



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

ANEXO III

DIRETRIZES BÁSICAS DO PROJETO

VOLUME IV - PROJETO DE ENGENHARIA E MATERIAL RODANTE

PROJETO DA VIA PERMANENTE



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

Sumário

3.2.4. Projeto da Via Permanente	3
3.2.4.1. Contexto da Superestrutura.....	5
3.2.4.2. Características da Superestrutura	10



3.2.4. Projeto da Via Permanente

O objetivo dessa especificação é definir os dados da superestrutura da via permanente da linha do metrô, possibilitando a apresentação de propostas para a realização do projeto executivo e da fabricação e instalação/montagem desse subsistema.

Serão utilizadas as normas da ABNT, AREMA, ASTM, DIN, ERRI, ISO e UIC, ou outras desde que antecipadamente aprovadas pelo Metrô de Curitiba, prevalecendo sempre os dados dessa especificação.

A linha pode ser dividida em três trechos distintos, conforme descrita a seguir.

a) Trecho 1

O primeiro trecho constituído das vias principais e dos terminais de manobras, onde será executada a operação comercial, perfazendo uma extensão de 21,04 km em via dupla, sendo 1,38 km de segmento elevado e 19,66 km de segmento em túnel.

Descrição	Extensão em Via Dupla (km)	Km Inicial	Km Final	Quantidade de AMVs
Elevado	1,38	1+40	2+520	-
Túnel	19,66	2+520	22+180	12
Total	21,04	1+140	22+180	12



b) Trecho 2

O segundo trecho constituído das vias que interligam o Complexo CIC-SUL ao início das vias principais (limite da zona de manobras da Estação CIC-SUL), perfazendo uma extensão de 0,84 km de segmento elevado, em via dupla, sendo que parte de uma delas (via 1) poderá ser utilizada como via de teste numa extensão de 0,50 km;

Descrição	Extensão em Via Dupla (km)	Estaca Inicial	Estaca Final	Quantidade de AMVs
Elevado	0,84 km	0+300	1+140	4

c) Trecho 3

O terceiro trecho constituído do Complexo CIC-SUL, de segmento em superfície, é composto pelo pátio de estacionamento e de lavador de trens, oficinas de manutenção das instalações fixas e do material rodante, CCO, subestação de energia primária, sede administrativa e setores de serviços gerais.

Descrição	Extensão em Via Dupla (km)	Estaca Inicial	Estaca Final	Quantidade de AMVs
Superfície	7,26	0+0	0+300	33



3.2.4.1. Contexto da Superestrutura

Estão apresentados, a seguir, os principais dados técnicos do projeto da superestrutura da via permanente.

a) Dados gerais

As vias principais, em túnel ou elevado, terão 0,85 m entre a laje e o boleto do trilho, com fixação direta na laje inclusive na região de AMVs, com 40 mm entre o patim do trilho e a laje.

As vias no pátio terão a céu aberto, 1,00 m entre a cota da terraplenagem e o boleto do trilho, com fixação em dormentes de concreto monobloco, as demais vias terão as seguintes características:

- Oficinas vias com valas;
- Lavador de trensvias com drenagem superficial;
- Demais locais vias com pavimento no nível do boleto dos trilhos.

b) Banco de dutos

Tanto no pátio como nas vias principais serão locados bancos de dutos nos sentidos longitudinal e transversal, para atender às interfaces com os sistemas elétricos, além da drenagem (nos túneis, a drenagem captará as águas da lavagem do túnel e as águas de infiltração).

c) Dispositivos amortecedores de ruídos e vibrações

Os dados geológicos, obtidos através de sondagens, serão utilizados para mensurar a transmissão de ruídos e vibrações geradas na via permanente.



A localização de tipos especiais de ocupação do solo, no entorno da linha metroviária, será considerada na definição dos dispositivos amortecedores de ruídos e vibrações.

d) Interfaces com os sistemas elétricos

Os sistemas elétricos (sinalização e rede aérea de tração) terão interfaces diretas com a superestrutura da via permanente.

e) Interfaces com o material rodante

O material rodante será especificado com perfil de rodas UIC-510-2 e o trem-tipo terá, no máximo, 6 carros por trem e comprimentos entre 20 e 21 m com taxa de ocupação de 6 passageiros/m².

Nas vias principais e nas vias de acesso às vias principais (inclusive via de teste), a velocidade máxima será de 80 km/h, a aceleração máxima, 1,3 m/s², a frenagem de emergência, 1,5 m/s², e a frenagem máxima de serviço, 1,2 m/s² (no pátio, a velocidade máxima será de 25 km/h).

f) Condições climáticas

A temperatura variará de 0 a 40°C, com umidade relativa do ar entre 0 e 100%.

A temperatura do trilho a céu aberto variará entre 0 e 65°C (temperatura neutra de 25°C) e no túnel variará de 15 a 25°C.

Qualquer intervenção nos trilhos com processo de soldagem será realizada na temperatura neutra.



g) Traçado geométrico

O traçado geométrico tomará como base o traçado preliminar desenvolvido pelo Metrô de Curitiba, atendendo ao plano operacional e aos limites geométricos estabelecidos que fazem parte das informações técnicas do Termo de Referência.

Serão adotados os seguintes critérios de projeto:

- Bitola: 1,435 m;
- Velocidade máxima: 80 km/h;
- Velocidade comercial: mínimo de 35 km/h;
- Velocidade em pátios: <25 km/h;
- Raio horizontal >300 m nas vias principais;
- Raio horizontal >100 m nas vias do pátio;
- Curvas de transição: clotóides ou parábolas cúbicas;
- Rampas $\leq 4\%$ nas vias principais (descendentes ou ascendentes);
- Rampas = 0% nas plataformas das estações;
- Rampas < 0,25% no pátio;
- Raio vertical em vias corridas >500 m;
- Raio vertical em AMV em curva vertical côncava >1.000 m;
- Raio vertical em AMV em curva vertical convexa >5.000 m;
- Sobre-elevação ≤ 150 mm;
- Aceleração centrífuga (sem sobre-elevação, em via corrida com fixação direta) <0,85 m/s²;
- Aceleração centrífuga (sem sobre-elevação, em AMV com fixação direta) <0,65 m/s²;
- Aceleração centrífuga (sem sobre-elevação, em via sobre lastro) <0,65 m/s²;
- Aceleração centrífuga (sem sobre-elevação, em AMV sobre lastro) <0,50 m/s²;
- Inclinação da rampa de sobre-elevação >1:10 x velocidade (>1:600);
- Variação máxima da aceleração transversal - vias principais <0,3 m/s².



Condicionantes importantes a serem consideradas no desenvolvimento dos projetos:

- Que os raios das curvas verticais nas vias principais sejam iguais ou superiores a 2.500m. Entretanto, nos casos em que esse limite não possa ser atendido, será observado o limite imposto pela seguinte equação: $R_v > V^2/4$ (R_v em metros e V em km/h);
- Que os raios das curvas horizontais nas vias principais sejam iguais ou superiores a 300 m. Entretanto, nos casos em que esse limite não possa ser atendido, será introduzido o recurso da sobre-elevação para liberar a velocidade na curva para, no mínimo, 77 km/h;
- Que os raios das curvas horizontais nas vias do pátio do Complexo CIC-SUL sejam iguais ou superiores a 100 m. Entretanto, serão admitidos raios iguais ou superiores a 80 m nas vias de uso exclusivo de veículos especiais destinados à manutenção do sistema.

h) Topografia

Para a locação da superestrutura da via permanente será implantada uma poligonal classe II P, em conformidade com a Norma NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico, da ABNT.

i) Gabarito dinâmico

O gabarito dinâmico do trem está associado à somatória dos desvios máximos do veículo, considerando a seção transversal mais crítica, em relação ao eixo da via.

Esses desvios serão definidos a partir das tolerâncias mecânicas do projeto de fabricação, dos limites de desgastes estabelecidos para manutenção, das condições dinâmicas da operação de velocidade e aceleração e das características do projeto geométrico da via permanente.



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

j) Gabarito de livre passagem

O gabarito de livre passagem é o espaço livre de obstáculos para a passagem do trem.

Esse espaço será definido considerando o gabarito estático das obras civis (incluindo túneis, elevados, estações e outras edificações ao longo da linha), o gabarito dinâmico do trem, as tolerâncias construtivas, os deslocamentos elásticos e os limites de desgastes da superestrutura da via, além do espaço mínimo para encarrilhamento de trens e serviços de manutenção.

k) Faixas horárias para operação e manutenção

As vias principais operarão sem interrupção das 6h às 24h, sendo que o intervalo para manutenção será entre 0h e 6h, diariamente.



3.2.4.2. Características da Superestrutura

Os componentes da superestrutura da via permanente serão padronizados e atenderão aos seguintes parâmetros da via:

- Rigidez em (kN/mm);
- Impedância mecânica em (dB x Hz);
- Frequência natural em (Hz).

As vias principais serão fixadas diretamente na laje e sem viga suporte. Os trilhos serão fixados em placas metálicas nivelados com palmilhas ou graute, com tolerância de 30 mm.

a) Fixação direta com ou sem massa-mola

Na fixação direta com ou sem massa-mole, serão atendidas às seguintes orientações:

- As juntas nas lajes de concreto serão contínuas, de forma a permitir o deslocamento normal dos trilhos, e os trilhos não deverão fazer o papel de barras de transferência para evitar sobre tensões (o limite máximo será de 180 N/mm²);
- Utilização de fitas de elastômero nas juntas das lajes massa-mola, para possibilitar deformações verticais e laterais (em conformidade com a Norma DIN 7865 - não será utilizado mastique elástico);
- Os elementos amortecedores serão do tipo reutilizáveis e poderão ser substituídos após serem inspecionados (considerar no projeto que, no caso de substituição desses elementos, a laje poderá ser levantada em até 100 mm);
- Sob os aparelhos de mudança de via -AMVs, os elementos amortecedores estabilizarão ambas as vias, nas operações de transposição;
- Os elementos amortecedores serão projetados para não serem danificados em caso de descarrilamentos;



- O projeto será concebido de forma a não permitir o acúmulo de sujeira ou água sob a laje, mesmo nos casos de pós-inundação;
- A cada 10 m será instalado um dispositivo para a verificação de deformações máximas da laje de massa-mola com relação à infraestrutura da via permanente.

b) Fixação em dormentes de concreto

No pátio, as vias serão instaladas sobre lastro de brita com dormentes de concreto.

c) Tolerância de bitola

Será observada a tolerância máxima de 3 mm para a abertura de bitola em condições operacionais com carga e velocidade máximas, inclusive na região das juntas da laje massa-mola, a tensão de fadiga do trilho não será excedida.

A tolerância de 3 mm também será observada no caso de ruptura de trilho, em via com fixação direta com ou sem massa-mola (desnível entre as extremidades dos trilhos e deslocamento lateral).

d) Elasticidade da via

A elasticidade da via será homogênea variando, no máximo, até 5% entre os dois tipos de fixação, e entre eles haverá uma extensão de transição de rigidez.

e) Resistência longitudinal da via

A resistência longitudinal da superestrutura da via permanente suportará os efeitos da frenagem do trem e não excederá à temperatura limite dos trilhos, mesmo no



caso de ruptura de trilho, quando a abertura entre as faces do trilho na direção longitudinal será de até 30 mm e de até 3 mm na direção transversal.

f) Travessões e aparelhos de mudança de vias (AMVs)

Estão apresentadas, a seguir, as características dos aparelhos de mudança de vias:

- A velocidade máxima nas vias principais será de 80 km/h, inclusive nos AMVs na posição normal, de 40 km/h nos AMVs(1:14) na posição reversa, de 25 km/h nas vias corridas e nos AMVs(1:8) do pátio;
- A intensidade de tráfego sobre os AMVs das vias principais será de até 400 trens por dia e de até 40 trens por hora nos horários de pico;
- Os AMVs serão assentados com fixação direta, com ou sem massa-mola, nas vias principais, e sobre dormentes de concreto monobloco, protendido, no pátio;
- O trilho padrão dos AMVs será o UIC 60.

O quadro a seguir mostra as quantidades de AMVs distribuídos nas zonas de manobras e no pátio do Complexo CIC-SUL.

Zonas de Manobras	AMV (1:14) (Otimizado)	AMV (1:8) (Pátio)
Estação CIC-SUL	4 (AMX)	-
Estação Capão Raso	2	-
Estação Portão	2	-
Estação Eufrásio Correia	2	-
Estação Terminal Cabral	2	-
Estação Santa Cândida	4(AMX)	-
Complexo CIC-SUL	-	33
Total	16	33
Total Geral		49



g) Via corrida - trilhos

Estão apresentadas, a seguir, as características principais dos trilhos:

- Bitola: 1,435 m (medida a 14 mm do boleto do trilho);
- Inclinação do trilho: (1:40) para via corrida e (1:∞) nos AMVs com tolerância de +/-1%;
- Trilho: UIC-60/UIC-861/UIC-860 grau 900 A:
 - A furação somente será permitida quando por exigência do projeto de sinalização;
 - Os trilhos de 18m serão soldados em estaleiro, por processo de caldeamento em barras de, no mínimo, 72m e de, no máximo, 270m de extensão;
 - Na via, os trilhos serão soldados por processo de caldeamento ou aluminotérmico;
 - A inspeção nível máximo será por processo contínuo com ultrassom, e em toda a seção transversal não será tolerado qualquer tipo de falha.

h) Solução de isolamento acústico – amortecedores de ruídos e vibrações

A transmissão de vibrações e ruídos para as áreas limediras à linha do metrô será controlada através de ensaios em laboratório e cálculos, ainda na fase de projeto executivo.

A emissão e propagação dos ruídos e vibrações serão proporcionais à geometria da via (curvas horizontais e verticais, rampas, sobre-elevações e regiões de aparelhos de mudança de via) e também às condições operacionais do trem, como velocidade e aceleração/frenagem.

Ao longo das vias principais, onde a fixação dos trilhos será direta na laje, a redução de vibrações e ruídos será necessária em função do tipo de ocupação da região



lindeira à faixa do metrô, como hospitais, escolas, laboratórios, áreas residenciais, entre outras.

A redução de vibrações e ruídos será obtida com a aplicação de laje massa-mola na superestrutura da via permanente, nos trechos onde o tipo de ocupação assim exigir. Por exemplo, em escritórios, os limites serão de 35 dB para ruídos e de 75 dB para vibrações.

Para a determinação dos trechos críticos, em função do tipo de ocupação lindeira, será necessário a avaliação da intensidade da emissão de vibrações e ruídos que dependerá, fundamentalmente, dos impactos do trem sobre a superestrutura da via permanente.

A intensidade das vibrações e dos ruídos será proporcional aos acidentes geométricos do traçado (curvas horizontais e verticais, superelevações e rampas) e à movimentação dinâmica dos trens (velocidades, acelerações e frenagens).

Como premissa de projeto, será admitida a utilização do recurso de massa-mola em até 50% da extensão da superestrutura das vias principais.

O projeto executivo para a implantação da superestrutura da via permanente apresentará os resultados dos seguintes ensaios, para comprovar o seu desempenho com relação aos ruídos e vibrações transmitidos às regiões lindeiras ao metrô:

- Nível de ruídos e vibrações nas edificações lindeiras;
- Consideração nos cálculos de ruídos e vibrações, condições geológicas, localização das edificações e projeto executivo;
- Consideração no cálculo, a frequência máxima de trens: 40 trens por hora e por sentido, nos horários de pico.



h.1) Padrões admissíveis para ruídos

Estão apresentados, a seguir, os padrões usuais admissíveis para ruídos provocados pela operação metroviária, segundo a American Public Transport Association, onde (decibéis dBA = 20×10^{-2} pascais = 0,0002 micro-bar):

- Residenciais: 30 a 45 (dBA);
- Comerciais: 40 a 45 (dBA);
- Industriais: 40 a 50 (dBA);
- Salas de concerto: 25 (dBA);
- Auditórios: 30 (dBA);
- Igrejas e teatros: 30 a 35 (dBA);
- Hospitais: 35 a 40 (dBA);
- Tribunais: 35 (dBA);
- Escolas, bibliotecas, universidades e escritórios: 35 a 40 (dBA).

h.2) Padrões admissíveis para vibrações

Estão apresentados, a seguir, os padrões usuais admissíveis para vibrações provocados pela operação metroviária, segundo Wilson, Ihring & Associates, onde (dB* re => $25,4 \times 10^{-6}$ mm/s – logarítmicos em decibéis):

- Residenciais: 70 a 75 (dB re);
- Comerciais: 70 a 75 (dB re);
- Industriais: 75 (dB re);
- Salas de concerto: 65 (dB re);
- Auditórios: 70 (dB re);
- Igrejas e teatros: 70 a 75 (dB re);
- Hospitais: 70 a 75 (dB re);
- Tribunais: 75 (dB re);
- Escolas, bibliotecas, universidades e escritórios: 75 a 80 (dB re).

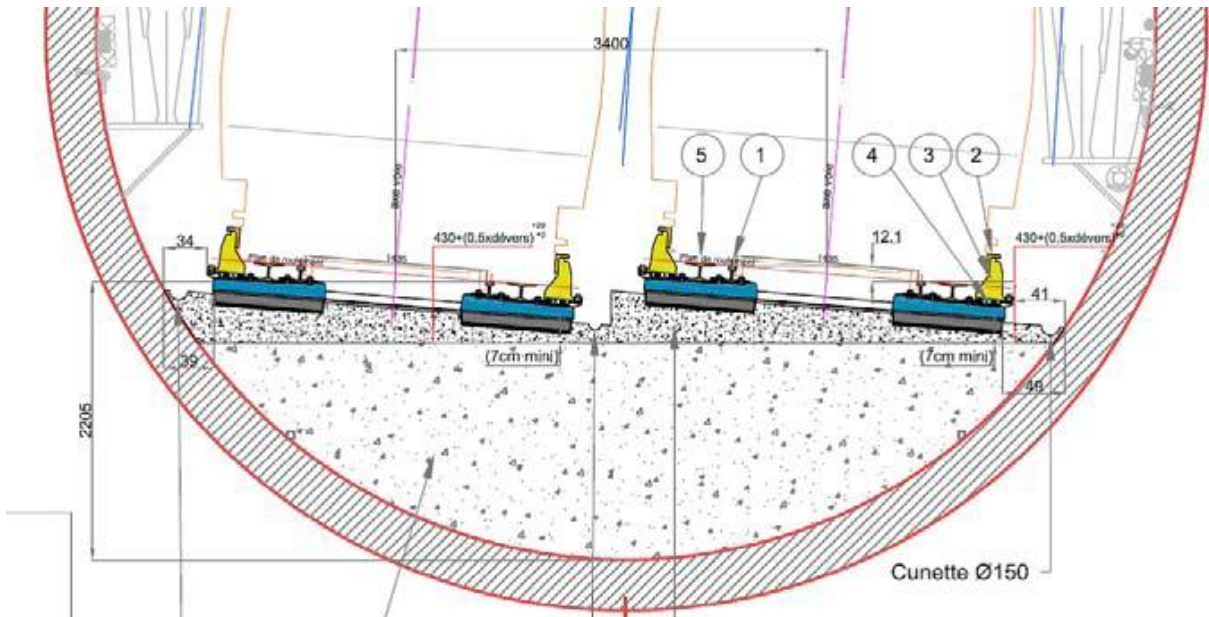


Prefeitura Municipal de Curitiba

Secretaria Municipal de
Planejamento e Administração

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

A seguir, está apresentado um desenho ilustrativo de via permanente.





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

