo é a mais tradicional e a mais utilizada no Brasil, comprovadamente segura e adequada quando se pretende atingir, na prática, um intervalo entre trens de até 2 minutos;
- A baseada no bloco móvel permite alcançar intervalos entre trens mais reduzidos, entretanto, foi de desenvolvimento recente e com poucas linhas em operação comercial, o que resulta em dados limitados para testar a comprovação do seu desempenho operacional (exemplificando, não existe atestado de desempenho operacional para uso contínuo durante períodos acima de 15 anos).

No caso do projeto da linha do metrô, a expectativa de crescimento da demanda de passageiros indica que, no horizonte de 2050, o intervalo entre trens atingirá 2 minutos.

As duas tecnologias diferenciadas, bloco fixo e/ou bloco móvel, permitem atingir os objetivos operacionais da linha do metrô no horizonte de 2050.

Assim, a proposição inicial é a de implementar um sistema de sinalização baseado em bloco fixo, que responda às diretrizes operacionais do projeto e que otimize os custos de implantação da sinalização, sem impedir a possibilidade de instalar um sistema em bloco móvel (tipo CBTC) caso se tenham propostas técnico-financeiras equivalentes.

A tecnologia baseada em bloco fixo consiste em dividir a via em seções ou trechos, os quais serão controlados pela sinalização de via e de bordo dos trens, de forma a se obter o desempenho operacional desejado (levando-se em consideração a velocidade máxima permitida em cada trecho, intervalos esperados entre trens e tempo total de percurso).



Ao longo da via, serão instalados circuitos de via, balizas de intercomunicações ou cabos de comunicação, que possibilitarão a transmissão de dados de sinalização para as antenas dos trens e encaminhados ao processador do equipamento de sinalização de bordo do material rodante, o qual se encarregará de calcular as curvas de aceleração e frenagem mais adequadas.

O equipamento de bordo instalado no trem comparará a velocidade permitida calculada por ele mesmo com a velocidade real do trem, através do cálculo de uma curva de frenagem que respeite o próximo ponto de parada do trem.

Se a velocidade real do trem exceder ao limite estabelecido, o equipamento de sinalização de bordo iniciará automaticamente a aplicação de frenagem.

No caso do trem estar sendo conduzido no modo de operação semi-automático, onde o operador pode interferir na marcha do trem, os dados coletados da via também serão encaminhados a um visor na cabine do trem, permitindo que esse conduza o trem dentro do limite de velocidade estabelecido.

No caso do operador não obedecer à velocidade permitida, o equipamento de sinalização de bordo iniciará a aplicação automática de frenagem, independentemente da vontade do operador.

Em contra partida, a tecnologia baseada em bloco móvel consiste em permitir a variação da distância entre dois trens em função de suas velocidades relativas, independentemente da divisão física da via em sessões ou blocos.

A baseada no bloco móvel, em teoria, permitirá que se vários trens trafegam com a mesma velocidade e têm as mesmas capacidades de frenagem, eles poderão ter entre si apenas a distância suficiente para frenagem.



O sistema pode criar assim uma atribuição de blocos (trechos de via) dinamicamente mutável e consistente com a localização de cada trem e sua velocidade. Isto é, transforma o “bloco fixo” num “bloco móvel”, ou seja, o bloco passa a ser o trecho de via entre dois trens e a liberação da velocidade dependerá da distância entre eles e das velocidades de ambos.

O bloco se movimenta, aumenta e diminui, com o movimento dos trens, daí a denominação do bloco móvel.

Essa flexibilidade requer uma comunicação digital contínua entre trens, sem fios, para detectar a localização, velocidade e direção dos trens e informar-lhes a permissão para seguir ou não.

## **b) Telecomunicações**

Ao sistema de telecomunicações caberá a integração da linha do metrô, através do subsistema de transmissão de dados, de voz e de imagem - STDVI.

O sistema ofertará as tecnologias mais recentes e utilizará os recursos de transmissão por rádio comunicações e por fibras ópticas, de forma a obter através de redundâncias uma rede eficiente, confiável e versátil.

O sistema atenderá toda a extensão da linha do metrô, desde o Complexo CIC-SUL até a Estação Terminal Santa Cândida, abrangendo as 16 estações de passageiros (SSOs), o CCO, as 17 subestações auxiliares (uma no pátio CIC-SUL), as 8 subestações retificadoras (uma no pátio CIC-SUL), as 2 subestações primárias, os sistemas elétricos auxiliares, as oficinas, o pátio, além das funcionalidades específicas do próprio sistema de telecomunicações e com interfaces com outros sistemas externos ao metrô.



Os subsistemas de telecomunicações terão como objetivo principal dar suporte às comunicações de dados, voz e imagens para a perfeita operação e manutenção da linha do metrô, visando aumentar os níveis de segurança, agilizar o atendimento em situações de emergência, otimizar o desempenho operacional e estruturar os meios de comunicação para permitir uma interação dinâmica entre os sistemas fixos e o material rodante, com o CCO e as estações.

Os sistemas de telecomunicações permitirão a sua operação de forma distribuída com gestão operacional em cada estação e, simultaneamente, de forma centralizada com gestão integrada de todas as estações no CCO.

### **c) Alimentação elétrica**

O dimensionamento dos sistemas de alimentação de energia observará padrões internacionais de qualidade com foco determinado no alto desempenho operacional, na racionalização do consumo de energia e na segurança física do patrimônio e das pessoas.

#### **c.1) Concepção da alimentação elétrica**

A concepção técnico-operacional da alimentação elétrica utilizará linhas elétricas em média tensão para a alimentação de todos os sistemas elétricos (rede aérea de tração, sinalização, telecomunicações, sistemas auxiliares das estações, pátios de estacionamento, oficinas e centro de comando e controle), independentemente da rede básica em média tensão da concessionária de energia elétrica da região.

Essa concepção contemplará a implantação, em todas as estações, de subestações auxiliares (com grupos motor-gerador, grupos inversores e bancos de baterias), e subestações retificadoras em 7 das 16 estações, com o objetivo de garantir



redundância nos equipamentos vitais da operação e habilitar o sistema de transporte para o cumprimento de seus objetivos.

### **c.2) Subestações primárias - 69 Kv/22 Kv**

A localização, a concepção e o dimensionamento da subestação primária para a alimentação elétrica consideraram a carga máxima que poderá ser absorvida pelas subestações retificadoras e auxiliares, simuladas para o plano operacional para o ano 2050.

Considerando a extensão de, aproximadamente, 20 km da linha do metrô, a proposta é implantar duas subestações primárias na Estação Terminal Cabral e no Pátio CICSUL, tendo em vista que a simulação de energia indicou uma distribuição relativamente uniforme ao longo da linha.

A simulação de energia indicou uma carga máxima para o horizonte do ano 2050 de 37 MW para a alimentação de tração e de 18 MW para a alimentação das cargas auxiliares (16 estações + pátio), totalizando uma potência de 55 MW para a subestação primária.

Além da redundância que será obtida com a duplicação de circuitos de alimentação de ambas as subestações, cada uma delas poderá prestar socorro entre si ampliando, dessa forma, o nível de confiabilidade do sistema.

A linha será alimentada por duas subestações primárias, de forma que possa ser alimentada com ventilação forçada, por uma delas, no caso de falha.

Cada uma das subestações primárias será alimentada por duas linhas de 69 kV, independentes e de fontes geradoras distintas, da concessionária de energia (COPEL), de preferência subterrâneas.



Cada uma das subestações primárias contará com dois transformadores de potência 69 kV/22 kV, com capacidade para atender com ventilação normal a demanda em condições normais e com ventilação forçada na condição de falha em um de seus transformadores de potência.

### **c.3) Linhas de alimentação em média tensão - 22 Kvca**

A concepção das linhas levou em consideração a necessidade de independência entre as alimentações para as subestações retificadoras e para as subestações auxiliares.

Tanto a rede interna de alimentação das subestações retificadoras (energia de tração) como a de alimentação das subestações auxiliares (energia para as estações), foi escolhida a configuração em anel combinada com radial, visando o grau mais elevado de redundância.

### **c.4) Subestações retificadoras - 1,5 Kvcc**

Para o dimensionamento e localização das subestações retificadoras, foram consideradas, além dos resultados das simulações elétricas das cargas de tração do trem (carga de tração + carga auxiliar do trem), as diretrizes que seguem:

- Na condição normal de operação, cada subestação retificadora alimentará plenamente a carga simulada;
- Na condição de falha em um grupo retificador de qualquer uma das subestações retificadoras, cada subestação retificadora poderá suprir essa perda com o adicional de falha simples previsto para cada subestação (sem degradação do sistema);
- Na condição de falha nos dois grupos retificadores de qualquer uma das subestações retificadoras, cada uma das demais alimentará plenamente a



carga simulada com adicional de falha dupla (admitindo-se uma degradação de 15%);

- Cada uma das subestações retificadoras contará com dois conjuntos retificadores (transformador + retificador) e com potência de 2 MW cada um (4 MW por subestação).

Para locar as subestações retificadoras ao longo da linha, foram utilizados os resultados da simulação de energia de tração apresentada no item 2.1.9, de forma a atender os requisitos operacionais com relação ao atendimento da demanda projetada, isto é, velocidade comercial e intervalos entre trens.

Os resultados da simulação da energia de tração confirmaram a localização das subestações retificadoras nas estações CIC (que alimentará a via de teste, km 0,000), HTR (km 5,220), MOR (km 7,220), BVN (km 9,940), RFL (km 12,500), JUV (km 14,890) e BVT (km 17,830).

#### **c.5) Rede aérea de tração - 1,5 KVcc**

A localização, a concepção e o dimensionamento da rede aérea de tração para a alimentação dos trens consideraram a carga máxima simulada para a situação operacional do cenário para o horizonte do ano 2050.

A localização dos pontos de alimentação das redes aéreas de tração foi definida em função dos serviços comerciais previstos e da localização das subestações retificadoras, onde estarão localizadas as chaves seccionadoras das redes.

A rede aérea de tração será do tipo rígida, devendo ser previsto no dimensionamento dos túneis um gabarito vertical (parte central do túnel) de 6 m com relação ao boleto do trilho.



Os seccionamentos elétricos serão instalados nas regiões dos barramentos de alimentação das subestações retificadoras (estarão localizadas em áreas adjacentes às plataformas das estações), terminais e aparelhos de mudança de via ao longo das vias.

O conjunto da rede aérea será formado por barramento rígido em alumínio com um fio de contato, no mínimo, de 107 mm<sup>2</sup>, com resistividade máxima de 0,0085 ohms por km, para atender aos limites das correntes nominais e de queda de tensão simuladas.

O retorno da corrente de tração utilizará os trilhos da via permanente, sendo possível o reforço na capacidade de condução nos trechos críticos da rede.

Todas as chaves seccionadoras da rede aérea serão do tipo com telecomando, a partir das subestações e do posto de trabalho de controle da alimentação elétrica no CCO.

#### **c.6) Subestações auxiliares - 460 Vca**

As subestações auxiliares estarão localizadas em cada uma das 16 estações de passageiro se no Pátio CIC-SUL.

As subestações auxiliares serão alimentadas por linhas de média tensão em 22 Kv exclusivas, configuração mista - anel e radial, independentes das linhas de alimentação das subestações retificadoras.

As subestações auxiliares das estações enterradas serão alimentadas, obrigatoriamente, por dois transformadores de potência, sendo que cada um deles terá capacidade para alimentar todas as cargas essenciais da estação.



Entende-se por cargas essenciais a carga total, subtraída de 60% das cargas de iluminação (da estação e das vias), de 100% das tomadas (das salas operacionais, das salas técnicas e das vias) e de 40% das cargas de escadas rolantes e elevadores.

Todas as subestações auxiliares terão dois barramentos principais de 460 V (trifásico), um para atender às cargas essenciais e outro para atender à carga total da subestação, interligados por um disjuntor de transferência.

No caso de falha na alimentação normal da subestação, as seguintes operações estarão programadas para serem implementadas automaticamente:

- A perda de um dos dois transformadores de potência provocará a abertura do disjuntor de transferência, de forma que o transformador que permanecer em serviço alimentará apenas as cargas essenciais;
- A perda dos dois transformadores de potência provocará a abertura do disjuntor de transferência, de forma que o barramento das cargas essenciais passará a ser alimentado pelo grupo motor-gerador (nesse caso, o grupo motor-gerador será acionado automaticamente).

Os barramentos de 220 Vca e de 110 Vca serão alimentados a partir dos barramentos e 460 Vca (trifásico), através de dois transformadores abaixadores 460 V/220-110 V, de forma que um deles tenha a capacidade de assumir a totalidade das cargas da estação.

Conectados ao barramento de 220 Vca, serão instalados dois conjuntos retificadores para alimentar o banco de baterias em 125 Vcc.

Ao barramento de 125 Vcc, serão instalados dois inversores para alimentar o barramento de 110 Vca, no caso de falha total na alimentação da subestação, inclusive do grupo motor-gerador (black-out).



Nesse caso mais crítico, a capacidade do banco de baterias será dimensionada para alimentar os circuitos de segurança do sistema de sinalização, a iluminação de balizamento da estação e as lâmpadas de indicação dos painéis de controle dos sistemas elétricos, por um período de 24 horas.

#### **d) Sistemas auxiliares**

Os sistemas auxiliares terão como objetivo principal dar suporte à operação nas estações, aumentar os níveis de segurança e agilizar o atendimento em situações de emergência.

Serão comandados nas SSOs das estações e no CCO (posto de trabalho de fluxo de passageiros, posto de trabalho da central de controle e posto de trabalho de falha).

##### **d.1) Detecção de incêndio**

Destinam-se a detectar a ocorrência de incêndios dentro das estações (áreas de público, salas técnicas, porões de cabos e outros) e nos trechos em túnel adjacentes à estação.

Os projetos de sistemas de detecção e combate a incêndio atenderão aos critérios técnicos estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná.

Esses sistemas utilizarão dispositivos eletrônicos de detecção e de dispositivos manuais de acionamento de alarme, instalados em laços e interligados a uma central de alarme, conectada à SSO das estações e ao CCO.

Os detectores serão interligados a uma central de alarme micro processada que será dotada de software capaz de realizar, de forma automática, em horários pré-



programados ou em modo manual, autoteste dos detectores acusando falhas nos laços ou nos próprios dispositivos.

A central de alarme de cada estação possuirá uma interface que permitirá a sinalização à distância do seu “status” (ativa, não ativa, realizando autoteste e outros) e o encaminhamento das indicações de alarme.

Na SSO de cada estação e no CCO, existirão telas para visualizar o layout da estação, com a localização dos detectores e atuadores. Quando do acionamento de um alarme, será possível visualizar, nessa tela, qual o dispositivo que o originou e qual sua localização e o tipo de alarme originado. Cada situação alarmada terá um sinal sonoro e visual diferenciado.

Em caso de incêndio, o supervisor da estação atuará sobre o sistema de ventilação, seguindo procedimentos e cenários predeterminados (sempre envolvendo o CCO e o Corpo de Bombeiros), colocando-o na posição adequada à situação específica.

#### **d.2) Escada rolante**

Está previsto escadas rolantes em todas as estações, nos acessos para os mezaninos e desses para as plataformas, sempre que houver desníveis a vencer, de 4 m na subida e 6 m na descida, de acordo com as recomendações internacionais.

O número de escadas rolantes em uma estação será determinado pelo fluxo de passageiros esperado para as horas de pico e pela capacidade de transporte das escadas, o que, por sua vez, é definido pela velocidade e pela largura dos degraus. Próximo a cada escada rolante, existirá como alternativa uma ampla escada fixa.

Para conforto e segurança dos usuários, as escadas terão 3 degraus em nível nas cabeceiras superior e inferior, não originarão trancos na partida e na parada e serão



adequadamente sinalizadas e munidas de botão para parada de emergência. Serão especificadas para serviço pesado (as especificações serão definidas após o projeto arquitetônico das estações).

Cada escada rolante possuirá um painel com comando local de parada e partida, com sinalização das seguintes condições: escada rolante em operação, falha operacional ou falha técnica.

A SSO da estação e o CCO terão interface com o painel de sinalização de cada escada rolante, com tela para visualizar o layout da estação com a localização das escadas rolantes e o “status” de cada uma, sendo possível diferenciar sonora e visualmente o tipo de alarme.

Quando um alarme for acionado, será possível visualizar na tela qual a escada que o originou e o tipo de alarme originado. Será possível diferenciar sonoramente e visualmente o tipo de alarme. A partir da SSO, será possível realizar os seguintes comandos sobre cada escada rolante a ele associada: desligar, parar e inverter o sentido da escada.

### **d.3) Alarmes de segurança**

O sistema de alarme de segurança destinar-se-á a alertar quando da ocorrência de furtos, roubos e assaltos dentro das estações, utilizando dispositivos eletrônicos de detecção e de dispositivos manuais de acionamento de alarme.

A concepção deste projeto considerará as recomendações da Polícia Militar do Estado do Paraná.



Preverá o travamento ou liberação dos bloqueios e o disparo automático de um telefonema com mensagem de alarme pré-gravada para a delegacia mais próxima e para a divulgação automática pela rede de radiocomunicação de segurança.

O sistema de alarme em locais críticos será complementado com câmeras do sistema de circuito fechado de televisão, em particular nas áreas com as bilheterias.

A central de alarme de cada estação terá uma interface que permitirá a sinalização à distância do seu “status” (ativa, não ativa, realizando autoteste, entre outros) e o encaminhamento das indicações de alarme.

Na SSO da estação e no CCO, será possível visualizar em telas o layout da estação com a localização dos detectores e atuadores, sendo possível visualizar qual o dispositivo que originou alarme, qual a sua localização e o tipo, e diferenciar sonora e visualmente o tipo de alarme.

#### **d.4) Elevadores**

Em cada estação, haverá pelo menos um elevador ou uma rampa de rolamento dedicada ao transporte de pessoas com dificuldades de locomoção. Os elevadores terão capacidade para pelo menos uma pessoa em cadeira de rodas e mais duas pessoas em pé, com painel de sinalização e comando, com botão e setas indicativas de “para cima/para baixo”.

O estado operacional de cada elevador será monitorado na SSO da estação, num diagrama sinótico com indicações de: elevador em manutenção, parado, com porta aberta, em movimento para cima e em movimento para baixo.

Serão gerados alarmes na SSO e no posto de trabalho de fluxo de passageiros do



CCO, quando a porta ficar aberta por um período superior a três minutos e, prioritariamente, sempre que o elevador parar entre dois níveis. O posto de trabalho de fluxo de passageiros no CCO e a SSO na estação poderão comandar à distância a operação de desligamento do elevador. Sempre que isso ocorrer, será gerada uma informação de alarme correspondente em ambos.

#### **d.5) Bombas**

O conjunto de bombas para cada estação será definido quando do projeto de arquitetura da estação, e serão utilizadas bombas específicas para incêndio, escoamento de águas pluviais, drenagem, consumo e esgoto.

A especificação das características mecânicas de cada bomba será definida quando do desenvolvimento do projeto de hidráulica, sendo que atuarão em operação normal em modo automático, sendo ligadas ou desligadas em função do estado de dispositivos de medição tais como sensores de nível ou de fluxo.

Em cada estação, haverá um centro de controle de motores de bombas, com duas entradas independentes de energia, com dispositivo microprocessado (PLC) para controlar o “status” do CCM e da lógica de atuação de cada bomba.

Cada bomba será associada a dispositivos sensores que, em operação normal, será ativada e/ou desligada pela atuação dos mesmos. Em situações excepcionais, as bombas poderão ser ativadas em local/manual.

A SSO na estação e o CCO terão interface com o CCM de bombas, com telas para visualizar o layout da estação com a localização das bombas e o “status” de cada uma, assim como diagramas hidráulicos associados a cada bomba.



Poderá realizar os comandos previstos para o CCM sobre cada bomba, desativar a atuação a partir do CCM, ficando o mesmo sob comando exclusivo do controlador do CCO ou do supervisor da estação (o CCO terá supremacia sobre a SSO, se houver ações simultâneas).

#### **d.6) Ventilação principal**

Em cada estação, haverá um sistema de ventilação com a finalidade de exaurir o calor gerado pela frenagem dos trens e pela presença de pessoas, assim como promover a troca de ar necessária a um ambiente saudável.

O projeto de ventilação será realizado após o projeto de arquitetura de cada estação, padronizando os equipamentos para facilidade de operação e manutenção.

A temperatura das estações, o ponto de orvalho e a qualidade do ar serão monitorados por sensores localizados em locais de maior fluxo de público.

Cada estação será responsável pelo controle e exaustão do ar do túnel dos trechos adjacentes à mesma.

Os equipamentos de ventilação são turbo ventiladores (ventiladores de alta capacidade) com vários níveis de atuação, ventiladores com capacidade de reversão para exaustores e exaustores multiníveis.

A SSO e o CCO terão interfaces com o CCM de ventilação, com telas para visualizar o layout da estação, com a localização de cada equipamento do sistema de ventilação, inclusive sensores, os “status” respectivos, assim como, diagramas de controle associados a cada equipamento. Ambos poderão realizar os mesmos comandos previstos para o CCM sobre cada equipamento, inclusive desativar a atuação a partir do CCM, ficando o mesmo sob comando exclusivo do controlador



do CCO ou do supervisor da SSO (o CCO terá supremacia sobre a SSO, se houver ações simultâneas).

#### **d.7) Grupo motor-gerador**

A alimentação de emergência de cada estação será realizada por um grupo motor gerador GMG de emergência, que energizará um quadro de controle do grupo da alimentação auxiliar da estação que, por sua vez, interligar-se-á ao quadro geral de distribuição (QGD).

O grupo motor-gerador terá reserva de combustível para assegurar a operação por, pelo menos, duas horas à plena carga (o tanque reserva de combustível será localizado na área externa da estação), com dispositivo sensor que ative sua operação sempre que for detectada a ausência de energia provinda da linha que alimenta o QGD. A partida será automática em, no máximo, 15 segundos, desde a detecção da falta de energia até o equipamento estar pronto para receber as cargas prioritárias.

A SSO e o CCO terão interfaces com o grupo motor-gerador, GMG com tela para visualizar o “status” dos respectivos dispositivos de partida e controle, assim como os diagramas elétricos associados a cada equipamento alimentado.

Ambos poderão realizar os mesmos comandos previstos sobre o equipamento, inclusive desativar a atuação automática, ficando o mesmo sob comando exclusivo do controlador do CCO ou do supervisor da SSO (o CCO terá supremacia sobre a SSO, se houver ações simultâneas).



#### **d.8) Grupo inversor – banco de baterias – carregador de baterias**

Em todas as estações, será instalado um sistema de alimentação elétrica de emergência de alta performance, formado por um inversor, um banco de baterias e um carregador de baterias.

O inversor tem a finalidade de suprir o barramento de 110 Vca, utilizando o banco de baterias, no caso de pane geral da subestação auxiliar, para alimentar sistemas essenciais abrangendo as cargas vitais da sinalização de vias, do sistema de transmissão de dados, da iluminação de balizamento e da sinalização e controle dos painéis elétricos.

A SSO e o CCO terão interfaces com o grupo inversor com tela para visualizar o “status” do equipamento, assim como os diagramas elétricos associados a cada equipamento alimentado.

Ambos poderão atuar sobre o equipamento, inclusive desativar a atuação automática, ficando o mesmo sob comando exclusivo do controlador do CCO ou do supervisor da SSO (o CCO terá supremacia sobre a SSO, se houver ações simultâneas).