

TÍTULO					
PROJETO GEOMÉTRICO DO TRAÇADO DA VIA PERMANENTE					
TIPO	SISTEMA	LINHA	KM		
ET	V	X	99		
TRECHO	SUBTRECHO	SUBSISTEMA/CONJUNTO		ÁREA	Nº CONTRATO
99	99	0105		GEE	
ETAPA	CLASSE/SUBCLASSE	SEQUENCIAL	Nº CONTROLE	VERIFICAÇÃO/DATA	VERIFICAÇÃO/DATA
6	U00	999	AK7803-1	IBS e ABR/30.05.07	
IDENTIFICAÇÃO			REVISÃO	APROVAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
ET-V-X-99-99-0105/6-U00-999			F	FABG/30.05.07	
Nº CONTRATO	VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA		SUPERVISORA	

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- AD2141-0DE -Gabarito de obstáculos para construção de instalações fixas
- AI 0347-4 ET- Gabarito de obstáculos para construção de instalações fixas
- AK7802-3 ET- Levantamento TopográficoPlanialtimétrico Cadastral
- AO3319-2 DE - AMV – Tipos de bitola – única e mista
- AL0440-7 DE- Projeto geométrico – Planta e perfil
- AL0420-2 DE - Projeto geométrico, planta e perfil
- AQ6407-0 DE - Seção transversal tipo - Via dupla em corte
- AQ6408-9 DE – Seção transversal tipo - Via dupla em aterro
- AQ6409-7 DE – Seção transversal tipo - Via dupla em superelevação
- AQ6410-0 DE - Seção transversal tipo - Via singela em aterro - Estação com plataforma
- AQ6411-9 DE - Seção transversal tipo - Via singela em corte - Estação com plataforma
- AQ6412-7 DE - Seção transversal tipo - Via dupla em corte - Estação com plataforma
- AQ6413-5 DE - Seção transversal tipo - Via dupla em aterro - Estação com plataforma
- AL0788-0 ET - Marco-limite de segurança – Confecção e instalação
- GRI/001- NS- Emissão de Documentos Técnicos da CPTM
- ABNT NBR 5561 – AMV-A Geometria e Velocidade – Norma
- AK7802-3 ET - Levantamento topográfico planialtimétrico cadastral
- AS6843-1 ET Marcos de amarração dos pontos notáveis
- AT1529-4 DE – Exemplo AMV, Croque para fornecimento

DOCUMENTOS RESULTANTES

-
-
-
-

OBSERVAÇÕES

-

F	Geral	Itens 4.5.1 e 7.1.2.2	Ilona	Osvaldo F.B.	19.10.2011
E	Geral	Formatação, itens 5.3 e 9	Ilona	Osvaldo F.B.	13.04.2011
D.	Geral	Itens 4.6, 6.3, 6.4, 6.5, 7.5.2.2, 7.5.2.3, 8.1.8, 8.1.9, 9.4, Anexos 3 e 4.	Ilona	Osvaldo F.B.	11.02.2010
C.	Geral	Itens 5.3, 8.1.3 até 8.1.8 Tabelas 5, 6, 8 e 9 Anexos 1 à 4	Ilona	Osvaldo F.B.	22.09.2010
B.	Geral	Pequenas correções	Ilona	Osvaldo F.B.	21.06.2010
A.	Geral	Atualização, segundo norma UIC 703 2º edição 1989	Ilona	F. Janini	06.03.2010
REV.	ÍTEM	MOTIVO	RESP. TÉCNICO	APROVAÇÃO	DATA

TÍTULO Erro! Fonte de referência não encontrada.				
IDENTIFICAÇÃO Erro! Fonte de referência não encontrada.		N ° CONTROLE Erro! Fonte de referência	REVISÃO Erro! Fonte de	PÁGINA 2
	ÁREA Erro! Fonte de referência n	VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA	
PROJETISTA Erro! Fonte de referência n	Nº CONTRATO Erro! Fonte de referência n	VERIFICAÇÃO/DATA Erro! Fonte de referência n	APROVAÇÃO/DATA Erro! Fonte de referência n	
SUPERVISORA Erro! Fonte de referência n	Nº CONTRATO Erro! Fonte de referência n	VERIFICAÇÃO/DATA Erro! Fonte de referência n	APROVAÇÃO/DATA Erro! Fonte de referência n	

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

1	FINALIDADE	6
2	EXIGÊNCIAS BÁSICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS	6
2.1	Condições gerais	6
2.2	Condições operacionais	6
2.3	Condições geométricas	6
2.4	Condições de infra-estrutura	7
2.5	Condições estruturais	7
2.6	Condições de manutenção	7
2.7	Considerações complementares	7
3	PROJETO DE TRAÇADO DA VIA PERMANENTE	7
3.1	Via existente	7
3.2	Vias novas a serem implantadas, remodelações ou alteração do traçado existente.	8
4	DADOS CARACTERÍSTICOS PARA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS GEOMÉTRICOS	10
4.1	Dados da via permanente	10
4.2	Dados oriundos do Material rodante	10
4.2.1	Comprimento do trem ou da plataforma	10
4.3	Gabarito	10
4.3.1	Gabarito dinâmico de livre passagem e obras de arte	10
4.3.2	Composição do gabarito dinâmico	11
4.3.3	Entrevia	11
4.3.4	Marco limite de segurança	11
4.4	Seção Transversal	12
4.4.1	Seção transversal Típico	12
4.4.2	Plataforma ferroviária	13
4.4.3	Faixa de domínio	13
4.5	Dados operacionais para geometria da via	13
4.5.1	Velocidade diretriz e restrições cinemáticas	13
4.5.2	Desempenho do material rodante dos trens metropolitanos	14
4.6	Sistema de coordenadas	16
5	APRESENTAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS	17
5.1	Projeto funcional	17
5.2	Projeto Básico	17
5.2.1	Estudos técnicos	17
5.2.2	Estudos das alternativas geométricas	18
5.2.3	Conclusão do Projeto Básico	19
5.3	Projeto executivo da geometria do traçado da via permanente	22
6	PROJETO DA GEOMETRIA HORIZONTAL E VERTICAL	26
6.1	Topografia e os pontos notáveis do traçado geométrico	26
6.2	Marcos Quilométricos	27
6.3	Nomenclatura e Identificação dos pontos do Traçado Horizontal	27
6.3.1	Pontos Notáveis no Eixo da Via Corrida	27
6.3.1.1	Abreviações e Nomenclaturas	28
6.3.1.2	Identificação	28
6.3.2	Elementos do Traçado Horizontal	29
6.3.3	Pontos Notáveis dos AMV's e Cruzamentos	29
6.3.3.1	Abreviações e Nomenclaturas dos Pontos Notáveis	29
6.3.3.2	Nomenclatura das Estações da CPTM	30
6.3.3.3	Identificação	31
6.3.4	Pontos Intermediários no Eixo da Via	31
6.3.4.1	Abreviações e Nomenclaturas	31
6.3.4.2	Identificação	31
6.3.5	Pontos Auxiliares no Eixo da Via	32
6.4	Nomenclatura e Identificação dos pontos do Traçado Vertical	32

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

6.4.1	Pontos Notáveis.....	32
6.4.1.1	Abreviações e Nomenclaturas.....	32
6.4.1.2	Identificação.....	33
6.4.2	Elementos do Traçado Vertical	33
6.4.3	Pontos Intermediários.....	33
6.4.3.1	Abreviação.....	33
6.4.3.2	Identificação.....	33
6.5	Esquema de Apresentação nos Documentos Técnicos.....	33
6.5.1	Códigos dos Pontos Notáveis, Intermediários e Auxiliares.....	33
6.5.2	Numeração Sequencial dos Pontos Notáveis	34
6.5.3	Apresentação dos Elementos do Traçado	34
6.5.3.1	Memorial de Cálculo - MC	34
6.5.3.2	Desenhos - DE	34
6.5.3.3	Tabelas Topográficas - TT	34
6.5.4	Apresentação dos Pontos Notáveis e Intermediários no DE- Geometria dos Eixos das Vias	34
6.5.4.1	Planta.....	34
6.5.4.2	Perfil Longitudinal	34
7	PROJETO DA VELOCIDADE E SUPERELEVÇÃO.....	35
7.1	Velocidade do projeto horizontal	35
7.1.1	Velocidade em curvas circulares.....	35
7.1.1.1	Velocidade em curva circular sem superelevação:.....	35
7.1.1.2	Curva circular com mudança de curvatura sem superelevação	35
7.1.2	Velocidade nos AMV's.....	36
7.1.2.3	Máxima permitida nos desvios dos AMV's tipo AREMA	37
7.2	Superelevação.....	37
7.2.1	Superelevação teórica.....	38
7.2.2	Superelevação mínima.....	38
7.2.3	Superelevação máxima para trens de carga.....	38
7.3	Velocidade em função do raio e da superelevação	39
7.3.1	Velocidade em relação da superelevação teórica.....	39
7.3.2	Velocidade em relação da aceleração transversal máxima permitida	39
7.4	Superelevação equilibrada e raio mínimo permitido para operação mista de trens	39
7.4.1	Superelevação equilibrada	39
7.4.2	Raio mínimo permitido.....	40
7.4.3	Aplicações das formulas.....	41
7.5	Rampas de superelevação	42
7.5.1	Inclinação da rampa de superelevação.....	42
7.5.2	Comprimento da rampa de superelevação	43
7.5.2.1	Relativo a Inclinação da Rampa.....	43
7.5.2.2	Relativo ao Jerk	43
7.5.2.3	Observações.....	44
7.5.3	Situação entre duas rampas de superelevações.....	44
7.5.4	Rampas de superelevação em curvas reversas:.....	44
8	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E EQUAÇÕES DO TRAÇADO DA VIA PERMANENTE	45
8.1	Geometria horizontal	45
8.1.1	Curva circular.....	45
8.1.2	Curva de transição entre Tangente e Curva Circular	46
8.2	Geometria vertical.....	55
8.2.1	Inclinações máximas	55
8.2.2	Mudanças de inclinação	56
8.2.3	Arredondamento das mudanças de inclinação	57
9	APARELHO DE MUDANÇA DE VIA - AMV	59
9.1	Geometria dos AMV's.....	59
9.1.1	Geometria dos AMV's tipo AREMA	60

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

9.1.2	Geometria dos AMV's tipo UIC.....	62
9.2	Identificação dos AMV's	63
9.2.1	AMV tipo AREMA	63
9.2.2	AMV tipo UIC	64
9.3	Condições gerais do projeto geométrico dos AMVs.....	64
9.4	Condições gerais do projeto geométrico do travessão.....	65
9.5	Localização de obras de arte e alteração de infra-estrutura na região do AMV	66

Anexos:**Anexo 1 - MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA HORIZONTAL DO EIXO DA VIA****Anexo 2 - MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA VERTICAL DO EIXO DA VIA****Anexo 3 - MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA DO AMV****Anexo 4 - LOCAÇÃO PLANI-ALTIMÉTRICA DO EIXO DA VIA**

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

1 FINALIDADE

Estabelecer os procedimentos, rotinas e especificações para a elaboração do projeto do traçado geométrico da via permanente nas Linhas da CPTM.

2 EXIGÊNCIAS BÁSICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

No desenvolvimento dos projetos de correção geométrica, remodelação e de implantação de vias férreas novas deverão obedecer as seguintes exigências:

2.1 Condições gerais

- Atender as exigências descritas no objeto do contrato;
- Obedecer às diretrizes desta Especificação Técnica;

2.2 Condições operacionais

- Atender as características e imposições operacionais dos trens de passageiro e / ou carga;
- Atender a velocidade diretriz da Linha e
- Garantir a segurança de inscrição, rolamento e tração do trem;

2.3 Condições geométricas

- Elaborar o projeto geométrico sobre o levantamento planialtimétrico cadastral. Na ausência deste, deverá ser executado o levantamento e registrado em projeto. A CPTM poderá disponibilizar o seu cadastro existente, porém exime-se da sua atualização ou conteúdo;
- Introduzir tangentes e raios maiores possíveis no plano horizontal e vertical da via, no mínimo compatíveis com a velocidade diretriz;
- Evitar projetar curvas horizontais compostas e buscar a sua eliminação nos projetos de correção;
- Empregar curvas de transição no início e final das curvas circulares, preferencialmente simétricas;
- Visar o equilíbrio do desgaste e o aumento da vida útil dos materiais, componentes, conjuntos e sistemas, em função da operação dos trens mistos, através do projeto dos raios e superelevações;
- Posicionar os AMV's de acordo com o projeto de operação e sinalização da via;
- Nos novos projetos é vedada a localização de aparelhos de mudança de via (AMV) nas regiões de plataforma de estação;
- Nas vias assentadas sobre lastro, dever-se-á evitar a implantação de AMV's sobre estruturas de obras de arte especiais (pontilhões, viadutos, pontes, travessias - bueiros e outros) ou em regiões de mudança de infra-estrutura. Nas situações adversas, sobre pareceres e justificativas técnicas, caberão estudos em conjunto com o projeto estrutural, o posicionamento do aparelho de mudança de via (AMV) e equipamento de junta de dilatação, quando a via estiver assentada sobre essas obras de artes especiais ou correntes;
- Garantir o menor vão entre o trem e plataforma das estações, com avaliações criteriosas para os ajustes e as definições dessa geometria de via a ser implantada, cabendo pareceres e considerações para as adoções, seja para correções de obras civis, ou de ações conjugadas (material rodante, via e plataforma);
- Garantir os gabaritos de livre passagem ao longo da linha;

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Garantir a viabilidade do tráfego dos trens previstos, considerando as dimensões, comprimentos, tolerâncias e os respectivos gabaritos dinâmicos;

2.4 Condições de infra-estrutura

- Considerar as características da infra-estrutura e a drenagem;
- Considerar as características geológicas e geotécnicas;
- Considerar as condições hidrológicas da região;

2.5 Condições estruturais

- Compatibilizar o tráfego dos trens tipos;
- Compatibilizar a circulação dos tipos de trens (passageiro e carga), que trafegam na linha, considerando a carga acumulada anual respectivamente;

2.6 Condições de manutenção

- Elaborar projetos que proporcionam numa fase operacional da linha, a minimização de desgaste de materiais e de uma manutenção otimizada e equilibrada;
- Viabilizar a manutenção do material rodante e da via permanente;

2.7 Considerações complementares

- Considerar os outros sistemas operacionais cabíveis da CPTM;
- Considerar e aplicar as normas vigentes e cabíveis, nos casos de interferências e interfaces com obras de terceiros (Concessionários e outros);
- Visar menor desapropriação possível e cabível;
- Atender as normas do tratamento do impacto do meio ambiente;
- Objetivar a viabilidade técnica econômica;

3 PROJETO DE TRAÇADO DA VIA PERMANENTE

3.1 Via existente

Consiste num projeto de correção geométrica com o objetivo de redefinir a geometria da via permanente existente da **CPTM**, visando ganhos operacionais, de segurança, atualização das normas e padronização, atendendo a manutenção da via férrea.

Deverá ser executada de acordo com as definições previamente estabelecidas pela **CPTM**, dentro da plataforma ferroviária existente com objetivo de:

- Restabelecer a geometria da via do projeto do traçado original, ou;
- Retificar o traçado, adequando a esta especificação técnica sem alteração das instalações fixas existentes (*).

(*) Instalações fixas: postes de rede aérea, plataformas de estações, alas de bueiros, pilares de viadutos, drenagem, infra-estrutura da via permanente, plataforma ferroviária e outros.

Observa-se que num mesmo contrato poderão ser mescladas todas as alternativas acima ou restritas em uma ou mais alternativas.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

3.2 Vias novas a serem implantadas, remodelações ou alteração do traçado existente.

Preliminarmente deverão ser elaborados estudos técnicos com base nos seguintes itens:

- Estudos de traçado, envolvendo as obras de arte, métodos construtivos dessas obras, localização das estações, dos estacionamentos, do pátio de manutenção, as possíveis necessidades de desapropriações, atendimento da demanda operacional, etc.
- Levantamento das condições da infra-estrutura do futuro traçado da via permanente, seus estudos, projetos e pré-dimensionamentos.

Os itens principais da infra-estrutura são:

- Geotécnica;
 - Geologia - geotécnica;
 - Hidrologia;
 - Terraplenagem;
 - Obras de terra e contenções;
 - Reforço da plataforma ferroviária;
 - Drenagem e obras de arte correntes;
 - Obras complementares;
- Superestrutura da via permanente, seus estudos, projetos e pré-dimensionamentos.

Os itens principais da superestrutura são:

- Dimensionamento da superestrutura em função dos estudos de infra-estrutura;
 - Definição da superestrutura mínima com a introdução da camada de sub-lastro (20 cm), da altura do lastro (30 cm em via com trilho continuamente soldado), o dormente de concreto (entorno de 30 cm sob o trilho), a palmilha amortecedora e trilho e
 - Definição da diferença entre o TB da via remanejada e cota da plataforma das estações novas e permanentes.
- Levantamento das condições de interferências da via permanente, seus estudos, projetos e pré-dimensionamentos. Os itens principais são: passarela, túneis, bueiro, ponte, posteamento da rede aérea, passagens em nível e outros.
 - Estudos, definições e pré-projetos para atendimento dos requisitos do item 2, Condições gerais;
 - Levantamento topográfico e reprodução gráfica do projeto do traçado geométrico;
 - Estudos das interfaces e atendimento às exigências junto aos sistemas de material rodante, sinalização, alimentação elétrica, operação e outros;
 - Desapropriações;
 - Urbanização;
 - Estudos e levantamentos das interfaces, com as interferências com redes públicas e demais Concessionárias;
 - Estudos de impacto de meio ambiente;
 - Definições dos gabaritos do material rodante;

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Definições dos gabaritos para os componentes elétricos;
- Definições e cálculos das diversas situações do gabarito dinâmico de livre passagem do trem;
- Definições do "trem tipo" para as estruturas das obras civis;
- Definição da seção transversal típica da linha, em corte e aterro ou em infra-estrutura típica da linha em diversas situações, junto com a superestrutura da via permanente em reta e em curva, com superelevação máxima;
- Avaliações das tolerâncias e diagnósticos dos desgastes dos materiais ferroviários (via e material rodante) e dos serviços de manutenção da via permanente;
- Alternativas:

Os estudos de alternativas devem objetivar:

- Otimização dos trabalhos de super e infra-estrutura necessários nas realizações das alternativas propostas;
- Preservar (na medida do possível) das instalações ferroviárias adjacentes existentes (postes de rede aérea, bueiros, vias férreas e outros);
- A CPTM, sem prejuízo dos trabalhos de ensaio das possíveis soluções poderá eventualmente, indicar local e ou segmentos do trecho que deverão ser alvo de análises mais acuradas, por apresentarem inadequações e ou deficiências geométricas já por ela constatadas;
- A alternativa geométrica proposta deverá ser perfeitamente exequível do ponto de vista operacional, isto é, os puxamentos e / ou remanejamentos programados para as vias existentes, não poderão acarretar interrupções no tráfego comercial dos trens. Eventualmente, na necessidade de implantar desvios temporários, para a garantia da circulação normal dos trens, deverá ser apresentado um plano de implantação com as diversas etapas construtivas. Deverão conter em cada etapa as fases e operações executivas propriamente ditas, o detalhamento completo das implantações de vias, de travessões, de AMV's e outros.
- Durante o desenvolvimento do projeto deverão ser preliminarmente analisadas exaustivamente as alternativas propostas. Entre as diversas soluções geométricas possíveis será selecionada para o desenvolvimento do projeto executivo aquela que melhor atender as exigências básicas. As comprovações devem ser apresentadas em Relatório Técnico, sendo determinante o Estudo Técnico-econômico.
- O projeto deve ter a quantidade de conjunto de dados e elementos, com nível de qualidade e precisão, que assegurem na avaliação da viabilidade técnica, ambiental, método construtivo, prazo de execução e custo.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

4 DADOS CARACTERÍSTICOS PARA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS GEOMÉTRICOS

4.1 Dados da via permanente

Bitola da via

- Linhas 8 e 9: bitola da via é mista, sendo larga e métrica.
- Linhas 7, 10, 11 e 12: bitola da via é larga.

A bitola é medida 14 mm abaixo do topo dos boletos dos trilhos, sendo como nominal o seguinte:

Bitola da via em bitola larga: $b=1,600\text{m}$

Distancia entre eixos dos trilhos (TR57): $b_0=1,666\text{ m}$

Distancia entre eixos dos trilhos (UIC60): $b_0=1,672\text{ m}$

Bitola da via em bitola métrica: $b=1,000\text{ m}$

Distancia entre eixos dos trilhos s (TR57 ex): $b_0=1,066\text{ m}$

Distancia entre eixos dos trilhos (UIC60 ex): $b_0=1,072\text{ m}$

4.2 Dados oriundos do Material rodante

4.2.1 Comprimento do trem ou da plataforma

4.2.1.1 Trem de passageiros

Nos projetos novos estão previstos os seguintes comprimentos das plataformas:

- Nas linhas 7, 10, 11 e 12 comprimento de 190 m,
- Na Linha 9 comprimento de 180 m e
- Na Linha 8 comprimento de 240 m.

Atualmente nas Linhas 7, 8, 10, 11 e 12 os de trens de passageiros correspondem um comprimento de plataforma de 240 m, enquanto na Linha 9 é de 170 m.

4.2.1.2 Trem de carga

O trem é composto de vagões, e locomotivas a diesel, resultando atualmente (sujeitos á alterações) nos seguintes comprimentos máximos:

- Nas Linhas 7, 8 e 9 é de 450 m respectivamente, e
- Nas Linhas 11 e 12 variam de 800 à 1200 m.

4.3 Gabarito

4.3.1 Gabarito dinâmico de livre passagem e obras de arte

Deverá ser obedecido os limites especificados nos documentos:

AI0347-4 ET - “Gabarito de Obstáculos para Construção de Instalações Fixas - Linhas A, B, C, D, E e F” (referentes das Linhas 7, 8, 9, 10, 11 e 12) e AD 2141-0 “Gabarito de Obstáculos para Construção de Instalações Fixas - Linhas A, B, C, D, E e F” (referentes das Linhas 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Para as obras de arte especiais deverão ser apresentadas seções transversais compatíveis com o gabarito dinâmico do veículo de dimensões mais desfavoráveis previsto no projeto ou obra existente, devendo ser respeitados, em qualquer hipótese, os limites calculados e previstos.

4.3.2 Composição do gabarito dinâmico

Deverão ser definidos os gabaritos dinâmicos superiores e inferior dos veículos operacionais de passageiros, de carga e de manutenção nas situações diversas de traçado e de todos os materiais rodante trafegados na Linha, dentro destes enumeramos:

- Tolerâncias de montagem da via permanente,
- Tolerâncias de manutenção da via permanente,
- Limites de uso da via permanente,
- Tolerância de fabricação do material rodante,
- Tolerância de manutenção do material rodante,
- Limites de uso do material rodante,
- Movimentos harmônicos e irregulares do material rodante, como oscilações com seus pontos de oscilação,

Com base dos dados acima, deverão ser projetados os gabaritos de livre passagem.

Os gabaritos deverão ser definidos conforme traçado geométrico nas situações em tangente, interna e externamente nas curvas circulares com raios (entre 100 a 10.000m), em curvas de transição, em superelevações (a cada 10m, entre 20 mm e 160mm), em rampas de superelevações, nos AMV's e nas transições entre gabaritos diferentes. Deverão ser definidos as entrevias, os gabaritos para borda de plataformas das estações, pontes e viadutos, pórticos de rede aérea, gabaritos elétricos, sinaleiros e outras instalações laterais da via.

4.3.3 Entrevia

Para cada Linha da **CPTM** há um valor de entrevista, sendo o de 4,25m a normal a ser respeitada em tangente, tolerando-se valores a menor (mínimo de 4,00m) ou a maior dependendo das situações e / ou particularidades que assim o exigirem, cabendo estudos e avaliações caso a caso. A redução de 4,25 m deverá ser compatibilizada com o gabarito, assim como com outros sistemas e a drenagem, elétrica etc.

Para as obras de arte especiais e túneis deverão ser apresentadas seções transversais tipos compatíveis com o gabarito dinâmico do veículo de dimensões mais desfavoráveis previsto no projeto, devendo ser respeitados, em qualquer hipótese, os limites calculados e previstos.

Deverá ser obedecido o limite especificado no documento CPTM AI0347-4 "Gabarito de Obstáculos para Construção de Instalações Fixas – Linhas A, B, C, D, E e F". (referentes das Linhas 7, 8, 9, 10, 11 e 12)

Em Pátio a entrevista normal também é de 4,25 m. Deverá ser previstas entrevistas especiais com largura suficiente, para permitir a colocação dos sistemas de drenagem, posteamento para rede aérea e iluminação, circulação para inspeção, limpeza de composições, etc., segundo especificações da CPTM.

4.3.4 Marco limite de segurança

Deverá ser definida no projeto a localização do marco limite de segurança na região do AMV, em garantias à circulação dos trens nas vias principais, estacionamentos e pátios.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

A locação do marco empregado nas entrevistas determinado pelo gabarito de livre passagem, o limite até onde um trem pode avançar na via, enquanto um trem passa na outra.

Localização e materialização ver AL0788-0 ET - Marco-limite de segurança – Confecção e instalação

4.4 Seção Transversal

4.4.1 Seção transversal Típico

As seções transversais típico deverão ser efetuadas em corte, aterro, na infra-estrutura prevista em estações, pátios e em cada tipo de via (singela, dupla ou múltipla considerando também quando há bitola mista e lado da bitola métrica), AMV, travessão, e vias com superelevação e obedecendo aos seguintes definições:

AQ6407-0 DE - Seção transversal tipo - Via dupla em corte

AQ6408-9 DE – Seção transversal tipo - Via dupla em aterro

AQ6409-7 DE – Seção transversal tipo - Via dupla em superelevação

AQ6410-0 DE - Seção transversal tipo - Via singela em aterro - Estação com plataforma

AQ6411-9 DE - Seção transversal tipo - Via singela em corte - Estação com plataforma

AQ6412-7 DE- Seção transversal tipo - Via dupla em corte - Estação com plataforma

AQ6413-5 DE- Seção transversal tipo - Via dupla em aterro - Estação com plataforma

A largura útil da seção será estabelecida levando-se em conta as condições impostas pelos projetos de drenagem, infra e superestrutura, sinalização, eletrificação, concessionários, etc., devendo, ainda, serem computados eventuais espaços necessários aos trabalhos de manutenção da via. Os valores deverão ser indicados com os valores nominais, mínimos e máximos, ou quando assim conveniente o valor nominal e suas tolerâncias ou indicar o valor mais desejável. Em cada seção deverá ser indicada o trecho da validade da seção com a respectiva quilometragem. Os documentos das especificações dos materiais e seus procedimentos de montagem/ execução e memorial de cálculo, devem ser indicados no desenho.

A seção transversal deverá ser baseada nos estudos e definições dos seguintes itens:

- Gabarito dinâmico de livre passagem e de obstáculos (ver item específico);
- Plataforma ferroviária, camadas de reforço é a largura da plataforma de terraplenagem medida ao nível da face inferior do sub-lastro. A superfície superior deverá ter inclinações transversais de 4,0%. A crista da plataforma poderá não coincidir com o eixo das vias, principalmente na região de superelevação das vias (por questão de economia dos materiais da superestrutura da via permanente).
- Infra-estrutura da via permanente, contendo a largura do passeio, seu acabamento, o nível do lençol freático, as morfologias do solo na região abaixo da plataforma ferroviária e demais propostas de sua correção (reforço da camada de suporte, seus critérios de adaptação);
- Superestrutura da via, com os respectivos componentes (dormentes com dimensões e espaçamentos, trilhos, lastro seu ombro com inclinação lateral e espessura sob o trilho mais baixo, sub-lastro com sua espessura e inclinação lateral);
- Plataforma das estações, sendo afastamento entre a borda da plataforma e o eixo da via em 1800 mm em reta e altura de 1305 mm em relação ao topo do boleto do trilho. O afastamento da plataforma do eixo da via deverá ser alterado quando o mesmo se encontra em curva. Este valor

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

deverá ser definido em memorial de cálculo. É recomendável que nas estações novas haja um balanço de no mínimo 600 mm da borda de plataforma. No caso de plataforma em bitola mista deverá ser definido o afastamento para ambos os lados das bitolas. É recomendável que na região de plataformas a bitola métrica esteja mais afastada que a larga (lado dos dois trilhos).

- Proteção de obras de terra;
- Faixa de domínio é onde deverá caber na largura: o sistema de super- e infra-estrutura da via permanente, o sistema de alimentação elétrica, a drenagem, o corte, o aterro, espaço para a manutenção dos sistemas ferroviária; Será limitado por cercas em ambos o lado.
- Drenagem superficial e profunda;
- Obras de artes diversas na via;
- Posicionamentos para postes e catenárias;
- Tubulações e dutos diversos;
- Na obra de arte dever-se-á indicar a altura e a seção necessária, e quando cabível citar as respectivas normas ABNT correspondentes.

4.4.2 Plataforma ferroviária

Será considerada a largura da faixa delimitada pelos alinhamentos que definem a “crista” do aterro, ou “pé” do corte, ou ambas, no caso de trecho de seção mista. Tem a função de além de receber todas as instalações do sistema ferroviário (via permanente, sinalização, rede aérea e dispositivos de drenagem), servir o acesso e circulação das equipes de montagem e manutenção desses sistemas. No caso de trecho fora de corte e / ou aterro, considera-se como limite da plataforma a faixa de 5,00m além do “off set” do lastro, em ambos os lados.

Em princípio, a plataforma deverá ter inclinações transversais entre o mínimo de 3,0% e máximo 5% na região dos pátios e 4,0% nas vias principais e secundárias.

A geometria da plataforma deverá ser projetada basicamente, em função do número de disposição das vias a serem implantadas e da drenagem superficial e profunda prevista para as mesmas, adotando-se aquela que melhor contabilize os sistemas de drenagem com um menor volume de lastro, principalmente nos casos de pátios.

A superelevação da via será dada no lastro e conforme projeto do traçado e da superestrutura, em concordância com o plano operacional estabelecido para o trecho.

4.4.3 Faixa de domínio

O projeto geométrico da via permanente deverá ser desenvolvido de modo a permitir sua implantação, sempre que possível, dentro da faixa de domínio da CPTM, sem prejuízo das condições de segurança no tráfego dos trens. Eventuais extrapolações da faixa deverão ser cuidadosamente identificadas e devidamente cadastradas.

4.5 Dados operacionais para geometria da via

4.5.1 Velocidade diretriz e restrições cinemáticas

As premissas de aceleração transversal não compensada e sua variação foram baseadas na norma UIC 703, 2ª edição de 01.01.1989.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Nos AMV's tipo AREMA foi adotado $Jerk\Psi_{m\acute{a}x}=0,30\text{ m/s}^3$, pois a geometria dos AMV's no desvio não é tangencial, cuja condição não se encontra na norma.

A via deverá ser projetada considerando as velocidades segundo **Tabela 1**.

A limitação de torção e superelevação para raios pequenos está segundo ORE B55 Rp5 e Rp7.

Obs: Vias existentes, sem revisão, poderão permanecer com a velocidade praticada.

4.5.2 Desempenho do material rodante dos trens metropolitanos

Aceleração longitudinal máxima varia entre $0,40\text{ m/s}^2$ e $0,90\text{ m/s}^2$. Será considerada a média da frota: $0,65\text{ m/s}^2$.

Desaceleração máxima de freio de serviço varia entre $0,65\text{ m/s}^2$ e $1,10\text{ m/s}^2$. Será considerada a média da frota: $0,80\text{ m/s}^2$.

Desaceleração máxima de freio de emergência: $1,10\text{ m/s}^2$.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Tabela 1 - Restrições cinemáticas

Descrição				Restrição	
Bitola da via				b=1600 mm	b=1000 mm
Aceleração transversal máxima permitida	Via corrida sem interferências			Trens de passageiros: $a_{t\text{máx}}=0,65 \text{ m/s}^2$ Trens de carga: $a_{t\text{máx}}=0,45 \text{ m/s}^2$	
	Via corrida com AMV tipo UIC				
	Via desviada do AMV tipo UIC com jacaré:	móvel	$a_{t\text{máx}}=0,65 \text{ m/s}^2$		
		fixo	$a_{t\text{máx}}=0,50 \text{ m/s}^2$		
	Via desv. do AMV tipo AREMA (c/ Req)			$a_{t\text{máx}}=0,35 \text{ m/s}^2$	
Superelevação máxima permitida	Via corrida sem interferências			$S_{\text{máx}}= 160 \text{ mm}$	$S_{\text{máx}}= 100 \text{ mm}$
	Via com AMV tipo UIC			$S_{\text{máx}}= 100 \text{ mm}$	$S_{\text{máx}}= 60 \text{ mm}$
	Via corrida com ou sem obstáculos Restrição em raios $R\leq 400 \text{ m}$			$S_{\text{máx}} = 11\frac{R - 100}{2}$	$S_{\text{máx}} = 0,7\frac{R - 100}{2}$
Jerk	Via corrida com curva de transição com ou sem superelevação			$\Psi_{\text{pad}}=0,17 \text{ m/s}^3$	
				$\Psi_{\text{máx}}=0,47 \text{ m/s}^3$	
	Via corrida sem curva de transição			$\Psi_{\text{máx}}=0,47 \text{ m/s}^3$	
Aceleração vertical máxima permitida	Via corrida sem interfer. e AMV UIC c/jac.móv			$a_{v\text{máx}}=0,30 \text{ m/s}^2$	
	AMV tipo UIC com jacaré fixo			$a_{v\text{máx}}=0,25 \text{ m/s}^2$	
	AMV tipo AREMA			$a_{v\text{máx}}=0,00 \text{ m/s}^2$	
Velocidade diretriz da via	Trem de passageiros em via principal			$V_{\text{máx}}= 90 \text{ km/h}$	
	Trem de carga em via principal			$V_{\text{máx}}= 55 \text{ km/h}$	
	Vias secundárias			$V_{\text{máx}}= 50 \text{ km/h}$	
	Passagem por estação dos trens			$V_{\text{máx}}= 50 \text{ km/h}$	
	Velocidade nas vias de pátios			$V_{\text{máx}}= 25 \text{ km/h}$	
Velocidade máxima permitida em AMV's	Via principal do AMV UIC ou AREMA em reta			$V_{\text{máx}}= 90 \text{ km/h}$	
	Via princ. e desv. do AMV em curva tipo UIC			Conf. $V_{\text{máx}}= 2,47 \sqrt{R}$ (ver item 7.1.2.1)	Conf. $V_{\text{exc}}= 2,9 \sqrt{R}$ (ver item 7.1.2.2)
	Desvio no AMV tipo UIC na forma básica ($\Psi_{\text{máx}}$, ver item 7.1.2.1 e 7.1.2.2)	500-1:14, 1:11,4 e 1:10,5	$V_{\text{máx}}=55 \text{ km/h}$	$V_{\text{exc}}=65 \text{ km/h}$	
		250-1:8	$V_{\text{máx}}=39 \text{ km/h}$	$V_{\text{exc}}=46 \text{ km/h}$	
		190-1:9	$V_{\text{máx}}=34 \text{ km/h}$	$V_{\text{exc}}=40 \text{ km/h}$	
	Desvio no AMV tipo AREMA ($\Psi_{\text{máx}}$, ver item 7.1.2.3)	Nº14	$V_{\text{máx}}=46 \text{ km/h}$		
		Nº10	$V_{\text{máx}}= 33 \text{ km/h}$		
Nº8		$V_{\text{máx}}= 25 \text{ km/h}$			

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

4.6 Sistema de coordenadas

A origem para implantação e/ou transformação dos pontos da poligonal de apoio deve ser o **PILAR1-USP**, localizado através das coordenadas da Tabela 2:

Tabela 2		
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	Sistema Universal Mercator (UTM)	Sistema Topográfico Local (STL)
Geodésicas SAD69	UTM SAD69	Topográfica Local [m]
Longitude $\phi = 46^{\circ}43' 52,0441''$ W	N = 7.394.477,887 [m]	N = 250.000,0000
Latitude $\lambda = 23^{\circ} 33' 01,2875''$ S	E = 323.300,162 [m]	E = 150.000,0000
Altitude Geométrica h = 724,84 m	Convergência Meridiana + 0° 41' 30,66609"	Altitude ortométrica H = 721,2100
Geodésicas SIRGAS 2000	UTM SIRGAS 2000	Topográfica Local [m]
Longitude $\phi = 46^{\circ}43' 53,6793''$ W	N = 7.394.432,170 [m]	N = 250.000,0000
Latitude $\lambda = 23^{\circ} 33' 03,0482''$ S	E = 323.255,082 [m]	E = 150.000,0000
Altitude Geométrica h = 718,14 m	Convergência Meridiana + 0° 41' 31,12136"	Altitude ortométrica H = 721,2100

Os pontos dos poligonais, os furos de sondagem e as obras de arte devem ser amarrados no sistema de coordenadas UTM (SAD69 e SIRGAS 2000) e também no Sistema Topográfica Local (STL),

Os levantamentos topográficos e os projetos devem ser calculados e apresentados em coordenadas no STL, segundo AK7802-3 ET Levantamento topográfico planialtimétrico cadastral.

Os cálculos dos pontos notáveis devem ser apresentados em STL relacionado ao SAD69 até ano 2014. A partir de 2014 é obrigatório usar SIRGAS 2000.

Há uma base implantado na Estação da Luz, composto de PT1 e AMV2. Para fins de verificação foi implantado o Km 00+000. As respectivas coordenadas ver nas Tabelas 3 e 4.

Futuramente, quando será implantado um poligonal para cada Linha, deverá partir dos pontos e suas características desta tabela. (Nos projetos da Estação da Luz, foram utilizadas estas referências, amarradas no sistema SAD69).

Tabela 3						
Ponto	Sistema de Coordenadas – SAD69					
	Geodésica	UTM	STL			
PT1	ϕ	46°38'01,3635" W	N	7.396.294,3287 m	N	251.696,7485 m
	λ	23°32'06,0310" S	E	333.225,6984 m	E	159.948,2166 m
	H	734,2369 m	H	734,2369 m	H	734,2369 m
AMV02	ϕ	46°38'15,9611" W	N	7.396.405,3427 m	N	251.812,7860 m
	λ	23°32'02,2686" S	E	332.810,3633 m	E	159.534,1818 m
	H	736,2063 m	H	736,2063 m	H	736,2063 m
Km000	ϕ	46°38'05,5694" W	N	7.396.330,9055 m	N	251.734,7738 m
	λ	23°32'04,7977" S	E	333.105,9788 m	E	159.828,9270 m
	H	734,4691 m	H	734,4691 m	H	734,4691 m

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Tabela 4						
Ponto	Sistema de Coordenadas – SIRGAS 2000					
	Geodésica		UTM		STL	
PT1	φ	46°38'02,9955" W	N	7.396.248,6148 m	N	251.696,7167 m
	λ	23°32'07,7925" S	E	333.180,6322 m	E	159.948,2338 m
	H	734,2369 m	H	734,2369 m	H	734,2369 m
AMV02	φ	46°38'17,5933" W	N	7.396.359,6288 m	N	251.812,7556 m
	λ	23°32'04,0301" S	E	332.765,2966 m	E	159.534,1991 m
	H	736,2063 m	H	736,2063 m	H	736,2063 m
Km000	φ	46°38'07,2015" W	N	7.396.285,1916 m	N	251.734,7424 m
	λ	23°32'06,5593" S	E	333.060,9126 m	E	159.828,9444 m
	H	734,4691 m	H	734,4691 m	H	734,4691 m

5 APRESENTAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

Devem ser apresentados nos documentos, as condições e conteúdos a seguir, segundo norma de Emissão de Documentos Técnicos da **CPTM** N°NS.GRI/001:

5.1 Projeto funcional

É desejável que o projeto geométrico seja feito em escala horizontal 1:2000 e vertical de 1:200 e seja desenvolvida sobre mapas de GEGRAN. Os desenhos deverão ser apresentados em formato de A-1 e os documentos de especificações em A-4.

5.2 Projeto Básico

5.2.1 Estudos técnicos

- **O levantamento topográfico e planialtimétrico cadastral, geometria das vias existentes, e suas faixas laterais devem ser apresentados em:**

DE - Formato A-1 para a situação geométrica existente, incluindo: as linhas com seus eixos, obras de arte, faixa de domínio, curvas de nível a cada metro. O levantamento topográfico deverá ser baseada no AK7802-3 – ET - Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral.

TT - Tabelas Topográficas do levantamento

RT - Descrições dos aparelhos utilizados, precisão e localização dos pontos dos MT's utilizados.

- **Levantamento das condições da infra-estrutura da via permanente (documentos para cada item da infra-estrutura):**

PT – Métodos, procedimentos, amostragem e critérios adotados para o levantamento,

RT – Relatório dos resultados,

DE – Apresentação das condições atuais,

MC – Avaliação da condição atual,

- **Levantamento das condições da superestrutura da via permanente:**

PT – Métodos, procedimentos, amostragem e critérios adotados para o levantamento,

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

RT – Relatório dos resultados,

DE – Apresentação das condições atuais,

MC – Avaliação da condição atual,

- **Levantamento das condições de obras de interferências:**

PT – Métodos, procedimentos, amostragem e critérios adotados para o levantamento,

RT – Relatório dos resultados,

DE – Apresentação das condições atuais,

MC – Avaliação da condição atual,

- **Condições Gerais e das interfaces operacionais, de material rodante, sinalização, alimentação elétrica:**

MD – Premissas, e bases técnicas, análises e justificativas,

ET – Especificações Técnicas gerais

- **Registro dos documentos**

ID – Índice dos documentos dos estudos preliminares

5.2.2 Estudos das alternativas geométricas

Está prevista a elaboração de até três alternativas de projeto geométrico de cada trecho.

- **Critérios de projetos**

ET – Critérios e definições para as alternativas, incluindo as exigências do item 2.1, as interfaces dos sistemas, e os dados e elementos básicos para o traçado geométrico.

- **Geometria das Alternativas:**

DE – Formato A1 escala horizontal 1:500 e vertical de 1:125. Devem ser desenvolvidos sobre mapas baseados sobre levantamentos topográficos.

Alternativas do projeto geométrico com plantas horizontais e verticais: os lançamentos dos traçados geométricos deverão ser feitos sobre o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral. Quando o projeto for para Correção ou Remodelação, deverá ser definido um único “layer” (no software do Autocad) constando às linhas existentes e as novas; O traçado deve ser apresentado pelos eixos de cada via, definido geometricamente, com o seguinte detalhamento:

- Distâncias das entrvias, início e final das plataformas, raios, seus pontos de início, final, curvas de transição,
- Posição dos AMV's em relação ao traçado das vias, seu tipo, geometria (raio e abertura), distância entre AMV's,
- Plantas verticais, com a inclinação longitudinal da via, seus comprimentos entre os raios e vértices, vértices, raios verticais, posição dos seus inícios e finais. Deverá conter o perfil do terreno, e altura do TB nas instalações de obras de arte.

DE - Seções transversais típicas: deverão ser apresentadas em escala 1:25 e em formato de A1

- **Desapropriação**

DE – Localização e desenho das áreas desapropriadas,

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

RT – Caracterização de cada propriedade necessária a desapropriar, com o respectivo orçamento.

- **Urbanização**

DE – Localização e pré - projeto das áreas urbanizadas,

RT – Caracterização das áreas necessárias a serem mantidas

- **Interferências**

DE – Do levantamento, posição, das redes publicas,

RT – Das redes publicas e demais concessionárias.

5.2.3 Conclusão do Projeto Básico

Para a alternativa escolhida e aprovada (item 3.2.2.) devem ser executados os seguintes documentos técnicos:

- **Projetos de traçado geométrico:**

MC – Memorial de cálculo da geometria dos eixos das vias

Ver **Anexo 1** para projeto horizontal

Ver **Anexo 2** para Projeto vertical

Ver **Anexo 3** para AMV's

DE – Projeto Básico da Via Permanente – Geometria dos eixos das vias

Formato: A1 (sendo 1/3 da parte superior do formato apresentado o horizontal das vias, e as partes 2/3 o projeto vertical das vias 1 e 2), escalas horizontal 1:500 e vertical 1:125.

Exemplos: AL0440-7 (via corrida) e AL0420-2 (AMV e estação)

Deverão conter: plantas horizontais e verticais: sobre o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral. As vias existentes deverão ser apresentadas pelo dois trilhos. Quando o projeto for para Correção ou Remodelação, deverá ser definido um único "layer" (no software do Autocad) constando às linhas existentes (rebaixado) e as novas. O traçado deve ser apresentado pelos eixos de cada via, definido geometricamente, com o seguinte detalhamento:

- **Planta:**

Distancias das entrevias, início e final das plataformas, comprimentos dos tangentes, os raios, seus pontos de início, final, comprimento desenvolvido, curvas de transição, seus comprimentos, pontos de início, afastamento da reta, superelevação, comprimento, início e final da rampa de superelevação,

- Posição dos AMV's em relação ao traçado das vias, seu tipo, geometria (raio e abertura), distancia entre AMV's,
- Perfis Longitudinais: Inclinação longitudinal da via e os comprimentos entre os vértices; Vértices, raios verticais, posição dos seus inícios e finais. Deverá conter o perfil do terreno no eixo da via, obras de arte existentes e projetadas com a localização e cotas principais.

DE - Projeto das informações características e da restrição de velocidade civil

Formato A1 alongado (máx. 594 mm x 1320 mm) Escala longitudinal 1:2000.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Apresentado no parte central: as duas vias principais, inclusive AMV's e plataformas, quilometragem, nas duas vias. Afastado nos dois lados da cada via paralelamente: curvatura, superelevação, greide, e diagrama da velocidade civil nas vias principais e desvios.

DE - Seções transversais típicas: deverão ser apresentadas em escala 1:25 e em formato A1, contendo os gabaritos inferiores e superiores, as larguras e espessuras das diversas camadas da infra e superestrutura, os pórticos e catenárias, a drenagem superficial e subterrânea, taludes, aterros, camadas de reforços, etc.

DE – Seções transversais da situação e projetado em intervalos a definir (mínimo 20m) em formato A1, escala 1:25, apresentando o terreno, com as instalações e interferências existentes e do projetado.

• **Projetos da infra-estrutura:**

MC – Pré-dimensionamento para condição nova, espessuras e geometrias de camadas e suas características mecânicas.

DE – Definições do novo projeto,

• **Projeto da superestrutura da via permanente:**

ET – Novo projeto, com caracterização dos conjuntos, componentes e materiais;

DE – Definições para o novo projeto dos conjuntos, componentes;

MC – Pré-dimensionamento para condição nova,

DE - Planta geral para cada tipo e geometria básica de AMV's e para o tipo de dormente de madeira ou concreto. Apresentar o AMV solitário, e travessão em entrevista 4,250 m, inclusive tabela de componentes, no formato A1 alongado, em escala 1:50, contemplando:

- croqui geométrico na escala 1:500;
- comprimento dos tangentes;
- raio do desvio;
- bitolas;
- comprimento e numeração da extremidade dos trilhos;
- locação das extremidades dos segmentos dos trilhos e abertura entre topos;
- espaçamento e comprimento dos dormentes, união dos mesmos, e seus tipos;
- espaçamento e locação e identificação das placas de apoio;
- fixações normais e especiais de trilhos;
- identificação das palmilhas sob os trilhos;
- ferragens com respectivos identificações e posicionamentos;
- locação e suporte das máquinas de chave;
- posições caracterização e suportes dos pontos de detectores eletrônicos de posicionamento e encosto da agulha;
- posicionamento, fixação e suporte dos dispositivos de travamento do jacaré móvel;
- JIC, localização dos furos para bondeamento;

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- inclinação das placas de apoio de transição;
- flechas com respectivas cordas;
- tolerâncias de montagem.

• **Obras civis:**

MC – Pré-dimensionamento para condição nova, definindo os dados necessários para seu projeto,

DE – Definições para o novo projeto,

• **Desapropriação**

DE – Localização e desenho das áreas desapropriadas,

RT – Caracterização de cada propriedade necessária a desapropriar, com o respectivo orçamento.

• **Urbanização**

DE – Localização das áreas urbanizadas,

RT – Caracterização das áreas e definição os dados necessários para seu projeto.

• **Interferências**

DE – Do levantamento, localização das redes publica e Concessionárias,

RT – Caracterização das redes publica e demais Concessionárias.

• **Tratamento do impacto ambiental**

RT – Levantamento dos tipos de proteção e localidades que necessitam atuações

PT – Definição dos procedimentos, ensaios necessários, normas e definição de níveis aceitáveis, tipo de proteção necessário. Cada tipo de proteção deverá ser definido em um documento específico,

RT – Resultado dos ensaios, e avaliações,

ET – Para cada tipo e nível de impacto deverá ser especificado o nível de aprovação, e o método de comprovação.

• **Estudo técnico econômico**

CR – Cronograma de execução: tempo necessário para a elaboração dos projetos executivos de traçado geométrico e as obras projetadas.

CM – Critério de medição, contendo identificação dos tipos de serviços, materiais, mão de obra, equipamentos necessários,

LM – Lista de materiais

OR – Planilha de Orçamento: quantidades, orçamento detalhado por item, tipo de serviço e trecho, para o empreendimento parcial e total;

MD – Memorial descritivo e justificativo. A análise deverá se basear nas questões técnicas, econômicas, impacto ambiental, facilidades de execução, desgaste dos materiais ferroviários, manutenção e vida útil dos materiais.

• **Escopo para elaboração dos projetos executivos e execução da obra civil:**

ET – Especificações Técnicas gerais para:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- elaborar o projeto executivo do traçado geométrico da via permanente,
- elaborar o projeto executivo da superestrutura da via permanente,
- elaborar o projeto executivo da infra-estrutura e obras civis

ID – Índice dos documentos para:

- englobar todos os projetos,
- englobar os documentos necessários para elaborar o projeto executivo da geometria da via permanente,
- englobar os documentos necessários para elaboração dos projetos executivos da superestrutura da via permanente,
- englobar os documentos necessários para elaboração dos projetos executivos das obras civis.

MD – Memorial descritivo para cada etapa de implantação da obra, apresentado em croquis, horários, etc., considerando operação comercial e de manutenção quando tiver.

5.3 Projeto executivo da geometria do traçado da via permanente

O projeto desenvolvido e detalhado deve ser baseado no Projeto Básico. A modificação do mesmo não é permitida, exceto:

- Se justificar com estudos detalhados e semelhantes que aqueles exigidos na elaboração no projeto básico e em comparação desta justifica a alteração,
- Se houve alteração física ou das condições no local, ou
- Se os interesses da CPTM assim desejarem

Neste caso, o Projeto Básico deverá ser atualizado.

Conforme contrato, poderá ocorrer que na elaboração do projeto executivo o projeto básico não está suficientemente detalhado, como apresentado no item 3.2. Neste caso, antes do detalhamento do projeto executivo deverá ser executado também os definidos no item 3.2.

Deverão ser elaborados os seguintes documentos:

- **Projeto geométrico horizontal e vertical:**

DE – Projeto executivo da via permanente – Geometria dos eixos das vias:

Exemplo: AL0440-7 e AL0420-2

O lançamento do traçado geométrico deverá ser feito sobre o desenho do levantamento topográfico planialtimétrico cadastral. Escala horizontal 1:500 e vertical de 1:125 em formato de A1 sendo 1/3 da parte superior do formato apresentado o projeto horizontal das vias, e as partes 2/3 o projeto vertical das vias 1 e 2. Quando tem mais que duas vias, o projeto vertical deverá ser executado para as mesmas de modo semelhante. A Legenda e notas apresentadas no DE exemplo, deverão ser obedecidas e aplicadas no desenho e segundo detalhado no item 5 deste documento.

O projeto horizontal deve apresentar o traçado geométrico da via, as curvas de nível (pelo menos de 2 em 2 metros), instalações fixas, edificações com número de pavimentos, limites das propriedades, arruamentos, etc., detalhes, que podem ser necessários para a compreensão, elaboração, implantação e manutenção da Linha.

O traçado deve ser apresentado pelos eixos de cada via, identificando as e definindo geometricamente, com o seguinte detalhamento:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Distancias das entrevias, início e final das plataformas, azimutes e comprimentos dos tangentes, os raios, seus pontos de início, final, comprimento desenvolvidas, curvas de transição, seus comprimentos, pontos de início, afastamento da reta, superelevação, comprimento, início e final da rampa de superelevação, km dos pontos principais e secundarias, direção de tráfego;
- Posição dos AMV's em relação ao traçado das vias, seu tipo, geometria (raio e abertura), km, distancia entre AMV's,
- Eixo com marcação dos quilômetros e hectômetros, estaqueamento contínuo, de 20 em 20 metros;
- Limites da faixa de domínio;
- Localização dos bueiros e de outras obras correntes com km no início e final;
- Localização das estações, pátios e outros.
- Localização de obras de arte especiais;
- Indicação da posição de linhas de transmissão e de distribuição, com localização de torres e postes;
- Indicação de linhas de telecomunicações;
- Indicação de outras vias interceptadas pelo traçado;
- Localização de vértices de poligonal e RN que estiverem dentro da faixa em estudo;
- Indicação de outras vias interceptadas, com sua identificação, mencionando origem e destino;
- Bordas e cristas do terrapleno,
- O projeto vertical deve apresentar o levantamento do terreno natural ou no caso de correção de traçado, o topo do boleto do trilho existente. O projeto do traçado vertical deve ser apresentado pelo TB do trilho mais baixo, a inclinação longitudinal da via, seus comprimentos entre os raios e vértices, raios verticais, posição dos seus inícios e finais, instalações de obras de arte com suas cotas, localizações e km etc.

Resumindo, no **projeto executivo** deverá apresentar somente o projeto novo, sem as vias e instalações existentes, exceto nas interligações, onde deverá ser garantida a continuidade geométrica e instalações permanentes, o projeto da terraplanagem, e drenagem e obras de arte e obras complementares.

TT – Tabelas topográficas dos pontos notáveis e de instalação do traçado geométrico

Cada ponto deverá ser caracterizado como apresentado no Anexo 4, para cada 5 m.

• **Altimetria dos AMV's em superelevação**

DE – Formato A1 alongado, em escalas horizontal 1:250, e vertical entre 1:1 e 1:5, dependendo das condições da geometria vertical, contemplando;

- croqui da situação em planta;
- altimetria de todos os trilhos;
- pontos notáveis com seus quilometragens;
- tabela, apresentando quilometragem, TB de todos os trilhos, superelevação a cada 5 metros;

• **Seções transversais específicas**

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

DE - Seções transversais em locais de necessidade específica, para demonstrações e comprovações específicas. Deverão ser apresentadas em escala 1:25 e em formato A1.

- **Locação do marco limite de segurança na região dos AMV's**

DE – Croqui em formato A-4 e escala 1:500, conforme ET-AL0366-4 – Locação dos marcos-limite de segurança.

ET -AL0788-0 – Marcos-Limite de Segurança – confecção e instalação.

- **Croqui para fornecimento de AMV's**

Exemplo: AT1529-4

DE – Formato A-4 alongado em escala 1:250, para cada conjunto de AMV's, travessões e cruzamentos, detalhando a geometria horizontal e vertical na região do AMV, numero, cor do AMV, numeração das vias, entrelas, posição das máquinas de chave, direção principal de tráfego, quilometragem dos pontos notáveis, direção e posição da (km) da JIC;

DE - Planta geral atualizado para cada tipo e geometria básica e específica de AMV's e Cruzamentos e para tipo de dormente de madeira e concreto. Apresentar o AMV solitário, e travessão em entrelas conforme projeto geométrico, inclusive tabela de componentes, no formato A-1 alongado, em escala 1:50, com o detalhamento descrito no item 3.2.3, numeração e cor dos AMV's. Coordenadas para fabricação dos dormentes de concreto, com detalhamento dos furos de fixação.

- **Planta geral das agulhagens**

DE – em formato A-1 alongado, em escala 1:20, contemplando:

- Comprimento dos trilhos e perfis;
- Soldas de fabricação;
- Zona do tratamento de endurecimento;
- Fixações especiais de trilhos;
- Espaçamento e comprimento dos dormentes;
- Identificação das placas de apoio e componentes;
- Locação das extremidades dos segmentos dos trilhos e abertura entre topes;
- Abertura das agulhas em relação aos trilhos de encosto, nos pontos de acionamento das máquinas de chave;
- Bitolas; otimização cinemática do rolamento na agulha e seu encosto;
- Raios de desvios;
- Distâncias em pontos notáveis entre trilhos e perfis;
- Ferragens com respectivos posicionamentos;
- Locação e suportes das máquinas de chave;
- Posições e suportes dos pontos de detectores eletrônicos de posicionamento e encosto da agulha;
- Locação e identificação dos calços de encosto;

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Locação das soldas de fabricação;
- Locação da retenção longitudinal;
- Identificação dos componentes;
- Distâncias em pontos notáveis, entre trilhos e perfis;
- Locação e seções transversais para visualização da montagem dos componentes;
- Tolerâncias de montagem;
- Seções transversais típicas na escala 1:2, com cotas e tolerâncias de fabricação.

• Plantas gerais dos cruzamentos

DE – em formato A-1 alongado, em escala 1:20

Além das exigências contidas nas Plantas gerais das agulhagens, deverá conter o contra-trilho, seu posicionamento em relação ao ponta do jacaré teórico, as rampas e comprimentos, e placas especiais:

• Planta geral dos jacarés fixos e móveis dos AMV's para cada abertura

DE – em formato A-1 alongado, em escala 1:20, contemplando:

Além das exigências contidas nas Plantas gerais das agulhagens, Deverá contemplar:

- Posicionamento da ponta teórica do jacaré em relação ao FMV;
- Rampas longitudinais;
- Larguras dos patins do jacaré na posição das placas de apoio;
- Retenção vertical do jacaré móvel em relação às partes fixas.

• Planta de situação do AMV

DE – Formato A-1 alongado, em escala 1:100, englobando o trecho anterior e posterior do AMV até o dormente comum da via corrida, além do AMV propriamente dito, indicando os seguintes detalhes;

- Desenho da planta, apresentando um travessão (2 AMV's) com entrevistas, ou AMV solitário quando a sua instalação, numeração e cor de identificação do AMV, posição das máquinas de chave, direção principal de tráfego, quilometragem dos pontos notáveis. Apresentar ainda os trilhos, seus comprimentos, numeração das extremidades dos trilhos, localização das JIC's comprimento dos semi-tremos, eixos dos dormentes, espaçamento, comprimento e numeração (a cada 5) dos mesmos, sequência de soldagem intermediária e de fechamento. Apresentar a máquina de chave, sistemas de detecção e de travamento de agulhas e jacaré móvel, passagem de cabos, passagem de cabos dos bondeamento, cabos de outros sistemas, drenagem, postes, instalações especiais diversas, geometria das duas vias, com curvatura, superelevação e traçado vertical, pontos notáveis, plantas de referências e de resultados.

• Planta de instalação do AMV

DE – Formato A-1 alongado, em escala 1:50, englobando o trecho anterior e posterior do AMV até o dormente comum da via corrida, além do AMV propriamente dito, indicando os seguintes detalhes:

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Desenho da planta, apresentando um AMV até metade do travessão, ou AMV solitário quando a sua instalação, numeração e cor de identificação do AMV, tipo do AMV, dados da forma básica e após curvamento, sentido do desvio raios da via principal e via desviada, início e final dos mesmos e nos pontos notáveis; características geométricas; quilometragem dos pontos notáveis,

identificação e localização das: máquinas de chave, com seus suportes e ferragem das mesmas; barras paralelas ou longitudinais, com seus suportes; ou bomba hidráulica com seus cabos, mangueiras; equipamentos do sistema de sinalização e controle, sistemas de detecção de encosto e de travamento de agulhas e jacaré móvel, com seus posições e fixações;

perfil dos trilhos, numeração das seus extremidades, comprimento e distância de montagem entre os seus topos; sobrelargura das bitolas em relação aos eixos das vias e suas transições; localização e direção das JIC, cabos de bondeamento, comprimento dos mesmos,

dormentes, numeração dos mesmos segundo planta de situação, identificação, espaçamento, comprimento e posicionamento em relação ao eixo da via; placa de união dos dormentes, identificação das placas de apoio padrão e especiais; identificação das fixações especiais dos trilhos; indicação das transições de inclinações dos trilhos de 1:40 para 1:∞;

Indicação e identificação dos calços de encosto dos trilhos; calços de dilatação, seqüência de soldagem com as identificações: tipos de soldas, soldas intermediárias, soldas finais;

cordas, com as respectivas flechas e seus espaçamentos, nos trilhos externos da via principal e via desviada e jacaré móvel. Nos trilhos externos deverão ser colocadas três cordas, as quais deverão ser iniciadas e terminadas nos pontos notáveis e suas extremidades transpassadas em no mínimo 2 m. No jacaré, uma única corda, que deverá ser estendida em todo o seu comprimento. desenhos e documentos de referência; detalhe, sem escala, indicando as vias, estações próximas, posição e numeração dos AMV's;

• **Amarração dos pontos notáveis**

Deverá ser executada segundo AS6843-1, ET - Marcos de amarração dos pontos notáveis.

CQ – Croquis em formato A-4 sem escala, apresentando os eixos das vias com os pontos notáveis, e de amarração fixos, com as respectivas amarrações laterais, km, tabela com as coordenadas dos pontos notáveis e dos de amarração.

RT – Relação dos CQ's

• **Atualização dos Estudos técnico econômicos do Projeto Básico**

CR – Cronograma de execução:

CM – Critério de medição,

LM – Lista de materiais

OR – Planilha de Orçamento:

MD – Memorial descritivo e justificativo.

ID – Índice dos documentos

MD – Memorial descritivo para cada etapa de implantação da obra.

6 PROJETO DA GEOMETRIA HORIZONTAL E VERTICAL

6.1 Topografia e os pontos notáveis do traçado geométrico

O projeto e a implantação da via permanente se baseiam nos marcos topográficos e dos marcos dos

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

pontos notáveis do traçado geométrico. Esses pontos e a respectiva amarração dos mesmos deverão ser locados de tal modo que possam garantir a implantação e verificações da geometria da via. O posicionamento dos pontos de amarração não poderá interferir nos serviços de manutenção mecanizados, bem como estarem protegidos contra vandalismos.

Para os pontos intermediários e auxiliares a quantidade dos mesmos será estipulada conforme a necessidade, identificados pelas coordenadas topográficas e das respectivas referências de nível.

Visa em projetar, implantar e manter a geometria da via permanente de acordo com o seu traçado definido.

6.2 Marcos Quilométricos

Consiste na execução de um projeto de marco quilométrico. Os mesmos, quando instalados na Linha deverão proporcionar uma boa visibilidade aos condutores de veículos ferroviários, e ser resistentes as ações de intempéries, de vândalos e outros.

A sua localização será a cada 1000 (mil) metros, prevendo-se a sua instalação nos dois lados externos das vias principais, próximos das mesmas, mas fora do gabarito dinâmico de livre passagem dos trens e dos serviços de manutenção mecanizados da via, para que não sejam deslocados ou desestabilizados.

Para as definições alfanuméricas a serem atribuídas para cada marco a ser implantado dentro da Linha, a referência para a orientação quilométrica da Linha será o **marco zero na Estação da Luz**.

6.3 Nomenclatura e Identificação dos pontos do Traçado Horizontal

6.3.1 Pontos Notáveis no Eixo da Via Corrida

Os pontos notáveis estão apresentados nas figuras 1 e 2

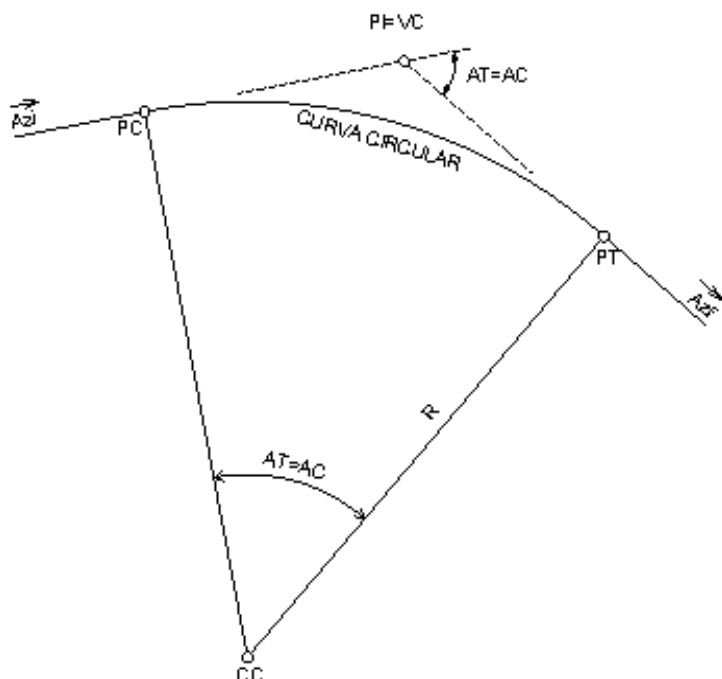


Figura 1- Curva circular e suas tangentes

	ÁREA	Nº CONTROLE	REVISÃO	VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
	GEE	AK7803-1	F	IBS e ABR/ 30.05.07	FABG/ 30.05.07
	PROJETISTA			VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA			VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA	

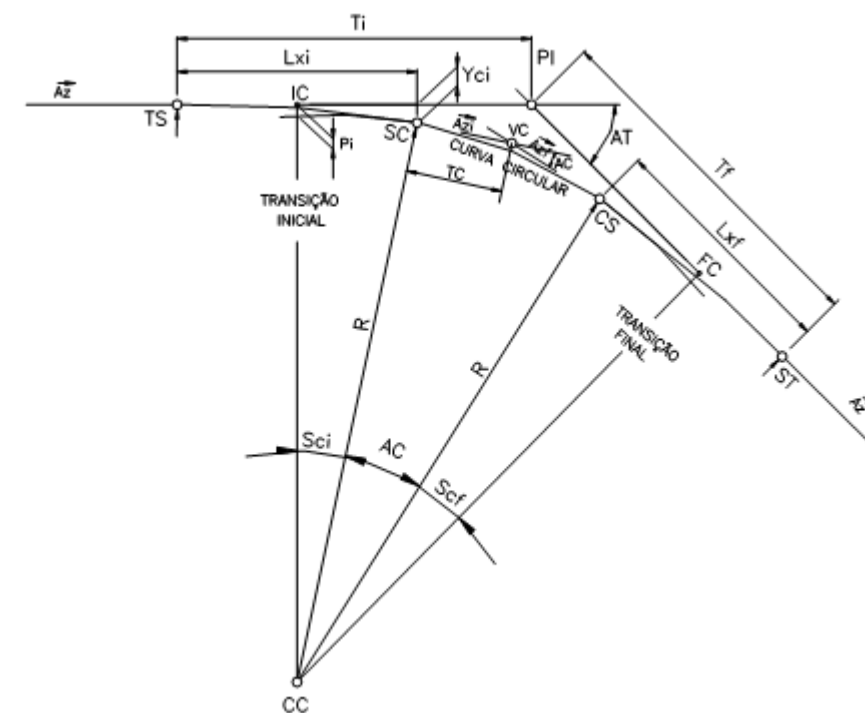


Figura 2 – Curva circular com suas curvas de transições e tangentes

6.3.1.1 Abreviações e Nomenclaturas

- PC - Ponto de Começo da curva circular
- PT - Ponto de Término da curva circular
- CC - Centro da curva Circular
- VC - Vértice da Curva circular
- PI - Ponto de Interseção das tangentes
- TS - Ponto de mudança de tangente para curva de transição
- ST - Ponto de mudança de curva de transição para tangente
- IC - Início teórico da Curva circular
- FC - Final teórico da Curva circular
- SC - Ponto de mudança de curva de transição para curva circular
- CS - Ponto de mudança de curva circular para curva de transição
- IR - Início da Rampa de superelevação no começo da curva
- FR - Final da rampa de superelevação no começo da curva
- RI - Início da rampa de superelevação no final da curva
- RF - Final da rampa de superelevação no final da curva

6.3.1.2 Identificação

Cada ponto notável é caracterizado pela abreviação, especificada no item 6.3.1.1, e pelo número respectivo da curva, composto de quatro dígitos, sendo o primeiro dígito apresenta o número da via e os últimos três dígitos apresentam o número sequencial da respectiva curva do traçado.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Exemplo: PC1234

PC – Tipo do ponto

1 – Número da via

234 – Numeração sequencial da curva

6.3.2 Elementos do Traçado Horizontal

Os elementos do traçado horizontal contêm as abreviações e nomenclaturas como a seguir:

D - Comprimento da reta

AZ - Azimute da tangente principal

AT - Angulo formado pelas tangentes principais

AC - Angulo entre os pontos SC e CS, relacionado no CC

β_{ci} - Angulo entre os pontos IC e SC, relacionado no CC

β_{cf} - Angulo entre os pontos CS e FC, relacionado no CC

R - Raio da curva circular

DC - Comprimento da curva circular

TC - Distância entre os pontos de SC/CS e VC

Ti - Distância entre os pontos de TS e PI

Tf - Distância entre os pontos de PI e ST

Lxi - Distância entre os pontos TS e a projeção ortogonal do ponto SC na tangente principal

Lxf - Distância entre os pontos ST e a projeção ortogonal do ponto CS na tangente principal

Yci - Distância ortogonal a tangente principal e SC

Ycf - Distância ortogonal a tangente principal e CS

Pi - Distância entre tangente principal e IC

Pf - Distância entre tangente principal e FC

Lci - Comprimento da curva de transição no início da curva

Lcf - Comprimento da curva de transição no final da curva

S – Superelevação

ri – Taxa de superelevação inicial

rf – Taxa de superelevação final

Lri - Comprimento da rampa de superelevação no início da curva

Lrf - Comprimento da rampa de superelevação no final da curva

6.3.3 Pontos Notáveis dos AMV's e Cruzamentos

6.3.3.1 Abreviações e Nomenclaturas dos Pontos Notáveis

CMV - Começo da Mudança de Via do AMV

VMV - Vértice das tangentes do AMV

FMV - Final da Mudança de Via do AMV na via principal

FMV' - Final da Mudança de Via do AMV na via desviada

MDC - Ponto de Mudança da curva circular para tangente, no Desvio do AMV

CCR - Começo do Cruzamento (km menor)

VCR - Vértice do Cruzamento

FCR - Fim do Cruzamento (km maior)

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

6.3.3.2 Nomenclatura das Estações da CPTM

A seguir são apresentados as nomenclaturas dos estações, conforme Norma de Serviço NS.DO/014:

Linha 7	
Sigla	Estação
LUZ	Luz
BFU	Palmeiras/Barra Funda
ABR	Água Branca
LPA	Lapa
PQR	Piqueri
PRT	Pirituba
VCL	Vila Clarice
JRG	Jaraguá
PRU	Perus
CAI	Caieiras
FDR	Franco da Rocha
BFI	Baltazar Fidelis
FMO	Francisco Morato
BTJ	Botujuru
CLP	Campo Limpo Paulista
VPL	Várzea Paulista
JUN	Jundiaí

Linha 9	
Sigla	Estação
OSA	Osasco
PAL	Presidente Altino
CEA	Ceasa
VLJ	Villa Lobos-Jaguarié
USP	Cidade Universitária
PIN	Pinheiros
HBR	Hebraica-Rebouças
CJD	Cidade Jardim
VOL	Vila Olímpia
BRR	Berrini
MRB	Morumbi
GJT	Granja Julieta
SAM	Santo Amaro
SOC	Socorro
JUR	Jurubatuba
AUT	Autódromo
INT	Primavera-Interlagos
GRA	Grajaú

Linha 8	
Sigla	Estação
JPR	Júlio Prestes
BFU	Palmeiras/Barra Funda
LPA	Lapa
DMO	Domingos de Moraes
ILE	Imperatriz Leopoldina
PAL	Presidente Altino
OSA	Osasco
CSA	Comandante Sampaio
QTU	Quitaúna
GMC	Gen. Miguel Costa
GMC	Gen. Miguel Costa
CPB	Carapicuíba
STE	Santa Terezinha
AJO	Antônio João
BRU	Barueri
JBE	Jardim Belval
JSI	Jardim Silveira
JDI	Jandira
SCO	Sagrado Coração
ECD	Engº Cardoso
IPV	Itapevi
SRT	Santa Rita
CMR	Cimenrita
AMB	Ambuitá
ABU	Amador Bueno

Linha 10	
Sigla	Estação
LUZ	Luz
BAS	Brás
MOC	Mooca
IPG	Ipiranga
TMD	Tamanduateí
SCT	São Caetano
UTG	Utinga
CPV	Capuava
MAU	Mauá
GPT	Guapituba
RPI	Ribeirão Pires
RGS	Rio Grande da Serra

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Linha 11	
Sigla	Estação
LUZ	Luz
BAS	Brás
TAT	Tatuapé
ITQ	Corinthians-Itaquera
DOB	Dom Bosco
JBO	José Bonifácio
GUA	Guaianazes
AGN	Antônio Gianetti
FVC	Ferraz de Vasconcelos
POA	Poá
CVN	Calmon Viana
SUZ	Suzano
JPB	Jundiapéba
BCB	Brás Cubas
MDC	Mogi das Cruzes
EST	Estudantes

Linha 12	
Sigla	Estação
BAS	Brás
TAT	Tatuapé
EGO	Engº Goulart
USL	USP Leste
ERM	Comendador Ermelino
SMP	São Miguel Paulista
JHE	Jardim Helena-Vila Mara
ITI	Itaim Paulista
JRO	Jardim Romano
EMF	Engº Manoel Feio
IQC	Itaquaquecetuba
ARC	Aracaré
CVN	Calmon Viana

6.3.3.3 Identificação

Cada ponto notável é caracterizado pela nomenclatura de três letras do ponto notável, pelo número de dois dígitos apresentando o número da linha, pela nomenclatura de três letras da estação de influência e pelo número sequencial de dois dígitos do AMV, crescendo conforme crescimento da quilometragem, sendo números par para vias de numeração par e números ímpar para vias de numeração ímpar.

Exemplo: CMV10LUZ03

CMV – Tipo do ponto

10 – Número da linha

LUZ – Estação de influência

03 – Numeração sequencial do AMV

6.3.4 Pontos Intermediários no Eixo da Via

6.3.4.1 Abreviações e Nomenclaturas

IP – Início da plataforma

FP – Fim da plataforma

FV – Fim da via

PR – Ponto de referência, ponto de apoio, ponto de encontro entre existente e projeto

6.3.4.2 Identificação

Exemplo 1: IP1LUZ

Cada ponto é caracterizado pela abreviação do ponto, número da via e nomenclatura da estação.

IP – Tipo do ponto

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

1 – Número da via

LUZ – Nomenclatura da Estação

Exemplo 2: PR1234

Cada ponto é caracterizado pela abreviação do ponto, número da via e numeração sequencial.

PR – Tipo do ponto

1 – Número da via

234 – Numeração sequencial

6.3.5 Pontos Auxiliares no Eixo da Via

Estes pontos, calculados a cada cinco metros, apoiam a locação e implantação da superestrutura da via permanente e são caracterizados pela abreviação e pelo número de seis dígitos.

Exemplo: A112123

A – Tipo do ponto

1 – Número da via

12 – Quilômetros

123 – Metros

Para os pontos no desvio de AMV a letra “A” será substituída pela letra “D”.

6.4 Nomenclatura e Identificação dos pontos do Traçado Vertical

6.4.1 Pontos Notáveis

Os pontos notáveis estão apresentados na figura 3.

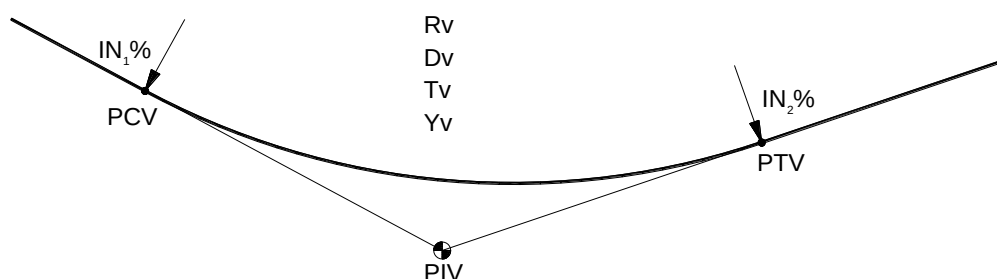


Figura 3 – Pontos notáveis do traçado vertical

6.4.1.1 Abreviações e Nomenclaturas

7122	Esta folha é propriedade da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros sem autorização expressa. A liberação ou aprovação deste Documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo	PÁG. 32/70
------	--	---------------

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

PIV - Ponto de intercessão dos greides
 PCV - Início da curva de concordância vertical
 PTV - Fim da curva de concordância vertical

6.4.1.2 Identificação

Cada ponto notável é caracterizado pela abreviação e pelo número de quatro dígitos.

Exemplo: PCV1234

PCV – Tipo do ponto

1 – Número da via

234 – Numeração sequencial da curva vertical

6.4.2 Elementos do Traçado Vertical

Os elementos do traçado vertical contem as abreviações e nomenclaturas como a seguir:

+% - Greide em aclave no sentido da quilometragem
 -% - Greide em declive no sentido da quilometragem
 INi - Inclinação do greide anterior do PIV
 INf - inclinação do greide posterior do PIV
 Rv - Raio da concordância vertical
 Tv - Tangente da curva de concordância vertical
 Yv - Distancia vertical entre PIV e curva de concordância vertical
 Dv - Comprimento da curva de concordância vertical
 Vd - Distância entre dois PIVs próximos
 TB - Cota do topo de boleto do trilho sem superelevação

6.4.3 Pontos Intermediários

6.4.3.1 Abreviação

PRV – Ponto de referência, ponto de apoio, ponto de encontro entre existente e projeto

6.4.3.2 Identificação

Cada ponto é caracterizado pela abreviação e pelo número de quatro dígitos.

Exemplo: PRV1234

PRV – Tipo do ponto

1 – Número da via

234 – Numeração sequencial

6.5 Esquema de Apresentação nos Documentos Técnicos

6.5.1 Códigos dos Pontos Notáveis, Intermediários e Auxiliares.

Cada ponto é caracterizado através de abreviação e número como a seguir:

- Pontos notáveis e intermediários no plano horizontal através de duas letras e quatro dígitos;
- Pontos intermediários de plataforma através de duas letras, um dígito e mais três letras.
- Pontos notáveis e intermediários no plano vertical através de três letras e quatro dígitos;
- Pontos notáveis do AMV ou cruzamento através de três letras e dois dígitos;

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Pontos auxiliares através de uma letra e seis dígitos.

6.5.2 Numeração Sequencial dos Pontos Notáveis

- Conforme o desenvolvimento do traçado, as curvas de vias paralelas recebem sempre o mesmo número sequencial.
- Caso de inexistência de curva em uma das vias, o número sequencial pula;
- Todos os pontos de uma curva recebem o mesmo número;
- Os números sequenciais devem crescer conforme o sentido de crescimento da quilometragem.

6.5.3 Apresentação dos Elementos do Traçado

6.5.3.1 Memorial de Cálculo - MC

Os elementos e as coordenadas devem ser apresentados com as seguintes precisões:

- Azimutes e ângulos em graus, minutos e segundos com duas casas decimais;
- Quilometragem com quatro casas decimais;
- Superelevação com uma casa decimal;
- Inclinação longitudinal da via em % com oito casas decimais
- Todos os outros valores com seis casas decimais.

6.5.3.2 Desenhos - DE

Os elementos e as coordenadas devem ser indicados com as seguintes precisões:

- Azimutes e ângulos em graus, minutos e segundos com duas casas decimais;
- Todos os outros valores com quatro casas decimais, ou seja, 0,1mm.

6.5.3.3 Tabelas Topográficas - TT

Todos os dados devem ser apresentados com quatro casas decimais, ou seja, 0,1mm

6.5.4 Apresentação dos Pontos Notáveis e Intermediários no DE- Geometria dos Eixos das Vias

6.5.4.1 Planta

- Os pontos devem ser indicados com “bolinha cheia” no eixo da via e bandeira no lado externo da via, indicando o código e a quilometragem;
- Os vértices (PI, VMV, VCR) e os fins nos desvios de AMV's (FMV') não recebem quilometragem.

6.5.4.2 Perfil Longitudinal

- Início e fim das curvas de concordância vertical assim como os pontos intermediários devem ser indicados com “bolinha cheia”;
- Início e fim das curvas serão identificados pela abreviação e os pontos intermediários através do respectivo código;
- Os vértices das curvas de concordância vertical devem ser indicados com símbolo especial;
- O vértice será identificado através do seu código;
- Todos os pontos notáveis e intermediários serão localizados através da quilometragem, cota e/ou TB.

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

7 PROJETO DA VELOCIDADE E SUPERELEVÇÃO

As linhas da CPTM são projetadas para atendimento dos trens metropolitanos, ou seja, de passageiros. As condições dos trens de carga consequentemente são garantidas pelos parâmetros dos trens de passageiros.

As restrições cinemáticas da **Tabela 1** devem ser respeitadas para ambos os tipos dos trens.

7.1 Velocidade do projeto horizontal

Unidades e medidas:

R = raio da curva em metros (m)

S = superelevação nas curvas em milímetros (mm)

V = velocidade em quilometro por hora (km/h)

v = velocidade em metro por segundo (m/s)

At = aceleração transversal (m/s²)

ψ = Jerk (m/s³)

7.1.1 Velocidade em curvas circulares

7.1.1.1 Velocidade em curva circular sem superelevação:

Em curva circular plena:

$$V_{\text{máx}} = 2,9 \sqrt{R}$$

$$\text{Demonstrativo: } at = \frac{v^2}{R} = \frac{V^2}{3,6^2 R} = \frac{V^2}{12,96 R} \approx \frac{V^2}{13 R} \text{ se } at = 0,65 \text{ m/s}^2$$

$$0,65 = \frac{V^2}{13 R} \Rightarrow V = \sqrt{0,65 \cdot 13 R} = 2,9 \sqrt{R}$$

7.1.1.2 Curva circular com mudança de curvatura sem superelevação

Em trecho de variação ou alteração da aceleração lateral não compensada a velocidade é definida pelo Jerk, ou seja, pela variação máxima permitida da aceleração lateral. O Jerk $\Psi_{\text{máx}}$ da **Tabela 1** já está garantido nos $V_{\text{máx}}$ abaixo:

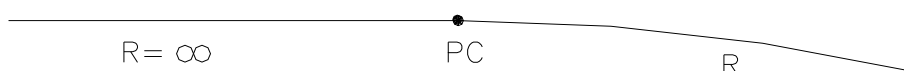
Obs.: Segundo norma UIC 703 R revisado em 1989 adota os seguintes valores:

Padrão: 0,17 m/s³,

Máximo: 0,47 m/s³ e

Excepcional: 0,60 m/s³

- Na passagem reta/ curva circular no ponto PC:



 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$V_{\text{máx}} = 2,47 \sqrt{R}$$

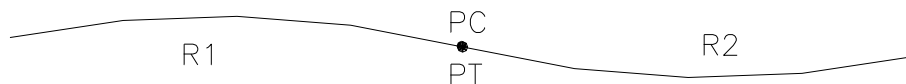
Justificativa: Adotado Máximo: $\psi = 0,47 \text{ m/s}^3$ e $a_t = 0,47 \text{ m/s}^2$; então $V_{\text{máx}} = 3,6 \sqrt{0,47R} = 2,47 \sqrt{R}$

Limitação pelo Jerk em curva circular sem superelevação e sem curva de transição poderá ser verificado também em função do tipo de carro:

$$\psi = \frac{V}{3,6d} \frac{V^2}{12,96R} = \frac{V^3}{46,6dR} \quad d - \text{distancia entre eixos de truques do mesmo carro ou}$$

$$V = \sqrt[3]{46,6\psi dR}$$

- Em curvas reversas, sem curva de transição, sendo PC=PT (curvas de sentidos opostos):



$$V_{\text{máx}} = 2,47 \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

Quando esta exigência não pode ser satisfeita, deverá ser intercalado entre as curvas circulares um trecho de reta, em comprimento recomendável de $D = 0,4V$, ou $\geq 30\text{m}$.

- Em curvas compostas, sem curva de transição, sendo PC=PT (curvas de mesmo sentido):



$$V_{\text{máx}} = 2,47 \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}} \quad R_1 > R_2$$

7.1.2 Velocidade nos AMV's

7.1.2.1 Máxima permitida nos desvios dos AMV's tipo UIC na forma básica

Determinação em relação ao Jerk $\psi = 0,47 \text{ m/s}^3$

Equação geral: $V_{\text{máx}} = 2,47 \sqrt{R}$

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Para AMV : 500-1:14, 500-1:11,4 e 500-1:10,5: $V_{\text{máx}} = 55 \text{ km/h}$

250-1:8: $V_{\text{máx}} = 39 \text{ km/h}$

190-1:9: $V_{\text{máx}} = 34 \text{ km/h}$

7.1.2.2 Excepcional permitida nos desvios dos AMV's tipo UIC na forma básica e via corrida

Para remodelações e melhoramentos de traçado de vias existentes, podem ser, no caso de extremas dificuldades, aplicar valores anteriormente utilizados da norma UIC 703, sendo:

a_{tmax} para via desviada dos AMV's UIC = $0,65 \text{ m/s}^2$

ψ_{max} para vias e AMV's UIC = $0,65 \text{ m/s}^2$

Equação geral: $V_{\text{exc}} = 2,9 \sqrt{R}$ (ver item 7.1.1.1)

Para AMV: 500-1:14, 500-1:11,4 e 500-1:10,5: $V_{\text{exc}} = 65 \text{ km/h}$

250-1:8: $V_{\text{exc}} = 46 \text{ km/h}$

190-1:9: $V_{\text{exc}} = 40 \text{ km/h}$

Para utilização destes valores há necessidade de aprovação prévia escrita da CPTM.

7.1.2.3 Máxima permitida nos desvios dos AMV's tipo AREMA

Determinação em relação ao Jerk $\psi = 0,30 \text{ m/s}^3$

Equação geral: $V_{\text{máx}} = 1,97 \sqrt{R}$

Para AMV: Nº14 com $R_{\text{eq}} = 547 \text{ m}$, $V_{\text{máx}} = 46 \text{ km/h}$

Nº10 com $R_{\text{eq}} = 282 \text{ m}$, $V_{\text{máx}} = 33 \text{ km/h}$

Nº8 com $R_{\text{eq}} = 158 \text{ m}$, $V_{\text{máx}} = 25 \text{ km/h}$

7.2 Superelevação

Em curva, no trem em movimento atua a força centrífuga e em função disto sofre aceleração transversal conforme a velocidade e do raio. Para compensar ou diminuir esta aceleração transversal, respeitando a velocidade diretriz, é projetado superelevação (S).

Unidades e medidas:

F - Força centrífuga [N]

M - massa do trem [kg]

Q - Força vertical (peso) do material rodante [N]

g - aceleração de gravidade [$9,81 \text{ m/s}^2$]

a_t - aceleração transversal [m/s^2]

R - raio [m]

S - superelevação [mm]

V - velocidade [km/h]

b_0 - distancia entre eixos dos trilhos [mm]

$$F = M a_t = \frac{Q}{g} a_t = \frac{Q V^2}{13 g R} - \frac{Q S}{b_0}$$

$$a_t \text{ para Bitola de } 1600 \text{ mm: } a_t = \frac{V^2}{13 R} - \frac{g \cdot S}{b_0} = \frac{V^2}{13 R} - \frac{S}{170}$$

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

at para Bitola de 1000mm: $at = \frac{V^2}{13R} - \frac{S}{109}$

A superelevação é aplicada através de elevação do trilho externo da curva. O trilho sem superelevação corresponde ao greide da via (exceto em rampas de superelevações cruzadas). Superelevação mínima aplicável é de 20 mm, menor que este não poderá ser utilizado.

Na região das estações não é recomendado a aplicação da superelevação, mesmo se a plataforma estiver em curva.

7.2.1 Superelevação teórica

Superelevação, que compensa totalmente a aceleração transversal.

Para bitola de 1600 mm: $S = 13,12 \frac{V^2}{R}$

Para bitola de 1000 mm: $S = 8,37 \frac{V^2}{R}$

7.2.2 Superelevação mínima

Considerando aceleração transversal não compensada máxima $a_{máx}=0,65 \text{ m/s}^2$

Para bitola de 1600 mm: $S_{mín} = 13,12 \frac{V^2}{R} - 110$

Para bitola de 1000 mm: $S_{mín} = 8,37 \frac{V^2}{R} - 70$

Justificativa em bitola de 1600mm:

Aceleração transversal total: $at_{máx} = \frac{V^2}{12,96R} - \frac{S_{mín} 9,81}{b_0} = \frac{V^2}{13R} - \frac{S_{mín} \cdot 9,81}{1666} = \frac{V^2}{13R} - \frac{S_{mín}}{170} \Rightarrow$

Superelevação correspondente: $S_{mín} = \frac{170V^2}{13R} - 170 \cdot at_{máx} = 13 \frac{V^2}{R} - 170 \cdot 0,65 = 13 \frac{V^2}{R} - 110$

7.2.3 Superelevação máxima para trens de carga

Considerando aceleração lateral não compensada máxima $at_{máx}=0,45 \text{ m/s}^2$

Para bitola de 1600 mm: $S_{máx} = 13,12 \frac{V^2}{R} + 75$

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Para bitola de 1000 mm: $S_{\max} = 8,37 \frac{V^2}{R} + 50$

7.3 Velocidade em função do raio e da superelevação

7.3.1 Velocidade em relação da superelevação teórica

Para bitola de 1600 mm: $V_{\max} = \sqrt{\frac{SR}{13,1}}$

Para bitola de 1000 mm: $V_{\max} = \sqrt{\frac{SR}{8,39}}$

7.3.2 Velocidade em relação da aceleração transversal máxima permitida

Para bitola de 1600 mm: $V_{\max} = \sqrt{\frac{R}{13,12} (S + 110)}$

Para bitola de 1000 mm: $V_{\max} = \sqrt{\frac{R}{8,37} (S + 70)}$

7.4 Superelevação equilibrada e raio mínimo permitido para operação mista de trens

7.4.1 Superelevação equilibrada

No caso de praticar velocidade menor que 40 km/h no trem mais lento, terá desgaste vertical acelerado no trilho interno, além de sobrecarga em toda a infra e superestrutura da via, previamente dimensionada. (ex.: trinca no dormente de concreto, desnivelamento, esmagamento do lastro, etc.)

No cálculo da superelevação para os trens mais rápidos, é recomendável que seja adotado aceleração lateral não compensada $at_{\max}$ [m/s²] menor, do que normalmente utilizada.

Avaliar as demais conseqüências indesejáveis da superelevação alta para os trens mais lentos.

Ex.: Transportes de líquidos, animais, etc.

Nas formulas abaixo são considerados a relação entre:

- Trens de passageiros: carga acumulada diária e a velocidade
- Trens de carga: carga acumulada diária (em milhões de toneladas),

definindo as $at_{\max}$ para ambos os trens. As proporções definidas nas formulas, caracterizam a operação mista média das linhas da CPTM.

Em função destas proporções é definida a superelevação equilibrada, que é uma superelevação entre as teóricas para os trens de passageiros e de carga, e tem a função de equilibrar o déficit e o excesso de superelevação.

Unidades e medidas:

Sequ – Superelevação equilibrada [mm]

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Sdefp – Déficit de superelevação para trens de passageiros [mm]

Sexcc – Excesso de superelevação para trens de carga [mm]

Vpas – Velocidade do trem de passageiros [km/h]

Vcar – Velocidade do trem de carga [km]

Rper – Raio mínimo permitido para operação mista [m]

Justificativa independente da bitola:

$$\text{Sequ} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2}{R} - \text{Sdefp} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{car}^2}{R} + \text{Sexcc}$$

$$\frac{b_0 \cdot V_{pas}^2}{127,14 \cdot R \cdot \text{Sdefp}} - \frac{\text{Sequ}}{\text{Sdefp}} = \frac{\text{Sequ}}{\text{Sexcc}} - \frac{b_0 \cdot V_{car}^2}{127,14 \cdot R \cdot \text{Sexcc}}$$

$$\text{Restrições: } \text{Sequ} \geq \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2}{R} - \text{Sdefp} \leq \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{car}^2}{R} + \text{Sexcc} \leq \text{Smáx}$$

Equação geral para qualquer bitola:

$$\text{Sequ} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2 \cdot \text{Sexcc} + V_{car}^2 \cdot \text{Sdefp}}{R(\text{Sdefp} + \text{Sexcc})}$$

Para bitola de 1600 mm, Vpas variável, exemplo: Vcar= 40km/h

$$\text{Sequ} = \frac{5,33 \cdot V_{pas}^2 + 12511}{R}$$

Para bitola de 1600 mm, Vpas=90km/h, e Vcar=40km/h:

$$\text{Sequ} = \frac{55684}{R}$$

Para bitola mista, a superelevação é definida pela bitola larga de passageiros.

7.4.2 Raio mínimo permitido

Justificativa independente da bitola:

Spas=Scar=Sequ=Smáx

$$\text{Sequ} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2}{R} - \text{Sdefp} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{car}^2}{R} + \text{Sexcc}$$

Equações gerais para qualquer bitola, onde se adota o maior valor entre:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$R_{per} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2 - V_{car}^2}{S_{defp} + S_{sexcc}} \text{ ou } R_{per} = \frac{b_0}{127,14} \cdot \frac{V_{pas}^2 \cdot S_{sexcc} + V_{car}^2 \cdot S_{defp}}{S_{m\acute{a}x}(S_{defp} + S_{sexcc})}$$

Introduzindo na formulas acima os valores constantes de $S_{m\acute{a}x}$, S_{defp} e S_{sexcc} , adotando-se o maior valor entre:

$$R_{per} = \frac{V_{pas}^2 - V_{car}^2}{14} \text{ ou } R_{per} = \frac{V_{pas}^2 \cdot S_{sexcc} + V_{car}^2 \cdot S_{defp}}{2250}$$

Equações para velocidade dos trens de carga $V_{car} = 40 \text{ km/h}$, adotando-se o maior valor entre:

$$R_{per} = \frac{V_{pas}^2}{14} - 114,3 \text{ ou } R_{per} = \frac{V_{pas}^2}{30} + 78,2$$

7.4.3 Aplicações das formulas

Na **Tabela 5** está apresentada a superelevação equilibrada para diversos raios e velocidades, em função do item 7.4.

Tabela 5			
Superelevação equilibrada [mm] (para b= 1600 mm e $V_{car}=40\text{km/h}$)			
$V_{pass}[\text{km/h}]$ R	50 Sequ	70 Sequ	90 Sequ
162	(160)	-	-
242	(105)	(160)	-
465	55	85	120
500	50	75	110
600	45	65	95
800	30	50	70
1000	25	40	55
1250	20	30	45
1500	0	25	35
1750	0	20	30
2000	0	0	30
2500	0	0	20

Obs. 1- Para bitola mista, a superelevação é definida pela bitola larga.
2- os valores indicados () não atendem as restrições de superelevação da Tabela 1

Na **Tabela 6** estão apresentadas as relações entre raios, superelevações, velocidades mínimas e máximas com as respectivas acelerações transversais não compensadas calculados para bitola larga.

Tabela 6		
Velocidade mínima e máxima de trens de passageiros e de carga em bitola larga		
7122	Esta folha é propriedade da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros sem autorização expressa. A liberação ou aprovação deste Documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo	PÁG. 41/70

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

R	S	Trem de passageiros				Trem de carga			
		V _{máx}	Δa _t	V _{mín}	Δa _t	V _{máx}	Δa _t	V _{mín}	Δa _t
[m]	[mm]	km/h	m/s ²	km/h	m/s ²	km/h	m/s ²	km/h	m/s ²
200	55	50	0,64	≥0	-0,32	45	0,46	≥0	-0,32
250	80	60	0,64	≥0	-0,47	55	0,46	10	-0,44
300	90	65	0,56	≥0	-0,53	55	0,25	20	-0,43
300	110	70	0,62	≥0	-0,65	55	0,14	28	-0,45
400	160	90	0,63	40	-0,63	55	-0,36	50	-0,46
425	140	90	0,65	35	-0,60	55	-0,28	46	-0,20
500	135	90	0,46	30	-0,65	55	-0,33	48	-0,44
600	110	90	0,40	≥0	-0,65	55	-0,26	40	-0,44
700	95	90	0,34	≥0	-0,56	55	-0,22	33	-0,44
800	85	90	0,28	≥0	-0,50	55	-0,21	25	-0,44
900	75	90	0,25	≥0	-0,44	55	-0,18	≥0	-0,44
1000	65	90	0,24	≥0	-0,38	55	-0,15	≥0	-0,38
1250	55	90	0,18	≥0	-0,32	55	-0,14	≥0	-0,32
1500	45	90	0,15	≥0	-0,26	55	-0,11	≥0	-0,26
2000	35	90	0,11	≥0	-0,21	55	-0,09	≥0	-0,21
2500	25	90	0,10	≥0	-0,15	55	-0,05	≥0	-0,15

7.5 Rampas de superelevação

A passagem de um trecho da via sem superelevação para outro com superelevação, é feita através de uma rampa de superelevação. Poderá ocorrer a necessidade de aplicação de rampa de uma superelevação menor (S1) para uma superelevação maior (S2).

O ponto da via onde a superelevação é menor ou igual a 0, é denominado início da rampa; e o ponto onde a superelevação é a maior, alcançando seu valor máximo projetado, é denominado fim da rampa. A extensão da rampa é designada como comprimento da rampa de superelevação, conforme **Figura 4**.

O comprimento da rampa de superelevação normalmente coincide em localização e extensão com a curva de transição. Em caso especial, quando não tem curva de transição, a rampa de superelevação deverá ser inserida na reta.

Na CPTM utilizam-se rampa de superelevação reta.

Unidades e medidas:

L_r – Comprimento da rampa de superelevação [m]

V – Velocidade relativo da curva circular e do trem de passageiros [km/h]

7.5.1 Inclinação da rampa de superelevação

- Padrão: $1:10V \leq 1:1000$, ou seja 1 mm/m
- Máxima: $1:8V \leq 1:600$, ou seja 1,667 mm/m

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

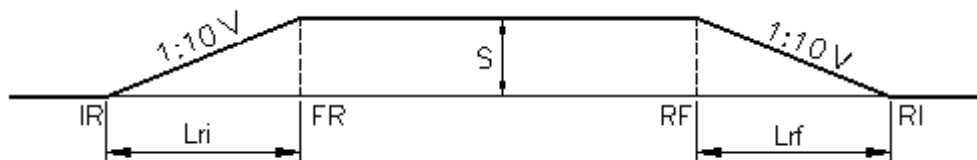


Figura 4 – Rampa de superelevação

7.5.2 Comprimento da rampa de superelevação

7.5.2.1 Relativo a Inclinação da Rampa

- Comprimento padrão: $L_{rpad} = \frac{V_{max} \cdot S}{100} \geq S$
- Comprimento mínimo: $L_{rmin} = \frac{V_{max} \cdot S}{125} \geq 0,6 \cdot S$

7.5.2.2 Relativo ao Jerk

- Aceleração transversal não compensada: $\Delta a_t = \frac{V_{max}^2}{12,96 \cdot R} - \frac{9,81}{b_o} \cdot S$
- Crescimento da aceleração transversal – Jerk:

$$\Psi = \frac{\Delta a_t}{t} \text{ onde } t = 3,6 \cdot \frac{\text{percurso}(L)}{V_{max}}$$

$$\Psi = \frac{V_{max}^3}{12,96 \cdot R \cdot 3,6 \cdot L} - \frac{9,81}{b_o \cdot 3,6 \cdot L} \cdot S \cdot V_{max}$$

$$\Psi = \frac{V_{max}^3}{46,66 \cdot R \cdot L} - \frac{2,72}{b_o \cdot L} \cdot S \cdot V_{max}$$

- Comprimento padrão ($L=L_r$, $\Psi=0,17\text{m/s}^3$): $L_{rpad} = \frac{V_{max}^3}{7,93 \cdot R} - \frac{16,03}{b_o} \cdot S \cdot V_{max}$

$$\text{Para } b_o = 1672: L_{rpad} = \frac{V_{max}^3}{7,93 \cdot R} - \frac{S \cdot V_{max}}{104,31}$$

- Comprimento mínimo ($L=L_r$, $\Psi=0,47\text{m/s}^3$): $L_{rmin} = \frac{V_{max}^3}{21,93 \cdot R} - \frac{5,80}{b_o} \cdot S \cdot V_{max}$

$$\text{Para } b_o = 1672: L_{rmin} = \frac{V_{max}^3}{21,93 \cdot R} - \frac{S \cdot V_{max}}{288,38}$$

- Rampa entre duas curvas circulares compostas:

Nas equações devem ser feitas as seguintes substituições:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$R \rightarrow \frac{R_i \cdot R_f}{R_i - R_f}, \text{ onde } R_i > R_f$$

$$S \rightarrow S_f - S_i, \text{ onde } S_f > S_i$$

7.5.2.3 Observações

- Entre os diversos valores para L_{rpad} ou para L_{rmin} deve ser adotado, respectivamente, sempre o maior comprimento.
- Os comprimentos padrão nunca devem ser inferiores que $0,4 \cdot V_{max}$

7.5.3 Situação entre duas rampas de superelevações

Trecho de via sem superelevação ou com superelevação constante, a extensão mínimo deve ser $D \geq 0,4V$, não permitindo valor menor que 30 m conforme **Figuras 5 e 6**.

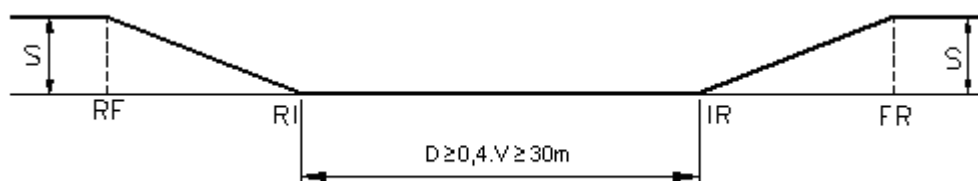


Figura 5 – Trecho entre rampas de superelevação

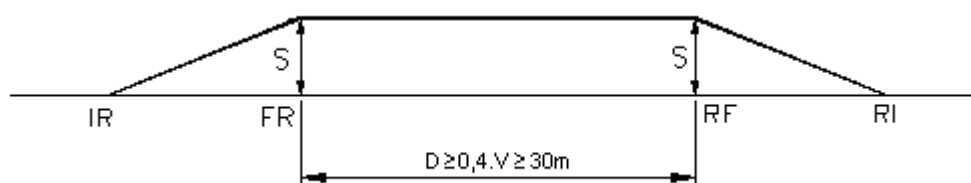


Figura 6 – Trecho de superelevação constante

7.5.4 Rampas de superelevação em curvas reversas:

Não deve ser projetada reta intermediária entre duas curvas de transição reversas, quando não há disponível reta intermediária de no mínimo de 30 metros ou de $D=0,4V$.

Neste caso os inícios das duas curvas de transição devem ser do mesmo ponto, ou seja, $ST_1=TS_2$.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

As rampas de superelevação se desenvolvem nestes respectivos comprimentos, ou seja, $Lc1=Lr1$ e $Lc2=Lr2$. As duas rampas encontram-se no ponto $RI1=IR2$, assim como os dois trilhos cruzam-se neste ponto, e tem a mesma cota, como apresentado na **Figura 7**.

Os raios, as respectivas superelevações, os comprimentos das curvas de transição e das rampas de superelevação tem a seguinte inter-relação aproximadamente:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{S1}{S2} = \frac{Lc1}{Lc2} = \frac{Lr1}{Lr2}$$

Em vias paralelas a relação acima deverá sofrer pequenas alterações, mantendo as curvas circulares paralelas e os afastamentos teóricos Pi e Pf das curvas circulares na transição constantes.

No ponto $RI1=IR2$ ambos os trilhos tem a mesma altura acima do greide da via, ou seja:

$$Y = \frac{Lrf1 \cdot S2 + Lri2 \cdot S1}{2000(Lrf1 + Lri2)}$$

Y [m]

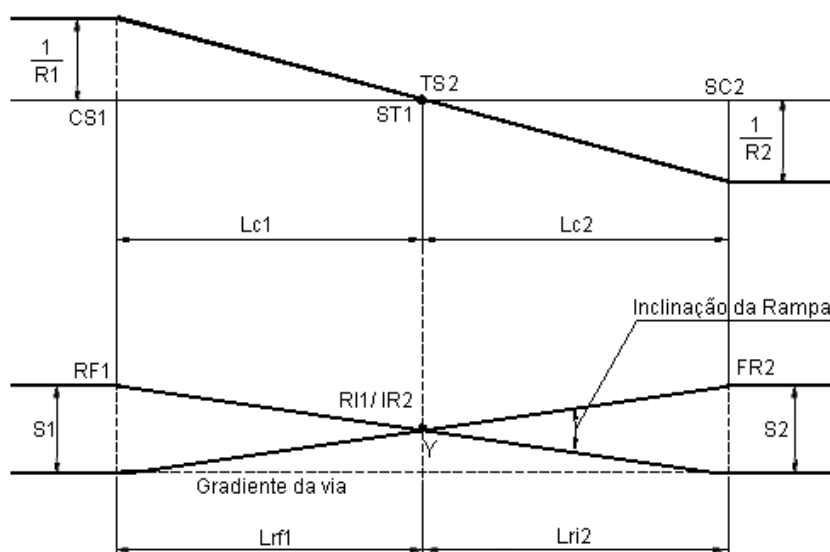


Figura 7 - Rampas de superelevação em curvas reversas

8 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS E EQUAÇÕES DO TRAÇADO DA VIA PERMANENTE

8.1 Geometria horizontal

Pontos do traçado horizontal é segundo item 6.3.1 e Figuras 1 e 2.

8.1.1 Curva circular

Raios mínimos:

Vias principais, para os novos traçados: $R \geq 420$ m

	ÁREA	Nº CONTROLE	REVISÃO	VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
	GEE	AK7803-1	F	IBS e ABR/ 30.05.07	FABG/ 30.05.07
	PROJETISTA			VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA			VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA	

traçado existente R = 200 m.

Vias secundárias, estacionamentos e de pátios: $R \geq 200$ m

Vias principais em estações novo: $R \geq 800 \text{ m.}$

As plataformas de estações deverão ser projetadas, nos trechos em tangentes. Situação que não se enquadra nesta recomendação, o projeto deverá ser justificado e submetido à apreciação da **CPTM**.

8.1.2 Curva de transição entre Tangente e Curva Circular

Curvas de transição devem ser empregadas nos seguintes casos:

- entre uma reta e uma curva circular, quando:

$$V > 2.47 \sqrt{R}$$

- entre duas curvas do mesmo sentido (curvas compostas), quando:

$$V > 2,47 \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}} \quad R_1 > R_2$$

- entre duas curvas reversas, quando:

$$V > 2,47 \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$$

Para curva de transição a CPTM utiliza a parábola cúbica ajustada para o cálculo e locação das vias conforme **Figura 8**. Para uniformizar as formulas e garantir sempre a precisão, deverão ser aplicados os seguintes formulas (lembramos que nos casos possíveis as formulas já foram simplificados);

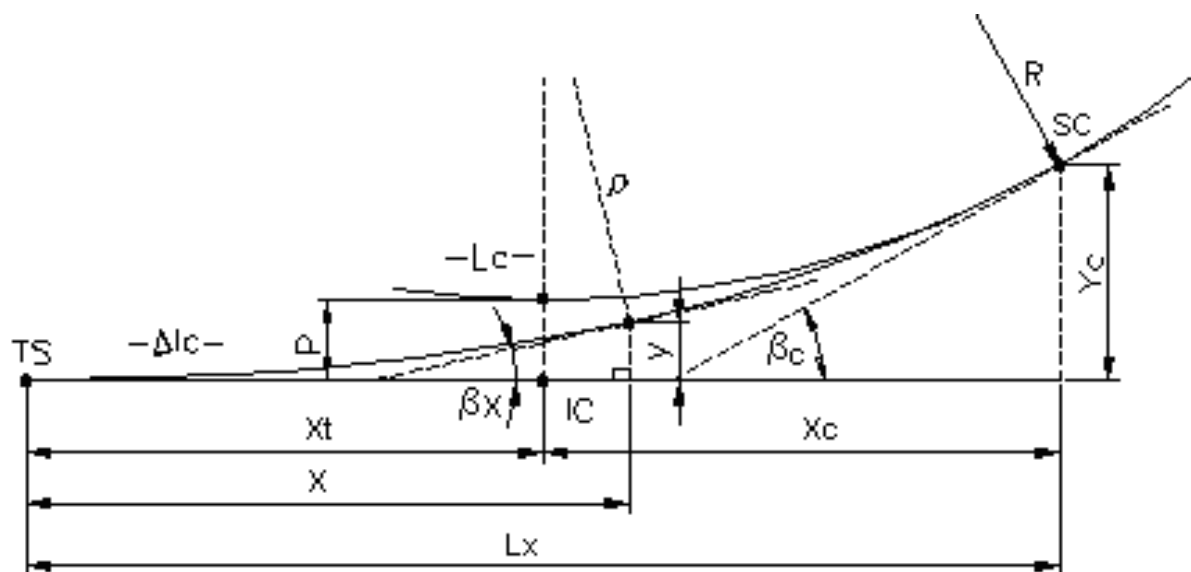


Figura 8 – Geometria da curva de transição

8.1.2.1.1 Equações da parábola cúbica

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

As formulas da parábola cúbica ajustada pelo valor sob $\sqrt{\quad}$ da formula a seguir, fazem que em qualquer proporção de R e Lx, o tangente no fim da curva de transição coincida com o tangente da curva circular neste mesmo ponto.

$$Y = \frac{X^3}{6RLx} \sqrt{1 + \left(\frac{X^2}{2RLx} \right)^2}^3 = \frac{Y_c}{Lx^3} X^3$$

Distância ortogonal da tangente principal ao início da curva circular :

$$Y_c = \frac{Lx^2}{6R} \sqrt{1 + \left(\frac{Lx}{2R} \right)^2}^3$$

Tangente no início da curva circular:

$$\tan \beta_c = \frac{3Y_c}{Lx}$$

Tangente de um ponto qualquer da curva de transição:

$$\tan \beta_x = \frac{3Y_c}{Lx^3} X^2$$

Afastamento da curva circular do tangente:

$$P = Y_c - R(1 - \cos \beta_c)$$

Subdivisão da projeção da curva de transição:

$$X_c = R \sin \beta_c \quad \text{e} \quad X_t = Lx - X_c$$

Curvatura:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{X}{RLx}$$

Raio da curva de transição em ponto qualquer:

$$\rho_x = \frac{LxR}{X}$$

Comprimento da curva da parábola cúbica desenvolvida:

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$L_c = L_x + \frac{L_x^3}{40R^2}$$

Comprimento da projeção da parábola cúbica:

$$L_x = L_c - \frac{L_c^3}{40R^2}$$

Distância ortogonal a tangente principal ao qualquer ponto da curva de transição:

$$Y = \frac{Y_c}{L_x^3} X^3$$

Projeção de um ponto qualquer da parábola cúbica no tangente principal:

$$X = l_c - \frac{l_c^5}{40R^2 L_c^2}$$

Comprimento da curva da parábola cúbica desenvolvida em um ponto qualquer:

$$l_c = X + \frac{X^5}{40R^2 L_x^2}$$

8.1.2.2 Formulas usuais para curva de transição da via paralela

- Valores constantes e predeterminados**

Constantes: entrevia (EV)

afastamento teórico (P)

ordenadas no SC ou CS: (Yc)

Predeterminados: Raio (R)

Raio da via paralela (Rp)

- Equações na seqüência de cálculo**

Ângulo entre os tangentes da curva de transição

$$\cos \beta_{cd} = \frac{R_p + P - Y_c}{R_p}$$

Comprimento da projeção da parábola cúbica:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$L_{xd} = \frac{3Y_c}{\tan \beta_{cd}}$$

Subdivisão da projeção da curva de transição:

$$X_{cd} = R_{ps} \sin \beta_{cd} \quad X_{td} = L_{xt} - X_{cd}$$

Distância ortogonal a tangente principal ao qualquer ponto da curva de transição:

$$Y_d = \frac{Y_c}{L_{cd}^3} X_d^3$$

Para os demais cálculos devem ser usadas as formulas do item 8.1.2.1

8.1.3 Curva de transição entre duas Curvas Circulares Compostas

Parábola Cúbica Intermediária – PCI

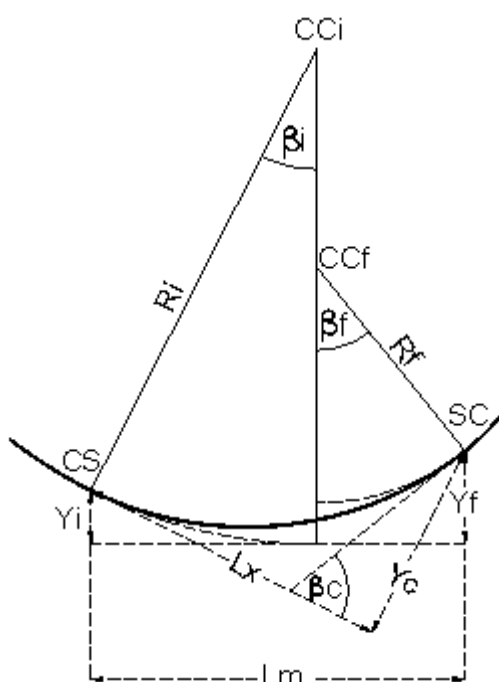


Figura 9 – Geometria da curva de transição intermediária

8.1.3.1 Critério

Entre duas curvas circulares do mesmo sentido, onde o Raio “Ri” será maior do que o Raio “Rf”, intercala-se uma curva de transição quando a velocidade exigida for maior do que:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$3,6 \sqrt{\frac{R_i \cdot R_f}{R_i - R_f}} \text{ ou } 3,6 \sqrt{R_f \left(\frac{9,81}{B'} S_i + A_{tmax} \right)}$$

8.1.3.2 Dados predeterminados

- Os Raios R_i e R_f
- O comprimento “ L_m ” da projeção da PCI para a tangente das curvas circulares prolongadas.

8.1.3.3 Equações para cálculo dos elementos auxiliares relativos a tangente “ L_m ”

8.1.3.3.1 Afastamento teórico

$$P = \frac{L_m^2}{24} \cdot \frac{R_i - R_f}{R_i \cdot R_f}$$

8.1.3.3.2 Subdivisão de “ L_m ”

$$X_{mi} = X_{mf} = \frac{L_m}{2}$$

8.1.3.3.3 Ângulos tangenciais

- No início da PCI:

$$\text{sen} \beta_i = \frac{L_m}{2 \cdot R_i}$$

- No fim da PCI:

$$\text{sen} \beta_f = \frac{L_m}{2 \cdot R_f}$$

8.1.3.3.4 Ordenadas

- No início da PCI: $Y_i - R_i \cdot (1 - \cos \beta_i)$

- No fim da PCI: $Y_f = R_f \cdot (1 - \cos \beta_f) + P$

8.1.4 Equações para cálculo dos elementos básicos relativos à tangente no CS (SC)

8.1.4.1 Coordenadas no SC (CS) – Tangente e ordenada

$$L_x = L_m \cdot \cos \beta_i - (Y_f - Y_i) \cdot \text{sen} \beta_i$$

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$Y_c = L_m \cdot \sin \beta_i + (Y_f - Y_i) \cdot \cos \beta_i$$

8.1.4.2 Ângulo tangencial

$$\beta_c = \beta_i + \beta_f$$

8.1.5 Desenvolvimento da PCI

O comprimento exato L_c será determinado através da soma das cordas de $\approx 10\text{mm}$.

8.1.5.1 Desenvolvimento aproximado

$$L_c' \cong L_x \cdot \left[1 + 0,725 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_x} \right)^2 - 1,675 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_x} \right)^4 \right]$$

$$\Delta l_c' \cong X \cdot \left[1 + 0,725 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_x^3} \cdot X^2 \right)^2 - 1,675 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_x^3} \cdot X^2 \right)^4 \right]$$

8.1.5.2 Fator de correção

$$F_{cc} = 1 + \frac{L_c - L_c'}{L_c'^3} \cdot \Delta l_c'^3$$

8.1.6 Equações para cálculo dos pontos intermediários

8.1.6.1 Determinação do Raio teórico “ R_m ”

$$R_m = \frac{\frac{R_i \cdot R_f}{R_i - R_f}}{\sqrt{1 + \left(\frac{L_m}{2} \cdot \frac{R_i - R_f}{R_i \cdot R_f} \right)^2}}$$

8.1.6.2 Segmentos da PCI

$$\Delta l_c = \Delta l_c' + \frac{L_c - L_c'}{L_c'^3} \cdot \Delta l_c'^3$$

8.1.6.3 Determinação do Fator de correção F_{cx}

$$L_x' = L_c \cdot \left[1 - 0,725 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_c} \right)^2 + 1,675 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_c} \right)^4 \right]$$

$$X' = \Delta l_c \cdot \left[1 - 0,725 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_c^3} \cdot \Delta l_c^2 \right)^2 + 1,675 \cdot \left(\frac{Y_c}{L_c^3} \cdot \Delta l_c^2 \right)^4 \right]$$

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$F_{cx} = 1 + \frac{Lx - Lx'}{Lx'^3} \cdot X'^2$$

8.1.6.4 Determinação do Fator de correção Fcy

$$Y_{c'} = \left(\frac{Lx^2}{2 \cdot Ri} + \frac{Lx^2}{6 \cdot Rm} \right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Lx}{2 \cdot Rm} \right)^2}^3$$

$$F_{cy} = \frac{Y_c}{Y_{c'}}$$

8.1.6.5 Coordenadas X e Y em relação a tangente no CS (SC)

$$X = F_{cx} \cdot X' \text{ ou } X = X' + \frac{Lx - Lx'}{Lx'^3} \cdot X'^3$$

$$Y = F_{cy} \cdot \left(\frac{X^2}{2 \cdot Ri} + \frac{X^3}{6 \cdot Rm \cdot Lx} \right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{X}{2 \cdot Rm} \right)^2}^3$$

8.1.7 Equações para curva de transição da via paralela (PIP)

8.1.7.1 Valores predeterminados

- Entrevias: EVi, EVf
- Afastamento teórico: Pp
- Raios paralelos: Rip, Rfp

8.1.7.2 Equações na sequência do calculo

$$L_{mp} = \sqrt{24 \cdot Pp \cdot \frac{Rip \cdot Rfp}{Rip - Rfp}}$$

Na sequência deverão ser adotadas as respectivas equações da PCI.

8.1.8 Comprimento da Curva de Transição entre Reta e Curva Circular

8.1.8.1 Posicionamento

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Geralmente, a curva de transição deve coincidir com seu início e seu fim com a rampa de superelevação. Neste caso a curvatura aumenta de TS até SC proporcionalmente à superelevação de IR até FR, conforme indicado na **figura 10**.

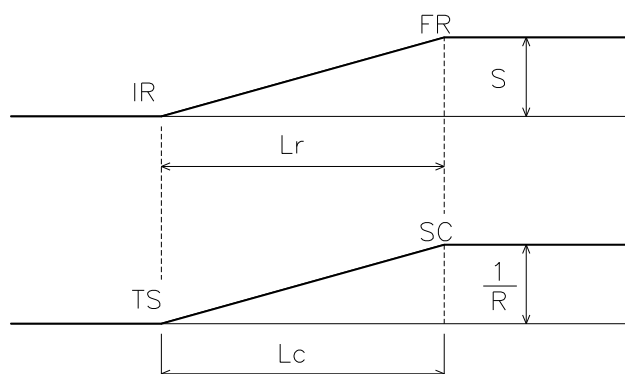


Figura 10 – Rampa de Superelevação e Curva de transição entre reta e curva circular

8.1.8.2 Comprimento Relativo a Inclinação da Rampa de Superelevação

- Comprimento padrão: $L_{cpad} = \frac{V_{max} \cdot S}{100} \geq S$
- Comprimento mínimo: $L_{cmin} = \frac{V_{max} \cdot S}{125} \geq 0,6 \cdot S$

8.1.8.3 Comprimento Relativo ao Jerk

Conforme Norma UIC 703R, revisada em 1989, serão adotados os seguintes valores para Jerk:

$$\Psi_{pad} = 0,17 \text{ m/s}^3$$

$$\Psi_{max} = 0,47 \text{ m/s}^3$$

$$\Psi_{exc} = 0,60 \text{ m/s}^3$$

- Sem superelevação:

$$L_{cpad} = \frac{V_{max}^3}{7,93 \cdot R} \geq 0,4 \cdot V_{max}$$

$$L_{cmin} = \frac{V_{max}^3}{21,93 \cdot R} \geq 0,2 \cdot V_{max}$$

$$L_{cexc} = \frac{V_{max}^3}{27,99 \cdot R} \geq 0,1 \cdot V_{max}$$

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- Com superelevação: equação geral

$$L_{cpad} = \frac{V_{max}^3}{7,93 \cdot R} - \frac{16,03}{bo} \cdot S \cdot V_{max} \geq 0,4 \cdot V_{max}$$

$$L_{cmin} = \frac{V_{max}^3}{2193 \cdot R} - \frac{5,80}{bo} \cdot S \cdot V_{max} \geq 0,2 \cdot V_{max}$$

$$L_{cexc} = \frac{V_{max}^3}{27,99 \cdot R} - \frac{4,54}{bo} \cdot S \cdot V_{max} \geq 0,1 \cdot V_{max}$$

- Com superelevação para b=1600 e trilho UIC60:

$$L_{cpad} = \frac{V_{max}^3}{7,93 \cdot R} - \frac{S \cdot V_{max}}{104,31} \geq 0,4 \cdot V_{max}$$

$$L_{cmin} = \frac{V_{max}^3}{2193 \cdot R} - \frac{S \cdot V_{max}}{288,38} \geq 0,2 \cdot V_{max}$$

$$L_{cexc} = \frac{V_{max}^3}{27,99 \cdot R} - \frac{S \cdot V_{max}}{368,15} \geq 0,1 \cdot V_{max}$$

8.1.8.4 Observações

Entre os diversos valores calculados para L_{cpad} , L_{cmin} ou L_{cexc} deve ser adotado, respectivamente, sempre o maior comprimento.

8.1.9 Comprimento da Curva de Transição entre Curvas Circulares

8.1.9.1 Entre duas Curvas Circulares Compostas

No caso de intercalação de uma curva de transição entre duas curvas circulares compostas com raios diferentes ($R1 > R2$), no ponto final do maior raio ($R1$) considera-se o início da curva de transição (CS) e no ponto inicial do menor raio ($R2$) fica o fim da curva de transição (SC).

No caso de mudança de superelevação ($S2 > S1$), a rampa de superelevação geralmente deve coincidir com a curva de transição.

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

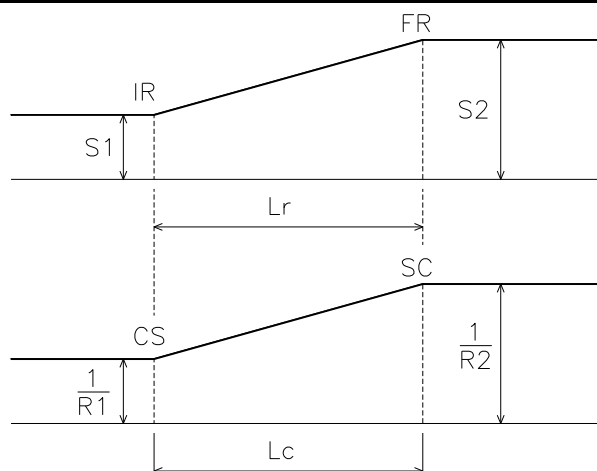


Figura 11 – Rampa de Superelevação e Curva de transição entre duas curvas circulares compostas

Para determinação do comprimento da curva de transição devem ser, em princípio, adotadas as equações do item 8.1.8, considerando-se as seguintes substituições:

$$R \rightarrow \frac{R_i \cdot R_f}{R_i - R_f}, \text{ onde } R_i > R_f$$

$$S \rightarrow S_f - S_i, \text{ onde } S_f > S_i$$

8.1.9.2 Entre duas Curvas Circulares Reversas

Quando duas curvas de transição de sentidos oposto se sucedem e a intercalação de uma reta de $D \geq 0,4 \cdot V_{\max}$ é impossível, as mesmas devem ser projetadas de tal maneira, que o fim da primeira transição seja coincidente com o início da segunda transição ($ST_1 = TS_2$).

No caso de via em superelevação, as rampas de superelevação devem coincidir com as curvas de transição.

Para configuração e detalhes ver **item 7.5.4 e figura 7**.

O cálculo dos comprimentos das rampas de superelevação e das respectivas curvas de transição deve ser executado por meio das equações dos **itens 7.5.2 e 8.1.8**.

8.2 Geometria vertical

Pontos do traçado vertical é segundo **item 6.4.1 e Figura 3**.

As inclinações verticais da via devem ser espessas em valor de porcentagem (%), que significa diferença de 1m vertical para 100 m longitudinal da via. O comprimento das curvas verticais deve ser múltiplo de 5m.

8.2.1 Inclinações máximas

A inclinação máxima da via basicamente é definida a partir da velocidade, da tração praticada e da carga a ser transportada.

Nos traçados novos e/ ou revisados, cada linha e/ ou seu trecho típico, deverá ter a sua faixa de inclinação característica, conforme sua região geográfica, o qual está apresentado na **Tabela 7**:

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Tabela 7	
Inclinações características	
Tipo de região	IN%
Região plana	0 – 0,7
Região acidentada, colinosa	0,7 – 1,5
Região montanhosa	1,5 – 2,7

Nas linhas existentes com traçado antigo a inclinação máxima está de:

- Máximo aceitável: IN = 2%
- Caso extremo existente: IN = 2,7%

Nas linhas novas e remodeladas a inclinação máxima poderá ser de:

- Recomendável seguir os dados da Tabela 4;
- Em vias de carga procurar atender: $IN \leq 1\%$

Nas estações a inclinação vertical:

- Preferencialmente deverá ser de: IN = 0%
- Em traçados novos é aceitável até $IN \leq 0,15\%$, com extrema justificativa.
- Em traçados antigos existe até: $IN \leq 0,25\%$

Se a rampa ascendente à saída de uma estação for superior a 0,5%, deve ser intercalada uma rampa intermediária com 0,5% na extensão mínima de 250 metros, para facilitar a aceleração do trem evitando patinação da roda e facilitando a frenagem do trem.

Inclinação vertical nos estacionamentos e pátios:

- Em traçados novos deverá ser de: IN = 0%
- Em traçados antigos existe até: $IN \leq 0,1\%$ desde que não fique prejudicada a segurança da operação nas vias.

No caso da via permanente for assentado em estrutura de elevado, ou ponte, deverá considerar as deformações acumuladas máximas nos pilares, seus inclinações, raio no centro do tabuleiro. Estes valores devem ser acumulados nos valores do traçado utilizado no local, e não devem ultrapassar os limites pré-estabelecidos.

Em terraplenagem em corte longo e em túnel, a inclinação da via preferencialmente não deve ser em nível, mas em inclinação de 0,2-0,3%, para facilitar a drenagem. Em túnel esta inclinação deve ser mantida nas suas duas extremidades, em extensão de 100 m.

8.2.2 Mudanças de inclinação

As mudanças de inclinação da via podem ser côncavas ou convexas, como apresentadas na **Figura 12**. Os limites da sua variação deverão obedecer aos indicados na figura.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Durante a execução do projeto deve procurar a minimização da variação de inclinação da via.

É recomendável que entre dois pontos de intersecção vertical sucessivo seja projetada uma distância mínima de 250 metros.

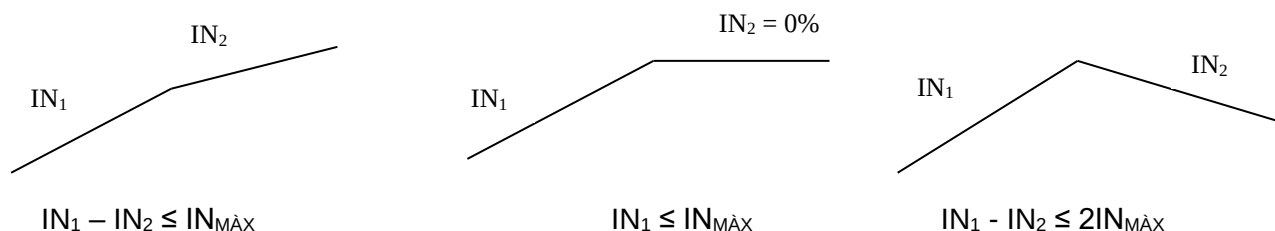
Na região de plataformas das estações a inclinação da via deverá ser uma única e isenta de raio vertical.

8.2.3 Arredondamento das mudanças de inclinação

Deverão ser empregadas as curvas de concordância vertical entre declividades longitudinais sucessivas, quando a diferença algébrica das inclinações for $\geq 0,1\%$.

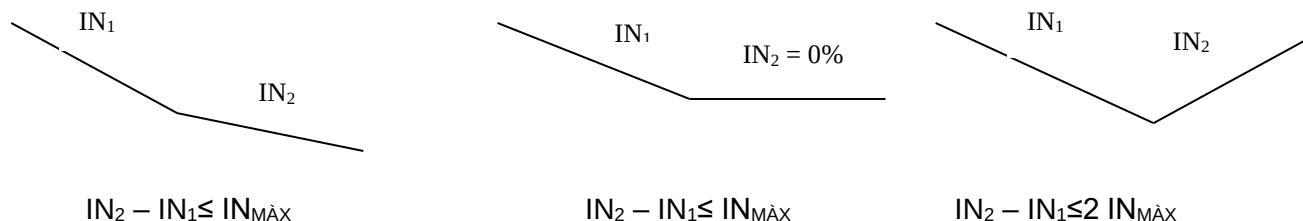
Entre os pontos de intersecção de mudanças de inclinação vertical é inserida uma parábola de segundo grau. Os raios verticais devem ser escolhidos grandes, pois no caso de raios pequenos, as rodas podem perder a guia em todas as rodas além de sobrecarregando os contatos nas rodas que encostam. Com as forças centrífugas a sobrecarga fica pior. Esta situação está apresentada para arredondamento côncavo e convexo na **Figura 13**.

a) Mudança de inclinações côncavas

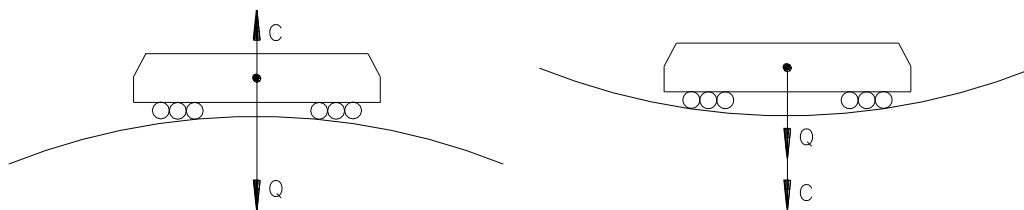


b) Mudança de inclinações convexas

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA


Figura 12 - Mudanças de inclinação

Na curva côncava em veículos de eixos diversos há nas rodas internas uma sobrecarga prejudicial, enquanto não há carga nas rodas externas, cuja situação piora ainda, com o levantamento destes eixos, e prejudicando assim a guia, pode resultar o descarrilamento do trem. Por esta razão não se deve projetar em raio horizontal pequeno curva vertical côncava. No caso de curva convexa ocorre a sobrecarga nos eixos externos dos veículos e isto aumentada com o efeito da força centrífuga.


Figura 13 – Efeitos dos Arredondamentos

Segundo norma UIC 703, a aceleração vertical não compensada está definida em:

- Padrão: $av_{pad} \leq 0,20 \text{ m/s}^2$
- Máxima: $av_{máx} = 0,30 \text{ m/s}^2$

$$\text{Em função disto: } R_{vpad} \geq \frac{V^2}{12,96 \cdot 0,20} = \frac{V^2}{2,59} = 0,39V^2$$

$$R_{vmín} = \frac{V^2}{12,96 \cdot 0,30} = \frac{V^2}{3,89} = 0,26V^2 \geq 2500 \text{ m}$$

Em função do material rodante da CPTM é recomendável:

$$R_v = V^2$$

onde R_v está expresso em metros e a velocidade V em km/h.

Os dados principais da curva circular deve ser calculado como na curva horizontal:

$$T = R_v \text{tg} \frac{\alpha}{2} = R_v \text{tg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$$

Como IN_1 e IN_2 são $\approx 100 \text{tg} \alpha$ e os ângulos são muito pequenos, será adotado

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \cong \frac{\operatorname{tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}{2} \text{ e } T_v = R_v \cdot \frac{IN_2 - IN_1}{200}$$

Os sinais dos IN's devem ser inseridos conforme a direção das inclinações, considerando o sentido do crescimento da quilometragem .

Os pontos intermediários da curva vertical serão calculados com o auxílio da formula da parábola de 2º grau:

$$Y = \frac{X^2}{2R_v}$$

A execução da curva vertical da via deverá ser feita, em princípio, ao longo das tangentes horizontais. Em situações particulares, estas alterações poderão situar-se dentro do trecho circular, devendo ser evitada a sua locação junto com curva de transição e rampa de superelevação.

Pelas dificuldades de execução, é condenado projetar curva vertical em ponte. No caso de AMV ver no item específico. Travessia rodoviária em curva vertical não deve ser projetada. O início ou final de uma curva vertical deverá estar fora da região de plataforma.

9 APARELHO DE MUDANÇA DE VIA - AMV

Definição de Aparelho de Mudança de Via (AMV): Mecanismo destinado a possibilitar a passagem de veículos ferroviários de uma via para outra

Na sua forma básica, o AMV tem uma via reta (via principal) e uma via curvada (desvio). Em função da sua derivação chama-se AMV direito ou AMV esquerdo, conforme a direção de derivação do desvio, em relação à via principal a partir do CMV (Começo de Mudança de Via).

Nas vias da CPTM serão utilizados AMV's do tipo AREMA e/ou UIC, em função operacional.

As dimensões dos AMV's são calculados para bitola da via de 1600 mm. Para bitola mista valem os derivados destes valores.

Os tipos de AMV's de bitolas mistas serão diferenciados em função da posição das bitolas das vias, conforme AO3319-2 DE – AMV – Tipos de bitola – única e mista.

9.1 Geometria dos AMV's

O AMV deverá ser considerado no projeto de traçado geométrico em forma de esquema unifilar, conforme **Figura 14**.

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

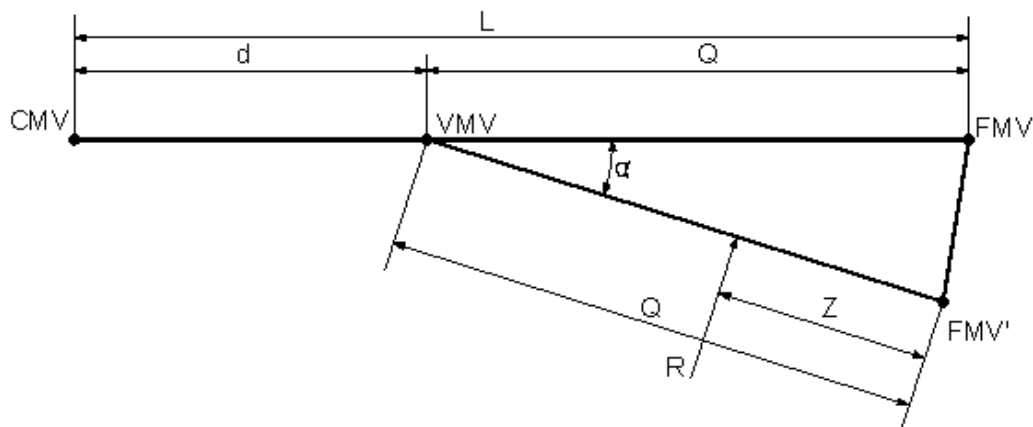


Figura 14 - Esquema Unifilar do AMV

9.1.1 Geometria dos AMV's tipo AREMA

De acordo com norma NBR 5561 os AMV's tipo A.R.E.M.A. tem os dados geométricos segundo **Figura 15** e **Tabela 8** para AMV's assentados em dormente de madeira e **Tabela 9** para AMV's assentados em dormente de concreto.

Para bitola mista valem os derivados destes dados.

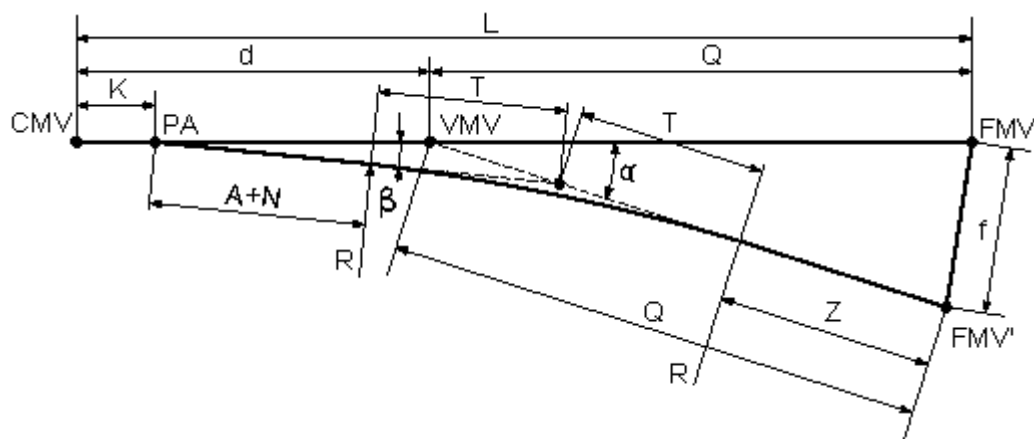


Figura 15 – Geometria de AMV

Tabela 8				
Dados geométricos dos AMV's tipo AREMA em dormente de madeira				
item	Nomenclatura	AMV's tipo A.R.E.M.A		
		Nº 14 ⁽¹⁾	Nº 10 ⁽²⁾	Nº 8 ⁽²⁾

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

1	abertura	1:n	-	-	-
2	Ângulo do AMV	α°	4,0908333	5,7247222	7,1527778
3	Raio	R	510,510	254,583	162,491
4	Tangente	T	13,797	9,710	7,583
5	Reta do cruzamento	Z	7,647	5,488	4,421
6	Ângulo da agulha	β°	0,9947222	1,3563889	1,808889
7	Comprimento da agulha + meia tala	A+N	9,144+0,4588	6,706+0,4588	5,029+0,4588
8	CMV- ponta da agulha	K	1,664	1,664	1,664
9	CMV-VMV	d	19,367	14,532	11,418
10	VMV-FMV	Q	27,137	19,200	15,315
11	VMV-FMV'	Q	27,137	19,200	15,315
12	CMV-FMV Comprimento do AMV	L	46,504	33,732	26,733
13	Ultimo dormente longo após FMV e FMV' ⁽³⁾	Udl	9,963	4,944	5,170
14	Primeiro dormente "comun da via corrida" após FMV e FMV' ⁽⁴⁾	Dp	12,183	9,104	7,570
15	Dist. Mínima entre FMV e CMV de um outro AMV	Dc	12,483	9,404	7,870

Tabela 9

Dados geométricos dos AMV's tipo AREMA em dormente de concreto

item	Nomenclatura	AMV's tipo A.R.E.M.A		
		Nº 14 ⁽¹⁾	Nº 10 ⁽²⁾	Nº 8 ⁽²⁾

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

5	Reta do cruzamento	Z	8,329	6,415	5,434
9	CMV-VMV	d	19,367	14,532	11,418
10	VMV-FMV	Q	27,819	20,127	16,327
11	VMV-FMV'	Q	27,819	20,127	16,327
12	CMV-FMV Comprimento do AMV	L	47,186	34,660	27,745
13	Ultimo dormente longo após FMV e FMV' ⁽³⁾	Udl	6,330	3,983	3,404
14	Primeiro dormente "comun da via corrida" após FMV e FMV' ⁽⁴⁾	Dp	12,330	8,783	7,004
15	Dist. Mínima entre FMV e CMV de um outro AMV	Dc	12,630	9,083	7,304

Obs: o restante das medidas ver Tabela 5

Obs. ⁽¹⁾É recomendado utilizar nas vias principais

⁽²⁾ É recomendado utilizar nos Pátios, vias secundárias e estacionamentos

⁽³⁾ Primeiro dormente curto após FMV e FMV' em comprimento de 1,4+1,3= 2,7m.

⁽⁴⁾ Primeiro dormente comum da via após FMV e FMV' em 1,4+1,4= 2,8m.

dimensões: em m

9.1.2 Geometria dos AMV's tipo UIC

No sistema de via permanente da CPTM poderá ser utilizado AMV tipo UIC de acordo com os dados geométricos , segundo **Figura 16** e **Tabelas 10 e 11**, em geometria básica, ou seja em reta.

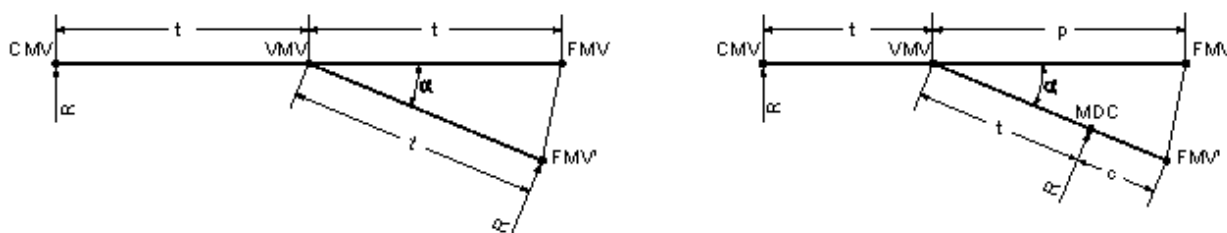


Figura 16 – Geometria dos AMV's

Tabela 10					
Dados geométricos dos AMV's em bitola 1600 mm e jacaré fixo [m]					
R	tgα	t	c	p	Udl
500	1:14	17,834424	9,015576	26,850	9,7
500	1:11,4	21,887800	-	-	7,8

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

250	1:8	15,564437	-	-	5,2
190	1:9	10,523176	7,580824	18,104	5,2
Obs: Udl- Distancia entre FMV e ultimo dormente longo do AMV					

Tabela 11					
Dados geométricos dos AMV's em bitola 1600 mm e jacaré móvel [m]					
R	tgα	t	c	p	Udl
500,000	1:14	17,834424	11,586152	29,420576	7,1
500,000	1:11,4	21,887800	3,761400	25,649200	4,0
500,000	1:10,5*	23,755777	-	-	4,025
Obs: Udl- Distancia entre FMV e ultimo dormente longo do AMV * Utilizar em AMV quando o jacaré é encurvado, ou o AMV totalmente é encurvado ou quando conveniente a geometria.					

Os AMV's e Travessões poderão ser instalados em reta ou em curva, sendo os AMV's de abertura 1:14 e 1:9 instalados preferencialmente em reta, e os AMV's 1:11,4, 11,4/10,5 e 1:8 instalados em curva circular ou de transição. Os limites mínimos do raio da via principal do AMV 1:11,4 está prevista em $R_p \geq 300$ m ($R_d \geq 214$ m), e do AMV 1:8 em $R_p \geq 375$ m ($R_d \geq 150$ m).

Os AMV's 1:14, 11,4 e 1:9 JM (jacaré móvel) somente devem ser encurvados entre os pontos CMV e MDC.

9.1.2.1 Encurvamento dos AMV's

AMV interno:

$$R_d = \frac{R_0 \cdot R_p - t^2}{R_0 + R_p} \text{ ou } R_p = \frac{R_0 \cdot R_d + t^2}{R_0 - R_d}$$

AMV externo:

$$R_d = \frac{R_0 \cdot R_p + t^2}{R_p - R_0} \text{ ou } R_p = \frac{R_0 \cdot R_d + t^2}{R_d - R_0}$$

Sendo: R_0 - Raio do AMV na forma básica

R_d - Raio do AMV que era o raio da forma básica

R_p - Raio do AMV que na forma básica era reta

t - comprimento do tangente do AMV

9.2 Identificação dos AMV's

9.2.1 AMV tipo AREMA

Exemplo: AMVA Nº8 D TR57 C

Sendo: AMV – Aparelho de mudança de via

A- tipo AREMA

	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Nº8 – Geometria

D ou E – Derivação à direita ou esquerda

TR57 - Trilho do AMV

C ou M – Assentado em dormente de concreto ou de madeira.

9.2.2 AMV tipo UIC

Exemplos:

AMV em via reta: AMV UIC60-D-500-1:14 JF

Sendo: AMV- Aparelho de mudança de via

UIC60 - Trilho do AMV

D ou E – Derivação à direita ou esquerda

500 – Raio do AMV na forma básica

1:14 – Abertura do AMV (tg)

JF – Jacaré fixo

JM – jacaré móvel

AMV encurvado: AMV UIC60-DI-900,0000/321,0255-1:10,5 JM

Sendo: AMV- Aparelho de mudança de via

UIC60 - Trilho do AMV

D ou E – Derivação à direita ou esquerda

I ou E – Interno ou externo

900,0000 – Raio do AMV que na forma básica era reta

321,0255 - Raio do AMV que era o raio da forma básica

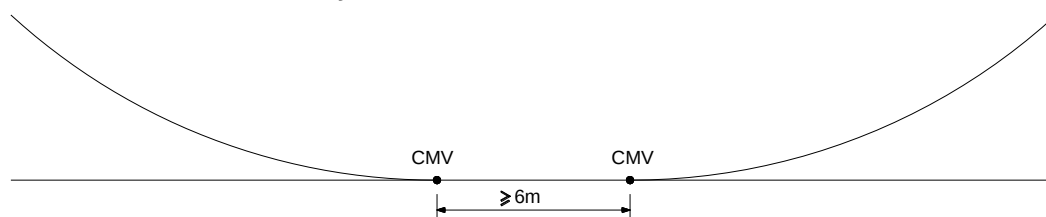
1:10,5 – Abertura do AMV (tg)

JM – Jacaré móvel

9.3 Condições gerais do projeto geométrico dos AMVs

As restrições abaixo apresentadas devem ser obedecidas nas vias principais, secundários, estacionamentos e pátios da CPTM.

- A distância mínima entre dois CMV's na mesma direção deverá ser no mínimo de 6 m segundo **Figura 17**, ou de direção contrario deverá ser ≥ 18 m segundo **Figura 18**.



 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Figura 17 – Distância mínima entre dois CMV's com desvios na mesma direção

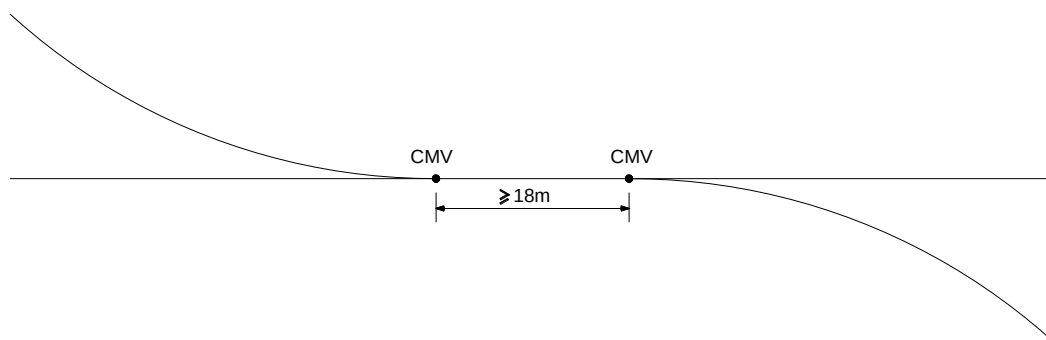


Figura 18 – Distância mínima entre dois CMV's com desvios de direção contrária

- Os AMV's tipo AREMA devem ser projetados em vias em tangente horizontal e vertical nos trechos compreendidos a seguir:
 - Curvas verticais somente devem iniciar ou terminar 10m anterior ou posterior do AMV;
 - Em caso de necessidade o trecho após o FMV/FMV' pode ser reduzido até o último dormente longo, conforme **Tabelas 5 e 6 item 13**;
 - Em casos extremos pode ser tolerado curva vertical no trecho do AMV tipo AREMA, desde que for $R \geq 5000m$.
 - Os AMV's tipo UIC, com jacaré fixo ou móvel: podem ser projetados em trechos de vias, com rampa de superelevação ou em curvas verticais $R_v \geq 2500 m$;

9.4 Condições gerais do projeto geométrico do travessão

Quando dois AMV's interligam duas vias, cuja ligação permite a transposição de veículo ferroviário de uma via à outra.

- Em AMV's tipo AREMA deverá ter o mesmo plano e cotas para as duas vias principais e vias desviadas na região dos dormentes longos de interligação, até o ultimo dormente longo dos AMV's.
- Em AMV's tipo UIC os dois AMV's do travessão deverá ter o mesmo plano pelo menos na região dos dormentes longos de interligação das duas vias, até o ultimo dormente longo dos AMV's. Quando o travessão for em superelevação as cotas das duas vias principais se diferenciam em função da superelevação e da entrevia.
- A entrevia do travessão, normalmente é de :
 - 4,000 m – eventual
 - 4,250 m - normal
 - 4,400 m – eventual
- Observações:
 - Acima de entrevia 4,400 m é considerado dois AMV's individuais.

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

- 2- Para travessão com AMV's tipo UIC60-500-1:11,4 com jacaré móvel a entrevista deverá ser $\geq 4,50$ m.
 - 3- Para travessão com AMV's tipo UIC60-500-1:10,5 com jacaré móvel a entrevista deverá ser $\geq 5,50$ m.
- Para evitar restrição de velocidade nos travessões em tangente, ver **Figura 19**, a reta intermediária entre os finais das curvas dos AMV's deverá ter comprimento mínimo de $D=10$ m. Em caso contrario devem ser aplicadas as restrições da velocidade das curvas reversas.

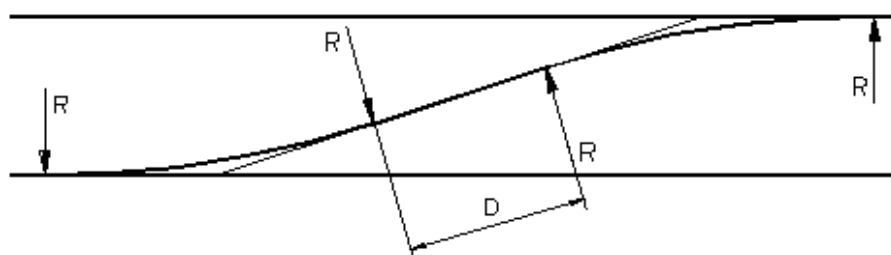


Figura 19 – Travessão dos AMV's

9.5 Localização de obras de arte e alteração de infra-estrutura na região do AMV

- A distância recomendável entre início ou final de plataforma de estação e CMV deve ser ≥ 22 m no lado reto do AMV e 19 m no lado do desvio do AMV, devido o efeito de “ponta” do gabarito de livre passagem do material rodante.
- Não poderá ter mudança de infra (ex.: laje de transição) e superestrutura no trecho de 10 m anterior do CMV e de 10 m em dormente comum da via corrida posterior do FMV e FMV'.
- Quando o AMV está situado inteiramente sobre obra de arte, não poderá ter pilar, ou interrupção ou alteração de estrutura nos trechos do AMV abaixo determinados:
 - Em ≥ 6 m anterior do CMV e posterior do coice da agulha e
 - Em ≥ 6 m anterior e posterior das soldas do jacaré.

ANEXO 1

MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA HORIZONTAL DO EIXO DA VIA (Nº da Via)								
Linha:				Trecho:				
Curva horizontal: (Nº da curva)								
Elementos da curva		Coordenadas dos pontos notáveis						
Elem.	Valor	Ponto	km	m	N	E	TB	S

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Azi	195°25'35,12"							
Ti	120,612455							
Xti	49,467913							
Lxi	100,528549							
Lci	101,052458							
Pi	1,364824	TS2102	18	352,1526	251375,357986	153365,357485	738,164977	120,1
βci	3°56'46,74"	IR2102						
Yci	5,786370	FR2102						
R	300,000000	SC2102						
S	100	CC2102						
AT	38°26'35,23"							
AC	32°19'15,56"	PI2102						
DC	167,159487	CS2102						
Ycf		RF2102						
βcf		RI2102						
Pf		ST2102						
Lcf								
Lxf								
Xtf								
Tf								
AZf								

ANEXO 2

MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA VERTICAL DO EIXO DA VIA (Nº da Via)								
Linha:				Trecho:				
Elementos da curva		Coordenadas dos pontos notáveis						
Elem.	Valor	Ponto	km	m	PIV	TB		S (mm)

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

%	1,81275486	Vd	201,220015				
Rv	9000,164795	PCV1101	18	255,0125		725,285485	108,0
Dv	40,132659	PIV1101			725,320155	725,342524	108,0
Tv	20,066329	PTV2102				725,405263	108,0
Yv	0,022369						
%		Vd					
Rv							
Dv							
Tv							
Yv							
%		Vd					
Rv							
Dv							
Tv							
Yv							
%		Vd					
Rv							
Dv							
Tv							
Yv							
%		Vd					

ANEXO 3

MEMORIAL DE CÁLCULO DA GEOMETRIA DO AMV	
Linha:	Trecho:
Características	Coordenadas dos Pontos Notáveis

 CPTM	ÁREA GEE	Nº CONTROLE AK7803-1	REVISÃO F	VERIFICAÇÃO/DATA IBS e ABR/ 30.05.07	APROVAÇÃO/DATA FABG/ 30.05.07
PROJETISTA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA
SUPERVISORA				VERIFICAÇÃO/DATA	APROVAÇÃO/DATA

Tipo	UIC 60	Ponto	km	m	N	E	TB
Geom.	1:11,4 int.	CMV11LUZ01	18	325,1234	249060,189422	152387,705456	720,707352
Jacaré	Fixo	VMV11LUZ01					
Bit.	Mista esq.	FMV11LUZ01					
Deriv.	Direita	FMV'11LUZ01					
α o	5°34'11,02"	Croqui:					
Ro	500						
Rp	900,000000						
Rd	321,086400						
S	20						
ah	5°00'47,21"						
Tipo		Ponto	km	m	N	E	TB
Geom.		CMV(Nº)					
Jacaré		VMV(Nº)					
Bit.		FMV (Nº)					
Deriv.		FMV'(Nº)					
α o		Croqui:					
Ro							
Rp							
Rd							
S							
ah							

ANEXO 4

LOCAÇÃO PLANI ALTIMÉTRICA DO EIXO DA VIA (Nº da Via)			
Linha:		Trecho:	
Pontos Aux.	COORDENADAS	S	Flecha (mm) para corda de

[illegible]