

NORMA

INFRA S.A.
PRO-00019

rev 0
08.08.2023

Superelevação em curvas ferroviárias

Superelevation on railway curves

INFRA S.A.

© INFRA S.A. 2023

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da INFRA S.A.

Sede da INFRA S.A.

SAUS, Quadra 01, Bloco 'G', Lotes 3 e 5. - CEP: 70.070-010

Asa Sul Brasília - DF

Telefone:+55 61 2029-6100

<https://www.infrasa.gov.br>

Sumário

Prefácio	iv
1 Objetivo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Parâmetros condicionantes de projeto	1
4.1 Dormente	2
4.2 Lastro	2
4.3 Fixação	2
5 Superelevação	2
5.1 Critérios para o cálculo da superelevação	2
5.2 Limites de superelevação	3
5.3 Restrições de superelevação	3
6 Implantação altimétrica da via	4
7 Elaboração da nota de serviço	6
Anexo A Modelo de nota de serviço para implantação altimétrica da via permanente	8
Bibliografia	9

Prefácio

A Valec – Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (nome fantasia – “INFRA S.A.”), empresa pública de capital fechado, é uma sociedade por ações controlada pela União e vinculada ao Ministério dos Transportes, regida por seu Estatuto Social e, especialmente, pelas Leis nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, nº 11.772, de 17 de setembro de 2008, nº 12.404, de 04 de maio de 2011, nº 12.743, de 19 de dezembro de 2012 e nº 13.303, de 30 de junho de 2016, e pelos Decretos nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016 e nº 11.081, de 24 de maio de 2022.

A INFRA S.A. tem por objeto social prestar serviços na área de projetos, estudos e pesquisas, destinados a subsidiar o planejamento da logística e dos transportes no País, considerando as infraestruturas, as plataformas e os serviços pertinentes aos modos rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e aeroaviário.

A Superintendência de Projetos e Custos (SUPRO) da INFRA S.A. tem por objetivo criar, revisar, zelar e organizar o acervo de Normas Técnicas de engenharia, com o intuito de melhorar os procedimentos da empresa. Ainda que a responsabilidade do conteúdo das normas seja de todo o corpo técnico da INFRA S.A., a SUPRO é a responsável pela gestão do processo de manutenção do acervo de Normas Técnicas de engenharia.

Para estabelecer a estrutura técnica aplicada à infraestrutura de logísticas de transporte nacional, foi elaborada a Norma Técnica INFRA PRO-00019 – Superelevação em curvas ferroviárias, para regulamentação dos requisitos para a definição da superelevação em curvas ferroviárias a ser utilizado em obra ferroviária, juntamente com os requisitos concernentes às características dos materiais e controle de qualidade.

Esta edição revoga e substitui VALEC 80-EG-000A-18-0001 – Superelevação em curvas ferroviárias.

Superelevação em curvas ferroviárias

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os critérios para projeto de superelevação em curvas ferroviárias, bem como para elaboração da nota de serviço para implantação altimétrica da via permanente em empreendimentos ferroviários.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

INFRA PRO-00018, *Projeto geométrico*;

INFRA SUP-00026, *Superestrutura de via permanente – Projeto*;

INFRA SUP-00027, *Superestrutura de via permanente — Construção*;

INFRA SUP-00028, *Dormente monobloco de concreto protendido*;

VALEC 80-DES-000A-18-8002, *Marco de referência da via*;

VALEC 80-ES-000A-24-8007, *Marco de referência*; e

VALEC 80-EM-033A-58-8006, *Pedra britada para lastro*.

3 Termos e definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 superelevação

Inclinação transversal da via férrea que se realiza em curvas para compensar as forças centrífugas que atuam sobre os trens durante suas passagens, evitando o descarrilamento ou desequilíbrios perigosos.

3.2 trilho

Elemento da superestrutura que constitui a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários, servindo-lhes, ao mesmo tempo, de apoio e guia. Funciona como uma viga contínua e transfere as solicitações das rodas para os dormentes.

4 Parâmetros condicionantes de projeto

As características técnicas básicas das vias em construção da INFRA S.A. devem seguir os parâmetros-base estabelecidos a partir das normas INFRA PRO-00018 e INFRA SUP-00026.

4.1 Dormente

Deve ser monobloco de concreto protendido, com espaçamento de 60,00 cm de eixo a eixo nas vias principais e pátios. Nos aparelhos de mudança de via (AMV), os dormentes especiais podem ser de madeira ou de concreto, com dimensões variando de 2,80 a 5,60m e o espaçamento deve seguir o padrão dos desenhos pertinentes (plano geral de assentamento de AMV), conforme a INFRA SUP-00028.

4.2 Lastro

Para o lastro, deve ser utilizada pedra britada com granulometria entre 63,50 mm (2 1/2") e 12,70 mm (1/2"), com altura variando de 20 a 30 cm, conforme o projeto, sob a face inferior do dormente no eixo do trilho (trilho interno, no caso de curva com superelevação), ombro de 30 cm e talude 3:2 (horizontal:vertical). O lastro deve atender ao estabelecido na VALEC 80-EM-033A-58-8006.

4.3 Fixação

A fixação deve ser do tipo elástica, composta por grampos elásticos, palmilhas amortecedoras, calço isolador, placas de apoio, tirefões e arruelas duplas de pressão, adequados conforme o emprego de dormentes de concreto ou de madeira, este último no caso de AMV, conforme indicado na INFRA SUP-00026.

5 Superelevação

5.1 Critérios para o cálculo da superelevação

Nos projetos elaborados pela INFRA S.A., a superelevação deve ser calculada a partir da seguinte equação:

$$h_p = \frac{BV^2}{127R} - \frac{B}{Hn} \left(\frac{B}{2} - d \right)$$

Onde:

h_p – superelevação, em metros (m);

B – distância entre os eixos dos trilhos, em metros (m);

V – velocidade, em quilômetros por hora (km/h);

R – raio de curva, em metros (m);

H – altura do centro de gravidade do material rodante, em metros (m)

n – coeficiente de segurança contra tombamento

d – deslocamento do centro de gravidade, em metros (m)

Para garantir a segurança, o coeficiente n deve ser de 3,6 para bitola estreita e de 4,5 para bitola larga, levando em consideração a aceleração lateral descompensada máxima de 0,65 m/s² e a altura dos centros de gravidade máxima.

O valor do deslocamento do centro de gravidade deve ser 0,10 m.

A altura do centro de gravidade do material rodante em relação à superfície de rolamento varia em função do carregamento. Assim, cabe ao fabricante informar o valor desta altura. Caso isto não seja possível, deve-se considerar os seguintes valores para as diferentes bitolas:

- a) bitola métrica: 1,83 m;
- b) bitola standard: 2,49 m; ou
- c) bitola larga: 2,49 m.

Em caso de bitola mista, utiliza-se o caso mais crítico, isto é, valores da bitola larga que satisfazem igualmente as condições para bitola métrica e standard (normal).

Podem ser admitidos valores superiores, desde que sejam devidamente justificados, a partir de análises de limites de alívio de roda, nas situações críticas de operação, mediante formulação comprovada de modelos matemáticos validados para simulação de dinâmica veicular.

Para melhor entendimento, ver Figura 1, que ilustra as variáveis utilizadas no cálculo da superelevação no material rodante.

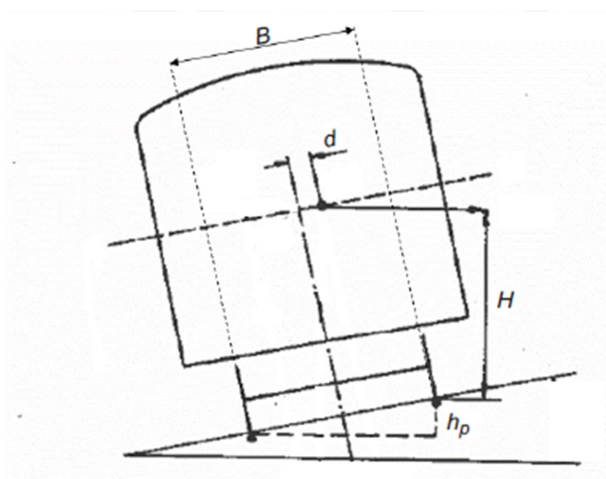


Figura 1 — Representação da superelevação no material rodante

5.2 Limites de superelevação

Independentemente do valor do raio, o valor mínimo para a superelevação deve ser de 20 mm, e a superelevação máxima para a bitola larga (1 600 mm) é de 160 mm.

A superelevação deve ser distribuída dentro da curva de transição (espiral) com razão não superior a 2 mm/m. Não havendo transição por conta do raio de curva, a superelevação deve ser considerada dentro da curva circular.

5.3 Restrições de superelevação

Não pode ser incluída superelevação em casos de desvios de cruzamento e terminais, desde que a velocidade máxima autorizada (VMA) seja inferior a 20 km/h.

Na existência de aparelho de mudança de via (AMV) não pode ser aplicada superelevação. Nesses casos, a velocidade máxima de operação deve ser reduzida e deve ser considerada, para seu cálculo, uma aceleração lateral de 0,65 m/s² (não compensada).

6 Implantação altimétrica da via

6.1 Todos os pontos notáveis que caracterizam o eixo projetado da superestrutura da via permanente devem ser nivelados geometricamente, com base na rede de referência de nível. No caso da implantação altimétrica, a referência deve ser feita a partir da rede de referências de nível (RRNN) do IBGE, ligando a ferrovia ao Banco de Dados Geodésicos (BDG)¹.

6.2 O sistema de identificação das estacas deve ser a quilometragem empregada no desenvolvimento do trecho. Nas estacas intermediárias para identificação dos pontos notáveis, é suficiente a numeração da estaca fracionada.

6.3 O erro máximo de fechamento do nivelamento não pode ser superior a 12 mm/km.

6.4 Os marcos de referência em serviços de apoio à via permanente devem ser implantados de acordo com o quadro de discriminação apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 — Nomenclatura dos marcos referenciais

Marcos <i>R.P.A.</i> Referências Planialtimétricas		Marcos <i>R.A.</i> Referências Altimétricas	
Localização			
Em curvas Horizontal	Em Tangente	Em curvas Verticais	Em Rampas
Nos pontos notáveis TS, SC, CS, ST, PC e PT	A cada 500m	Nos pontos notáveis PCV, PIV e PTV	—
Nomenclatura			
TS - Ponto de concordância horizontal entre tangente e espiral			
SC - Ponto de concordância horizontal entre espiral e curva circular			
CS - Ponto de concordância horizontal entre curva circular e espiral			
ST - Ponto de concordância horizontal entre espiral e tangente			
PC - Ponto de concordância horizontal entre tangente e curva circular			
PT - Ponto de concordância horizontal entre curva circular e tangente			
PCV - Ponto de concordância vertical entre rampa e curva parabólica			
PIV - Ponto de interseção vertical entre os prolongamentos das rampas			
PTV - Ponto de concordância vertical entre curva parabólica e rampa			

6.5 A implantação dos marcos de referência deve ser feita na borda da plataforma, a uma distância de 3 m em relação ao eixo do projeto, sempre do lado esquerdo, no sentido crescente da quilometragem da linha corrida, no caso dos trechos em tangente e, no lado interno, no caso das curvas.

¹ Disponível em: <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>

6.6 A VALEC 80-ES-000A-24-8007 estabelece os critérios de implantação do marco de referência e o desenho VALEC 80-DES-000A-18-8002 estabelece sua materialização no campo.

6.7 A altura do dormente a ser considerada no projeto deve ser de 0,25m, conforme croqui ilustrado na Figura 2. Na fase de execução, esta altura deve ser confirmada de acordo com o projeto do dormente que a construtora for empregar. O valor da largura do boleto (LB) varia em função do tipo de trilho utilizado, e é necessário manter as tolerâncias descritas pela INFRA SUP-00027.

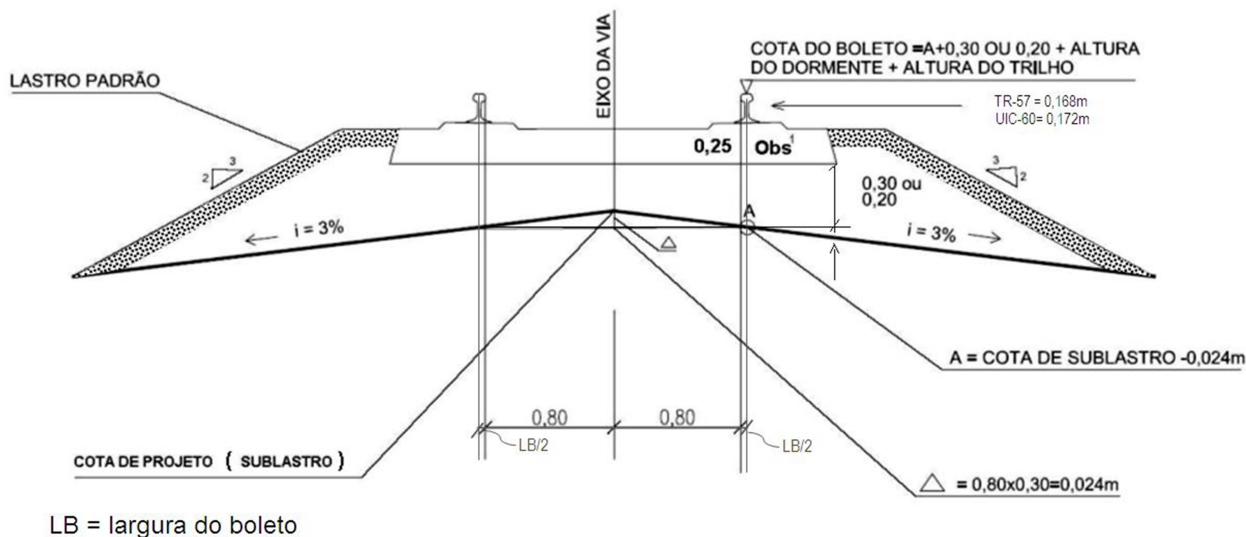


Figura 2 — Croqui indicativo da superestrutura da via férrea

7 Elaboração da nota de serviço

7.1 Para a implantação altimétrica da via, deve ser elaborada uma nota de serviço, que consta de uma planilha contendo os dados do lote, os dados da superestrutura, o estaqueamento obedecendo a ordem crescente do marco quilométrico, os pontos notáveis da curva e número dessa, as cotas dos boletos e a superelevação utilizada. No Anexo A, é apresentado um modelo de nota de serviço para implantação altimétrica da via permanente.

7.2 Na fase de implantação da superestrutura, a nota de serviço do projeto deve ser avaliada considerando:

- a) a cota real de acabamento do sublastro;
- b) a espessura efetiva do dormente a ser aplicado; e
- c) a posição do estaqueamento da construção com relação ao estaqueamento do projeto.


7.3 Na execução, antes da superestrutura ser lançada, a cota de acabamento do sublastro deve ser aferida com a cota de projeto, para evitar que, considerando as cotas desta nota de serviço, a espessura de lastro fique inferior ao estabelecido no projeto.

7.4 Ao se aplicar os dados da nota de serviço, especificamente não se tratando do estaqueamento, caso haja supressão das igualdades de projeto, ou seja, quando em estaqueamento corrido, a distribuição de superelevação deve ser feita com base no novo estaqueamento, correlacionando este

com o de projeto e seguindo os dados do projeto.

Anexo A

Modelo de nota de serviço para implantação altimétrica da via permanente

		NOTA DE SERVIÇO DE IMPLANTAÇÃO ALTIMÉTRICA DA VIA								
Contratada:		Contrato:								
Obra:		Características da Via Permanente								
Lote Nº:		Altura do Trilho (AT):		Altura do Lastro (AL):						
Extensão:		Largura do Boleto (LB):		Altura do Dormente (AD):						
		Bitola (B):		Espessura da Palmilha (EP):						
		Velocidade Operacional (Km/h):		Espessura Total (ET):						
ESTACA	PONTOS NOTÁVEIS		ELEMENTOS GEOMÉTRICOS		COTA DO EIXO DO PROJETO (SUB-LASTRO)		TRILHO ESQUERDO		TRILHO DIREITO	
	HORIZONTAL	VERTICAL	RAIO (m) SENTIDO DE CURVA	L _c (m)	COTA DO EIXO DO PROJETO (SUB-LASTRO)	SUPERELEVÇÃO (m m)	COTA DO BOLETO (m)	SUPERELEVÇÃO (m m)	COTA DO BOLETO (m)	

Bibliografia

- [1] American Railway Engineering and Maintenance of Way Association. **Manual of Railway Engineering**. Lanham: AREMA, 2022.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 16810**: Via Férrea – Superelevação em curvas. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [3] BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em <https://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>. Acesso em julho de 2023.