

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

MANUAL DIDÁTICO DE FERROVIAS

- 2025 -

Prof. Titular Camilo Borges Neto, Eng. Civil.

SUMÁRIO

FERROVIAS

I.	<u>APRESENTAÇÃO</u>	01
II.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	01
1.	<u>INTRODUÇÃO</u>	02
1.1.	DEFINIÇÕES	02
1.2.	CONCEITUAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS PRINCIPAIS MODAIS TERRESTRES	02
2.	<u>A FERROVIA E SUA INSERSÃO NO SISTEMA DE TRANSPORTES DO BRASIL</u>	04
2.1.	HISTÓRIA DA FERROVIA	04
2.2.	A FERROVIA NO BRASIL	08
2.3.	A ESTRADA DE FERRO NO PARANÁ	10
2.3.1.	<u>Os Caminhos Primitivos</u>	10
2.3.2.	<u>A Estrada de Ferro</u>	12
2.3.3.	<u>Estrada de Ferro Central do Paraná</u>	14
2.4.	OUTRAS FERROVIAS REGIONAIS	16
2.5.	A EVOLUÇÃO DAS CONSTRUÇÕES FERROVIÁRIAS NO BRASIL	17
2.5.1.	<u>Crescimento das Estradas de Ferro no Brasil</u>	18
2.5.2.	<u>Panorama Ferroviário nas Américas</u>	19
2.5.3.	<u>Sistema Ferroviário Nacional</u>	19
2.5.3.1.	O Desequilíbrio Financeiro e a Privatização do Sistema	23
2.6.	SETORES DE ATUAÇÃO DA FERROVIA	28
2.6.1.	<u>Transporte de Passageiros</u>	29
2.6.2.	<u>Transporte de Cargas</u>	30

2.6.2.1.	Distribuição do Transporte por Via Férrea no Brasil	
	(2008)	31
2.6.2.2.	Matriz de Transporte de Cargas no Brasil	33
2.6.3.	<u>Análise Comparativa de Consumo de Óleo Diesel</u>	33
2.6.3.1.	Equipamento	33
2.6.3.2	Consumo	33
2.6.4.	<u>Consumo de óleo Diesel no Transporte de Cargas no</u>	
	<u>Brasil</u>	33
2.6.5.	<u>Análise do Consumo de Energia em Transportes no</u>	
	<u>Brasil</u>	35
3.	<u>A VIA FÉRREA</u>	35
3.1.	INTRODUÇÃO	35
3.2.	INFRA-ESTRUTURA FERROVIÁRIA	36
3.3.	SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA	37
3.3.1.	<u>Plataforma Ferroviária</u>	38
3.3.1.1.	Bitolas	39
3.3.1.2.	Gabarito da Via Férrea	42
3.3.1.3.	Características Geométricas da Plataforma	43
3.3.1.4.	Influência das Obras de Terraplenagem na Largura da	
	Plataforma	45
3.3.2.	<u>Via Permanente</u>	46
3.3.2.1.	Sub-lastro	46
3.3.2.2.	Lastro	48
3.3.2.3.	Dormentes	58
3.3.2.4.	Trilhos	86
3.3.2.5.	Aparelhos de Via	132
3.4.	ESFORÇOS ATUANTES NA VIA	137

3.4.1.	<u>Classificação dos Esforços Atuantes</u>	137
3.4.1.1.	Esforços Verticais	137
3.4.1.2.	Esforços Longitudinais	138
3.4.1.3.	Esforços Transversais	138
3.4.2.	<u>Força Centrífuga</u>	139
3.4.3.	<u>Momentos Fletores</u>	140
3.4.3.1.	Cálculo dos Momentos Fletores nos Trilhos	140
3.4.4.	<u>Escolha do Perfil de Trilho</u>	143
3.4.5.	<u>Exemplo de aplicação do Método de Zimmermann</u>	143
3.4.6.	<u>Tensão no Contato Roda Trilho</u>	144
3.5.	ASSENTAMENTO DA LINHA	145
3.5.1.	<u>Características do Assentamento de Linha</u>	145
3.5.2.	<u>Processos de Assentamento de Linha</u>	149
3.6.	MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUÇÃO	153
3.6.1.	<u>Introdução</u>	153
3.6.2.	<u>Superestrutura Vinculada à Infra-Estrutura</u>	153
3.6.3.	<u>Elementos Constituintes da Superestrutura Moderna</u>	153
3.6.4.	<u>Influência dos Tipos de Veículos em Circulação</u>	154
3.6.4.1.	<u>Conceitos básicos da tecnologia da alta velocidade</u>	154
3.6.5.	<u>Condições Geométricas</u>	156
4.	<u>CONSERVAÇÃO DA VIA</u>	156
4.1.	INTRODUÇÃO	156
4.2.	MANUTENÇÃO DA VIA	157
4.3.	MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DA VIA	158
4.4.	ORGANIZAÇÃO DA CONSERVA CÍCLICA PROGRAMADA	158
4.5.	VALOR RELATIVO OU PESO DOS GRUPOS	159
4.6.	PROGRAMAÇÃO DA CCP	161

5.	<u>GEOMETRIA DA VIA: CORREÇÃO DE</u>	
	<u>GEOMETRIA E SUPERELEVAÇÃO</u>	162
5.1.	INTRODUÇÃO	162
5.2.	ESTUDO DOS PUXAMENTOS	163
5.3.	MÉTODO DAS FLEXAS PARA CORREÇÃO DAS	
	CURVAS	164
5.4.	GRÁFICO DE FLEXAS LEVANTADAS	164
5.5.	MÉTODO GRÁFICO COM CALCULADORES	
	MECÂNICOS	166
5.6.	QUANTO AO NIVELAMENTO	167
5.7.	ESTUDO DA SUPERELEVAÇÃO	167
5.7.1.	<u>Superelevação Teórica</u>	168
5.7.2.	<u>Superelevação Prática</u>	169
5.7.3.	<u>Limites da Superelevação</u>	170
5.7.4.	<u>Superelevação nas Curvas de Concordância</u>	171
5.7.5.	<u>Execução da Superelevação</u>	171
5.7.6.	<u>Velocidade Limite</u>	171
6.	<u>ESTAÇÕES, PÁTIOS E TERMINAIS</u>	172
6.1.	INTRODUÇÃO	172
6.2.	CONCEITUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	173
6.2.1.	<u>Conceituação</u>	173
6.2.2.	<u>Classificação</u>	174
6.3.	ESTAÇÕES	174
6.3.1.	<u>Classificação</u>	174
6.4.	PÁTIOS	175
6.4.1.	<u>Definição</u>	175
6.4.2.	<u>Tipos Básicos de Pátios</u>	175
6.4.3.	<u>Partes Componentes de um Pátio</u>	176

6.4.4.	<u>Lay-Out dos Pátios</u>	178
6.4.5.	<u>Pátio de Classificação por Gravidade</u>	179
6.5.	TERMINAIS	180
6.5.1.	<u>Descrição e Organização</u>	180
6.5.2.	<u>Tipos de Terminais</u>	181
6.6.	LOCALIZAÇÃO DOS PÁTIOS E TERMINAIS	182
6.7.	PROJETOS DE PÁTIOS E TERMINAIS	183
6.7.1.	<u>Fatores Condicionantes</u>	183
6.7.2.	<u>Dimensionamento</u>	185
7.	<u>MATERIAL RODANTE</u>	185
7.1.	INTRODUÇÃO	185
7.1.1.	<u>Definição</u>	185
7.1.2.	<u>Classificação do Material Rodante em Função de sua Finalidade Principal</u>	185
7.2.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO MATERIAL RODANTE	187
7.3.	PARTES FUNDAMENTAIS DO MATERIAL RODANTE	187
7.3.1.	<u>Rodas</u>	187
7.3.2.	<u>Eixos</u>	189
7.3.3.	<u>Mancais</u>	191
7.3.4.	<u>Suspensão</u>	192
7.3.5.	<u>Estrado</u>	192
7.3.6.	<u>Truques</u>	192
7.3.7.	<u>Engates – Aparelhos de Tração e Choque</u>	193
7.3.8.	<u>Caixa</u>	194
7.4.	LOCOMOTIVAS	194
7.4.1.	<u>Definição</u>	194

7.4.2.	<u>Classificação das Locomotivas</u>	194
7.4.3.	<u>Locomotivas Diesel</u>	195
8.	<u>ESFORÇO TRATOR</u>	198
8.1.	ESFORÇO TRATOR E O TRANSPORTE	198
8.2	O PERFIL DAS VIAS	198
8.3.	TRAÇÃO POR ADERÊNCIA	199
8.3.1.	<u>Estudo da aderência</u>	200
8.4.	ESFORÇO TRATOR E POTÊNCIA MÁXIMA APLICÁVEL A UM EIXO	204
8.5.	INFLUÊNCIA DA ADERÊNCIA NA FRENAGEM	204
8.6.	LIMITE DE ACELERAÇÃO E FRENAGEM NAS ESTRADAS DE FERRO	207
8.7.	PESO ADERENTE DAS LOCOMOTIVAS	207
8.8.	DESCARREGAMENTO DOS EIXOS POR ESFORÇO DE TRAÇÃO (CABRAGEM)	208
9.	<u>RESISTÊNCIA AO DESLOCAMENTO</u>	208
9.1.	DEFINIÇÕES	208
9.2.	CLASSIFICAÇÃO	208
9.3.	DETERMINAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS	209
9.3.1.	<u>Resistência Normal</u>	209
9.3.2.	<u>Resistências Acidentais</u>	210
9.4.	RAMPAS COMPENSADAS	213
9.4.1.	<u>Cálculo da Nova Rampa, no trecho curvo</u>	213
9.5.	CÁLCULO DA LOTAÇÃO DOS TRENS – APLICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS TRENS	213
9.6.	EXEMPO DE CÁLCULO DE LOTAÇÃO DE UM TREM	215
9.7.	QUADRO DE LOTAÇÃO	218

9.8.	PROGRAMAÇÃO DE TRENS	218
10.	<u>A CIRCULAÇÃO DE TRENS</u>	220
10.1	OS TRENS E A CIRCULAÇÃO	220
10.2.	FORMAÇÃO DE TRENS	220
10.3.	CLASSIFICAÇÃO DOS TRENS	220
10.3.1.	<u>Trens de Carga</u>	221
10.3.2.	<u>Trens Mistos</u>	221
10.3.3.	<u>Trens de Passageiros</u>	222
10.4.	LICENCIAMENTO E SINALIZAÇÃO	222
10.5.	CAPACIDADE DE TRÁFEGO DE UM TRECHO	224
10.6.	CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE UMA LINHA .	224
10.7.	HORÁRIO DOS TRENS	225
11.	<u>CONCLUSÃO</u>	225
III.	<u>ANEXOS</u>	226
III.1.	APARELHOS DE MUDANÇA DE VIA	226
III.2.	TIPOS DE VAGÕES	227
III.3.	TERMINOLOGIA BÁSICA	229
III.4.	LINHA DO TEMPO	233
III.5.	CONVERSÃO DE BITOLAS	234
III.6.	FATORES DE CONVERSÃO DE UNIDADES	235
III.7.	GOVERNOS REPUBLICANOS APÓS O TÉRMINO DO CICLO DE GOVERNOS MILITARES.....	235