

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO

LABORATÓRIO FERROVIÁRIO

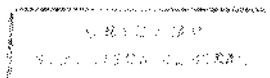
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

INSCRIÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO EM CURVA

EMERSON CARLOS VILLA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica-UNICAMP, como parte dos
requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica

Julho de 1993 ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR Emerson
Carlos Villa E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 27/8/93



[Signature]
ORIENTADOR

UNICAMP - BC
 Nº de controle: 7/15055-12
 VTR: 1
 Nº de controle: 24048
 Nº de controle: 433/95
 C: 1 D: 1 X: 1
 Nº de controle: 8811,00
 Nº de controle: 05/04/95
 Nº de controle: 1.000

Am. 00062555-9

FICHA CATALOGráfICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA CENTRAL - UNICAMP

Villa, Emerson Carlos

U711i Inscrição de um veículo ferroviário em curva / Emerson Carlos
 Villa. - - Campinas, SP : [s.n.], 1994.

Orientador : Fausto Rodrigues Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
 Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Locomotivas. 2. Ferrovias - Material rodante. I. Rodrigues
 Filho, Fausto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade
 de Engenharia Mecânica. III. Título.

20. CDD -625.26

-625.1

Índices para catálogo sistemático:

1. Locomotivas 625.26
2. Ferrovias - Material rodante 625.1

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

INSCRIÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO EM CURVA

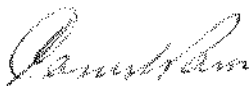
Autor: Emerson Carlos Villa

Orientador: Prof. Dr. Fausto Rodrigues Filho

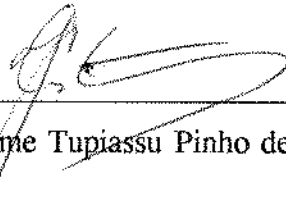
Aprovada por:



Prof. Dr. Fausto Rodrigues Filho - Presidente



Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva



Prof. Dr. Jaime Tupiassu Pinho de Castro

Campinas, 27 de agosto de 1993

DEDICATÓRIA

À minha esposa Izabel,
aos meus filhos Fabiana,
Fabíola e Fábio dedico
todo este trabalho, fruto
de muito esforço.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo Prof. Fausto, meus colegas, professores de graduação e pós-graduação, amigos ferroviários, pessoal da computação, que com aquele espírito de união, ajudaram-me a transpor mais essa barreira tão difícil de minha vida, fica aqui minha gratidão.

Agradeço também à General Electric do Brasil S.A., Setor de Equipamentos Pesados de Campinas, onde por 17 anos, como funcionário da Engenharia de Produto de Locomotivas, aprendi e participei do projeto e fabricação de locomotivas diesel elétricas de linha e manobra.

"Pode parecer-nos que o outro nos faz mal, enquanto que, na realidade, por intenção, que é boa, ele nos faz o bem. Não nos cabe julgá-lo e sim ao Juiz Supremo".

S. Serafim de Sarov

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	i
	LISTA DE SÍMBOLOS	iv
	RESUMO	vi
	ABSTRACT	vii
1	INTRODUÇÃO	1
2	GEOMETRIA BÁSICA DOS VEÍCULOS FERROVIÁRIOS	6
3	GEOMETRIA BÁSICA DA VIA PERMANENTE	15
4	TEORIAS DE CONTATO RODA-TRILHO	22
	4.1 Considerações gerais	22
	4.2 Geometria do contato roda/trilho	26
	4.3 Forças envolvidas	28
5	DINÂMICA DO TREM NA VIA	33
6	MODELOS MATEMÁTICOS	39
	6.1 Considerações gerais	39
	6.2 Modelo dinâmico selecionado	40
	6.2.1 Modelo físico do truque	40
	6.2.2 Método de solução	42
	6.3 Modelo matemático selecionado	43
	6.3.1 Descrição do programa principal e das sub-rotinas	45
	6.3.2 Sub-rotinas TRUCK2, TRUCK3 e TRUCK4	45
	6.3.3 Sub-rotinas CREEP, T3CREP e T4CREP	47
	6.3.4 Sub-rotinas PULL, T3PULL, T4PULL, BRAKE, T3BRAK e T4BRAK	47
	6.3.5 Sub-rotinas SECDEG, T3SCDG e T4SCDG	47
	6.3.6 Sub-rotinas TBLOK, T3BLOK e T4BLOK	47
	6.3.7 Sub-rotinas TKROT, T3KROT e T4KROT	48
	6.3.8 Arquivo de dados de entrada	48
	6.3.9 Arquivo de dados de saída	48
	6.3.10 Erros, advertências e mensagens	49
	6.4 Recursos computacionais utilizados	49

7	SIMULAÇÕES EFETUADAS E RESULTADOS OBTIDOS	51
	7.1 Resultados obtidos	54
8	ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
	8.1 Locomotiva B - B, 1320 hp	56
	8.2 Locomotiva C - C, 2250 hp	62
	8.3 Locomotiva C - C, 3300 hp	64
	8.4 Validade do modelo matemático	71
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS	76
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	APÊNDICE 1 - Modelos Dinâmicos desenvolvidos pela AAR	A1
	APÊNDICE 2 - Coeficientes para o cálculo dos semi eixos da elipse de Hertz	A5
	APÊNDICE 3 - Localização, formato e descrição dos parâmetros usados num arquivo de dados de entrada	A6
	APÊNDICE 4 - Simbologias, descrições, erros, mensagens e advertências constantes no arquivo de dados de saída	A9
	APÊNDICE 5 - Exemplos de arquivos de dados de saída	A12

LISTA DE FIGURAS

<u>FIG.</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁG.</u>
1.1	Locomotiva com dois truques convencionais de dois eixos por truque, com 1320 hp (984kW)	2
1.2	Locomotiva com dois truques convencionais de três eixos por truque, com 2250 hp (1680 kW)	3
1.3	Locomotiva com dois truques convencionais de três eixos por truque, com 3300 hp (2460 kW)	4
2.1	Truque convencional de locomotivas de linha	10
2.2	Truque convencional de carros de passageiros	10
2.3	Truque convencional de vagões de carga	11
2.4	Truque radial proposto por Scales	11
2.5	Truque radial proposto por Scheffel	12
2.6	Truque radial proposto por List	12
2.7	Truque radial EMD-GM	13
2.8	Rodeiro com rodas girando independentemente	14
3.1	Posição de medição da bitola	16
3.2	Dimensões na região do aro da roda e posição do boleto do trilho (novos)	18
3.3	Irregularidades da via permanente	20
4.1	Variação da força tangencial em função do microescorregamento, segundo Carter	23
4.2	Faixas na elipse de contato, segundo Halling, Haines e Ollerton	24
4.3	Área de contato conforme Johnson e Vermeulen	25
4.4	Força no friso da roda em função do grau americano de curva para vagões de 119 toneladas métricas	27

4.5	Forças de fricção devido à inscrição em curva	28
4.6	Forças de fricção F_{ij} nos contatos da superfície de rolamento das rodas com os boletos dos trilhos e forças K_{ij} nos contatos dos frisos das rodas com os trilhos	29
4.7	Sistema de força agindo num truque rígido de 3 eixos	31
4.8	Modos de restrição para truques de 2, 3 e 4 eixos	32
5.1	Movimento oscilatório dos veículos	34
5.2	Limites para a relação L/V recomendados por Nadal para que a roda não suba no trilho, em função dos ângulos de ataque e do friso da roda	36
6.1	Modelo do truque de 3 eixos	41
6.2	Coefficiente de fricção x microescorregamento resultante	43
6.3	Fluxograma	46
8.1	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva para locomotiva B - B, bitola 1,00 m, com superlargura e superelevação	57
8.2	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva para locomotiva B - B, bitola 1,60 m, com superlargura e superelevação	59
8.3	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva para locomotiva B - B, bitola 1,00 m, com superlargura e superelevação	60
8.4	Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva nas bitolas 1,60 m e 1,00 m, para locomotiva B - B, com superlargura e superelevação	61
8.5	Relação L/V para a roda externa eixo líder em função do grau métrico de curva, para locomotiva B - B, bitola 1,00 m, com superlargura e superelevação	62
8.6	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 2250 hp, bitola 1,00, com superlargura e	

	superelevação	63
8.7	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura e superelevação	65
8.8	Força líquida na roda externa do eixo intermediário em função do grau métrico de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura e superelevação	66
8.9	Força líquida na roda externa do eixo guiado em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura e superelevação	67
8.10	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, sem superlargura e com superelevação,	68
8.11	Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com e sem superlargura e com superelevação	69
8.12	Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,435 m, com superlargura e superelevação	70
8.13	Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, nas bitolas de 1,60 m e 1,435 m, com superlargura e superelevação	72
8.14	Relação L/V para a roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, com superlargura e superelevação, bitola 1,60 m	73
8.15	Comparação dos resultados obtidos na simulação com os valores medidos no campo pela G.M. (locomotiva C - C)	74
8.16	Comparação dos resultados obtidos na simulação com os valores medidos no campo pela G.M. (locomotiva B - B)	75

LISTA DE SÍMBOLOS

A_n	Coeficiente da equação da curva de microescorregamento x coeficiente de fricção onde n varia de 0 a 4
a	Semi eixo maior da elipse de Hertz
b	Semi eixo menor da elipse de Hertz
C	Fator de correção usado pela ferrovia francesa para corrigir a força lateral líquida no friso da roda
Cutoff	Valor do microescorregamento, a partir do qual o coeficiente de fricção permanece constante
E_R	Módulo de Young para o trilho
E_w	Módulo de Young para a roda
F	Coeficiente de fricção resultante
F_{RC}	Força de resistência ao movimento do veículo em curva no contato roda-trilho
G_{ac}	Grau americano de curva: medido em graus do arco de curva correspondente a uma corda de 1746 m (5730 pés)
G_m	Grau métrico de curva: medido em graus do arco de curva correspondente a uma corda de 20 m ($G_{ac} = G_m \times 1,52$), chamado também de grau 20 (G_{20})
K_n	Constante da equação de Hertz onde n varia de 1 a 4
L	Força lateral líquida no friso da roda (força resultante perpendicular ao friso da roda e paralela ao plano da via)
L_c	Força lateral líquida no friso da roda corrigida, segundo a ferrovia francesa
L_p	Resistência lateral da via

m	Coeficiente da equação de Hertz (adimensional)
n	Coeficiente da equação de Hertz (adimensional)
P_{tf}	Peso do veículo
r	Raio de curva da via permanente
r_r	Raio principal da roda
r_t	Raio de rolamento principal do trilho no ponto de contato
r_{tr}	Raio de curva transversal principal do perfil da roda, no ponto de contato (positivo se o centro estiver dentro do corpo)
r_{tt}	Raio de curva transversal principal do perfil do trilho no ponto de contato (positivo se o centro estiver dentro do corpo)
s	Distância entre os pontos de contato das rodas com os trilhos dividido por 2
s_p	Superelevação prática, em mm
X	Microescorregamento resultante (eixo das abcissas da curva de microescorregamento x coeficiente de fricção)
V	Força vertical da roda do veículo no trilho
V_o	Carga vertical do eixo do veículo na via
v_{el}	Velocidade do veículo, em km/h
μ	Aderência
τ_R	Coeficiente de Poisson para o trilho
τ_W	Coeficiente de Poisson para a roda
ϕ	Ângulo entre os planos normais que contém as curvaturas $1/r_r$ e $1/r_t$

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um estudo das forças que ocorrem no contato entre as rodas de um veículo ferroviário (com truques rígidos) e os trilhos, quando este veículo descreve uma curva de raio constante.

Levam-se em consideração as forças internas de microescorregamento geradas neste contato e as cargas externas que atuam na direção lateral, influenciadas pelo peso, velocidade, forças de tração, frenagem e impacto, parcela da força centrífuga não compensada pela superelevação, pela geometria da via permanente (raio de curva, bitola, superlargura e tipo de trilho) e do veículo (folgas axiais existentes entre as caixas de mancal dos rodeiros e os pedestais do truque, base rígida, distâncias entre eixos do truque e entre piões do estrado).

Utilizou-se para sua realização um sistema de computador IBM 3090, existente na UNICAMP, com o qual simulou-se, através do modelo matemático proposto, o comportamento de duas locomotivas com suas características nominais a velocidades constantes. Em seguida verificou-se a influência de alguns parâmetros considerados mais importantes. Procedeu-se da mesma forma, porém mais resumidamente, para um terceiro modelo de locomotiva.

Comparam-se e analisam-se as forças e momentos resultantes obtidos nas simulações. Representam-se graficamente os resultados mais significativos, utilizando-se um programa gráfico apropriado para microcomputador.

Conclui-se que se pode simular em computador o comportamento dinâmico lateral dos truques rígidos de locomotivas e carros de passageiros, nas diversas condições de operação e geometrias do veículo e da via, obtendo-se informações como forças, momentos e posições dos centros de fricção, que contribuem para o desenvolvimento do projeto, sua análise ou sua alteração, operação e segurança do veículo e para o projeto e manutenção da via.

ABSTRACT

The study of forces that occur at the railway vehicle wheel (with rigid trucks) and rail interface, when this vehicle negotiates a section of curved track with a constant radius, is presented.

The friction-creep internal forces, generated at the wheel-rail interface and external loads acting at lateral direction affected by vehicle weight, speed, traction, braking and buffing loads, portion of centrifugal force not balanced by the elevation, by track (curvature radius, gage, gage widening and rail section) and vehicle geometry (wheelsets journal boxes/pedestals clearances, wheel base, truck axles and platform pins distances) are considered.

An IBM 3090 computer system, available in UNICAMP, is used to simulate, through the proposed mathematical model, the dynamic behaviour of two locomotives in their nominal features and steady-state condition. The influence of some important parameters is considered. In the same way, but condensed, a third locomotive is simulated.

The forces and moments are compared and analyzed. Graphs of significant results are plotted, by using appropriated microcomputer software.

It is concluded that is possible to simulate, with the help of a computer, the locomotives and passenger cars dynamic behaviour, for several operation conditions, vehicle and track geometries, getting information that contribute for the design development, analysis or its alteration, vehicle operation, safety, track design and its maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Quando um veículo transita numa curva, forças significativas desenvolvem-se não só no contato de suas rodas com os trilhos, resultado da interação dinâmica entre eles, mas também no próprio veículo, oriundas das forças longitudinais agindo nos engates (de tração, frenagem e impacto), laterais agindo nos piões dos estrados (centrífuga causada pelo efeito dinâmico do movimento curvilíneo) e também das irregularidades da via.

Conhecendo-se o mecanismo de inscrição em curva e as forças resultantes, podem-se entender melhor os projetos da via e do material rodante, os parâmetros de operação como velocidades e cargas rebocadas, os desgastes das rodas e trilhos e o comportamento da via (deslocamento da grade, abertura da bitola e tombamento dos trilhos). Podem-se também analisar causas de descarrilhamento e fatores que contribuem para tornar as operações eficientes e seguras.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o conhecimento dos fenômenos que ocorrem durante a inscrição em curva de um truque rígido relativo a um veículo ferroviário, em função da velocidade, forças de tração, frenagem e impacto, raio de curva, superelevação, superlargura, bitola e diâmetros das rodas. Procuram-se também entender as vantagens de se usar veículos com truques de dois ou três eixos, onde ocorrem principalmente variações de geometria, como folgas, base rígida e distâncias entre eixos.

Escolheu-se um modelo matemático de inscrição em curva de um veículo ferroviário com truques rígidos, trafegando numa via permanente de raio de curva circular e velocidade uniforme (Apêndice 1). Este modelo foi elaborado pela AAR-Association of American Railroads, representando a inscrição em curva de um veículo com truques rígidos, numa condição uniforme (velocidade uniforme e raio de curva circular). Este modelo é baseado no método do centro de fricção para determinação dos dois tipos de forças geradas no contato da roda com o trilho: as forças internas de microescorregamento (forças de fricção) e as forças externas nos frisos das rodas.

Usou-se um programa computacional, na linguagem Fortran IV, para a determinação dessas forças e dos momentos resultantes. Este programa, elaborado sob a supervisão da Associação das Ferrovias Americanas (AAR), foi adquirido pela UNICAMP para o desenvolvimento de estudos ferroviários.

Através do computador IBM 3090, existente na UNICAMP, geraram-se arquivos de entrada, com dados relativos a uma locomotiva de 1320 hp (984 kW) de potência bruta, com dois truques de dois eixos por truque (figura 1.1) e duas outras de 2250 hp (1680 kW) e 3300 hp (2460 kW), também com dois truques em cada uma, porém com três eixos por truque (figuras 1.2 e 1.3), modelos comuns em operação nas ferrovias brasileiras.

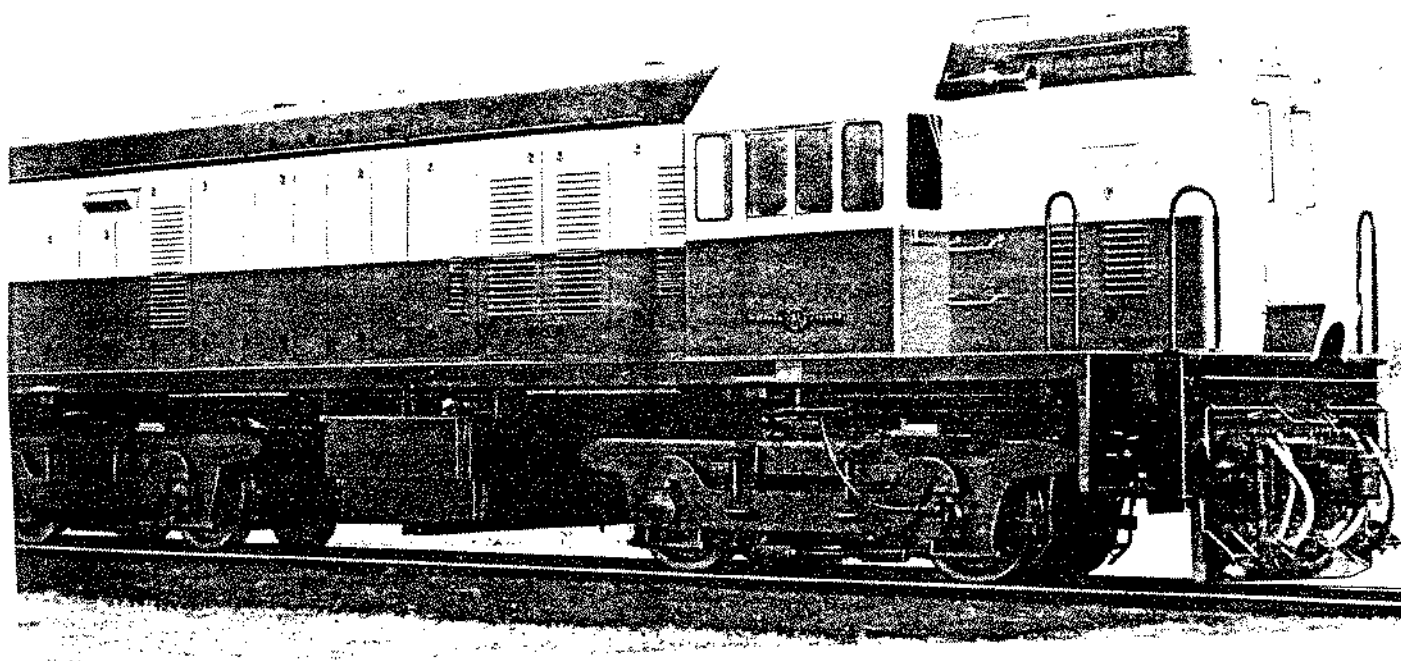


Fig. 1.1 - Locomotiva com dois truques convencionais de dois eixos por truque, com 1320 hp (984kW)

Simularam-se algumas situações de tráfego, como por exemplo, sem forças de tração, frenagem e impacto, com suas folgas nos valores nominais de projeto, circulando em dois tipos de via permanente existentes (um de bitola 1,00 m e outro de 1,60 m), em determinadas velocidades e raios de curva.

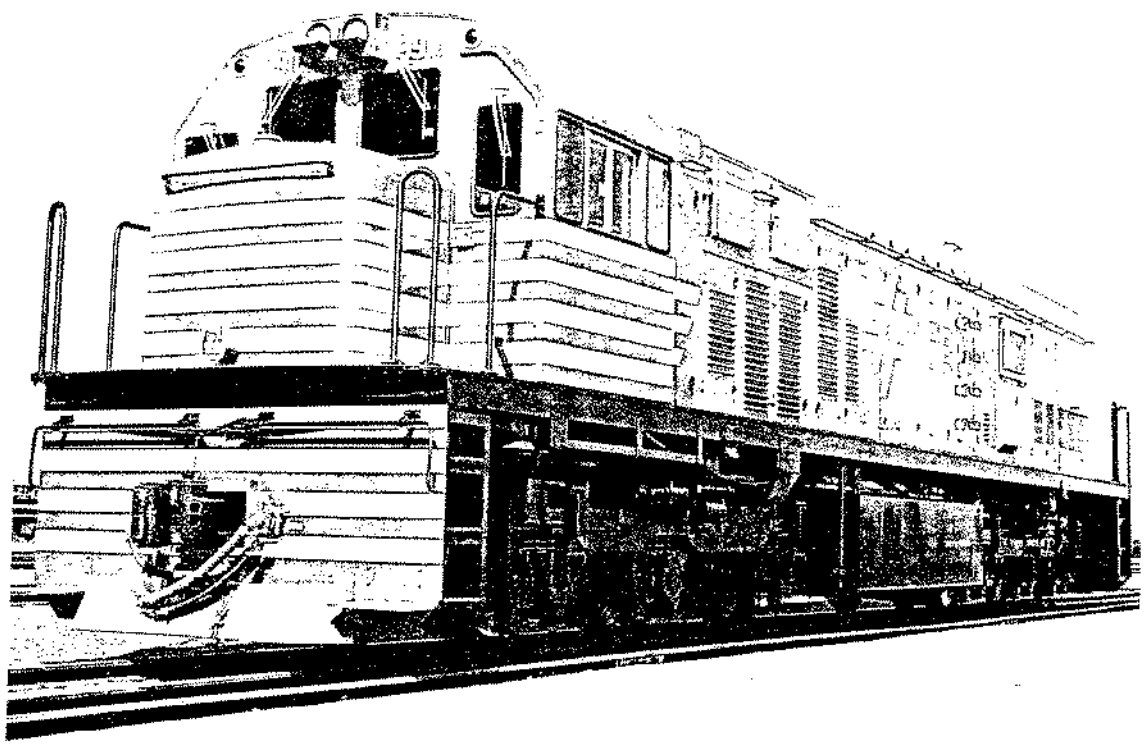


Fig. 1.2 - Locomotiva com dois truques convencionais de três eixos por truque, com 2250 hp (1680 kW)

Obtiveram-se, então, arquivos de dados de saída, que mostram as forças resultantes agindo perpendicularmente nos frisos das rodas, no plano da via; posições dos centros de fricção, onde o momento resultante das forças que agem no truque em relação a este centro e a soma destas forças são iguais a zero; parcelas das forças centrífugas não compensadas pelas superelevações; relações adimensionais entre as forças resultantes acima descritas e as forças verticais das rodas agindo nos trilhos (L/V), as quais facilitam os estudos do descarrilhamento, tombamento dos trilhos, abertura da bitola e deslocamento lateral da grade da via permanente.

Estes resultados foram analisados e comparados e para uma melhor visualização, foram elaborados diversos gráficos, usando-se um programa computacional apropriado.

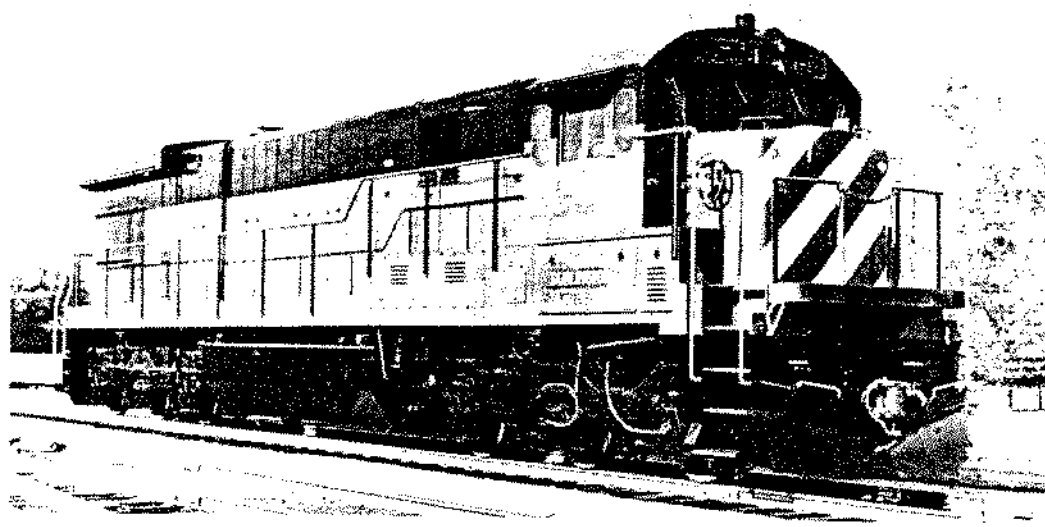


Fig. 1.3 - Locomotiva com dois truques convencionais de três eixos por truque, com 3300 hp (2460 kW)

Além deste modelo matemático escolhido para a simulação, existem outros disponíveis na AAR (Apêndice 1), com os mais variados graus de liberdade, nos estados uniforme, quase uniforme (onde não se leva em consideração a aceleração) e dinâmico, onde os raios de curva, velocidades e irregularidades da via são arbitrários. Eles são usados para estudar o comportamento dinâmico do trem na via permanente, tanto em tangente como em curva.

Conhecendo-se o modelo matemático e o programa computacional utilizados neste trabalho, outros modelos e programas poderão ser estudados, como por exemplo os demais existentes na AAR, o "VAMPIRE" desenvolvido na Inglaterra pela BR (BRITISH RAILWAYS), outros modelos matemáticos de inscrição em curva de veículos ferroviários, com truques convencionais ou radiais (os rodeiros assumem a posição radial durante sua inscrição em curva), rígidos e não rígidos, tanto com rodeiros convencionais (rodas montadas com interferência no eixo) como os com rodas girando independentemente ("independent rotation wheels"), influenciados pelas irregularidades da via permanente, inércia, suspensão, aerodinâmica e aceleração do veículo.

A interação entre a roda e o trilho envolve uma geometria toda especial no

contato da banda de rodagem (superfície de rolamento) com o boleto do trilho. As forças geradas neste contato são não conservativas, devido à não linearidade da suspensão (atrito nas molas elíticas dos truques dos carros de passageiros e helicoidais nos ninhos de mola das locomotivas e vagões de carga), posição relativa da roda em relação ao trilho, contato geométrico entre a banda de rodagem da roda e o boleto do trilho, característico do formato e tamanho do contato, oriundo da posição relativa da roda no trilho, perfil real da banda de rodagem da roda (nova ou desgastada, cônica ou cilíndrica) e condições dos trilhos (novos ou desgastados), erros de alinhamento, bitola, nível transversal e longitudinal.

Estudos e pesquisas estão sendo feitos nesta área, por fabricantes de veículos, universidades, institutos e centros de pesquisa para entender melhor esta interação, principalmente a partir de 1960 (1), com a introdução de trens de alta velocidade, como o Shinkansen japonês, ICE alemão, TGV francês, ETR italiano, Intercity inglês e com o aumento do número de vagões de carga na composição, bem como seus tamanhos e conseqüentemente o aumento das cargas rebocadas.

A longa história da engenharia ferroviária mostra-nos exemplos práticos de problemas dinâmicos, como instabilidades dos veículos, causando desgastes irregulares, descarrilamentos, quebra das rodas, desconforto para os passageiros e danos às cargas transportadas e às vias permanentes (deslocamento da grade, abertura da bitola, rotação dos trilhos, etc).

O objetivo deste trabalho é não somente aplicar o modelo matemático desenvolvido pela AAR em três modelos de locomotivas que trafegam numa ferrovia brasileira (FEPASA), como também obter conclusões a respeito do comportamento dinâmico destes veículos em função de suas bitolas, diâmetros das rodas, distâncias entre eixos dos truques e entre piões dos estrados, velocidades, raios de curva, folgas entre as caixas de mancal dos rodeiros e os pedestais dos truques e entre os frisos das rodas e os boletos dos trilhos, superelevações e superlarguras da via permanente.

2. GEOMETRIA BÁSICA DOS VEÍCULOS FERROVIÁRIOS

Todos os veículos ferroviários existentes no Brasil, possuem basicamente as mesmas características geométricas. São normalmente constituídos de um corpo, formado pela caixa (vagões) ou pelas cabines (locomotivas e carros de passageiros) e pelo estrado (vagões e carros de passageiros) ou plataforma (locomotivas). No interior destas cabines estão instalados os equipamentos de freio, equipamentos elétricos, bancos, consoles de controle, unidades de força, etc (locomotivas) e bancos, toiletes e etc (carros de passageiros). Suportando este corpo estão os truques. As cabines, quando soldadas ao estrado, formam a caixa estrutural resistente às forças longitudinais, laterais e do vento. Quando isso não acontece, somente o estrado (plataforma) comporta-se como estrutura como em muitos tipos de locomotivas. Nas extremidades do estrado estão fixados os acoplamentos, denominados engates. Seu amortecimento longitudinal é feito normalmente pelos aparelhos de choque e tração. Eles unem e transmitem forças entre veículos, absorvem choques e compensam os desníveis de altura de engate dos veículos adjacentes. Sob este estrado estão os truques giratórios, geralmente dois por veículo, com dois ou três rodeiros em cada truque. Eles sustentam o corpo, permitem a entrada e saída da curva, transmitem o peso, as forças de tração, frenagem, impacto e centrífuga do veículo. A estrutura principal do truque, denominada armação, pode ser tanto de aço fundido, a exemplo das locomotivas de linha, vagões de carga, alguns trens de subúrbio da CBTU-Rio e da FEPASA, inclusive de longo percurso, trem metropolitano de BH e carros da EFVM-CVRD; como fabricados a partir de chapas de aço estrutural laminadas, soldadas entre si como as locomotivas de manobra, maioria dos carros de passageiros e de metrô.

Os truques dos carros de passageiros e das locomotivas caracterizam-se como uma estrutura rígida, conforme discutido por Law et al (2), não permitindo a movimentação de suas laterais.

Estes truques, chamados convencionais, mantêm os eixos paralelos entre si, quando da inscrição em curvas.

Sobre cada um desses truques pode existir uma estrutura fundida denominada "bolster", flutuante, como no caso dos trens unidades, metrô e maioria das locomotivas, que serve tanto para distribuir, em quatro pontos de apoio, o peso do corpo do veículo sobre o truque, como também para permitir uma pequena inclinação lateral deste corpo ("tilting"), ajudando equilibrar a força centrífuga não compensada pela superelevação da via permanente, durante a inscrição em curva.

Nos pedestais das laterais da armação do truque estão montados os rodeiros, cada um normalmente constituído de um eixo e duas rodas, montados entre si por interferência através de prensagem e duas caixas de mancal com rolamentos ou buchas. Nos rodeiros de veículos motorizados existe ainda uma coroa de engrenagem que recebe o torque através do pinhão do motor de tração.

As caixas de mancal estão nas extremidades do eixo do rodeiro. Nas locomotivas e carros de passageiros, existem folgas axiais e radiais entre essas caixas de mancal e os pedestais dos truques que facilitam a inscrição em curva do veículo, através do deslocamento axial e da pequena rotação em relação a um eixo vertical ("yaw") do eixo do rodeiro.

Os vagões de carga equipados com mancais de fricção (bucha) não possuem essas folgas, fazendo com que os rodeiros não se movimentem em relação às laterais dos truques.

A interligação entre o rodeiro e a armação do truque é feita através da suspensão primária e entre o truque e o bolster ou entre o truque e o estrado é feita através da suspensão secundária. Elas melhoram o conforto e segurança do passageiro, permitem um movimento relativo dos conjuntos envolvidos e reduzem a transmissão de vibração do truque para o corpo do veículo.

Existem muitas configurações de suspensão primária e secundária para vários truques usados em diferentes países (tabela 2.1), conforme relacionadas por Garg et al (3). A parte brasileira desta tabela foi incorporada neste trabalho.

PAÍS	SUSPENSÃO PRIMÁRIA			SUSPENSÃO SECUNDÁRIA		
	Verti- cal	Late- ral	Longitu- dinal	Verti- cal	Late- ral	Longitu- dinal
Inglaterra	MH AH	BB	BB	MA AH	EG AH	BEB
Canadá	MC AH	MC	MC	MA	CBor AH	BA AH
França	MH BB AH B	BB CBo EBB ABA	BB CBo EBB ABA	MH AH B AMAS	EG AH MH B SBM CBo	CBo BA BE AH MH
Alemanha	MH AH ME	EE BB	EE BBo	MA AH MH	BB AH EG LB	BEB
Itália	MH CB	MH CB CBo	MH CB CBo	MH AH	EG AH MH BB	BEB MH BB
Japão	MH AH	BB	BBo	MA AO	MA AH	BA
Rússia	AH MH CF	MH CF	MH CF	MA AH	MA AH	BA
Est. Unidos	AB MH AAS	AB MH	AB MH	MA MH AH CBor	MA MH EBE AAS AH	BA MA MH AAS
BRASIL	MC MH ME AAS AB	MC	MC	MC CBor MA MH ME	MC AAS	MC

Tabela 2.1 - Configurações de suspensão de truque

AAS	Amortecedores de atrito seco
AB	Anéis de borracha
ABA	Anéis de borracha e aço
AH	Amortecedores hidráulicos
AMAS	Amortecedores/molas de ar Sumiride
AO	Amortecedores com orifício
B	Borrachas
BA	Buchas Anchor
BB	Blocos de borracha
BBo	Buchas de borracha
BEB	Buchas especiais de borracha
BE	Barras embuchadas de borracha
CB	Conjuntos de borracha
CBo	Conexões de borracha
CBor	Coxins de borracha
CF	Conexões flexíveis
EBB	Elos de bucha de borracha
EBE	Espaçadores de borracha estabilizadores
EE	Elos elásticos
EG	Elos giratórios
LB	Limitadores de borracha
MA	Molas de ar
MC	Molas Chevron (de borracha e aço)
ME	Molas elípticas
MH	Molas helicoidais
SBM	Sandwiches de borracha/metal

Os truques de um vagão de carga podem ser caracterizados como flexíveis, visto que eles são menos rígidos quando comparados com os truques das locomotivas e dos carros de passageiros, em razão de suas travessas não serem soldadas nas laterais. Normalmente não possuem suspensões primárias entre os rodeiros e suas armações. Alguns vagões de carga europeus possuem suspensão primária no truque, porém isso não é muito comum.

Pelo fato deles serem flexíveis, os mesmos conseguem, com mais facilidade, inscrever-se em curvas, fazendo com que as forças nos frisos das rodas não sejam tão elevadas como nos truques rígidos.

Nos truques normalmente estão também montados os cilindros de freio, geralmente pneumático, as sapatas e as alavancas de freio (timoneria), que servem para transmitir as forças dos cilindros para as sapatas. Veículos de alta velocidade possuem freios a disco montados nos rodeiros.

As figuras 2.1, 2.2 e 2.3 mostram alguns tipos de truques usados em locomotivas, carros de passageiros e vagões de carga.

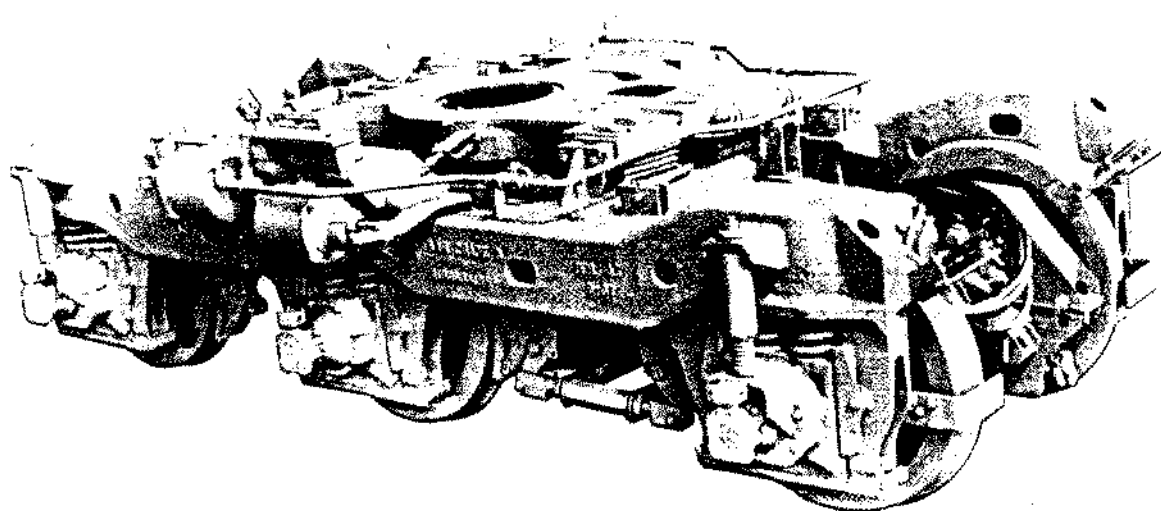


Fig. 2.1 - Truque convencional de locomotivas de linha

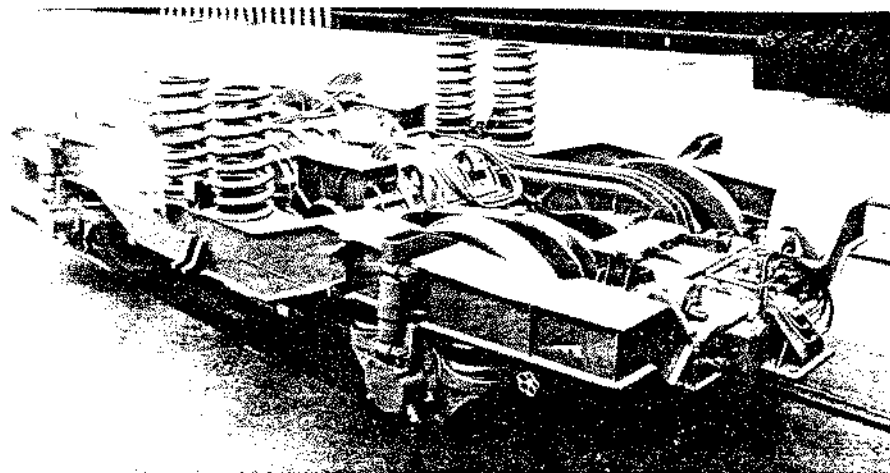


Fig. 2.2 - Truque convencional de carros de passageiros

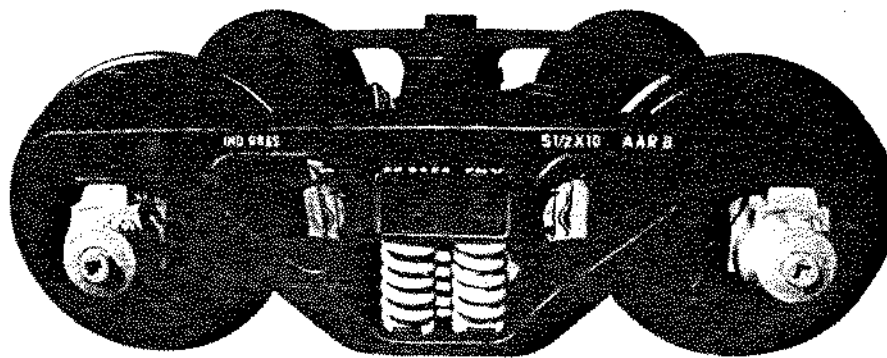


Fig. 2.3 - Truque convencional de vagões de carga

Recentemente, conforme relatado por Garg et al (3), novos tipos de truques não convencionais, denominados autoguiados ou radiais estão sendo projetados, fabricados e testados. Eles foram propostos inicialmente para vagões de carga por Scales (figura 2.4), Scheffel (figura 2.5) e List (figura 2.6).

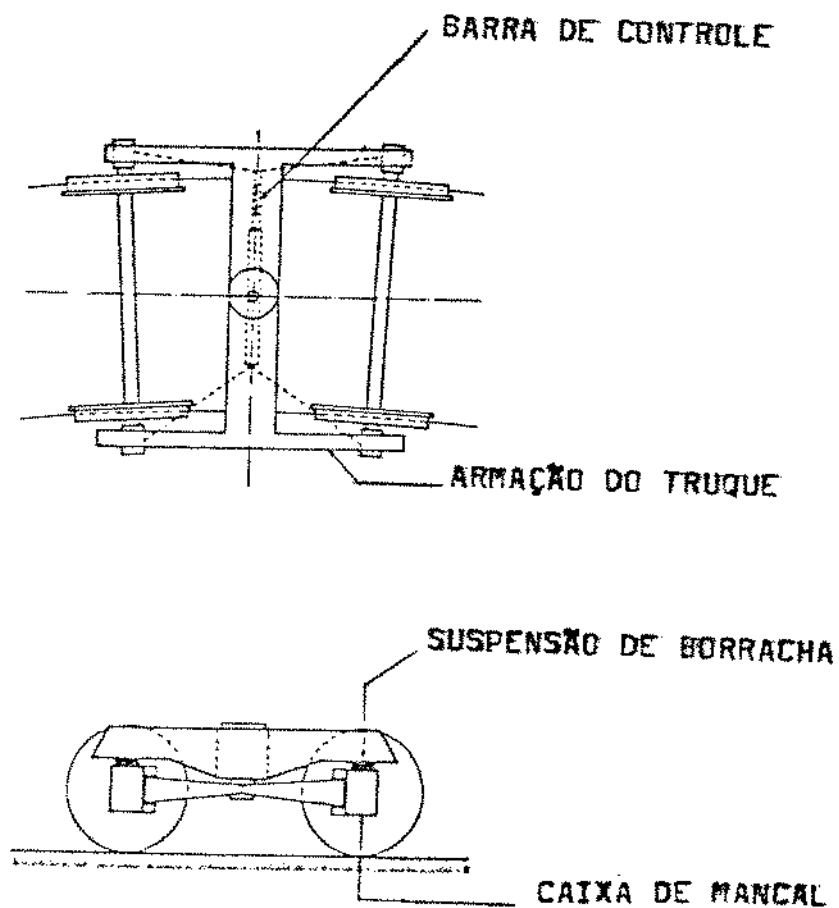


Fig. 2.4 - Truque radial proposto por Scales

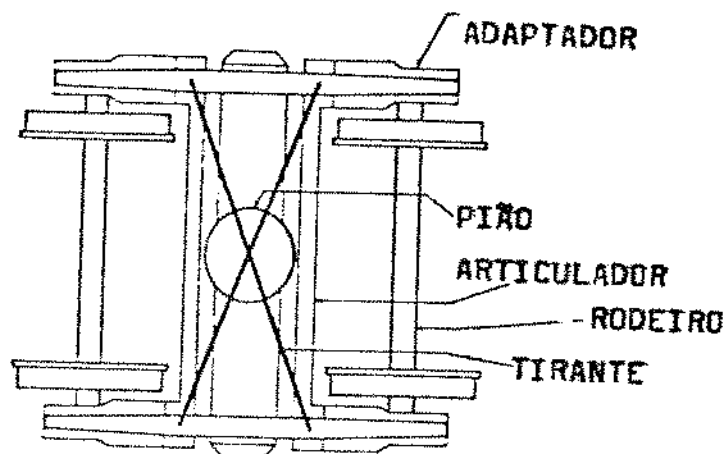


Fig. 2.5 - Truque radial proposto por Scheffel

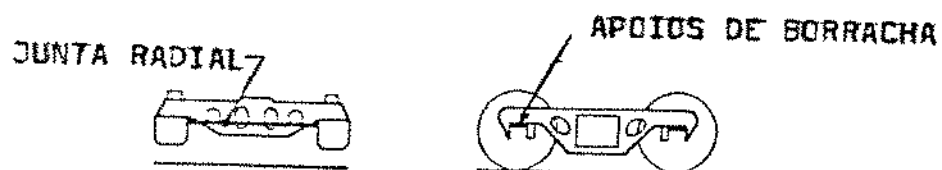
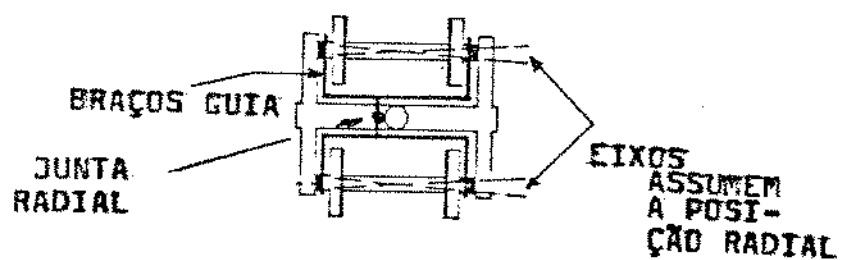
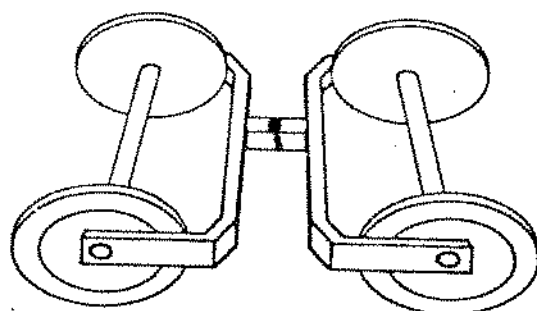


Fig. 2.6 - Truque radial proposto por List

Quando este tipo de truque se inscreve numa curva, os rodeiros tendem a ocupar a posição radial, melhorando assim o comportamento dinâmico pela diminuição do ângulo de ataque da roda com o trilho e reduzindo consideravelmente o desgaste tanto das rodas como dos trilhos.

Estes tipos de truques foram produzidos e testados na Inglaterra, África do Sul e Estados Unidos, porém com um custo mais alto, quando comparado com os convencionais.

Illingworth et al (4) discutiram o uso desse tipo de truque para reduzir o desgaste de rodas e trilhos em curvas fechadas e concluíram ser viável sua aplicação.

Em 1990, conforme relatado por Goding et alii (5), a Divisão Eletromotiva (EMD) da General Motors (USA), em colaboração com a AAR, através do "Transportation Test Center" em Pueblo, Colorado (USA) e ferrovias americanas testou e patenteou um protótipo de truque de três eixos para locomotivas (figura 2.7). O teste mostrou uma redução de 32 a 46% no índice de desgaste do friso da roda, para raio de curva da via de 175 m e alto esforço de tração, com aderência de 26 a 30%.

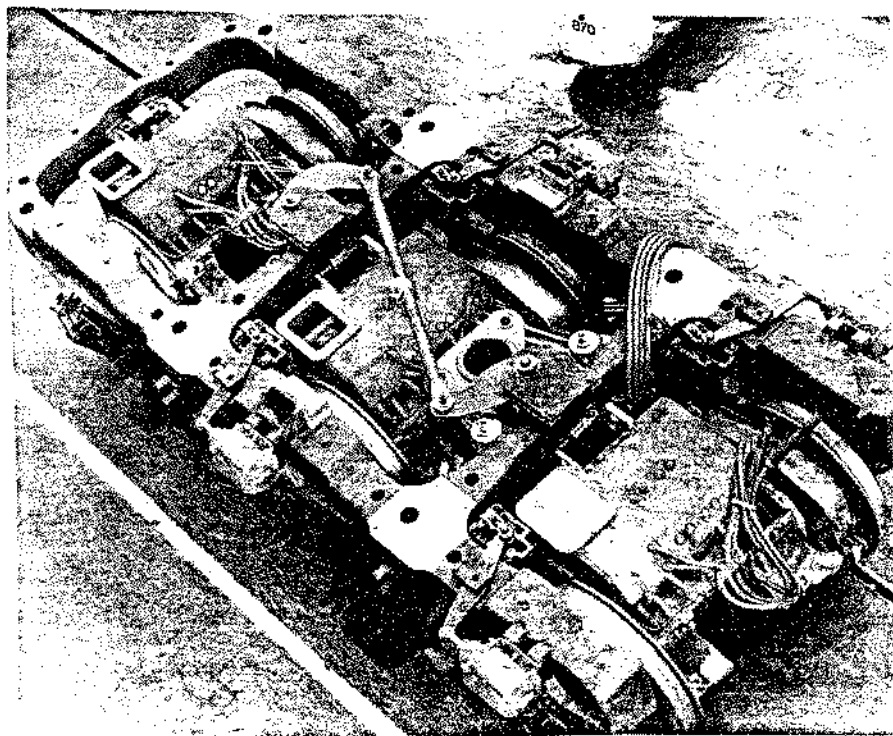


Fig. 2.7 - Truque radial EMD-GM

Conforme relatados por Dukkpati (6), Gilmore et al (7), Eickhoff et al (8) e Frederick (9), truques com rodas girando independentemente (figura 2.8), foram também projetados, produzidos, testados e analisados, tendo-se verificado que o comportamento dinâmico em curva melhora em relação ao truque com rodeiros convencionais (rodas montadas com interferência sobre o eixo). Este comportamento é sentido nas forças e desgastes menores nas rodas. O trem Talgo espanhol possui este tipo de rodeiro.

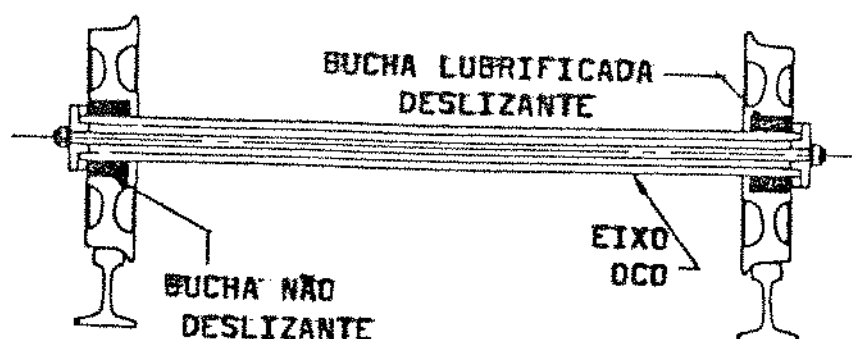


Fig. 2.8 - Rodeiro com rodas girando independentemente

3. GEOMETRIA BÁSICA DA VIA PERMANENTE

Neste trabalho a geometria da via permanente é caracterizada em termos de apenas os seguintes parâmetros: bitola, sobrelargura, raio de curva horizontal e superelevação.

A bitola, que é distância entre os trilhos, medida entre dois pontos situados a 16 mm do topo dos boletos (figura 3.1), é verificada com uma "barra de bitola", padronizada pela norma ABNT NBR 7619/82. Este critério de medição é também adotado pelas ferrovias sob a jurisdição da AAR (Estados Unidos, Canadá e México). A ABNT normaliza três bitolas para o Brasil: a larga (1,60 m), a padrão (1,435 m) e a estreita (1,00 m).

Várias são as bitolas existentes, entre elas a padrão (1435 mm) usada nos Estados Unidos, Canadá, México, maioria da Europa, parte da Ásia e África. Algumas ferrovias americanas adotam a bitola de 1432 mm em tangentes, para altas velocidades, cujo objetivo é reduzir o ruído no contato da roda com o trilho, o movimento lateral do veículo e o desgaste do trilho (10). Bitolas estreitas (914, 1000 e 1067 mm) existem em muitos outros países. Bitolas largas (1524, 1600 e 1676 mm) são usadas na Índia, Rússia e Austrália, respectivamente.

No Brasil as bitolas mais usadas são as de 1,00 m, denominada bitola métrica ou estreita e 1,60 m, denominada bitola larga, com uma extensão aproximada de 27000 km e 5000 km, respectivamente (11).

Estas bitolas poderão variar durante a construção e o procedimento de manutenção da via permanente e também em razão do movimento lateral dos trilhos ocasionado pelas cargas excessivas, más fixações, flambagem originada pelas cargas térmicas impostas pela frenagem e temperatura ambiente alta.

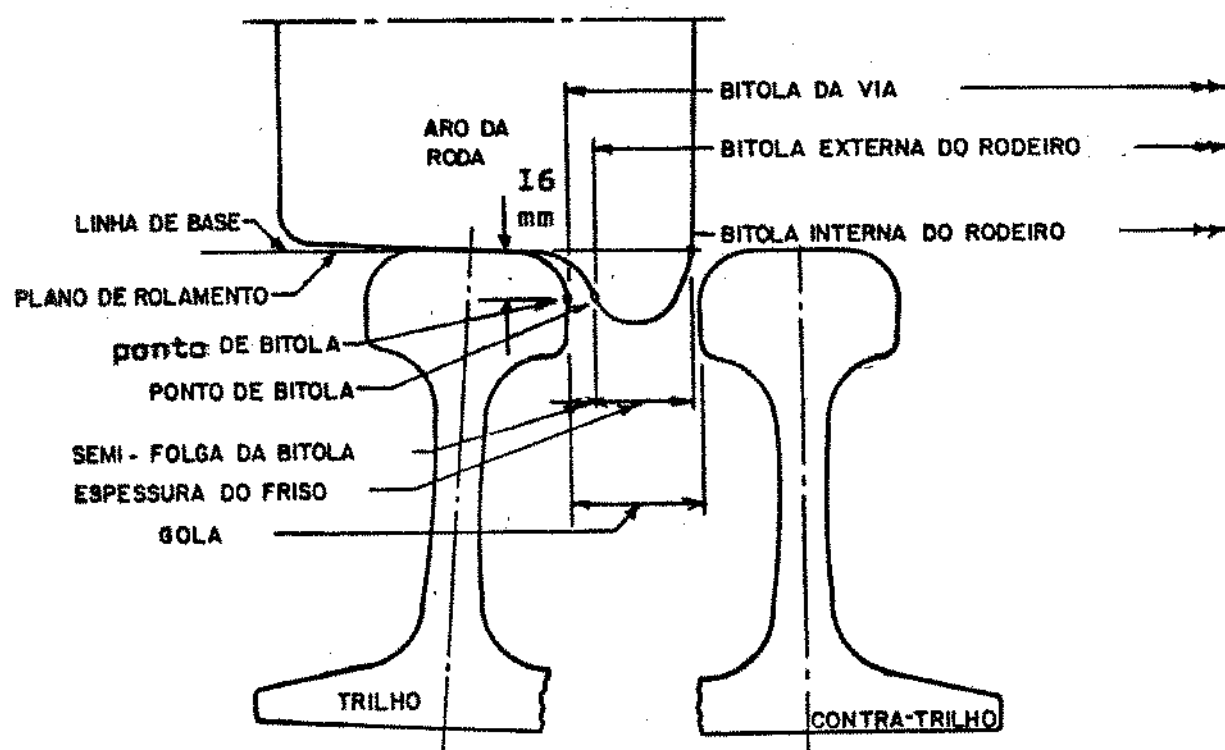
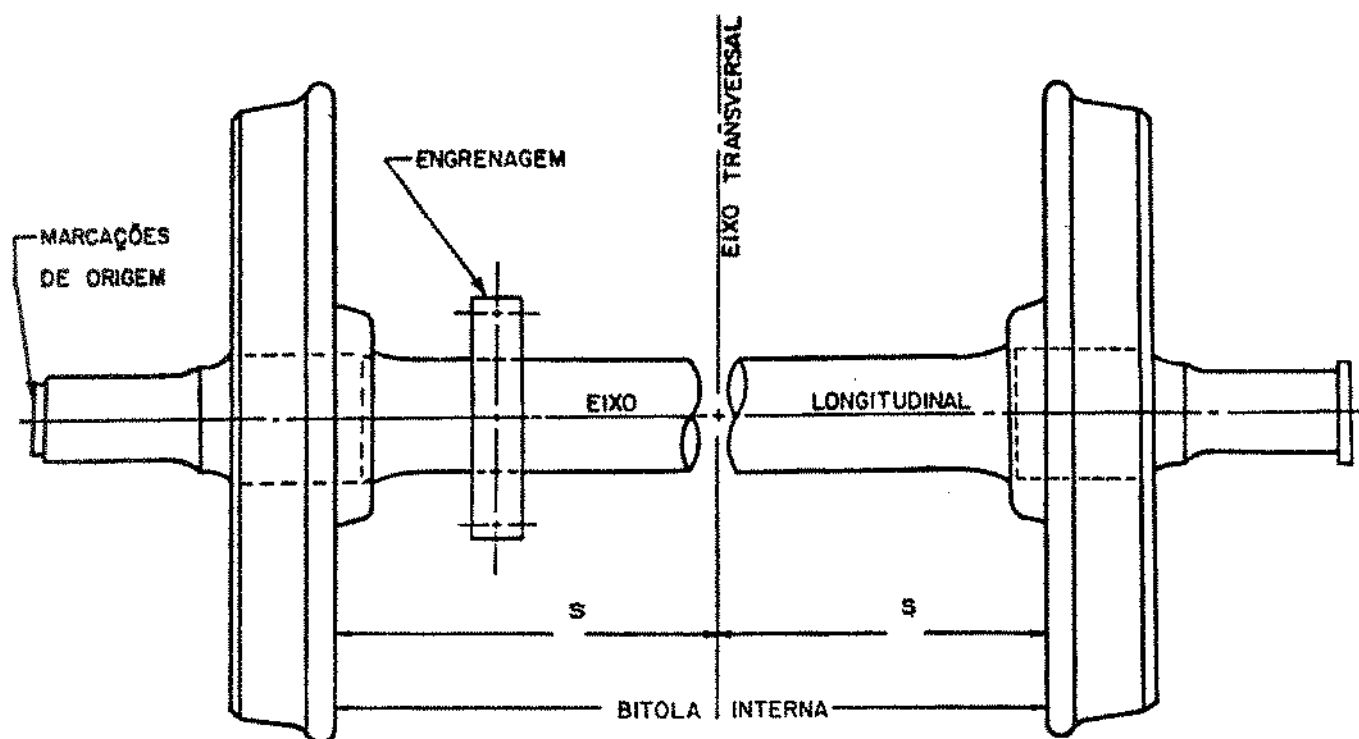


Fig. 3.1 - Posição de medição da bitola

A folga de bitola caracterizada como sendo a diferença entre as bitolas da via e externa do rodeiro, tem um importante papel na estabilidade lateral do veículo ferroviário, pois dela depende o movimento cinemático oscilatório, observado pela primeira vez pelo inglês George Stephenson (12), em 1821 e calculado pelo alemão Klingel, em 1883 (13), mostrando, matematicamente, que o comprimento de onda desse movimento deve ser o maior possível, para minimizar seu efeito dinâmico.

A figura 3.2 mostra metade desta folga de bitola, que é denominada semi-folga de bitola.

Nas curvas fechadas (raios de curva menor ou igual a 500 m para bitola 1,60 m e 300 m para bitola estreita) costuma-se aumentar esta folga de bitola para permitir que os truques com bases rígidas maiores se inscrevam mais facilmente, evitando que os rodeiros fiquem presos entre os trilhos, gerando-se grandes forças nos mesmos e nas suas fixações. Esse aumento varia de ferrovia para ferrovia. A ABNT normaliza, pelas normas NBR 7709, NBR 7710 e NBR 7711, para as bitolas métrica, padrão e larga respectivamente, valores adicionais nesta folga de bitola (superlargura) em função do raio de curva da via permanente. A AREA-American Railway Engineering Association, dos Estados Unidos, não faz nenhuma recomendação. A FRA-Federal Railroad Administration, também dos Estados Unidos, recomenda valores mínimos e máximos em função da classe da via (14).

As curvas horizontais, existentes entre trechos retos da via permanente, servem para desviar de obstáculos e para evitar rampas excessivas. São especificadas em "grau de curva", definido como o ângulo central que subentende uma corda de 100 pés (30,48 m) (grau americano de curva) ou 20 m (grau métrico de curva, também denominado grau 20). Curvas de transição, normalmente em espiral, são introduzidas na entrada e saída da curva para evitar uma brusca mudança de direção do movimento do veículo, que pode ocasionar picos de forças elevados e conseqüentemente danos ao material rodante e à via permanente.

A superelevação, caracterizada como uma diferença de altura entre os topos dos trilhos externo e interno, é um recurso usado na construção dos trechos em curva da via para compensar em parte ou totalmente a força centrífuga gerada durante a inscrição do veículo.

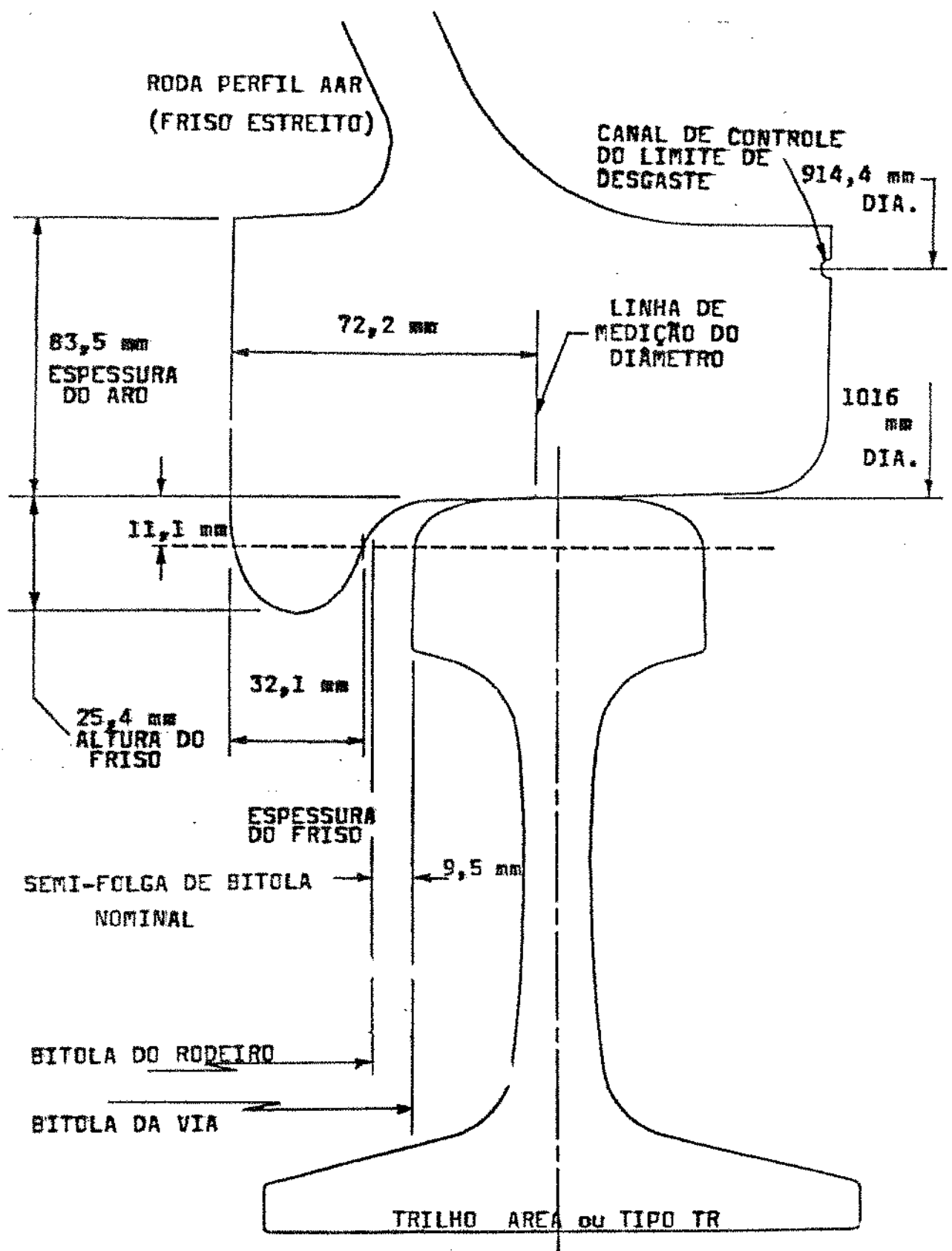


Fig. 3.2 - Dimensões na região do aro da roda e posição do boleto
do trilho (novos)

Quando esta superelevação não estiver bem definida, ela pode causar desconforto aos passageiros, desgastes excessivos no veículo e na via, sobrecarga nos trilhos e danos às cargas transportadas, fora dos limites recomendados. O ideal seria que todo o efeito da força centrífuga e do peso total do veículo, no plano da via, fossem balanceadas entre si, porém isso não é possível onde trafegam trens de passageiros e carga, em razão de suas velocidades máximas serem diferentes. A ABNT normaliza, pela NB 477/80, a superelevação para curvas circulares e de transição. Geralmente as ferrovias não seguem esta norma e sim adotam fórmulas empíricas em função da velocidade máxima recomendada e do raio de curva envolvido. A AREA também o faz em seu manual, seção 5.3.11, em função da distância entre apoios das rodas, velocidade e raio de curva.

Equipamentos projetados com apoios dos mancais do rodeiro bem distanciados, com estabilizadores e com mecanismos que obrigam o veículo a se inclinar em relação ao plano da via, como o Talgo espanhol e o Pendolino italiano, permitem que o veículo se inscreva numa determinada curva com insuficiência de superelevação (diferença entre a superelevação teórica calculada para compensar toda a força centrífuga gerada e a real existente na via) de 75 mm ou mais (15).

Estes parâmetros podem ser afetados pelas irregularidades da via permanente, provocadas pelo próprio empenamento dos trilhos durante sua fabricação, construção e procedimento de manutenção da via permanente, cargas e tráfego excessivos (figura 3.3). Entre estas irregularidades estão as variações no alinhamento (erro de alinhamento), definido como a média das posições laterais de dois trilhos, freqüentemente chamada de linha de centro; variações no desnível transversal, definido como a variação de altura dos dois trilhos, medida no topo dos boletos dos mesmos que são os maiores causadores de vibrações dos veículos ferroviários; variações no perfil da superfície vertical dos trilhos, definido como a média das elevações dos dois trilhos e que tem pequena influência na dinâmica lateral do veículo.

É comum nas ferrovias aparecerem estas variações. A FRA (14) normaliza padrões de segurança da via, para essas irregularidades. Esses padrões são definidos para tangente e curva e são em função de seis classes de via (classe 1 até 6, sendo a classe 6 para a melhor via e a 1 para a pior). Em cada classe tem-se, além das tolerâncias para essas

irregularidades, as velocidades máximas recomendadas para carros de passageiros e vagões de carga.

Estas irregularidades podem causar desgastes nas rodas, trilhos e veículos, além de produzir instabilidade dinâmica e ruídos.

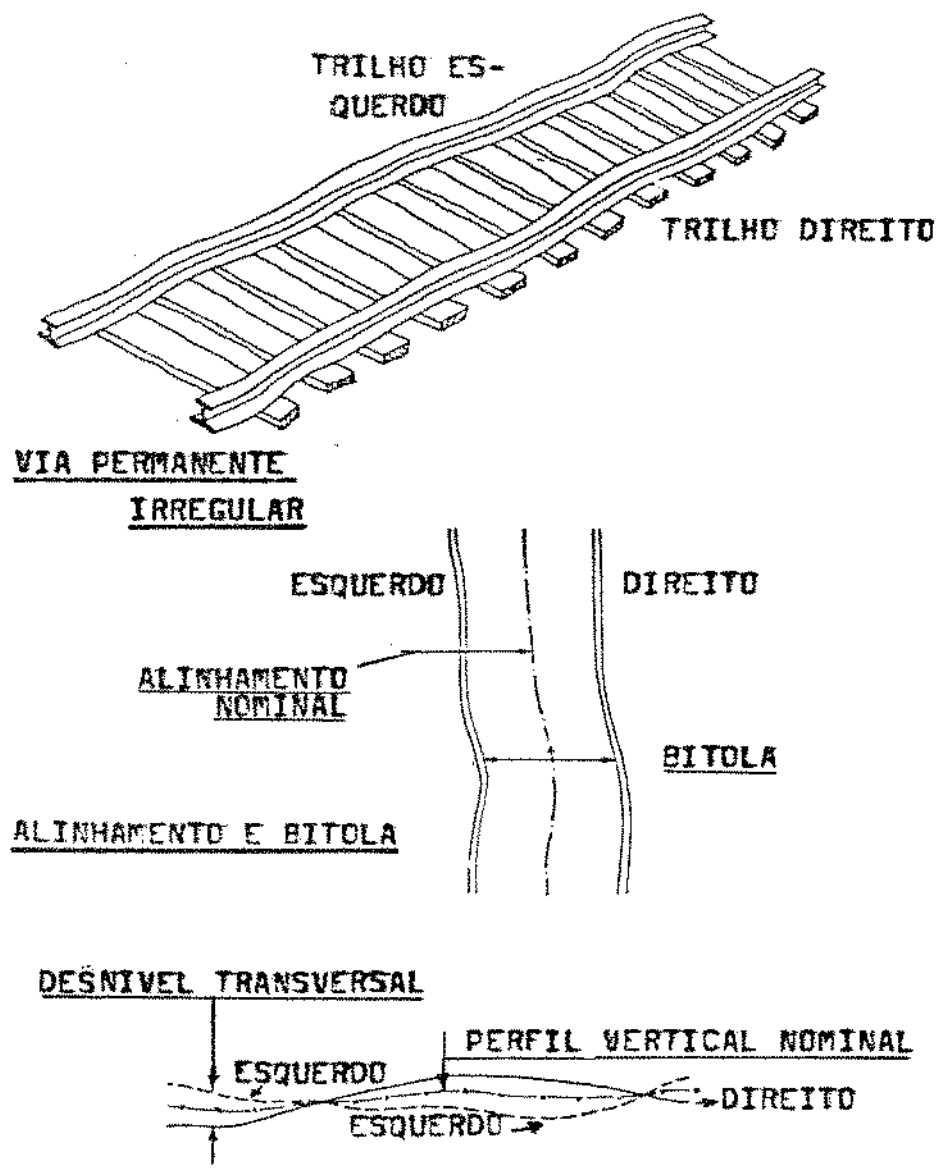


Fig. 3.3 - Irregularidades da via permanente

A FRA (16) usou, nos Estados Unidos, um veículo, denominado T6, equipado com microcomputador, para aquisição de dados da geometria da via, tais como perfil, alinhamento, nível transversal, raios de curva e bitolas. Estes dados foram registrados em fita magnética para processamento em computador. Registraram-se também, em gráfico, as condições da via, tais como rugosidade, defeitos nas junções, etc.

4. TEORIAS DE CONTATO RODA-TRILHO

4.1 - Considerações Gerais

Várias teorias existem sobre os fenômenos que ocorrem no contato entre as rodas de um veículo ferroviário e os trilhos. Cada uma possui o seu mérito, porém as teorias lineares e não lineares de Kalker são as que dão uma visão melhor delas e são bastante utilizadas.

As forças que interagem entre a roda e o trilho, bem como a área e a tensão de contato afetam significativamente o comportamento dinâmico dos veículos ferroviários. Elas dependem da velocidade, das características de aderência, microescorregamento, geometrias da roda e do trilho, rugosidade de suas superfícies, condições climáticas (chuva, neve), contaminações pelo óleo e sujeira e areiamento usado para evitar a patinação e o deslizamento.

Hertz (17) mostrou em sua teoria estática, em 1895, que a região de contato entre dois corpos elásticos de materiais diferentes depende somente da carga normal e das curvaturas dos corpos envolvidos. Por essa teoria, a região de contato da roda com o trilho é uma elipse, onde os semi eixos são dados pelas equações:

$$a = m \sqrt[3]{\frac{3 \pi V (K_1 + K_2)}{4 K_3}}$$

$$b = n \sqrt[3]{\frac{3 \pi V (K_1 + K_2)}{4 K_3}}$$

onde K_1 , K_2 e K_3 são as constantes de Hertz, dadas por:

$$K_1 = (1 - \tau_w^2)/\pi E_w \quad K_2 = (1 - \tau_R^2)/\pi E_R \quad K_3 = 1/2 [1/r_r + 1/r_r + 1/r_t + 1/r_u]$$

Os coeficientes adimensionais m e n dependem da relação K_4/K_3 onde

$$K_4 = 1/2 [(1/r_r + 1/r_r)^2 + (1/r_t + 1/r_u)^2 + 2 (1/r_r - 1/r_u)(1/r_t - 1/r_u) \cos \phi] \quad e$$

ϕ = ângulo entre os planos normais que contém as curvaturas $1/r_r$ e $1/r_t$

O apêndice 2 mostra os valores de m e n em função de Θ dado por:

$$\Theta = \cos^{-1}(K_4/K_3)$$

Em 1926, o engenheiro elétrico Carter (18) foi o primeiro a relacionar o microescorregamento com a força tangencial gerada no contato da roda com o trilho (figura 4.1), mostrando que esta força não é devida ao rolamento puro e nem também totalmente devida ao deslizamento. Seu trabalho considerou o caso de força tangencial na direção de rolamento. Ele definiu o microescorregamento longitudinal resultante em termos da diferença entre a distância percorrida pela roda quando a mesma está transmitindo a força longitudinal e a distância percorrida sem esta força. Ele considerou a roda como um cilindro e o trilho como uma placa plana de aço bastante espessa.

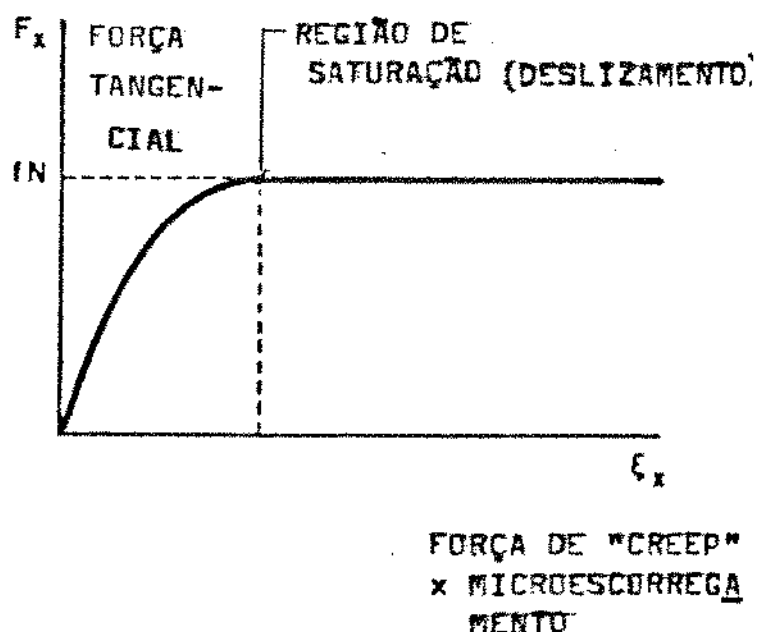


Fig. 4.1 - Variação da força tangencial em função do microescorregamento, segundo Carter

Em 1927, Fromm (19) também desenvolveu a mesma solução.

Em 1958, Johnson (20) estendeu a teoria de Carter, bidimensional, para o campo tridimensional, de duas esferas com microescorregamento longitudinal e lateral, mas sem o de rotação. Ele considerou as áreas de contato e de aderência como sendo circular, ambas tangenciando entre si na região de compressão da roda.

Em 1963, Halling (21), Haines et al (22) criaram a teoria onde a área elítica de contato foi dividida em faixas paralelas à direção do rolamento (figura 4.2). Em cada faixa foi estendida a teoria bidimensional de Carter. A interação entre essas duas faixas foi ignorada completamente. Ela é uma teoria quantitativa e é precisa somente quando a área de contato é duas ou três vezes maior na direção y (direção transversal ao movimento do veículo), quando comparada com a direção x (direção do movimento do veículo). Esta teoria foi verificada experimentalmente usando a técnica de tensões fotoelásticas, chegando-se à conclusão que a forma de aderência era muito próxima da assumida.

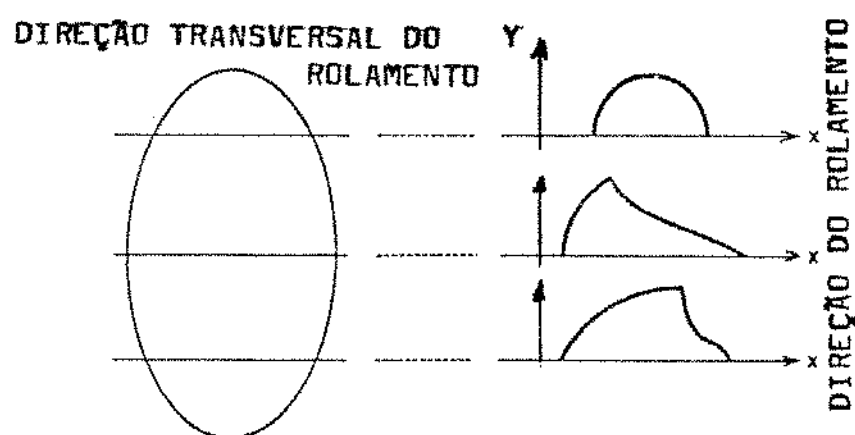


Fig. 4.2 - Faixas na elipse de contato, segundo Halling, Haines e Ollerton

Em 1964, Johnson et al (23) estenderam a teoria de Carter, mostrando que a superfície de contato entre dois corpos rolando e transmitindo uma força tangencial seria assimétrica, dividida em duas regiões distintas em forma de elipse, uma de patinação e outra de aderência (ou de não patinação, ou agarramento) (figura 4.3).

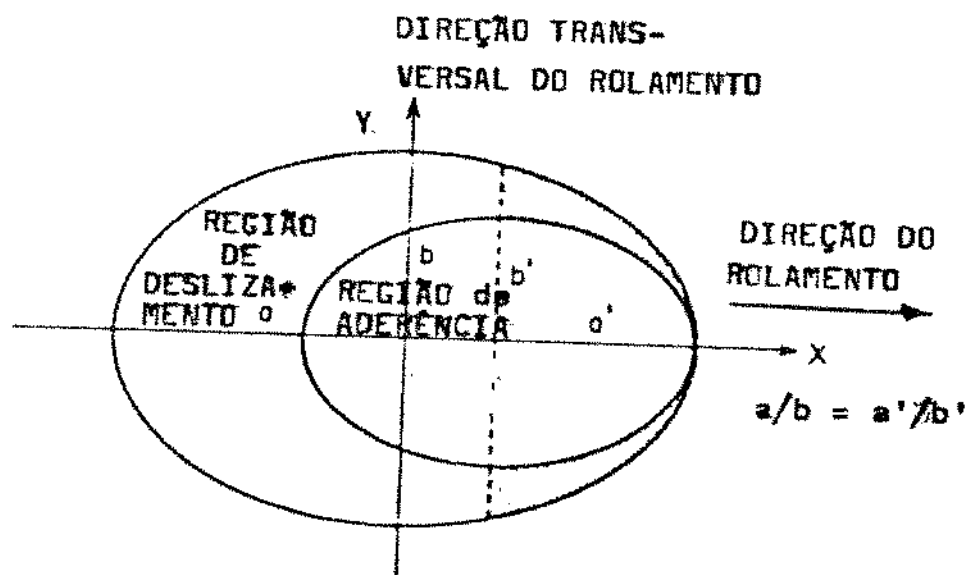


Fig. 4.3 - Área de contato conforme Johnson e Vermeulen

Eles também mostraram, através de resultados experimentais, que o erro na força de microescorregamento resultante era menos que 25%, devido terem assumido a região de aderência como sendo uma elipse.

Em 1967, Kalker (24) introduziu o microescorregamento lateral, mas ainda sem a componente de rotação ("spin") e desenvolveu uma solução aproximada simples similar à de Carter.

Neste mesmo ano, não só Kalker (24) como também Heinrich et al (25) introduziram essa componente de rotação, tornando-se essa teoria exata.

Ainda em 1967, Kalker (26) desenvolveu a teoria de contato de rolamento, para pequenos microescorregamentos longitudinal, lateral e de rotação (teoria linear), baseada na idéia de "De Pater" (27), onde sugeriu não considerar a área de patinação em virtude da mesma ser muito pequena. A zona de aderência, com isso, foi assumida cobrindo toda a área de contato.

Existem várias outras teorias, como as formuladas por Hobbs (28) e Brickle (29), por exemplo.

Programas computacionais foram desenvolvidos, por diversos autores, para as

teorias mais complexas, como as numéricas exatas, que abrangem a totalidade dos microescorregamento longitudinal, lateral e de rotação e que foram denominados de XCTROL (de Kalker), DUVOROL (de Kalker e Tjoeng) e as simplificadas SIMROL e FASTSIM (de Kalker) e ROLCON (de Knothe et al), as quais foram desenvolvidas baseadas na teoria simplificada de Kalker, simples para entender e com custos computacionais baixos.

4.2 - Geometria do Contato Roda/Trilho

A dinâmica do veículo ferroviário pode ser bastante influenciada pelos perfis dos trilhos, rodas e geometria nos seus contatos. A geometria do contato é função do ângulo da banda de rodagem da roda, seu raio e o ângulo entre a roda e o trilho, influenciado pelo deslocamento lateral do rodeiro. Hadden (30) mostrou que o movimento rotacional do rodeiro, em relação a um eixo vertical ("yaw"), tem um papel secundário nessa geometria.

À medida que os trilhos e as rodas se desgastam, a geometria no seu contato muda, podendo chegar a afetar a estabilidade do veículo ferroviário.

Nas curvas, onde operam veículos com altas cargas, os trilhos se desgastam com maior frequência, quando comparados com os trechos em tangente. Por esta razão, muitas ferrovias usam trilhos de aço liga nestes trechos, que são mais resistentes às solicitações do tráfego.

Cooperrider et alii (31) mostraram que a conicidade associada com a carga no eixo afetam a estabilidade do veículo. Eles desenvolveram métodos experimentais e analíticos para determinar as funções cinemáticas para perfis de rodas e trilhos, inclinação dos trilhos e bitola da via em função do deslocamento lateral do rodeiro.

É relativamente simples modelar a geometria de contato para as rodas e trilhos novos, visto que os ângulos de contato das rodas com os trilhos e os raios das rodas, no ponto de contato, são funções constante ou linear do deslocamento do rodeiro.

As rodas novas, com perfis cônicos, se desgastam, tendendo a um perfil

aproximadamente cilíndrico. Por isso e conforme sugerido por Müller (32), com o intuito de reduzir o desgaste e as tensões do contato roda trilho, muitas ferrovias estão interessadas por perfil de roda desgastado, como na Inglaterra, no "Advanced Passenger Train (APT)".

Trabalho realizado pela "CN Rail Research Center" de Quebec, Canadá e relatado por Marcotte et alii (33), baseado no modelo numérico desenvolvido por Mathewson, com o uso do computador HP 2100S, para vagão de carga de 119 toneladas métricas (100 US TON), mostrou que as rodas com perfis desgastados, cuja conicidade equivalente (tangente do ângulo formado entre as tangentes que passam pelas curvaturas desgastadas da roda e do boleto do trilho, ambas passando pelo ponto de contato roda/trilho) era igual a 0,2, geram, em curvas, forças menores nos seus frisos quando comparadas com rodas novas com conicidade 0,05 (figura 4.4).

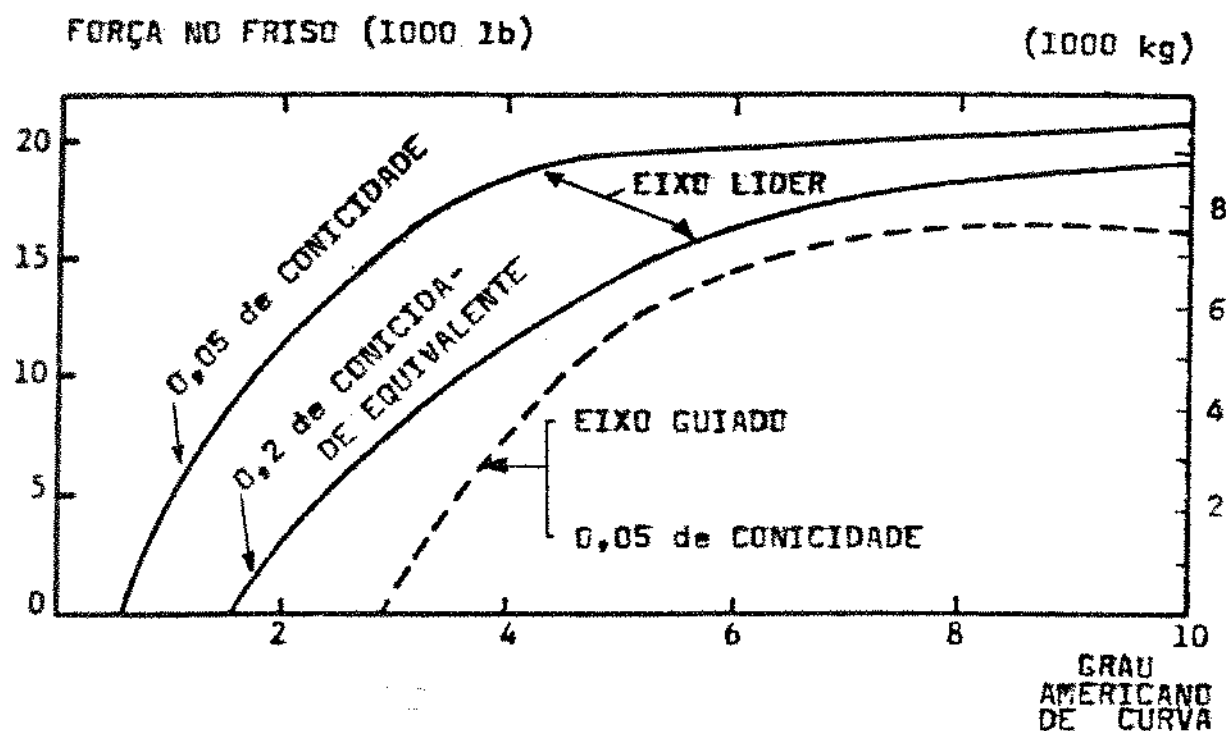


Fig. 4.4 - Força no friso da roda em função do grau americano de curva para vagões de 119 toneladas métricas

4.3 - Forças envolvidas

Numa inscrição em curva circular, forças de fricção surgem nos contatos das rodas com os trilhos. Elas não estão ligadas às forças centrífugas. Ocorrem independentemente da frenagem ou tracionamento do veículo (figura 4.5).

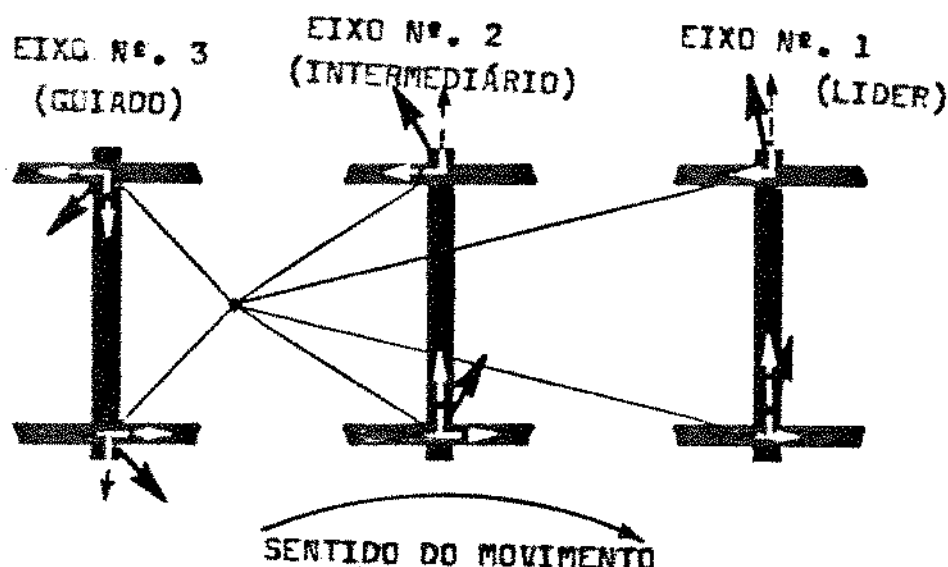


Fig. 4.5 - Forças de fricção devido à inscrição em curva

Elas se originam do microescorregamento necessário, das rodas externas e internas, para se conseguir vencer as curvas, visto que as rodas de um rodeiro, num truque convencional, são fixadas solidariamente ao eixo, possuindo com isso a mesma velocidade periférica. Numa curva a roda assentada no trilho externo necessita percorrer uma distância mais longa, quando comparada à roda assentada no trilho interno. Para que isso possa acontecer, geralmente há a necessidade da roda externa sofrer um escorregamento, no sentido do movimento do veículo, em relação à roda interna e esta última sofre também um escorregamento, porém no sentido contrário ao movimento, gerando um momento que procura trazer o rodeiro para uma posição radial. A conicidade das rodas não compensa plenamente esta dificuldade, porque as mesmas não tangenciam os trilhos e sim ficam inclinadas em relação aos mesmos, gerando entre eles um ângulo, denominado de ângulo de ataque.

Estas forças são chamadas de forças internas (F_{11} , F_{12} , F_{22} , etc.) ou forças de microescorregamento (figura 4.6). Elas são diferentes daquelas oriundas da diferença das deformações entre as rodas e os trilhos, denominadas também de forças de microescorregamento ou forças de "creeping". Nesta representação verifica-se que elas produzem um momento anti horário, fazendo com que o truque se incline, em relação aos trilhos, até o ponto em que há o contato do friso da roda guia do eixo líder com o trilho externo e algumas vezes também nas rodas do segundo e do terceiro eixos (K_{11} , K_{12} , K_{21} , etc.).

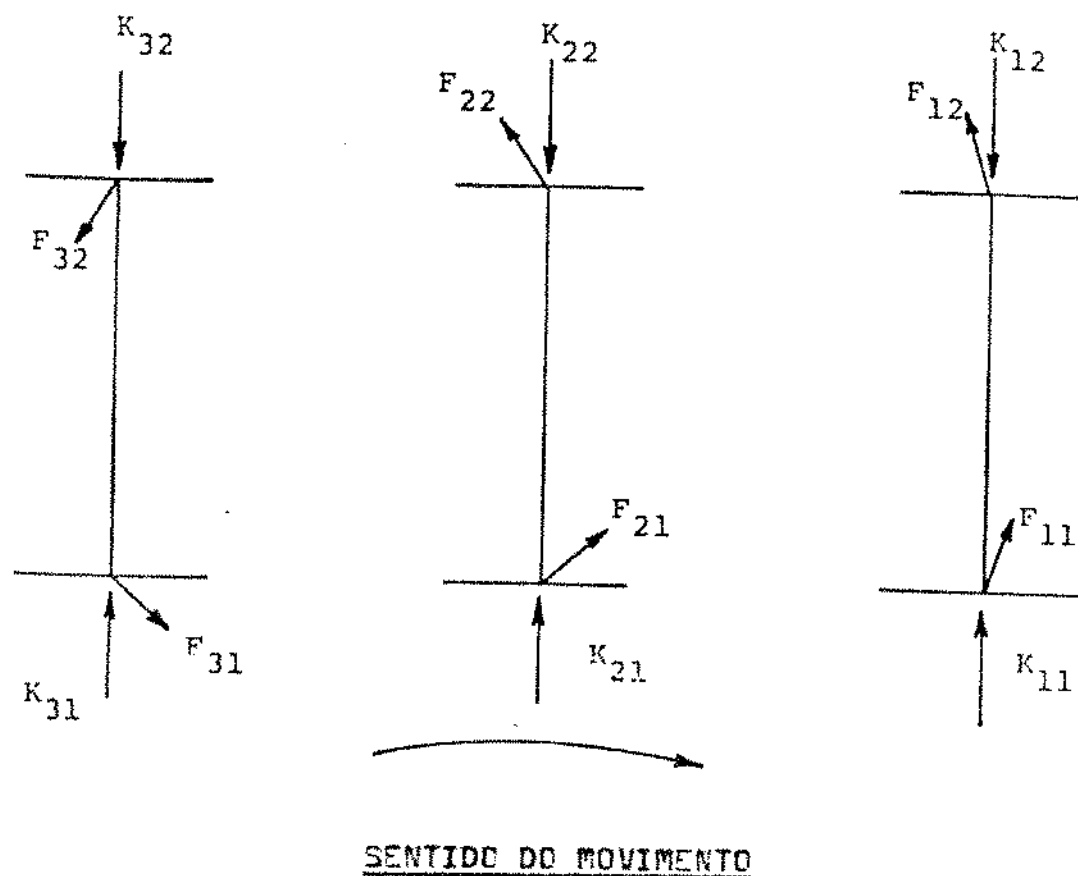


Fig. 4.6 - Forças de fricção F_{ij} nos contatos da superfície de rolamento das rodas com os boletos dos trilhos e forças K_{ij} nos contatos dos frisos das rodas com os trilhos

O alargamento da bitola da via nas curvas abaixo de 500 m para bitola larga e 300 m para bitola métrica (superlargura) é um procedimento bastante usados pelas ferrovias

para que o truque se inscreva mais facilmente, porém isso faz com que o truque se incline mais, aumentando as forças laterais resultantes e consequentemente as solicitações no veículo e na via permanente.

No passado, nas locomotivas a vapor, costumava-se usar rodas sem friso nos eixos intermediários, quando esta prática de alargamento de bitola não existia, para evitar a ocorrência dessas altas forças.

A força lateral líquida resultante no friso da roda, que é a diferença entre a força de reação do trilho na roda e a componente lateral da força de fricção da banda de rodagem, tem um importante papel sob o ponto de vista da via permanente, pois é responsável pela subida da roda no trilho, alargamento da bitola, tombamento do trilho ou deslocamento da via. Ela é de interesse para o cálculo das tensões, principalmente no disco da roda, eixo e lateral do trilho.

A AAR (34) relatou as experiências realizadas nos Estados Unidos pela General Motors, com o objetivo de determinar esta força para as rodas externas do eixo líder de truques de dois, três e quatro rodeiros, numa situação de curva com raio constante, influenciadas pela velocidade, areiamento e reações nos engates. Ela instrumentou os trilhos e os flanges das caixas de mancal. Isso, porém, tinha a desvantagem de medir somente uma condição, num local específico e não refletia o carregamento dinâmico típico, como é normalmente encontrado nas irregularidades da via.

Estas experiências não refletem as forças dinâmicas, devidas às irregularidades da via, como rugosidades e defeitos nas junções. Medições efetuadas em vias permanentes americanas mostraram que as forças de transição dinâmicas (que duram 0,1 segundo) na roda externa do eixo líder, numa curva, chegam a atingir um acréscimo de 3600 kgf (36% nos raios de curva de 80 m (ocasionalmente elas atingem 6800 kgf) (34). Elas são de curta duração e não têm interesse primário no estudo da via permanente e descarrilhamento do veículo ferroviário.

Também na Alemanha, instrumentaram-se as rodas, usando-se extensômetros, numa situação bem melhor, ou seja, em regime de trabalho contínuo.

Trabalho semelhante, instrumentando-se o eixo, foi realizado pelo Centro de Tecnologia da UNICAMP, através de convênio com a Alemanha, para avaliar o comportamento de truques de vagões de três fornecedores (dois nacionais e um de procedência alemã), dando origem à tese de doutorado do Engenheiro Dr. Porto (35).

Além destas forças internas, existem outras, durante a inscrição em curva, denominadas forças externas, tais como a parcela da força centrífuga não compensada pela superelevação, forças de tração, frenagem, impacto e reação nos frisos das rodas (R_{11} , R_{12} , R_{21} , etc.). Num modelo no estado uniforme, elas se distribuem ao longo das rodas dos truques (figura 4.7).

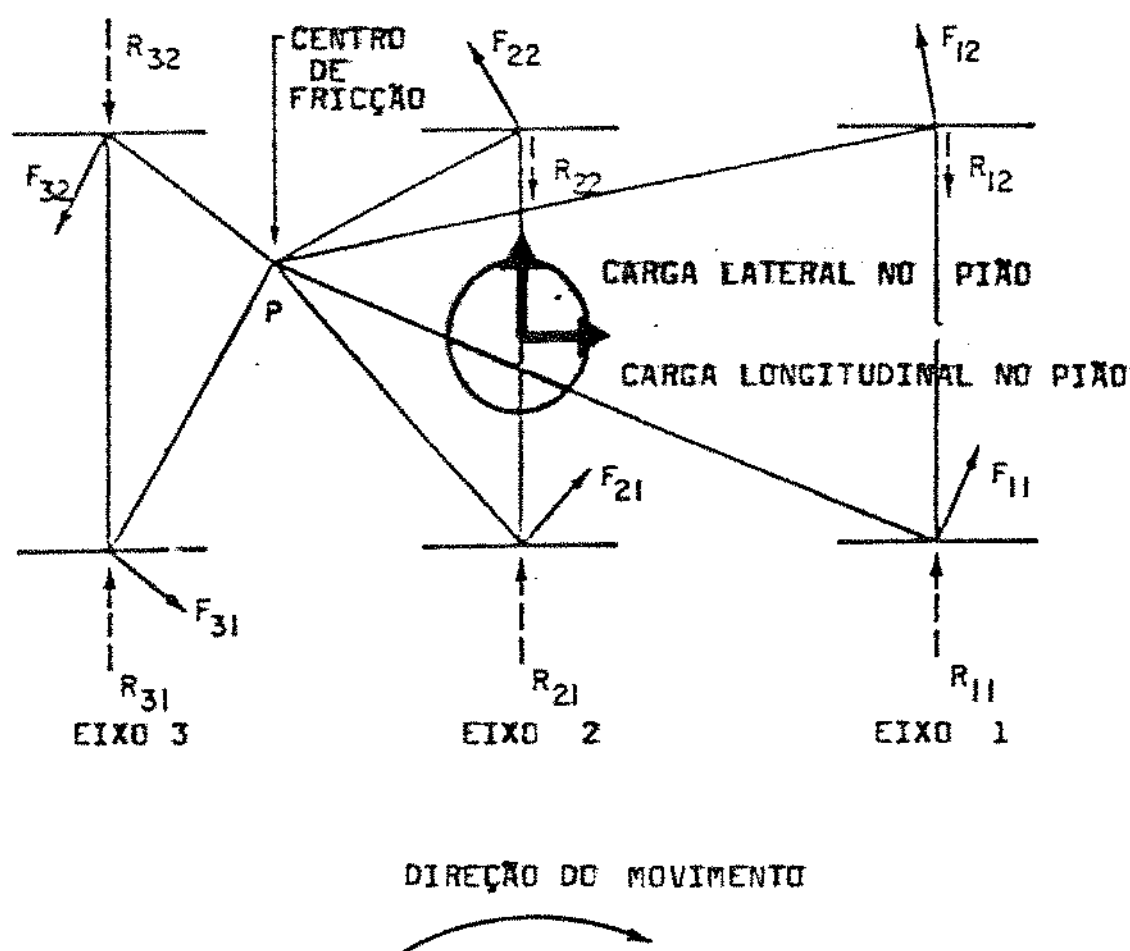


Fig. 4.7 - Sistema de força agindo num truque rígido de 3 eixos

As reações nos frisos, quando um veículo ferroviário circula numa curva, na condição uniforme, provocadas pelo bolete do trilho, podem ou não ocorrer em todas as rodas, dependendo do grau de curva, velocidade e forças que agem lateralmente no corpo do veículo. A existência delas depende do modo de restrição que o truque assume para satisfazer as restrições cinemáticas (figura 4.8). A seta indica o friso da roda fazendo contato com o bolete do trilho.

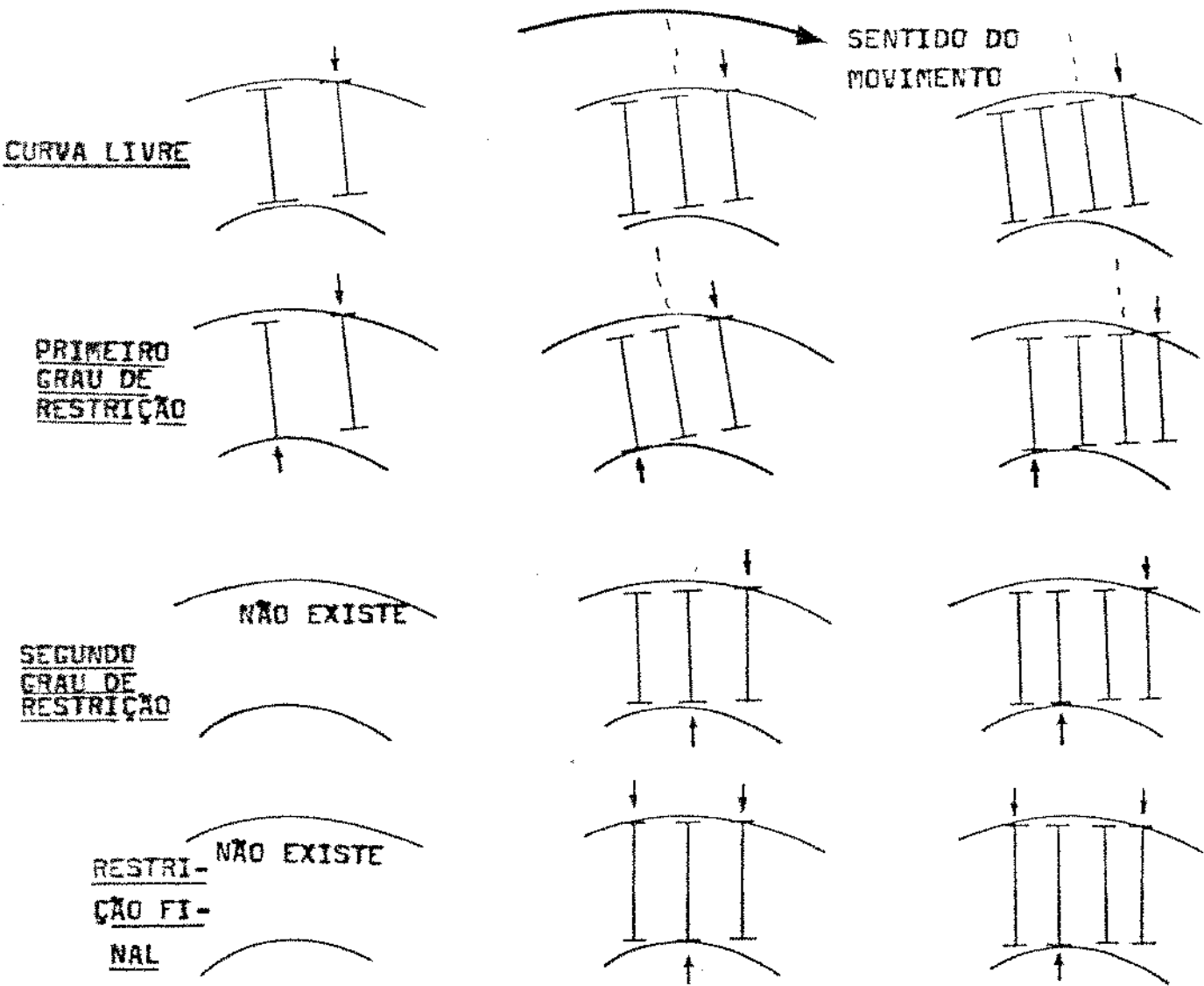


Fig. 4.8 - Modos de restrição para truques de 2, 3 e 4 eixos

5. DINÂMICA DO TREM NA VIA

A dinâmica de interação do trem com a via está bastante relacionada com os efeitos da velocidade, cargas e características dos veículos e da via, envolvendo muitas vezes não somente tensões excessivas como também movimentos instáveis do veículo e instabilidades na via permanente.

O fenômeno de "hunting" é considerado o mais importante destes movimentos. É uma oscilação lateral auto excitada produzida pela velocidade do veículo e forças de interação entre as rodas e os trilhos, que resultam da geometria da roda e do trilho e das características de microescorregamento - fricção oriundas no contato roda-trilho. Conforme Rodrigues Filho (36), geralmente existem duas velocidades críticas associadas a este fenômeno. Uma é observada a baixa velocidade de 20 a 60 km/h e é encontrada em veículos com pequeno amortecimento no sistema de suspensão ("hunting" primário). É causado principalmente pela grande oscilação lateral do corpo do veículo e pode ser controlado introduzindo-se um amortecimento macio na suspensão secundária. À velocidades mais altas (geralmente acima de 100 km/h), o "hunting" aparece como uma violenta oscilação lateral dos conjuntos dos truques e rodeiros.

As junções defasadas dos trilhos podem provocar o movimento retilíneo vertical denominado "bounce" ou o balanço longitudinal ("rock" ou "pitch"), também conhecido como galope, que é o movimento oscilatório em relação ao eixo horizontal transversal, principalmente nos vagões de carga. Nos carros de passageiros essa irregularidade da via pode causar o balanço lateral ("roll" ou "swing"), que é o movimento em torno do eixo horizontal longitudinal ("roulis"), fazendo com que as rodas direita e esquerda toquem as juntas dos trilhos alternadamente. Este fenômeno geralmente aparece a baixas velocidades (de 15 a 40 km/h) nos vagões com centro de gravidade alto ("swing"), tais como vagões "containers" e tremonhas ("hoppers") usados para transportar grãos.

O veículo é capaz de apresentar mais um outro movimento oscilatório, denominado de "yaw" ("lacet"), em torno do eixo vertical, oriundo principalmente devido às irregularidades de alinhamento da via (figura 5.1).

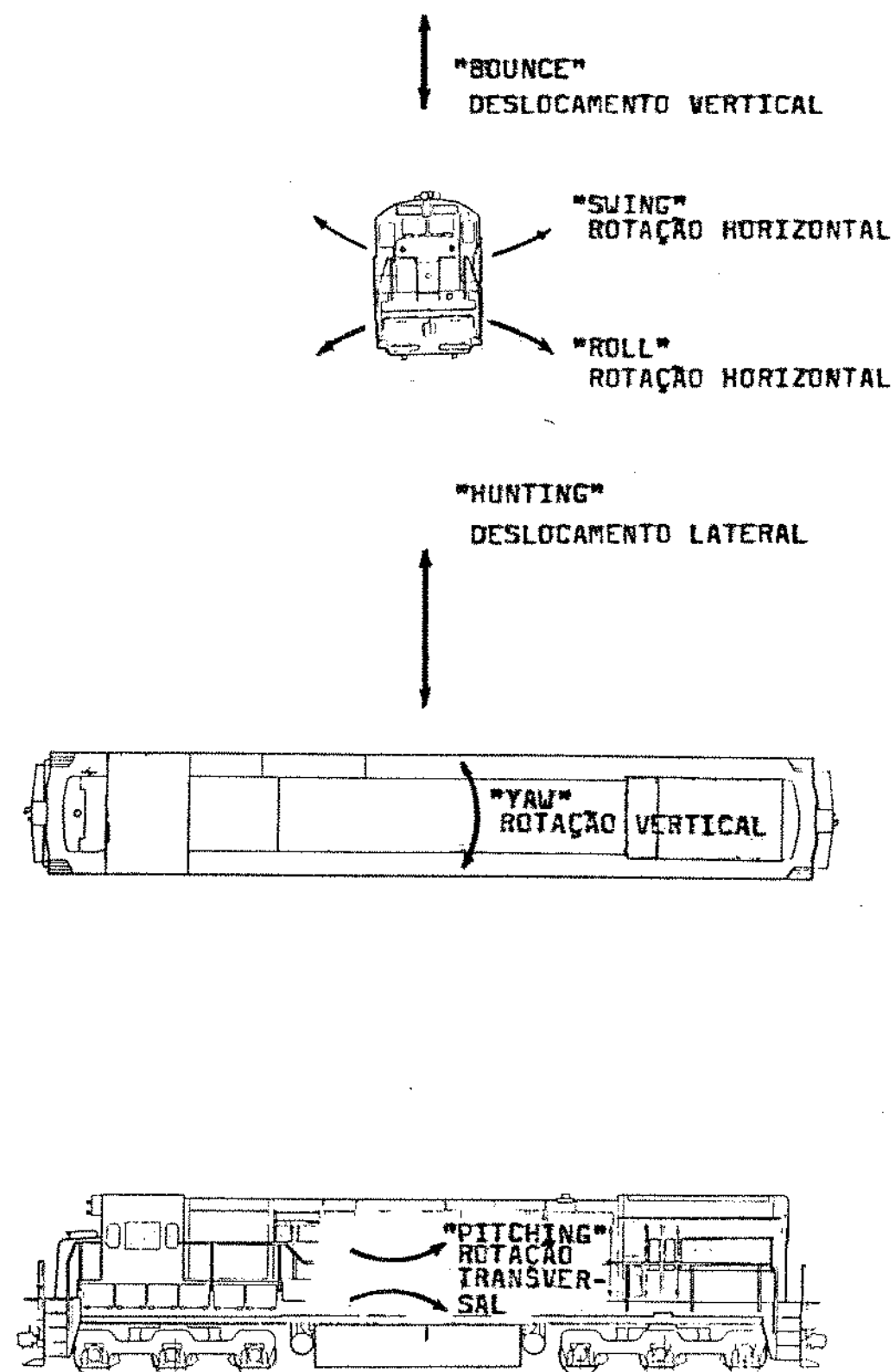


Fig. 5.1 -Movimento oscilatório dos veículos

Para controlar os efeitos causados por esses movimentos parasitas, tanto em tangente como em curva, critérios de segurança são adotados mundialmente para evitar descarrilhamento do veículo, garantindo, como isso, segurança e estabelecendo limites, em termos de certos índices, para que não haja a subida da roda no trilho, o tombamento do trilho e a abertura da bitola da via. O mais comumente é obtido pela relação L/V que é o quociente da força lateral líquida resultante do contato do friso da roda com o boleto do trilho pela força vertical da roda no trilho.

Nas curvas, essas forças laterais líquidas nos frisos das rodas equilibram as forças de inércia e as forças laterais geradas. As rodas podem subir nos trilhos se essas forças líquidas forem excessivas.

Elas são responsáveis pelo desgaste dos frisos das rodas, principalmente na roda externa do eixo líder.

Por esta razão, muitas ferrovias adotam a prática de trafegar na via permanente com os veículos nos sentidos diante e a ré, bem como usam lubrificadores de friso nos veículos ou nas laterais internas dos boletos dos trilhos, com o intuito de minimizar esse efeito.

A rigidez do truque, associada com o momento resistivo alto nos pinos centrais (falta de lubrificação nessa região) pode contribuir para o aumento das forças de contato roda/trilho, fazendo com que a roda suba facilmente no trilho.

Dependendo da relação L/V pode fazer com que a roda desloque a via, suba no trilho ou provoque a abertura da bitola. Evidentemente isso vai depender também do tempo de duração das forças horizontal e vertical geradas no contato da roda com o trilho. Em curva essa relação L/V cresce consideravelmente visto que L aumenta em função das forças laterais geradas.

A AAR (37) recomenda para essa relação L/V o valor máximo de 0,68 para que não haja o tombamento do trilho; 0,75 para que a roda desgastada não suba no trilho; 0,82 para que a banda de rodagem não deixe de fazer contato com o boleto do trilho e 1,29

para que não haja a subida da roda nova no trilho.

Estudos feitos na via pela SNCF-Société Nationale des Chemins de Fer, conforme relatado por Hay (38), cujos dormentes eram de madeira, indicaram que quando L/V atingia 0,40 havia o deslocamento da via. Para dormentes de concreto e trilhos pesados, esse valor atingia 0,70 ou mais. Nas vias onde se usava soca manual ele diminuía para 0,51.

Muitos fatores, que incluem os ângulos de ataque da roda, coeficiente de aderência, massa não suspensa do rodeiro (nos projetos mais modernos, procura-se usar eixos ocos sustentando boa parte do peso dos equipamentos de tração no corpo do veículo, a fim de que essa massa não suspensa torne-se baixa), carga vertical da roda e rigidez da via, podem alterar esse limite recomendado.

Garg et al (3) relata o limite máximo conservativo sugerido por Nadal, para que a roda não suba no trilho (figura 5.2).

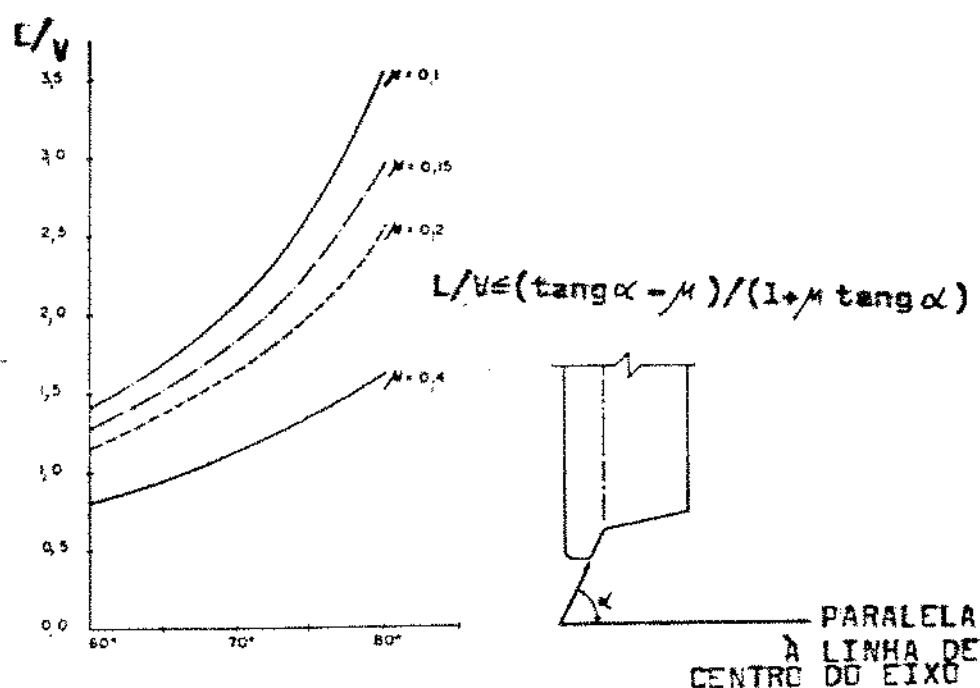


Fig. 5.2 - Limites para a relação L/V recomendados por Nadal para que a roda não suba no trilho, em função dos ângulos de ataque e do friso da roda

Testes efetuados pela "International Union of Railways - Experimental Research Organization Committee", em maio de 1955 e relatado por Palhan (39), mostrou que para um ângulo do friso da roda de 70 graus (α), para trilhos secos, essa relação L/V não excedeu 1,2 (a Alemanha adota este valor).

A JNR (Japanese National Railway), baseada nos testes conduzidos por Matsudaira (40), adota o valor de 0,8 para L/V , com uma duração do pulso da força lateral igual ou maior que 50 milisegundos.

Ahlbeck et alii (41) sugeriu um valor conservativo de 1,0 para ângulos de friso superior a 65 graus e tempo de duração do pulso da força lateral maior que 50 milisegundos.

Recentemente o "Department of Transportation" dos Estados Unidos usou, conforme relatado por Murray et alii (42), o valor de 0,9 para avaliar carros de passageiros.

Esta relação L/V é também usada para estudo do tombamento do trilho, a qual é função da geometria da seção transversal da via, rigidez torcional dos trilhos e fixações (no concreto é alta, na madeira varia com a idade, tipo de madeira e prego de linha). O valor crítico desta relação L/V , sugerido por Dean et al (43) para madeira é de 0,5 considerando somente resistência da seção transversal da via; $0,5 + (2,3/V)$ para resistência transversal da via e torção nos trilhos, sem resistência do prego de linha; $0,5 + (3,6/V)$ para resistência transversal da via com resistência do prego de fixação no estado novo, mas sem resistência torcional do trilho; $0,5 + (20,6/V)$ para resistência transversal da via, torção no trilho e pregos de fixação novos, onde L e V devem ser expressos em klbf.

Eles também sugeriram, para dormentes separados de 50 cm e trilhos com junções, os valores $L/V_e = 0,4 + (2,7/V_e)$ para via com dormentes de madeira novos ou quase novos e $L/V_e = 0,7 + (6,6/V_e)$ para via com dormentes de madeira compactados (não existentes no Brasil), onde L e V_e devem ser expressos em klbf.

A ferrovia francesa usa corrigir o valor de L através da introdução de um fator de correção C para a força lateral líquida no friso da roda (força L) onde $L_e = C L$ e C está entre 0,8 e 0,9.

Prud'homme (44) fez várias experiências com trilhos soldados e vários tipos de dormentes, com o veículo ferroviário nas velocidades de 40 e 60 km/h, com 1700 dormentes por quilômetro, recomendando que a força lateral líquida que um rodeiro exerce na via deve ficar abaixo da resistência da mesma. Ele sugeriu o limite de $L_p = 0,85 (10 + V_e/s)$, onde L_p e V_e devem ser expressos em kN e s em m.

Para vias permanentes com trilhos fixados sobre dormentes biblocos de concreto, unidos por uma barra metálica, o limite desta resistência lateral é $L_p = 15 + (V_e/3)$ e numa via convencional (trilhos não soldados e dormentes de madeira) o limite é de $L_p = 10 + (V_e/3)$. No Brasil não existem normatizados esses valores limites.

6. MODELOS MATEMÁTICOS

6.1 - Considerações Gerais

A técnica de modelamento matemático é uma ferramenta muito usada na engenharia para entender e simular a interação dinâmica entre o veículo e a via, que varia com as condições de operação, geometrias do veículo e via, condições climáticas (trilho seco ou molhado) e oleosidade no boleto do trilho. É impossível construir um modelo matemático simples, que possa universalmente abranger todos os aspectos dessa interação. Estuda-se o complicado comportamento dinâmico que resulta dessa interação usando vários modelos matemáticos, cada qual concentrando-se numa área específica de interesse.

Geralmente quando se constrói um modelo matemático para estudar o comportamento do veículo ou trem, principalmente se eles forem locomotivas ou carros de passageiros, os seus componentes são assumidos como sendo corpos rígidos.

Um corpo rígido tem seis graus de liberdade, que correspondem a três deslocamentos (longitudinal, lateral e vertical) e três rotações (em relação aos eixos transversal, longitudinal e vertical).

Dependendo do objetivo do modelo, costuma-se reduzir consideravelmente os graus de liberdade total do sistema. Esta operação não somente diminui o custo computacional, mas também torna a interpretação dos resultados mais simples.

Existem muitos modelos matemáticos propostos, principalmente nos Estados Unidos (Apêndice 1), para estudar o comportamento dinâmico do material rodante (locomotivas, carros de passageiros e vagões de carga). Eles dividem-se em oito grupos e são dos tipos uniforme (raio constante e velocidade uniforme), quase-uniforme (curva generalizada e aceleração ignorada) e dinâmico com equações completas para o sistema do veículo, levando em consideração as irregularidades da via e resolvidas por técnicas de integração numérica para obtenção de deslocamentos, velocidades, acelerações e forças em

função do tempo.

6.2 - Modelo Dinâmico Seleccionado

Escolheu-se o modelo uniforme desenvolvido por Smith et alii (45) (46) (47), cujo programa computacional existe na UNICAMP, em fita magnética, na Faculdade de Engenharia Mecânica. Este modelo foi elaborado pela Southern Pacific Transportation Co., através de contrato com a AAR e ajuda financeira da FRA e Railway Progress Institute (também com a mão-de-obra e equipamentos) e com a participação da Transportation Development Agency e da Union Internationale des Chemins de Fer. É chamado de Programa da Dinâmica do Trem-Via e foi gerenciado pelo Departamento de Teste e Pesquisa da AAR.

Baseia-se no método do centro de fricção, para analisar o comportamento em curvas de truques rígidos, no tocante principalmente à força líquida lateral gerada no contato do friso da roda com o boleto do trilho. O truque é considerado rígido, com os eixos permanecendo paralelos entre si e em sendo rígido existe um ponto denominado centro de fricção ou centro instantâneo de rotação onde o momento resultante das forças de contato roda/trilho e as forças externas, bem como a somatória destas forças são iguais a zero.

O modelo foi desenvolvido para uma inscrição em curva na condição uniforme, para truques de 2, 3 e 4 rodeiros convencionais.

A conicidade da roda foi ignorada, porque seu efeito no microescorregamento é muito pequeno em relação ao microescorregamento desenvolvido pela diferença de distância de rolamento de cada roda do rodeiro durante a inscrição em curva.

6.2.1 - Modelo Físico do Truque

O modelo é de um truque rígido mostrado na fig. 6.1 (laterais, em relação às travessas, não se movimentam, não giram e nem formam paralelogramo), com os eixos dispostos paralelos entre si e possuindo somente o deslocamento axial, não existindo o movimento rotacional de "yaw".

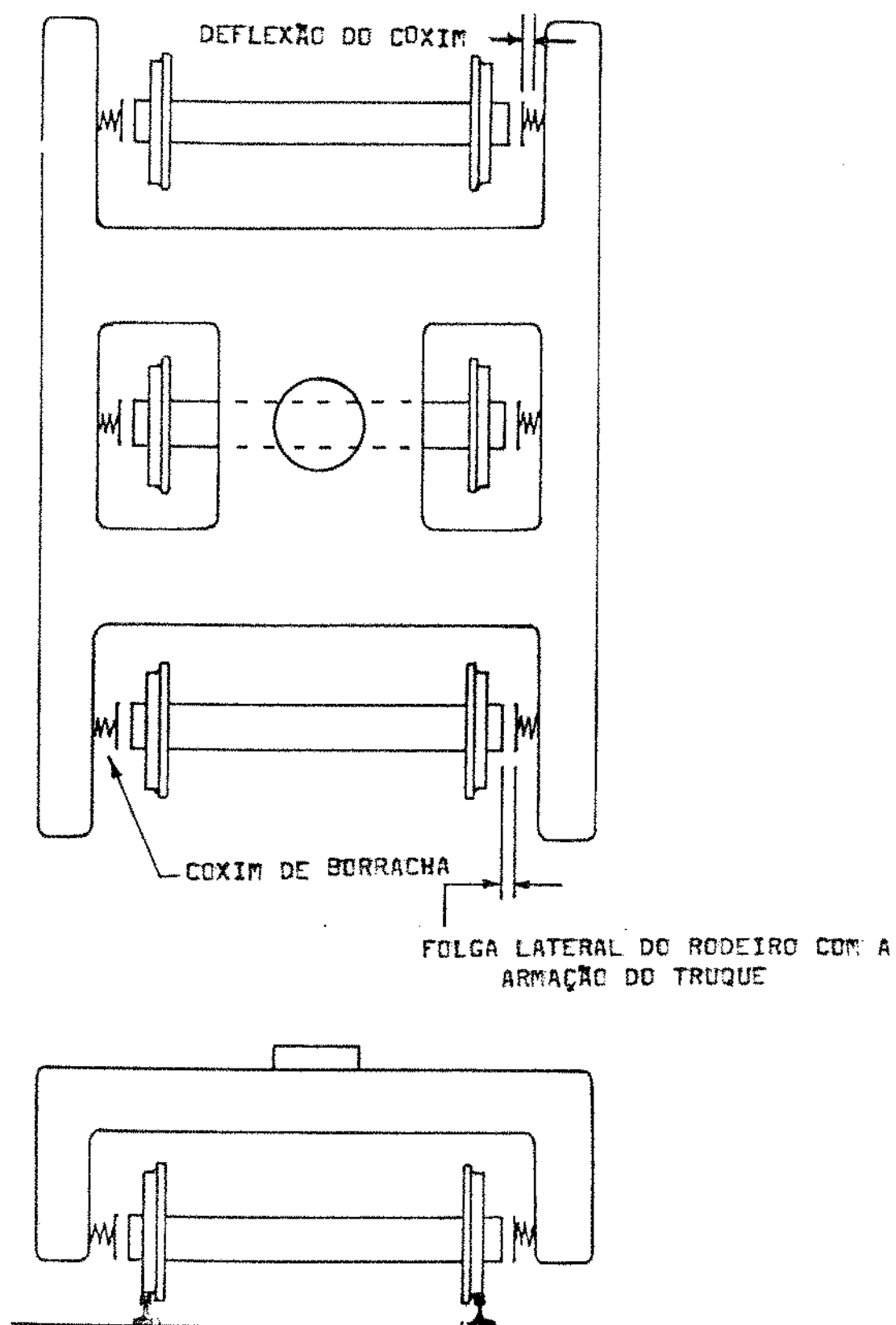


Fig. 6.1 - Modelo do truque de 3 eixos

Em cada extremidade do eixo está a caixa de mancal, que pode deslizar livremente, sem atrito, nas guias dos pedestais das laterais do truque (o modelo prevê somente rigidez lateral entre as extremidades desses eixos e estas laterais).

Cada truque recebe metade das forças de tração, frenagem e impacto e o efeito do microescorregamento rotacional ("speen creep") em cada roda é pequeno em relação às considerações restantes e portanto não é considerado. Também não se considera a rigidez rotacional do pião (pino sem atrito), exceto aquele inicial quando veículo entra e sai da curva.

Considera-se também uma segunda área de folga lateral entre o friso da roda e o ponto de bitola no boleto do trilho. A magnitude desta folga é função da folga de bitola, superlargura e desgastes do boleto do trilho e do friso da roda.

Os trilhos são rígida e verticalmente fixados aos dormentes e estes ao solo sem nenhuma deformação lateral, vertical e longitudinal.

6.2.2 - Método de solução

O programa calcula as velocidades de patinação das rodas externas e internas e a partir daí, usando-se as definições de microescorregamento, obtêm-se os microescorregamentos longitudinais e laterais. Os microescorregamentos resultantes têm as mesmas direções de escorregamento das rodas e são perpendiculares aos vetores que unem o centro de fricção aos pontos de contato das rodas com os trilhos.

Com o microescorregamento resultante em cada roda, calculam-se também o coeficiente de fricção (usando a equação que representa a parte curva da figura 6.2) e a força de microescorregamento, que é o produto deste coeficiente pela força vertical da roda no trilho.

Através do equilíbrio estático, são determinadas as reações nos contatos dos frisos das rodas com os boletos dos trilhos e, por método iterativo, a posição anteriormente definida do centro de fricção.

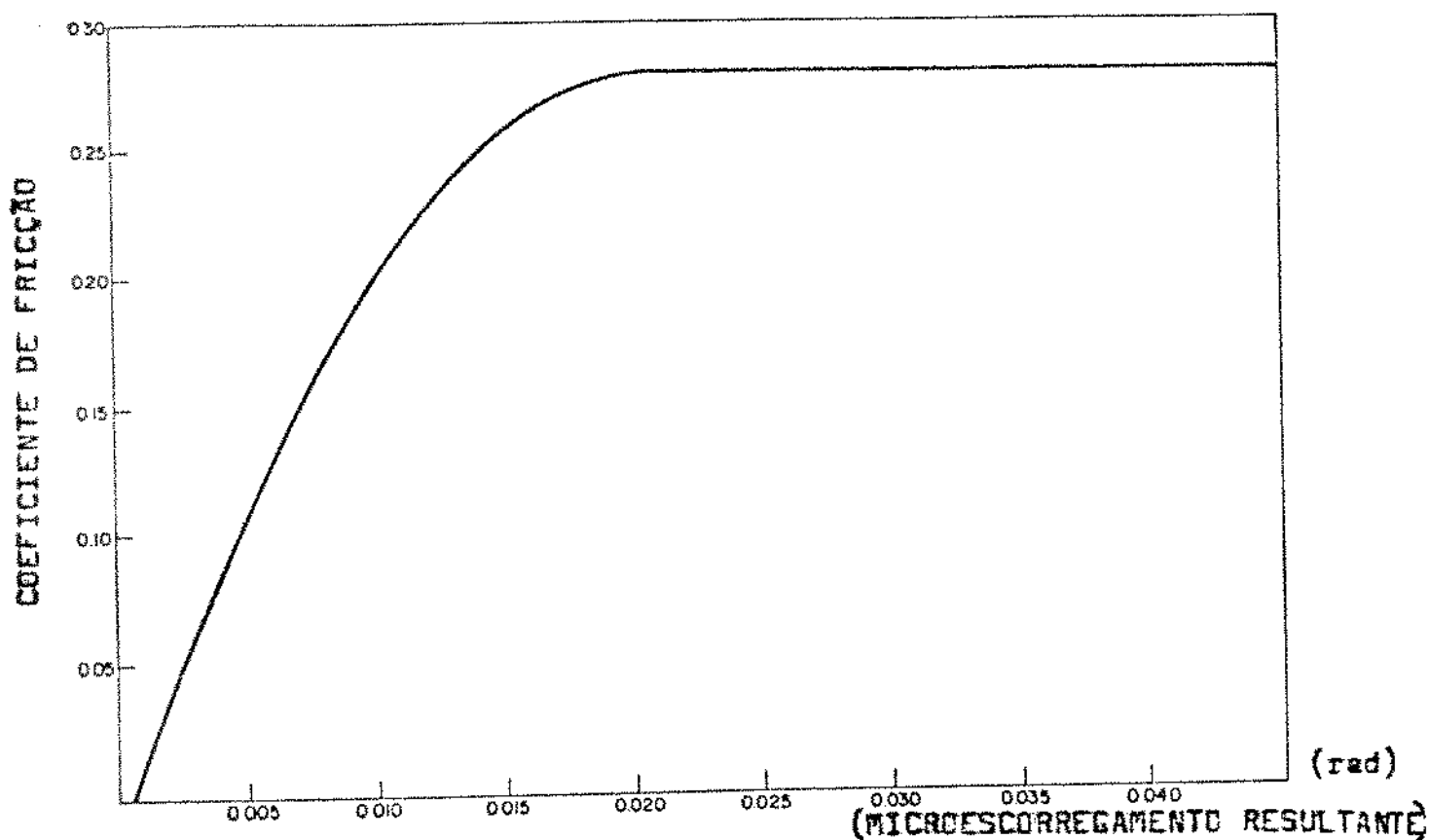


Fig. 6.2 - Coeficiente de fricção x microescorregamento resultante

Primeiramente, o programa verifica em que grau de restrição o truque se encaixa. Em seguida, compara o raio de curva da via com o raio necessário para o início do primeiro grau de restrição (raio de transição). Se o raio de curva da via for maior que este raio de transição, então o truque está em curva livre. Se menor, está no primeiro grau de restrição. O raio de transição é determinado através da localização do centro de fricção longitudinal em função do raio de curva da via.

6.3 - Modelo Matemático Selecionado

O modelo utilizado computa forças e momentos sob as mais variadas condições externas existentes, tais como velocidade, forças de tração, frenagem e impacto, diâmetros das rodas, base rígida, distância entre eixos, distância entre o eixo líder e a linha de centro

do pião e entre piões do veículo, raio de curva, bitola e folga de bitola (com ou sem superlargura) da via permanente.

O programa computacional foi elaborado na linguagem FORTRAN IV, e aplica-se a veículos com dois truques de 2, 3 ou 4 eixos em cada truque. Modela cada truque individualmente numa condição quase estática. Esta condição não leva em conta o passeio do engate (responsável pela rigidez e amortecimento do sistema) e considera as forças externas igualmente distribuídas nos dois truques, tendo um apoio central (pião) convencional no "bolster" do truque.

Origina-se de um modelo matemático desenvolvido por Swenson (48) na EMD-Eletro-Motive Division e não publicado, baseado em dados experimentais do campo, relativo ao relacionamento não linear do microescorregamento com a força de microescorregamento resultantes do escorregamento originado da roda no trilho, reportado pela primeira vez por Koci et al (49). Não leva em consideração a transferência de peso do veículo. Mais tarde Boocock (50) introduziu-a no seu modelo linear.

Perlman et al (51), usando um modelo de truque de 2 eixos, incluíram a não linearidade da componente horizontal do peso do veículo agindo no rodeiro do veículo.

Em 1978 Elkins et al (52) introduziram a não linearidade no contato roda-trilho e a saturação na relação microescorregamento - força de microescorregamento, usando a teoria não linear de Kalker.

Em 1980 Weinstock et al (53) incluíram a relação microescorregamento - força de microescorregamento linear e não linear usando um ponto de contato da roda com o trilho. A extensão desse trabalho, em dois pontos de contato, foi desenvolvido por Elkins et al (54).

Geralmente o contato em dois pontos resulta num pequeno momento de "yaw" no eixo líder. Isso conduz a forças e ângulo de ataque mais altos no contato roda/trilho.

Em 1980, conforme relatado por Smith et al (54), a EMD aperfeiçoou seu

modelo matemático, incluindo dois pontos de contato, rigidez não linear, conicidade efetiva da roda com o trilho, rigidez gravitacional, 1 ou 2 pontos de contato, velocidade acima e abaixo da velocidade de equilíbrio, rigidez longitudinal ("yaw"), resistência de rotação do pião do truque, variações das forças verticais, incluindo previsão para truques radiais.

Em 1985, Frank (56) desenvolveu um programa similar para truques de 3 eixos motorizados, onde incluiu a geometria não linear do contato roda/trilho, com dois pontos de contato. Usou a teoria não linear de Kalker, ao invés dos dados de campo.

Estes trabalhos foram baseados no programa da AAR mencionado, sendo os mesmos individuais, sem a participação direta da AAR.

6.3.1 - Descrição do Programa Principal e das Sub-rotinas

O modelo consiste em um programa principal e 21 sub-rotinas. O programa principal, denominado CURVENEG, simplesmente lê os dados de entrada, seleciona uma das 3 sub-rotinas principais em função do número de eixos do truque e processa as simulações, uma a uma.

Quando o processamento está completo, o controle retorna para o programa principal para a próxima simulação. A estrutura básica é tal que, simulações para 2, 3 e 4 eixos por truque seguem a mesma estrutura de sub-rotinas (3 grupos de 7 subrotinas, um grupo para cada número de eixos do truque). A figura 6.3 mostra o fluxograma do programa e as diversas sub-rotinas.

Mantiveram-se todos os nomes originais das subrotinas, pois julgou-se que não havia a necessidade de mudá-los.

6.3.2 - Sub-rotinas TRUCK2, TRUCK3 e TRUCK4

Determinam dentro de qual modo de restrição cairá o truque de 2, 3 ou 4 eixos respectivamente, para um conjunto particular de dados de entrada e comparam a solução final com critérios de aceitação a partir da compatibilidade geométrica e do momento resultante.

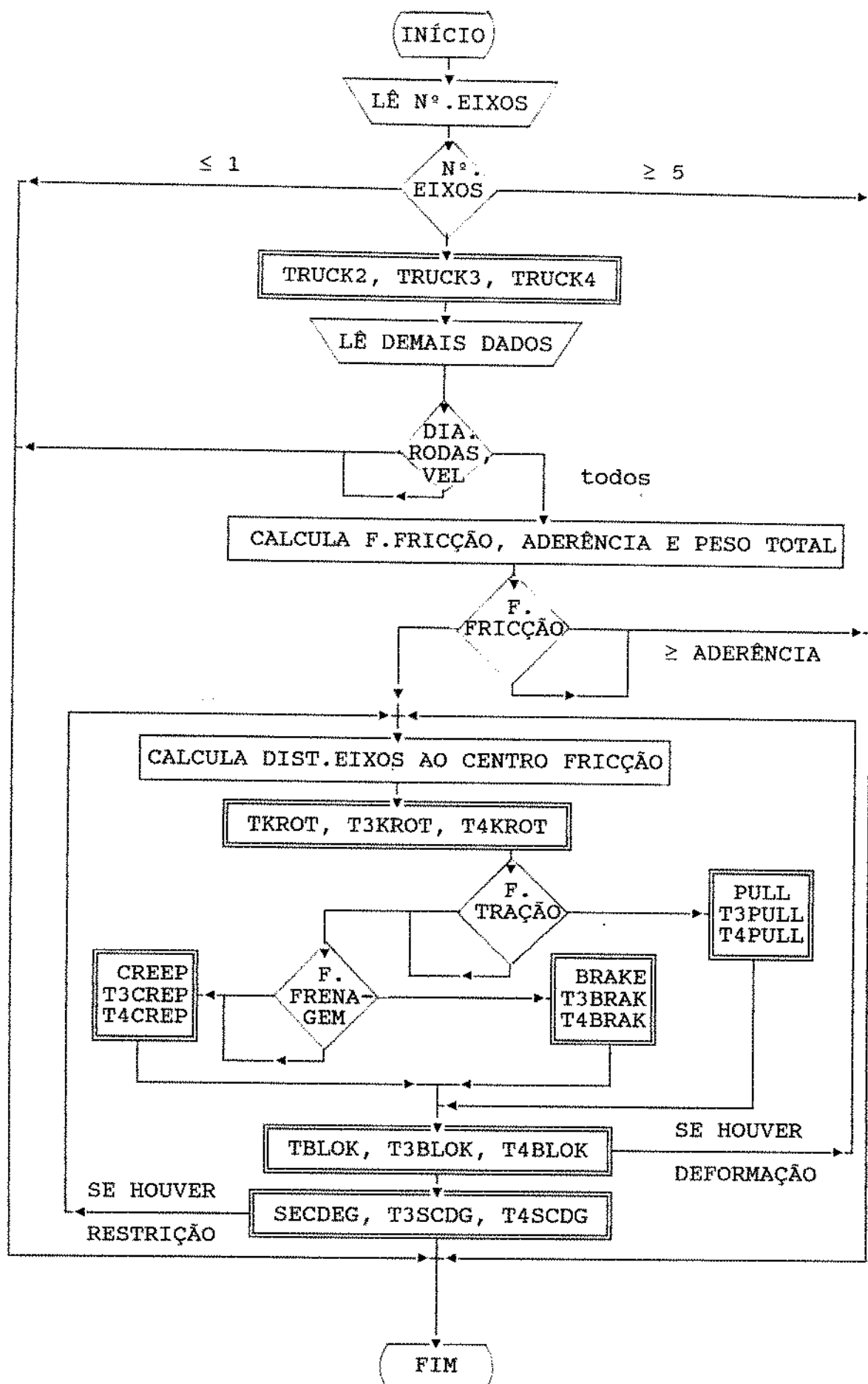


Fig. 6.3 - Fluxograma

6.3.3 - Sub-rotinas CREEP, T3CREP e T4CREP

Calculam as forças de fricção em cada roda, usando-se o centro de fricção, para os casos onde não há forças de tração e frenagem. Elas determinam também o deslocamento deste centro de fricção para o caso de forças de impacto agindo nos engates, oriundas do choque entre veículos.

6.3.4 - Sub-rotinas PULL, T3PULL, T4PULL, BRAKE, T3BRAK e T4BRAK

Calculam também as forças de fricção em cada roda, com o momento de fricção agindo em relação ao centro de fricção, baseado nos dados de entrada. Entretanto, as sub-rotinas PULL, T3PULL e T4PULL fazem isto para o caso de existência de forças de tração e impacto em truques de 2, 3 ou 4 eixos respectivamente, enquanto que a subrotina BRAKE, T3BRAK e T4BRAK fazem para o caso de forças de frenagem e impacto.

6.3.5 - Sub-rotinas SECDEG, T3SCDG E T4SCDG

Uma vez que a sub-rotina TRUCK determina que o truque pode estar num segundo grau de restrição, estas sub-rotinas são chamadas para uma análise mais detalhada desta restrição e para verificar se o mesmo está ou não num ponto de transição entre a faixa final do primeiro grau ou realmente no segundo grau de restrição. Se estiver na transição uma mensagem é dada. Caso contrário calculam as reações nos frisos. Isto envolve uma verificação para determinar se existe contato do friso da roda interna do eixo guiado. Se existir, um método iterativo é usado até que uma solução atinja um valor consistente.

6.3.6 - Sub-rotinas TBLOK, T3BLOK e T4BLOK

Determinam a inclinação adicional do truque devido à deflexão de cada coxim de borracha (quando existir essa rigidez lateral). Calculam as deflexões dos coxins a partir das forças no friso obtidas no programa principal.

6.3.7 - Sub-rotinas TKROT, T3KROT e T4KROT

Devido ao número de forças de entrada agindo ao longo da linha de centro da locomotiva, é importante saber como o veículo fica alinhado na curva e como seus truques também ficam em relação ao veículo.

Estas sub-rotinas são utilizadas para calcular o desalinhamento da linha de centro do veículo em relação à linha de centro do truque, tanto para o truque número 1 como para o truque número 2. Uma vez isso determinado, as componentes longitudinal e lateral, que agem no pino central, podem ser reescritas como componentes longitudinal e lateral, em relação à linha de centro do truque.

6.3.8 - Arquivo de Dados de Entrada

A descrição dos parâmetros usados no arquivo de dados de entrada, bem como suas localizações nas linhas e colunas, formatos e unidades de medida estão apresentados no apêndice 3.

Todos estes dados, necessários para a execução do programa, são previamente estabelecidos e armazenados num arquivo denominado TAPE20 DATA A1.

Mostra-se também neste apêndice 3 um arquivo de dados de entrada das locomotivas B - B de 1320 hp e C - C de 3000 hp simuladas.

6.3.9 - Arquivo de dados de saída

A descrição dos dados de saída, os erros que podem ocorrer durante a leitura dos dados de entrada, as mensagens e advertências estão no apêndice 4. Nos casos dos erros e mensagens a simulação é automaticamente finalizada, obrigando o operador fazer as devidas correções.

Os resultados ficam arquivados nos bancos de saída TAPE21 DATA A1, TAPE 23 DATA A1, TAPE24 DATA A1, TAPE25 DATA A1 e TAPE26 DATA A1 e podem ser mostrados na tela, segundo a opção do operador.

O apêndice 5 mostra os arquivos de dados de saída das três locomotivas simuladas.

6.3.10 - Erros, Advertências e Mensagens

Durante a leitura dos dados de entrada, podem ocorrer diversos tipos de erros. Quando isso acontece a simulação é finalizada, imprimindo-se mensagens no arquivo de saída. Isto obriga o operador fazer as devidas correções para reiniciar o processamento.

Estas mensagens podem também ser vistas no apêndice 4.

6.4 - Recursos Computacionais Utilizados

Utilizou-se, inicialmente, o computador CDC-Control Data Corporation - Cyber 180, modelo 830, considerado um supermini, com um processador central responsável pela manipulação de dados, operações matemáticas e acesso à memória central. Este computador possui 16 MBytes de memória principal e 2,8 GBytes de memória em disco (7 discos). O sistema operacional usado foi o NOS/VE (Network Operation System for Virtual Environment). Como este computador, que pertence a UNICAMP, trazia altos custos de manutenção, foi desativado em 31/3/92. Em face disso e considerando a disponibilidade de terminais na FEM (Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP), optou-se pelo uso do computador IBM-3090/150E, que é o menor modelo da linha 3090 fabricado pela IBM, composto de uma CPU modelo 3090/150E para processamento em geral, um processador vetorial ("Vector Facility") para cálculos científicos, com 64 MBytes de memória principal e 15 Gbytes de memória secundária, com uma impressora de 1200 linhas por minuto, com o sistema operacional CMS (VM/XA).

Foi utilizado o programa "Curve Negotiation Model", adquirido da AAR em fita magnética, gravada em computador IBM 370/158. Posteriormente transposto para cartucho IBM e finalmente arquivado junto ao IBM 3090, instalado no CPD da UNICAMP.

7. SIMULAÇÕES EFETUADAS E RESULTADOS OBTIDOS

Geraram-se diversos arquivos de entrada de dados relativos aos truques frontais (número 1) de três modelos de locomotivas em operação nas ferrovias brasileiras.

A primeira possui uma potência bruta de 1320 hp (1200 hp de potência líquida entregue ao gerador principal), peso em ordem de marcha de 71200 kgf, dois truques convencionais de dois eixos em cada truque (locomotiva B - B), diâmetro das rodas igual a 914,4 mm, base rígida (distância entre eixos do mesmo truque) igual a 2,44 m e distância entre piões igual a 7,47 m.

A segunda tem uma potência bruta de 2250 hp (2000 hp para o gerador principal), peso em ordem de marcha de 108000 kgf, dois truques convencionais de 3 eixos em cada truque (locomotiva C - C), diâmetro das rodas igual a 914,4 mm, base rígida igual a 3,51 m e distância entre piões igual a 9,02 m.

A terceira apresenta potência de 3300 hp (3000 hp para o alternador principal), peso em ordem de marcha de 180000 kg, dois truques convencionais de três eixos em cada truque (locomotiva C - C), diâmetro das rodas igual a 1016 mm, base rígida igual a 4,14 m e distância entre piões igual a 12,47 m.

As duas primeiras locomotivas trafegam em via permanente de bitola métrica e a terceira em bitola larga.

Consideraram-se nulas as resultantes das forças de tração e as forças de frenagem e impacto.

Usou-se um pequeno momento resistivo nos piões de 9000 lb x pol (103,7 kgf x m) recomendado pela AAR, ocasionado pela entrada e saída do veículo da curva.

Escolheram-se as velocidades de 100, 70, 40 e 10 km/h, que permitiram

levantar gráficos mais adequados para a visualização dos resultados obtidos.

Simularam-se diversos raios de curva da via permanente, desde o mínimo existente na ferrovia (150 m), até um valor que permitiu levantar gráficos mais consistentes (1200 m), com intervalos de 50 m. Estes intervalos foram escolhidos preocupando-se apenas com a clareza dos gráficos elaborados. Por este mesmo motivo refinaram-se os intervalos, passando de 50 m para 20 m, para raios de curva abaixo de 300 m.

Consideraram-se os diâmetros das rodas, bitolas externas dos rodeiros, folgas, distâncias entre piões, bases rígidas e distâncias dos piões aos eixos líderes com seus valores nominais de projeto.

Usaram-se as bitolas das vias nos valores nominais e as superlarguras conforme recomendado nas normas ABNT NBR 7709 (bitola 1,00 m) e NBR 7711 (bitola 1,60 m).

Considerou-se o sistema totalmente rígido (sem deformação) porque essas locomotivas não possuem suspensões primárias laterais entre os pedestais do truque e as caixas de mancal dos rodeiros. Não se considerou o atrito entre as caixas de mancal e os pedestais do truque.

Aplicaram-se os coeficientes da curva microescorregamento x coeficiente de fricção levantados no campo pela General Motors (fig. 6.2).

Usaram-se as superelevações práticas conforme recomendação da ferrovia onde as locomotivas trafegam (FEPASA), obtidas pelas fórmulas:

$$s_p = 5,25 \frac{vel^2}{r} \quad (bitola \text{ métrica})$$

e

$$s_p = 8,4 \frac{vel^2}{r} \quad (bitola \text{ larga})$$

onde s_p , v_{el} e r são expressos em mm, km/h e m, respectivamente.

Obtiveram-se os valores de v_{el} da fórmula empírica recomendada pela mesma ferrovia como sendo:

$$v_{el} = 4 \sqrt{r}$$

onde v_{el} e r são expressos em km/h e m, respectivamente.

Adotou-se um limite máximo de 120 km/h nesta fórmula empírica, que é a velocidade máxima recomendada pelo fabricante para essas séries de veículos, bem como para o tipo de trilho (TR 57), existente no trecho estudado (57).

Numa segunda etapa das simulações, alteraram-se também as bitolas de dois dos três veículos (de 1m para 1,60 m na locomotiva B - B de 1320 hp e de 1,60 m para 1,435 m na locomotiva C - C de 3300 hp de potencia bruta).

Outras simulações poderão ser efetuadas, como por exemplo o veículo com suas rodas totalmente desgastadas, com forças de tração, frenagem e impacto, com superlargura e superelevação além e aquém das recomendadas pela norma ABNT e pela prática da FEPASA, com as folgas entre as caixas de mancais e os pedestais dos truques maiores e menores que as nominais de projeto.

Como o computador IBM 3090 utilizado para efetuar as simulações não possui gerador de gráficos, houve a necessidade de duplicar em discos de 5 1/4" e 3 1/2", usando um emulador Itautec, os arquivos de dados de saída, que estavam armazenados no banco deste computador, para que esses dados pudessem ser transferidos para o microcomputador HP (HEWLETT PACKARD) VECTRA QS/16S, com monitor HP VIDEO GRAPHICS. Com "software" apropriado para gráficos, um PLOTTER HP 7090A e uma impressora HP LASERJET IIP geraram-se os diversos gráficos apresentados neste trabalho.

Estes equipamentos todos são do Laboratório Ferroviário da FEM-UNICAMP e integram o Projeto BANCO DE FREIOS, em desenvolvimento naquele Laboratório, com financiamento das 3 principais ferrovias brasileiras: FEPASA, RFFSA e CVRD.

7.1 - Resultados obtidos

Os resultados diretos obtidos nas simulações são apresentados em dois modelos de arquivo de dados. O primeiro modelo de arquivo contém não somente os dados de saída como também os parâmetros do veículo e da via que foram usados na simulação.

Os dados neste primeiro modelo de arquivo estão apresentados em unidades de medidas inglesas, visto que o programa computacional foi originalmente desenvolvido nos Estados Unidos e os projetos dos veículos utilizados também estão nas mesmas unidades. Eles podem facilmente ser convertidos em unidades internacionais, mediante uma simples modificação no programa computacional, o que não foi feito por se considerar desnecessário, uma vez que em nada iria contribuir para o estudo e conhecimento do assunto.

Um segundo modelo de arquivo de saída foi preparado no programa computacional, basicamente com os mesmos tipos de dados de saída, porém com uma descrição mais completa da locomotiva simulada. Os resultados foram ordenados em colunas e estão em unidades métricas, exceto o momento friccional que permaneceu em unidades inglesas, pois ele não apresenta interesse neste trabalho (não houve necessidade de se levantar gráficos relativos ao mesmo). Este modelo está apresentado em diversos tipos de arquivo, em face de ter-se usado 80 colunas para a saída dos dados. A criação deste segundo banco teve o objetivo não só de reduzir seu tamanho físico como também orientar melhor os dados para o traçado dos gráficos mais representativos.

O apêndice 5 mostra alguns arquivos de dados de saída correspondentes às simulações das três locomotivas estudadas. Neste apêndice estão também evidenciados os parâmetros dos veículos estudados e das vias onde trafegam as referidas locomotivas.

O interesse primário do estudo da inscrição em curva de um veículo ferroviário concentra-se na força líquida resultante na roda externa (roda guia) do primeiro eixo (força de guia), pois ela é responsável pelo direcionamento do truque em curva. Seu controle é importante sob o ponto de vista de segurança. Ela está diretamente ligada aos projetos e à

manutenção dos veículos e da via permanente, bem como às práticas de operação.

Com esses resultados construíram-se curvas de desempenho dos veículos simulados relativas às forças líquidas nos frisos das rodas, principalmente da roda externa (roda guia) do primeiro eixo (eixo líder) e também curvas relativas às relações L/V , em função dos raios e graus métricos de curva.

Na locomotiva B - B de 1320 hp alterou-se a bitola original de 1,00 m para 1,60 m para permitir melhor análise da variação dessas forças em função da bitola.

Na locomotiva C - C de 2250 hp construíram-se somente curvas relativas às forças líquidas na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, pois os resultados, na sua maioria, são dispersos e com isso não oferecem gráficos conclusivos.

Na locomotiva C - C de 3300 hp construíram-se curvas da força líquida na roda externa do eixo líder para a bitola de 1,435 m para verificar se o comportamento dessa força segue a mesma forma que na locomotiva B - B de 1320 hp, quando se passa a bitola de 1,00 m para 1,60 m.

Outras curvas, em função do raio e do grau métrico de curva, poderiam ser construídas com os resultados das simulações, tais como: força de fricção no contato da roda com o trilho; distância do centro de fricção ao eixo líder e parcela da força centrífuga não compensada pela superelevação.

Nestas curvas se poderiam analisar melhor a influência da força de fricção e do centro de fricção na força líquida resultante no friso da roda.

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisaram-se os resultados de alguns parâmetros considerados mais significativos, tais como força líquida gerada nos frisos das rodas e relação adimensional L/V, em função do raio de curva e da velocidade. Para facilidade de análise esses resultados são apresentados na forma de gráficos.

Levantaram-se várias curvas, a partir dos arquivos de dados de saída e selecionaram-se aquelas consideradas de maior importância para um estudo de descarrilhamento, deslocamento da via, tombamento dos trilhos, dimensionamento e desgaste das rodas, projeto dos eixos e das armações dos truques.

Procurou-se analisar as curvas de interesse sob o aspecto teórico e prático, com suas causas e efeitos e ao final sugeriram-se ações para reduzir os efeitos indesejáveis ao veículo, carga, via, tripulação e passageiros.

8.1 - LOCOMOTIVA B-B, 1320 hp

O gráfico da figura 8.1 mostra o comportamento da força líquida na roda externa do eixo número 1 (eixo líder) em função do raio de curva. Variando-se a velocidade em intervalos de 30 km/h, de 10 a 100 km/h, nota-se que, para um determinado raio de curva, ela não cresce na mesma proporção. Verifica-se também que, nas velocidades estudadas, a força não varia linearmente com o raio de curva.

A ferrovia onde esta locomotiva trafega (FEPASA) recomenda o uso da fórmula empírica:

$$V_{el} = 4 \sqrt{r}$$

como valor limite de velocidade e

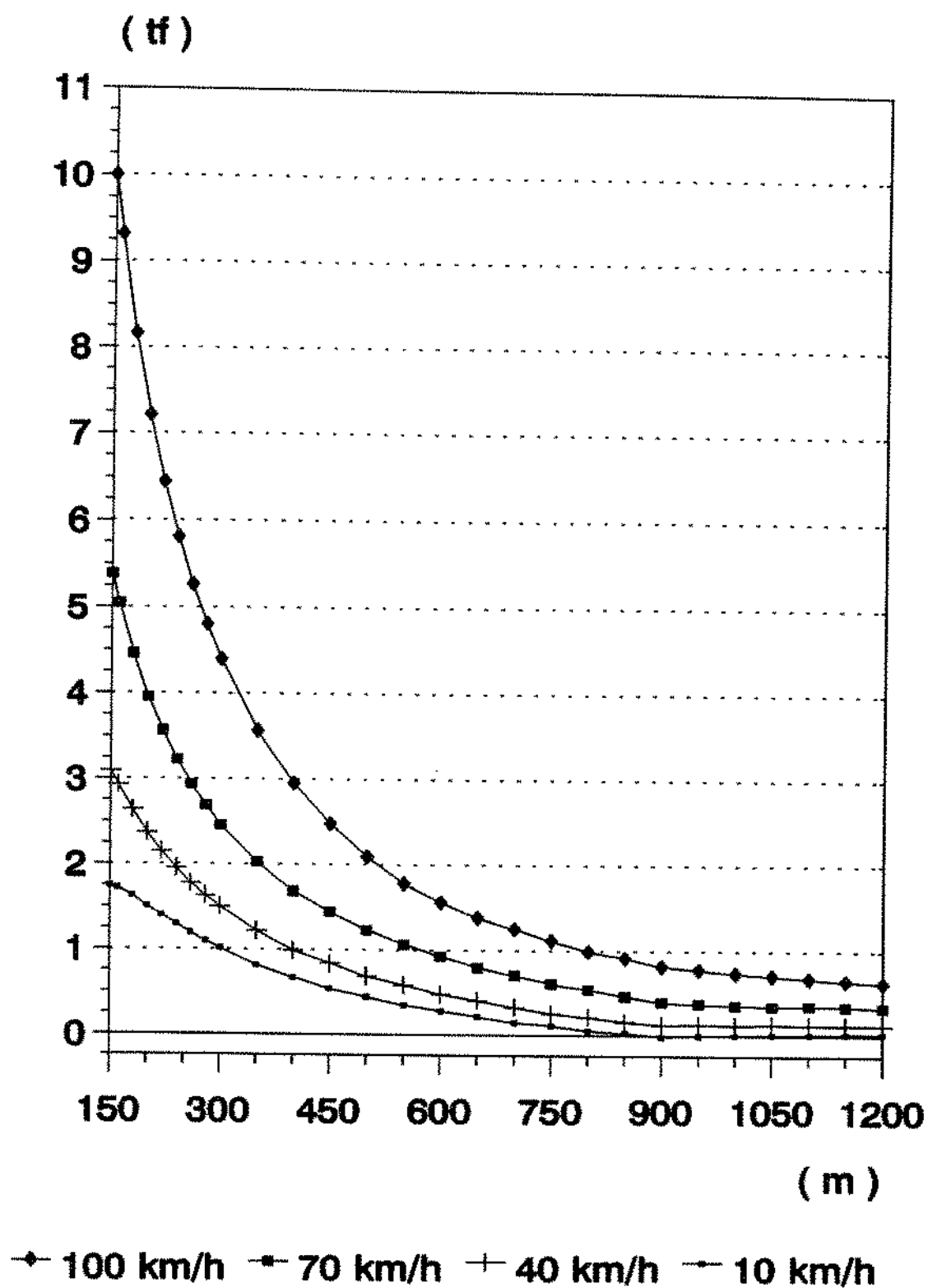


Figura 8.1 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva B - B, bitola 1,00m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

$$r = v_{el}^2 / 16$$

para raio mínimo de curva, sendo v_{el} e r expressos em km/h e m, respectivamente.

Com isso, nos raios de curva iguais ou maiores que 625 m, a locomotiva poderá trafegar com velocidade de até 100 km/h. Para 70 km/h, o raio mínimo é de 306 m. Para velocidades iguais ou menores que 49 km/h, não há limite para o raio de curva mínimo recomendado. Isto faz com que se trabalhe com valores de L/V máximo de 0,28, muito aquém dos mencionados no capítulo 5.

A equação para cálculo da resistência do veículo em curva:

$$F_{rc} = P_{tf} \times 0,6 \times G_m$$

não leva em consideração essa dependência. F_{rc} e P_{tf} devem ser expressos em kgf e tf, respectivamente.

Analisando o arquivo de dados de saída referente a essa locomotiva (Apêndice 5), verifica-se que o truque está em curva livre (contato somente na roda externa do eixo líder) para todos os raios de curva e velocidades analisadas, exceto para 100 km/h, nos raios iguais e menores que 550 m, onde apresenta também contato com a roda externa do eixo guiado (curva livre forçada), oriundo da alta velocidade associada com os baixos raios de curva, provocando altas forças centrífugas e fazendo com que o truque seja forçado contra o trilho externo.

O gráfico da figura 8.2 mostra o mesmo veículo anterior, porém para uma via permanente de bitola 1,60 m.

O gráfico da figura 8.3 mostra os mesmos resultados com a curva expressa em graus métricos (ângulo central que subentende uma corda de 20 m). A partir de 1,5 graus métricos de curva (750 m), aproximadamente, vê-se que existe uma proporcionalidade em ambos os casos, sugerindo que conseqüentemente equações de retas podem ser propostas para facilidade de estudo.

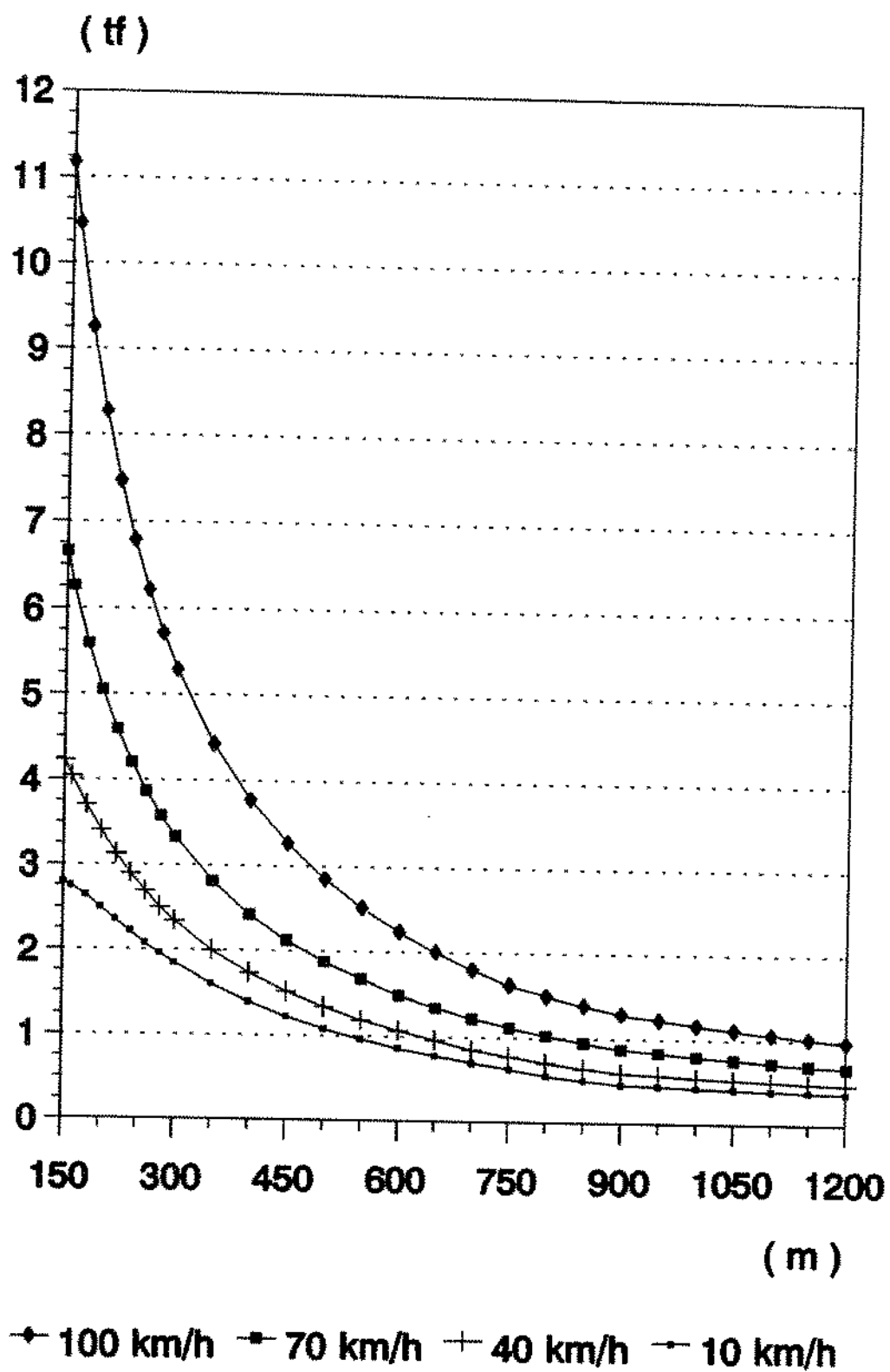


Figura 8.2 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva B - B, bitola 1,60m, com superlargura conforme ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

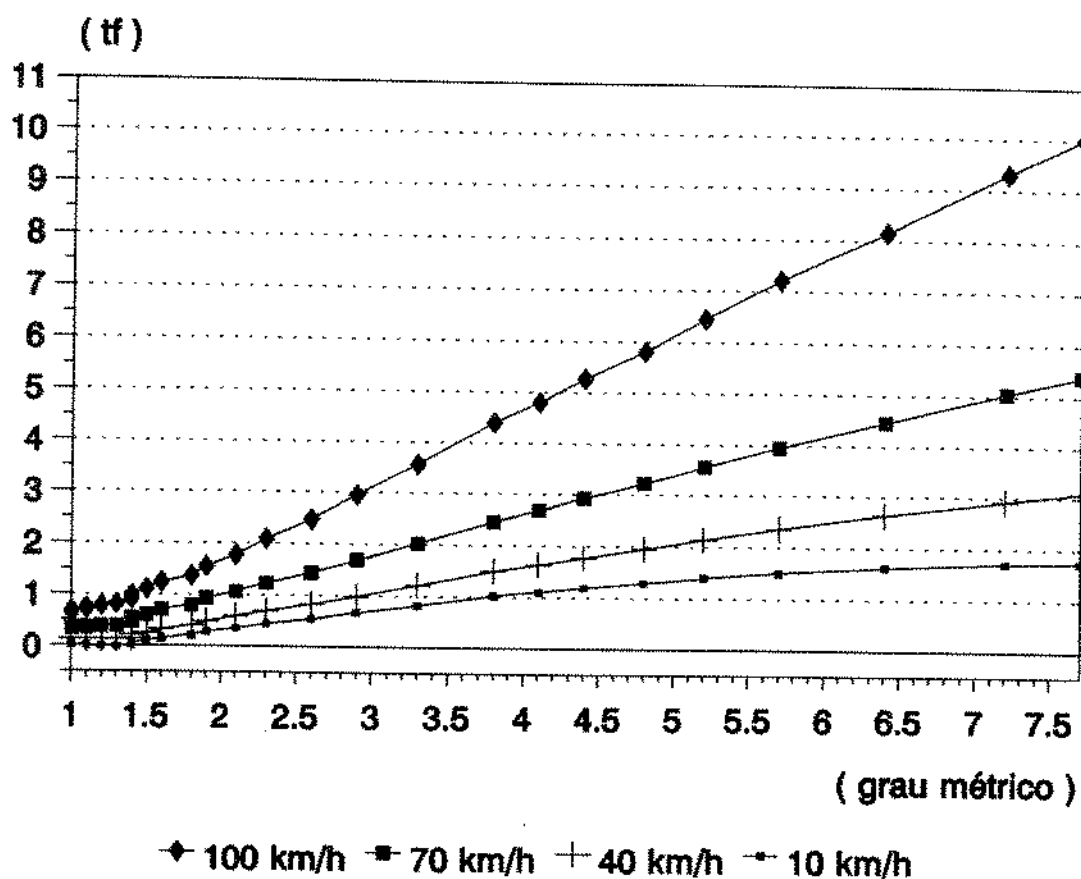


Figura 8.3 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva, para locomotiva B - B, bitola 1,00 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

Nota-se neste gráfico que a força no friso da roda em função do grau de curva e em consequência a resistência do veículo em curva é linear (na faixa mencionada) nas velocidades escolhidas.

Comparando-se as forças da figura 8.1 com as forças da figura 8.2 verifica-se que as mesmas aumentam quando a bitola passa de 1,00 m para 1,60 m, para as mesmas condições de curva e velocidade (figura 8.4).

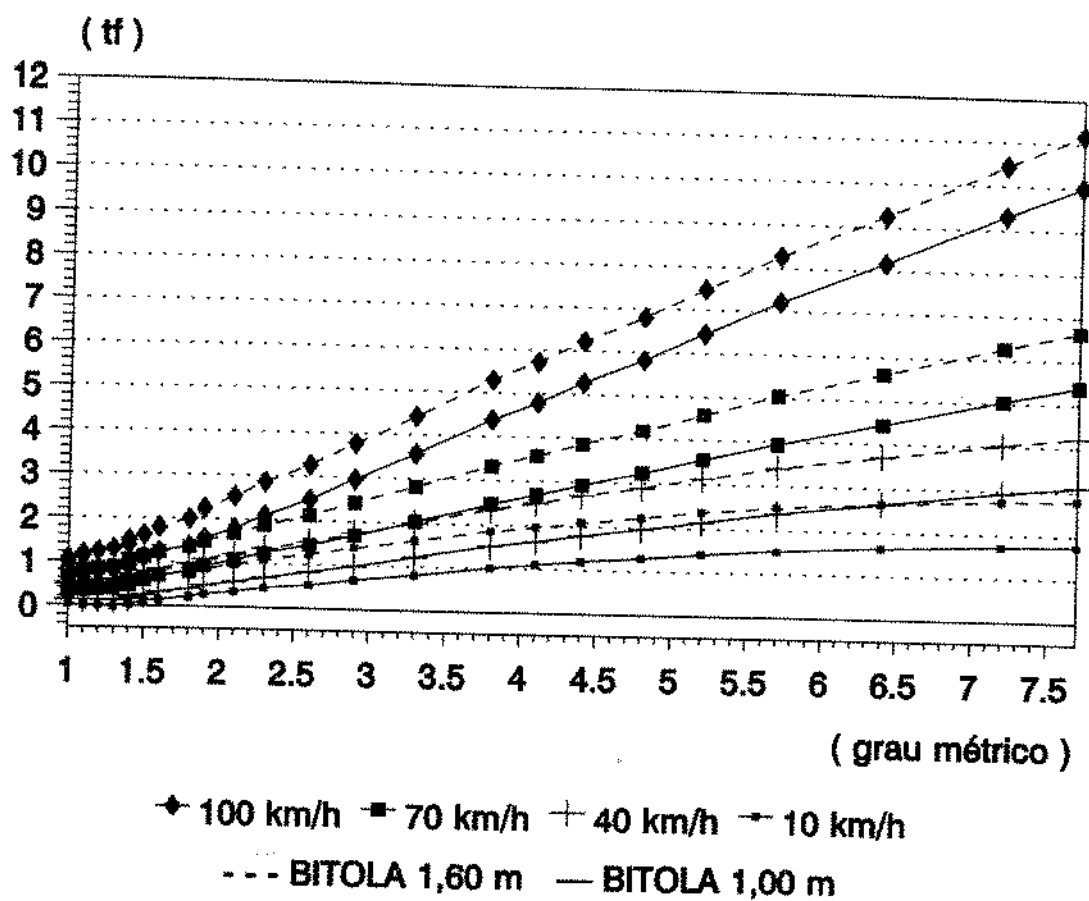


Figura 8.4 - Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva, para locomotiva B - B nas bitolas 1,60 m e 1,00 m com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.5 mostra a relação L/V para a roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva, onde, a partir de 1,5 graus métricos (750 m), aproximadamente, pode-se também propor retas, para todas as velocidades estudadas, mantendo-se com isso uma proporcionalidade entre L/V e grau métrico de curva, facilitando a obtenção de equações matemáticas mais simples. Observam-se, nas velocidades de 70, 40 e 10 km/h, valores de L/V inferiores aos limites recomendados pelos organismos e ferrovias internacionais. Na velocidade de 100 km/h, esses valores chegam a ultrapassar esses limites nos raios de curva fechados.

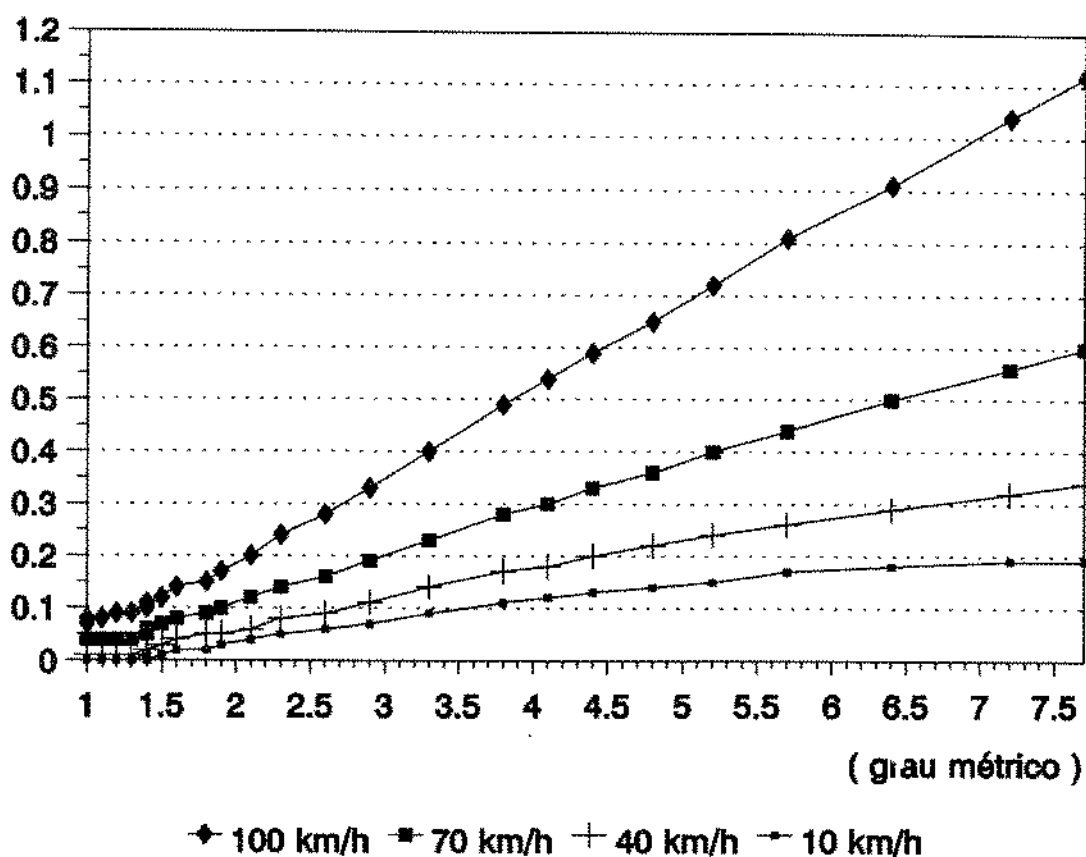


Figura 8.5 - Relação L/V para a roda externa do eixo líder em função do grau métrico de curva, para locomotiva B - B, bitola 1,00 m, com superelevação conforme norma ABNT e superlargura de acordo com a prática da FEPASA

8.2 - LOCOMOTIVA C - C, 2250 hp

Simulou-se também uma outra locomotiva existente, de 2000 hp de potência líquida entregue ao gerador (figura 8.6), com aproximadamente o mesmo peso por roda (9000 kgf), porém com 3 eixos por truque.

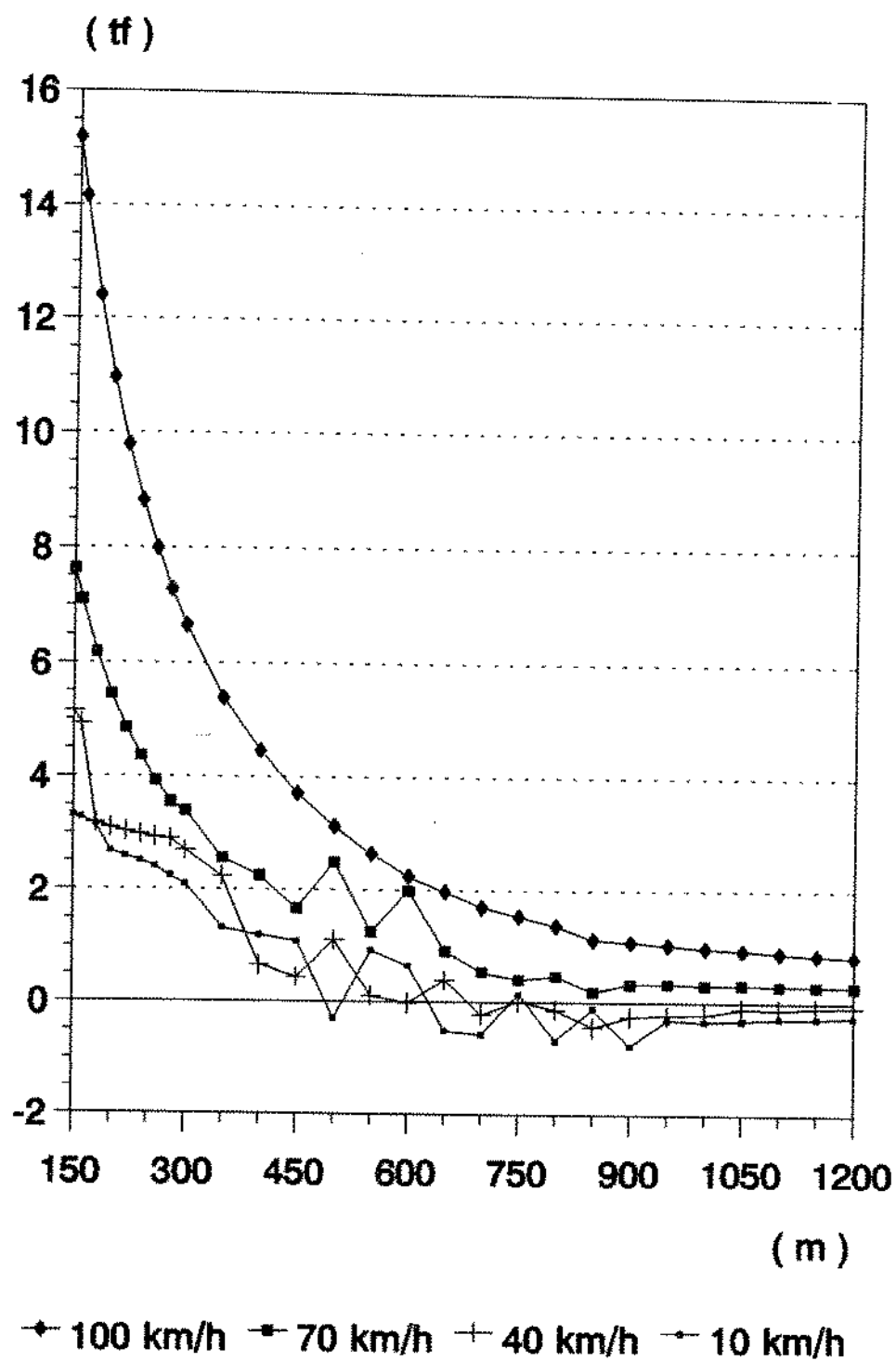


Figura 8.6 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 2250 hp, bitola 1,00 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

Observam-se forças líquidas maiores na roda externa do eixo líder, nos raios de curva fechados e velocidades simulados, quando comparadas com as forças líquidas na roda do eixo líder, nos raios de curva fechados e velocidades simulados, da locomotiva de 2 eixos por truque (base rígida menor). Verificam-se, nas velocidades de 70, 40 e 10 km/h e nos raios de curva entre 350 e 900 m aproximadamente, dispersões nos resultados encontrados, que julga-se não se tratar nem de ruído numérico e nem de instabilidade física. Eventualmente eles podem ser atribuídos ao programa computacional elaborado, porém isso requer um estudo bastante detalhado, que não é objeto deste trabalho.

As forças negativas mostradas neste gráfico significam que o friso da roda não está fazendo contato com o boleto do trilho.

8.3 - LOCOMOTIVA C - C, 3300 hp

No gráfico da figura 8.7 observa-se que, para 70 km/h e raios de curva acima de 850 m aproximadamente (1,4 graus métricos), há uma queda considerável da força analisada, devido ao fato de aí começar haver também contato das rodas externas dos eixos intermediário (figura 8.8) e guiado (figura 8.9).

Nota-se a influência da superlargura adotada na força líquida resultante no friso da roda externa do eixo líder, com bastante intensidade na velocidade de 10 km/h e reduzindo-se à medida que a velocidade do veículo aumenta. Este fato não é percebido na locomotiva B - B simulada (figura 8.1).

A ferrovia onde essa locomotiva trafega (FEPASA) recomenda, para essa bitola de 1,60 m, o uso da fórmula:

$$V_{el} = 4,5 \sqrt{r}$$

como valor limite de velocidade e

$$r = \frac{V_{el}^2}{20,25}$$

para raio mínimo de curva, onde v_{el} e r devem ser expressos em km/h e m, respectivamente. Com isso, a velocidade máxima recomendada de tráfego do veículo é de 100 km/h nos raios de curva iguais ou maiores que 494 m. Para 70 km/h, esse valor é de 242 m. Para velocidades iguais ou menores que 55 km/h não há restrição de raios de curva.

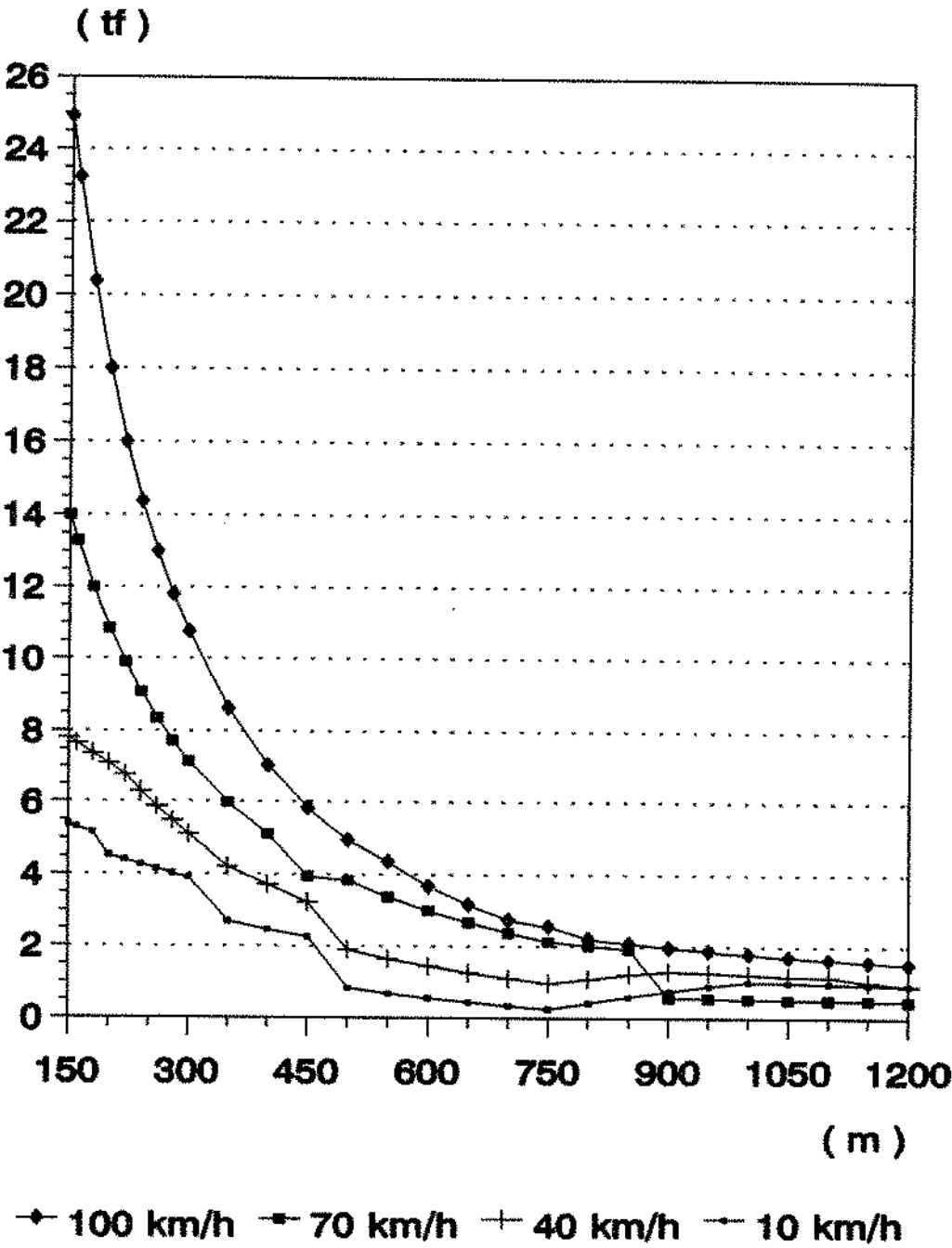


Figura 8.7 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.8 mostra que, para os raios selecionados, na velocidade de 100 km/h existe força no contato do friso da roda externa do eixo intermediário com o boleto do trilho para valores abaixo de aproximadamente 5,5 graus métricos de curva (raios de curva acima de 200m). Para 70 km/h, nas curvas abaixo de aproximadamente 1,3 graus métricos (raios de curva acima de 880 m), há esse contato, não acontecendo para as velocidades de 40 e 10 km/h. A não existência dessa força na roda externa do eixo intermediário faz com que haja um sobrecarregamento na roda externa do eixo líder.

As forças negativas mostradas neste gráfico significam que o friso da roda não está fazendo contato com o boleto do trilho.

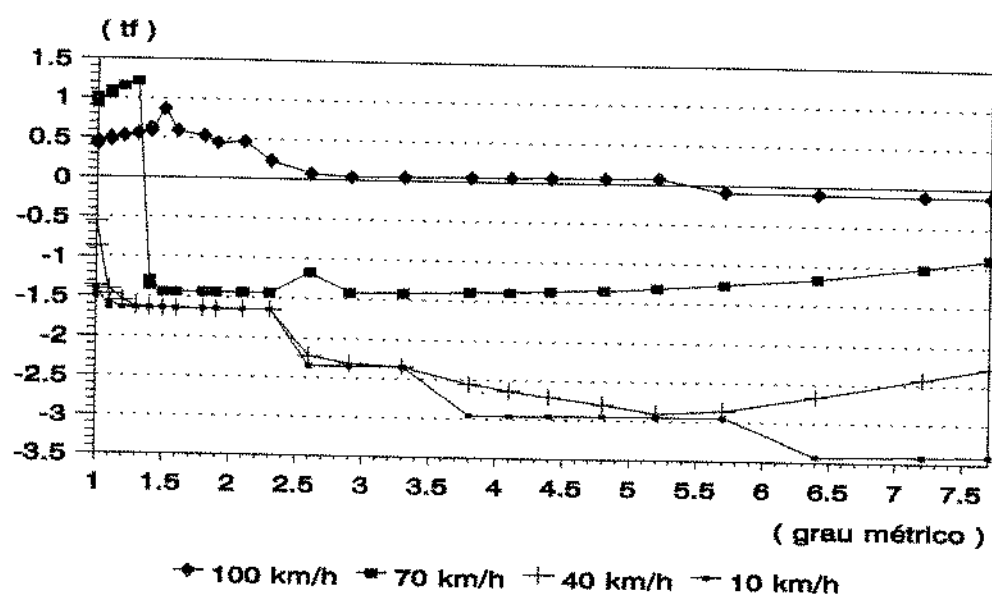


Figura 8.8 - Força líquida na roda externa do eixo intermediário em função do grau métrico de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.9 mostra que, para a velocidade de 100 km/h, existe força no contato do friso da roda externa do eixo guiado com o boleto do trilho em todos os raios de curva, oriunda da força centrífuga alta, em virtude do truque ser forçado contra o trilho externo. Para velocidade de 70 km/h, isso acontece nos raios de curva acima de 850 m, aproximadamente. Nas velocidades de 70 (raios abaixo de 850 m), 40 e 10 km/h não existe este contato.

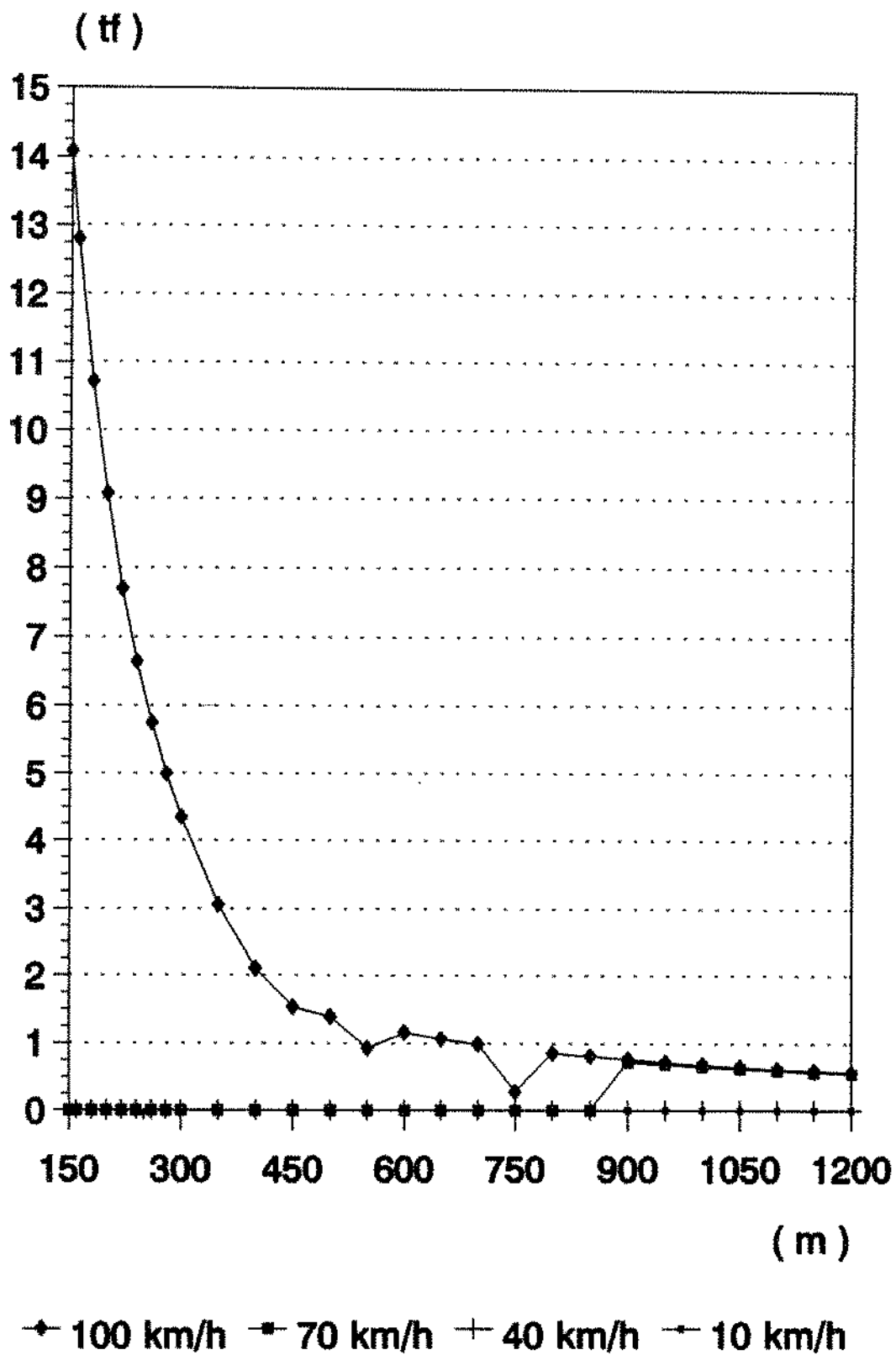


Figura 8.9 - Força líquida na roda externa do eixo guiado em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.10 mostra a força líquida resultante na roda externa do eixo líder, sem a superlargura recomendada pela ABNT.

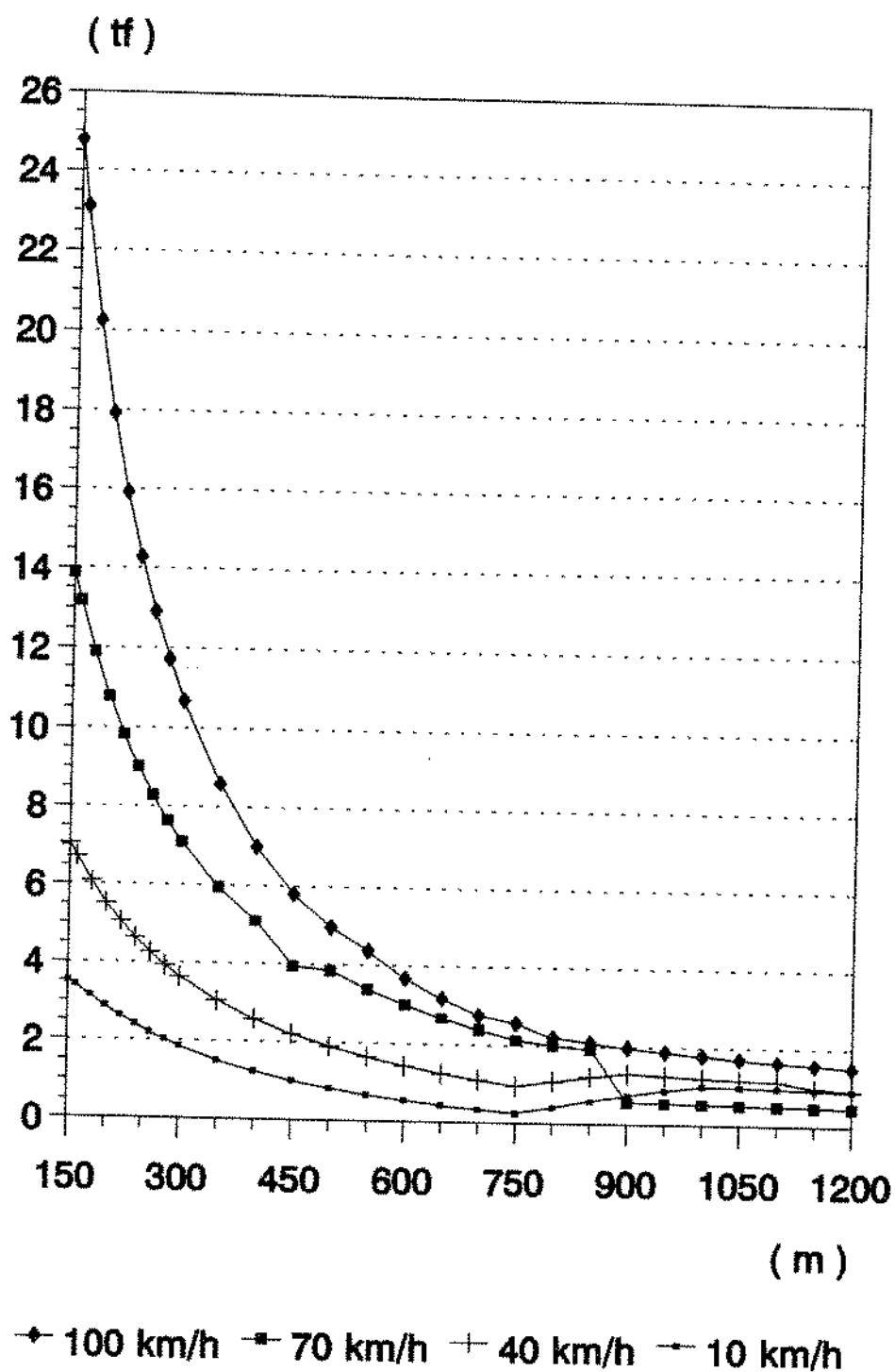


Figura 8.10 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, sem superlargura e com superelevação de acordo com a prática da FEPASA

Comparando-se estes resultados com os anteriores obtidos e mostrados na figura 8.7, observa-se a influência da superlargura, mostrada na figura 8.11. Nota-se que a superlargura, introduzida conforme norma ABNT nos raios de curva abaixo de 500 m, provocou uma alteração na força líquida, notadamente em 40 e 10 km/h, devido ao fato do truque se inclinar mais em relação à via permanente, aumentando o ângulo de ataque da roda com o boleto do trilho. Isto mostra que o uso da superlargura nem sempre produz o efeito desejado de reduzir essas forças, mas ao contrário pode levar a um aumento considerável das mesmas, dependendo entretanto da velocidade.

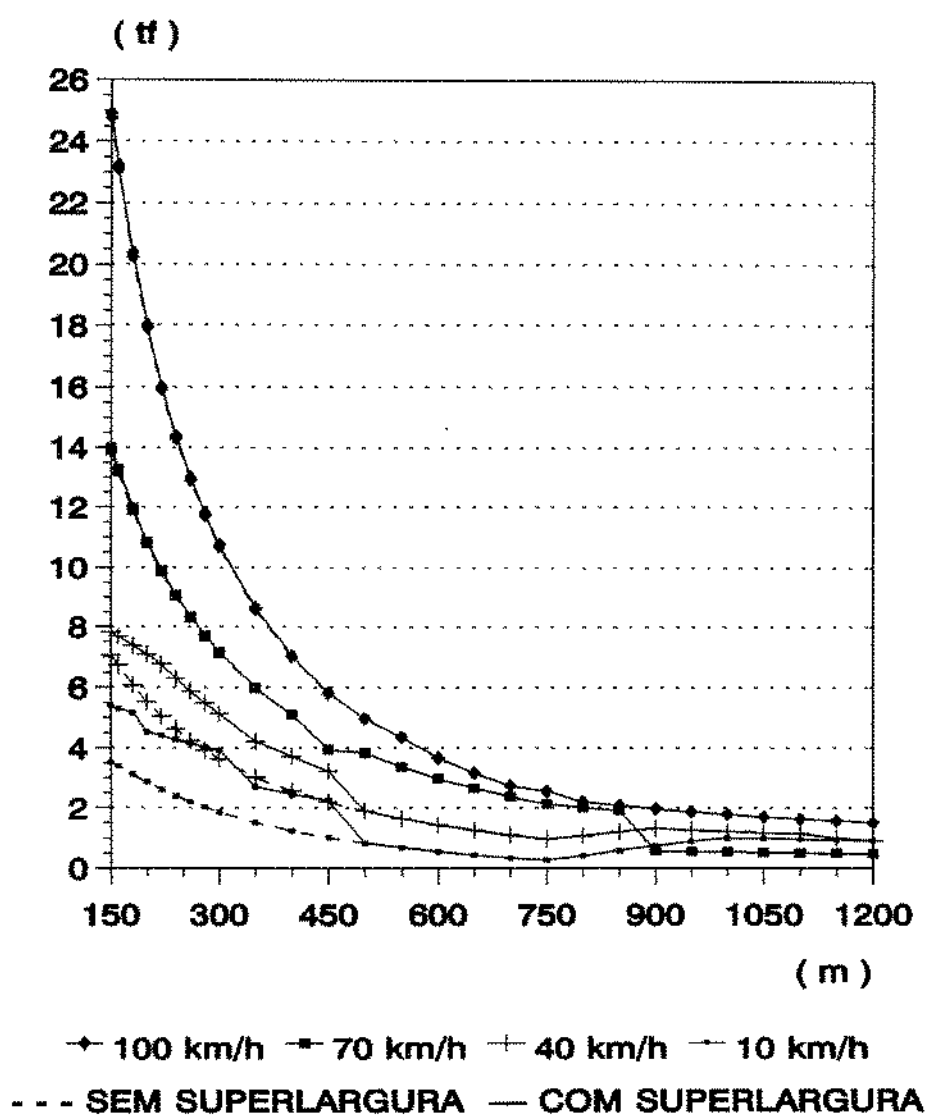


Figura 8.11 - Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com e sem superlargura e com superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.12 mostra os resultados obtidos com a mesma locomotiva em bitola de 1,435 m (bitola internacional).

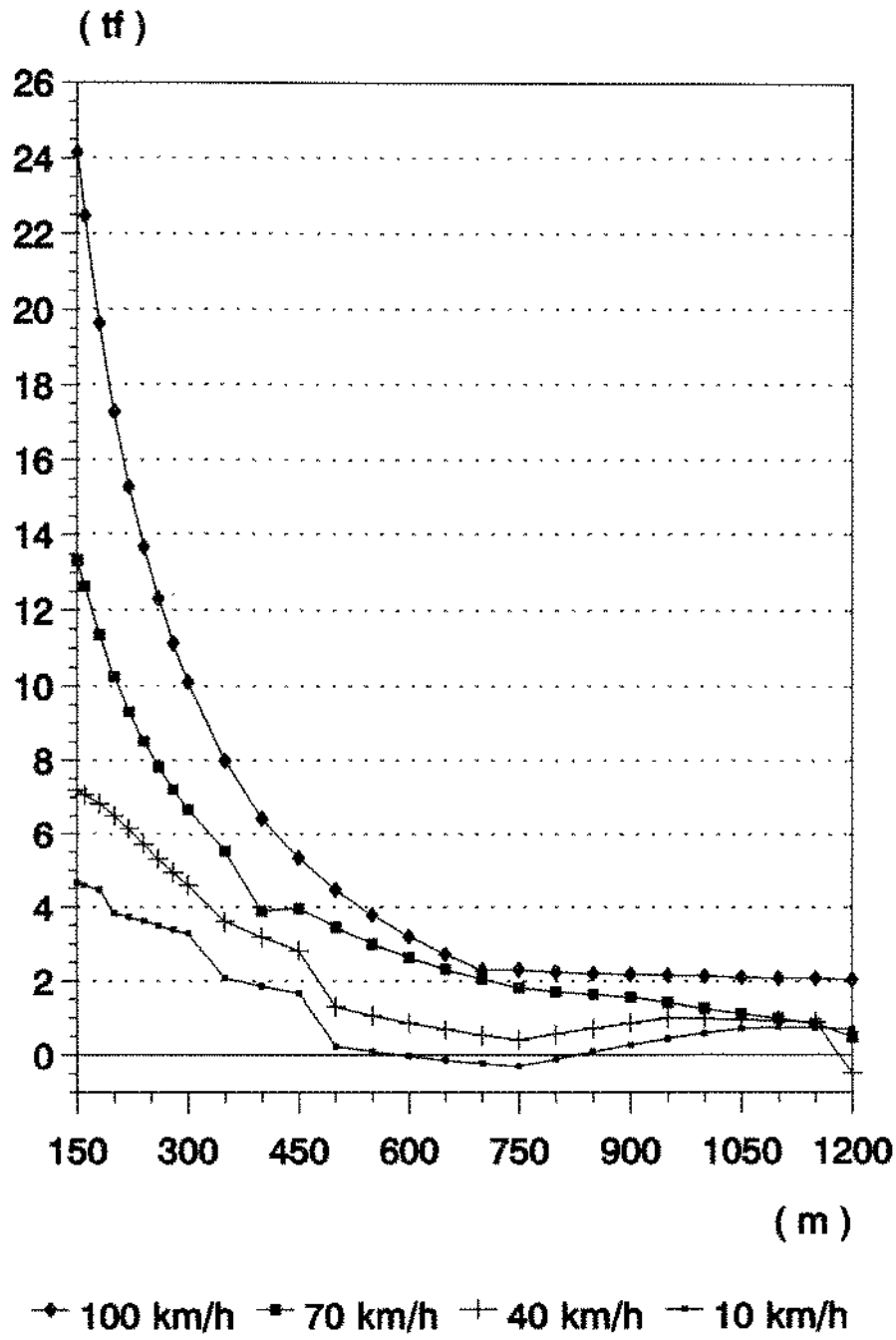


Figura 8.12 - Força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,435 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

As forças negativas mostradas neste gráfico significam que o friso da roda não está fazendo contato com o boleto do trilho.

Comparando-se também estes resultados com os mostrados na figura 8.7, verifica-se em geral que, nos raios entre 150 e 500 m, há uma redução da força líquida referenciada (figura 8.13), fato também observado na locomotiva com dois eixos por truque, quando se passa a bitola de 1,60 m para 1,00 m.

O gráfico da figura 8.14 mostra a relação entre a força líquida no friso da roda externa do eixo líder e a força vertical desta roda (L/V) em função do raio de curva. Nota-se também aqui a influência da superlargura nos raios de curva abaixo de 500 m onde estão consideradas as superlarguras recomendadas pela ABNT, nas velocidades de 10 e 40 km/h. A queda brusca da força líquida na velocidade de 70 km/h e raios de curva acima de 850 m já foi analisada anteriormente (figura 8.7).

Observam-se, nas velocidades de 70, 40 e 10 km/h, valores de L/V inferiores aos limites recomendados pelos organismos e ferrovias internacionais. Na velocidade de 100 km/h esses valores chegam a ultrapassar esses limites nos raios de curva fechados.

8.4 - VALIDADE DO MODELO MATEMÁTICO

Durante o desenvolvimento do modelo aqui adotado, a Eletro-Motive Division, divisão da General Motors Corporation, comparou os resultados obtidos em duas simulações efetuadas (45), sendo a primeira relativa a uma locomotiva modelo SD (figura 8.15), com dois truques de três eixos em cada truque e a segunda (figura 8.16) relativa a uma locomotiva modelo GP, com dois truques de dois eixos em cada truque, com os dados levantados no campo.

Foi observada uma boa correlação entre os valores obtidos em teste de campo e os obtidos nas simulações, mesmo assumindo-se certos parâmetros representativos, como a curva de microescorregamento em função do coeficiente de fricção, que foi levantada a partir dos valores médios e a deflexão dos amortecedores laterais, considerada como sendo linear.

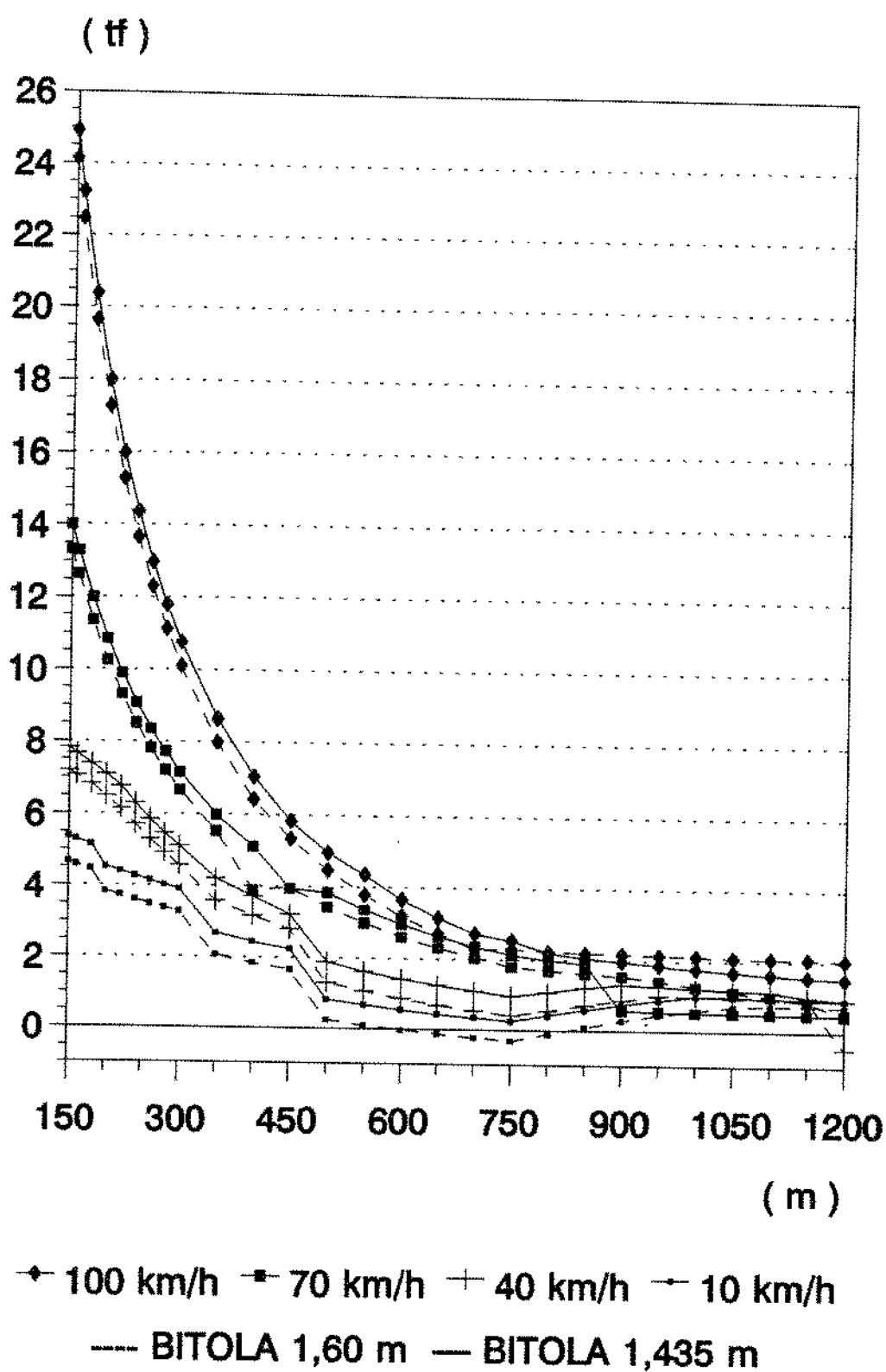


Figura 8.13 - Comparação da força líquida na roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, nas bitolas 1,60 m e 1,435 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

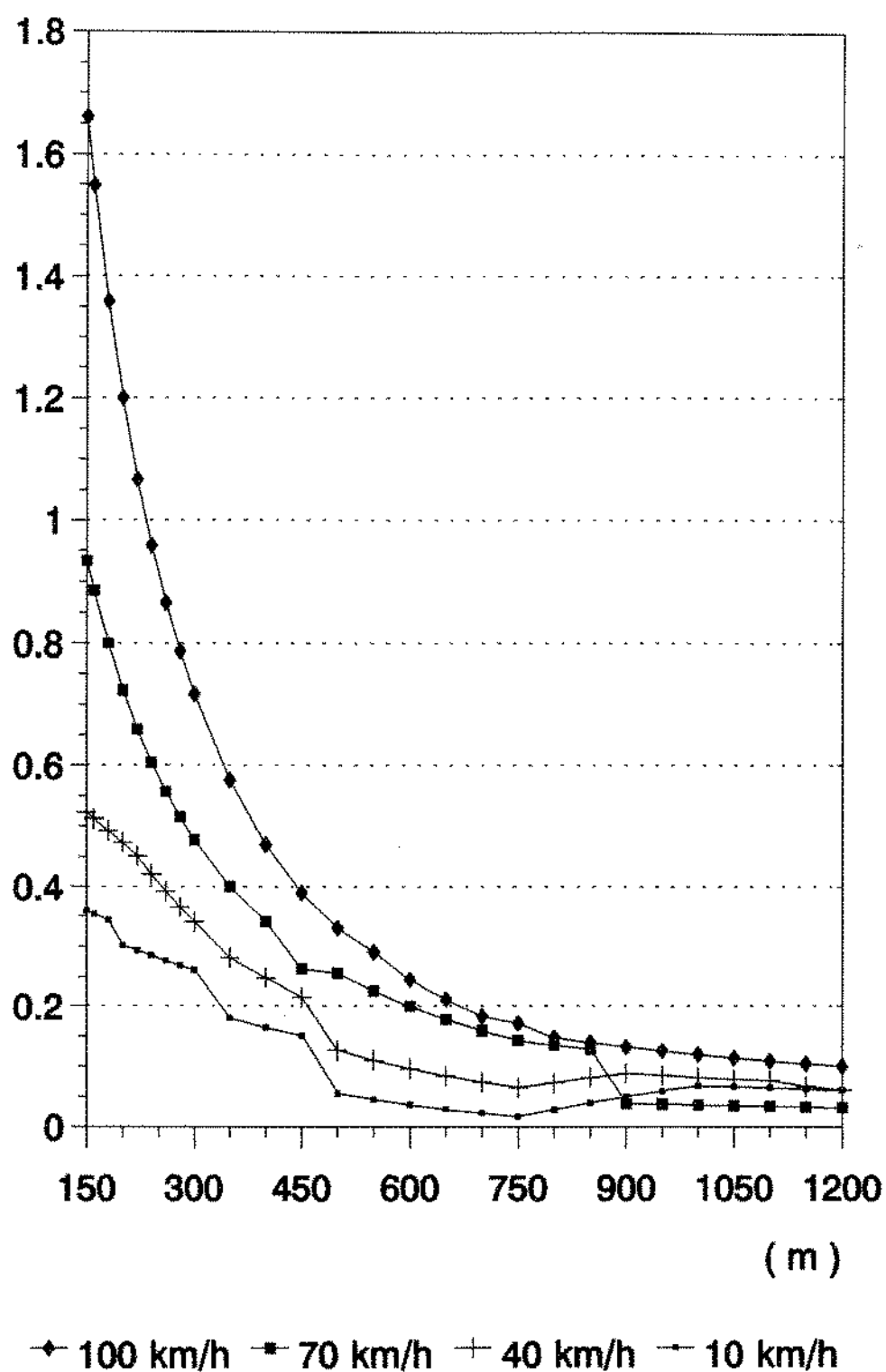


Figura 8.14 - Relação L/V para a roda externa do eixo líder em função do raio de curva, para locomotiva C - C de 3300 hp, bitola 1,60 m, com superlargura conforme norma ABNT e superelevação de acordo com a prática da FEPASA

O gráfico da figura 8.15, referente a uma locomotiva C - C, mostra uma maior aproximação nas curvas com raios menores (curvas fechadas), enquanto que na figura 8.16, referente a locomotiva B - B, os resultados são mais próximos, notadamente para as curvas maiores (curvas abertas).

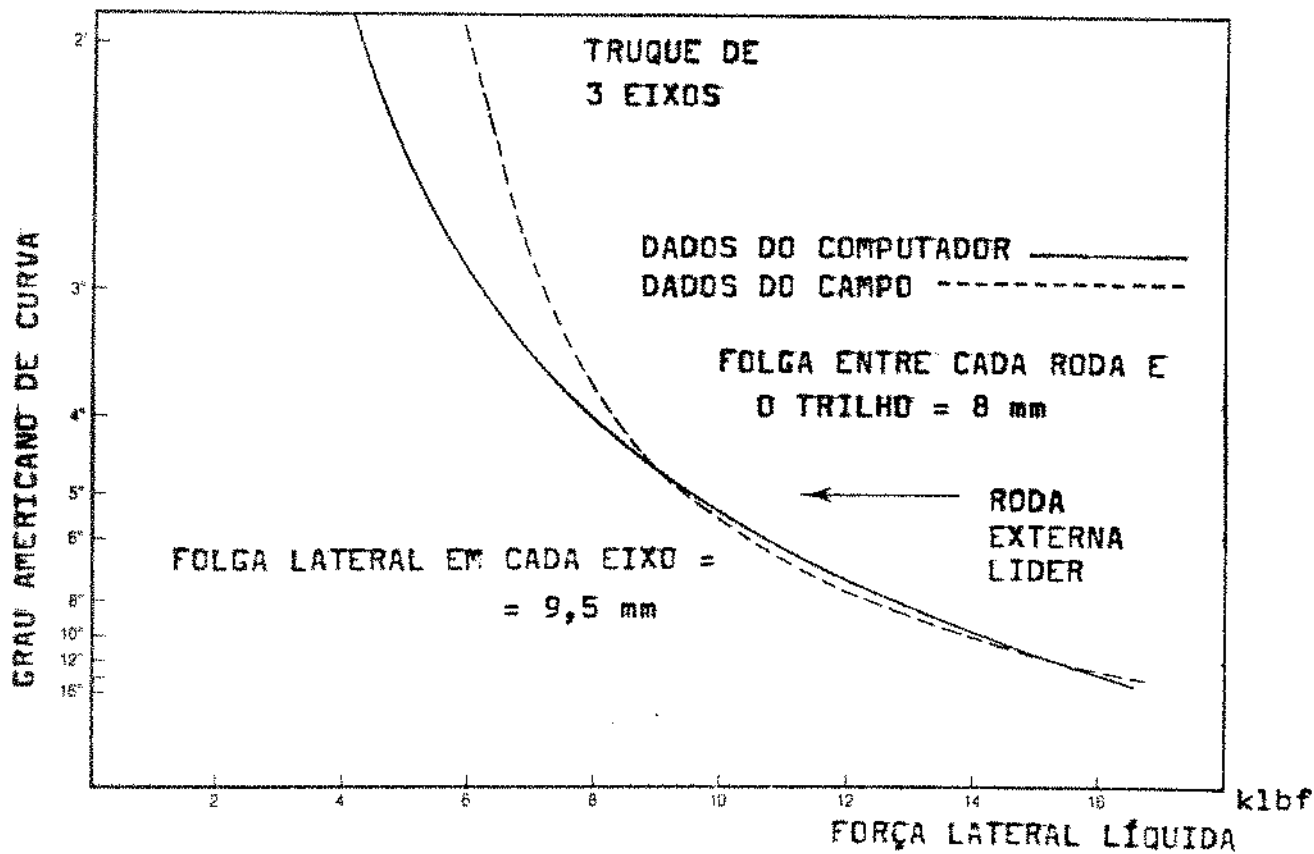


Figura 8.15 - Comparação dos resultados obtidos na simulação com os valores medidos no campo pela G.M. (locomotiva C - C)

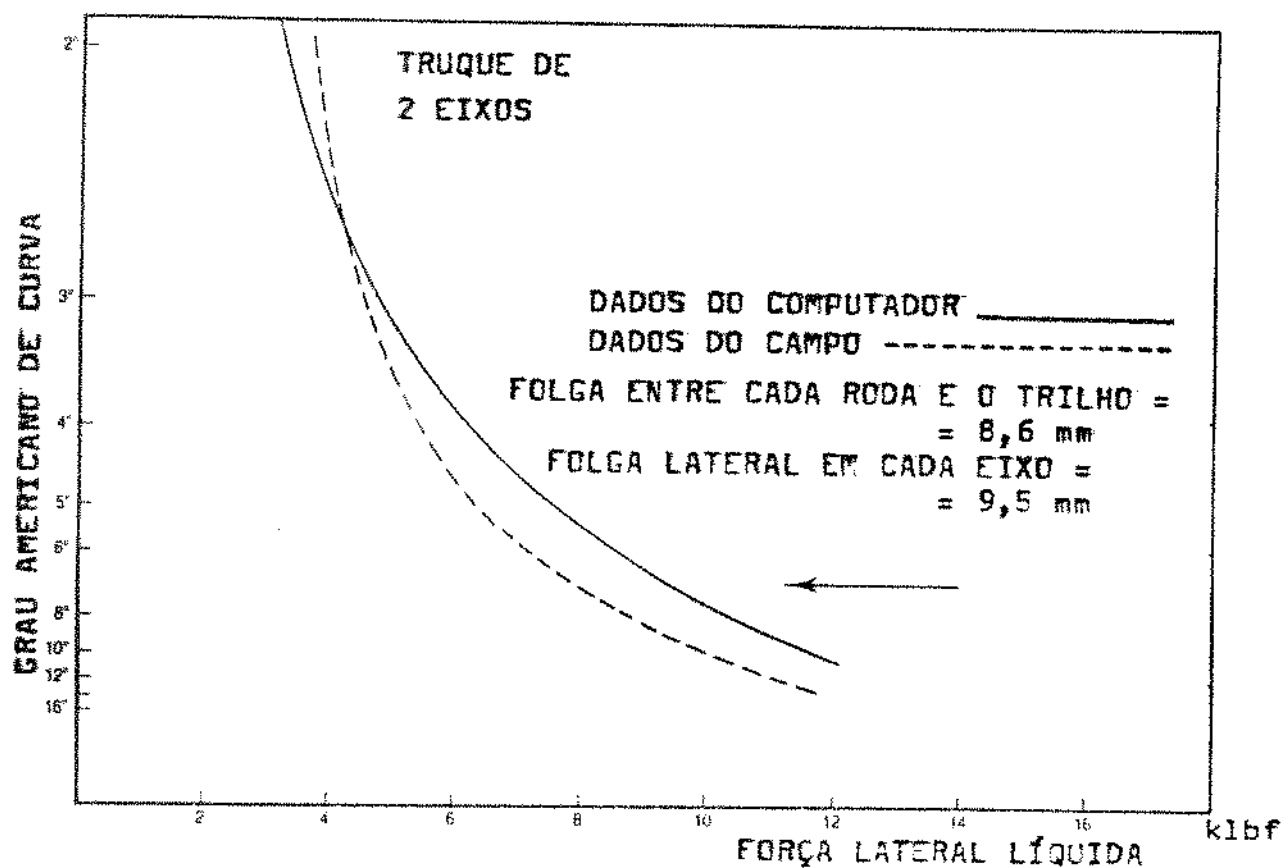


Figura 8.16 - Comparação dos resultados obtidos na simulação com os valores medidos no campo pela G.M. (locomotiva B - B)

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS

Verifica-se pelos resultados obtidos, que a força líquida resultante (força de guia) na roda externa (roda guia) do primeiro eixo (eixo líder) não varia linearmente com o raio de curva da via permanente e que sofre redução quando surge força na roda externa do eixo intermediário. Para um determinado raio de curva ela não cresce na mesma proporção do acréscimo linear da velocidade do veículo.

Nota-se um acréscimo destas forças quando se altera a bitola da locomotiva B - B de 1,00 m para 1,60 m. Isto acontece em virtude do aumento da base rígida e da necessidade de haver um microescorregamento um pouco maior da locomotiva de bitola larga para conseguir vencer a curva. Na locomotiva C - C de 3000 hp de potência útil, quando se altera a bitola de 1,60 m para 1,435 m (bitola padrão internacional) verifica-se um decréscimo destas forças, confirmando a tendência de forças maiores para bitolas maiores.

Observa-se também que o procedimento de alargamento da bitola em curvas fechadas, com a introdução da superlargura, nem sempre é uma prática eficaz para minimizar essas forças de guia, mas ao contrário pode produzir um aumento das mesmas. Isto é muito bem evidenciado na locomotiva C - C de 3300 hp.

Recomenda-se um estudo mais profundo da locomotiva C - C de 2250 hp, com o objetivo de encontrar as razões das dispersões nos resultados obtidos.

A redução na distância entre os eixos extremos (locomotiva C - C x B - B) reduz a força líquida na roda guia do eixo líder. Com isso recomenda-se usar, sempre que possível, truques mais compactos, como aqueles que têm os três equipamentos de tração orientados numa mesma direção, e consequentemente base rígida menor.

Podem-se propor equações de retas para representar a relação L/V em função do grau métrico de curva nos raios de curva acima de 1,5 graus métricos, o que deve ser explorado futuramente.

Os valores máximos de velocidade de tráfego em curvas usados por esta ferrovia tomada como referência (FEPASA) estão muito aquém dos limites estabelecidos por autores e associações ferroviárias internacionais. Sob o aspecto analisado neste trabalho, a ferrovia poderá fazer um reestudo a respeito, com o objetivo básico de definir valores máximos para a relação adimensional L/V e conseqüentemente aumentar sua produtividade.

Os trabalhos publicados sobre esse assunto por diversos autores não são completos (34) (45) (46) (47). Eles não deixam claros os valores de velocidade, bitola, superlargura, superelevação, forças externas, tipo do trilho, condições da via e folgas envolvidas.

No modelo matemático estudado, não se levou em consideração a influência das condições e da inclinação dos trilhos, conicidade da roda, contato da roda com o trilho em dois pontos, irregularidades da via, movimento de "yaw" do rodeiro, momento resistivo do pião do estrado no prato do "bolster" do truque devido à passagem de um modo de restrição para outro, a influência das suspensões primária e secundária, deslocamento axial do rodeiro afetando a intensidade da reação da roda sobre o trilho. Com isso, recomendam-se mais pesquisas nesta área, em níveis de pós-graduação, tanto mestrado como doutorado, estudando-se melhor suas influências no comportamento dinâmico.

Outras locomotivas similares, de outros fabricantes, devem ser simuladas em computador e seus resultados comparados não só com essas, mas também com valores obtidos no campo, para que se possa verificar, para nossas condições, a validade deste modelo estudado, segurança envolvida e qualidade do projeto.

O modelo estudado não foi totalmente esgotado em termos de simulação. Não se consideraram principalmente as alterações nos diâmetros das rodas (novas e desgastadas), folgas máximas e mínimas entre as caixas de mancal e os pedestais do truque e entre o friso da roda e o boleto do trilho, oriundas das tolerâncias do projeto e ao próprio desgaste, superlargura e superelevação além e aquém das recomendadas, forças laterais atuantes, como as do vento e componentes laterais das forças de tração, frenagem e impacto.

Sugere-se continuar esse trabalho, pois ele é de grande valia para todos nós,

oferecendo uma fonte inesgotável para aprendizado, conclusões, recomendações e etc.

Recomenda-se também o estudo de truques radiais e rodeiros com rodas girando independentemente para, a partir daí, introduzi-los nesse modelo, tornando-o mais completo.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) WICKENS, A. H., "Steering and stability of the bogie vehicle dynamics and suspension design", PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, V. 205, n. F2, p. 109-122, England, 1991.
- (2) LAW, E. H., COOPERRIDER, N.K., "A survey of railway vehicle dynamics research". JOURNAL OF DYNAMIC SYSTEMS, MEASUREMENT AND CONTROL (Trans. ASME), v. 98, n.2, USA, jun. 1974.
- (3) GARG, Vijay K., DUKKIPATI, Rao V., "DYNAMICS OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
- (4) ILLINGWORTH, R., POLLARD, M. G., "The use of steering axle suspension to reduce wheel and rail wear in curves". PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, v. 196, p. 379-386, England, Dec. 1982.
- (5) GODING, D. J., HANDLEY, J. H., RASSAIAN, M., "Three-axle radial steering bogies for improved curving". RAILWAY TECHNOLOGY INTERNATIONAL '92, p. 63-66, London, 1992.
- (6) DUKKIPATI, R. V., "Dynamics of independently rotation wheelsets", Nac. Railway Laboratory Report LTR-IN-398, USA, nov. 22, 1978.
- (7) GILMORE, D. C., FORTIN, J. A. C., "The application of free wheelsets to a steerable truck analysis and test experience". INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, 11th I.A.V.S.D., Kingston, Ontario, p. 263-274, aug. 21-25, 1989.

- (8) EICKHOFF, B. M., HARVEY, R.F., "Theoretical and experimental evaluation of independently rotating wheels for railway vehicles". INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, 11th I. A. V. S. D., Kingston, Ontario, p. 190-202, aug. 21-25, 1989.
- (9) FREDERICH, F., "Dynamics of a bogie with independent wheels". INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, 11th I. A. V. S. D., Kingston, Ontario, p. 217-232, aug. 21-25, 1989.
- (10) HAY, William W., "RAILROAD ENGINEERING", second edition, J. Wiley & Sons, New York, p. 593-620, 1982.
- (11) ROZA, L.C., "Dinâmica Ferroviária", Campinas, UNICAMP, nov. 1991 (Apostila).
- (12) STEPHENSON, G., "Observations on Edge and Tram Roads", 1821, in WICKENS, A.H., "Steering and stability of the bogie vehicle dynamics and suspension design", PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, v. 205, n. F2, p. 109-122, England, 1991.
- (13) KLINGEL, "Über Den Lauf Der Eisenbahnwagen Auf Gerader Bahn", Organ Fortschr. Eisenb-Wes, 1883, 38, p.113-123 in WICKENS, A.H., "Steering and stability of the bogie vehicle dynamics and suspension design", PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, v. 205, n. F2, p.109-122, England, 1991.
- (14) FEDERAL RAILWAY ADMINISTRATION (FRA), "Track safety standards", U. S. Department of Transportation, Office of Safety Research, Washington, D.C., USA, mar. 1975 in GARG, V. K. et al, "DYNAMICS

- OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
- (15) AREA - AMERICAN RAILWAY ENGINEERING ASSOCIATION, "Elevations and Speeds for Curves", Section 5-3-11, Washington, 1962.
 - (16) F.R.A., Office of Safety, U.S. Dept. of Transportation, "Automated Track Inspection Program", Washington, D. C., 1978, in HAY, William W., J. Wiley & Sons, "RAILROAD ENGINEERING", 2^a Edition, New York, 1982.
 - (17) HERTZ, H., "Gesamelte Werke", v. 1, p. 155, Leipzig, 1895 in GARG, V. K. et al, "DYNAMICS OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
 - (18) CARTER, F. W., "On the action of locomotive driving wheel", Proc. of Royal Soc., London, England, Ser. A, v. 112, 1926, in HADDEN, J. A., "The effects of truck design and component flexibility on the lateral stability of railway freight vehicles", Master Thesis, Clemson University, dec. 1976.
 - (19) FROMM, H., "Calculation of slipping in case of rolling deformable bars", Z. Angew Math. Mech, 7(1) 1927 (German), in GARG, V. K. et al, "DYNAMICS OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
 - (20) JOHNSON, K. L., "The effect of a tangencial force upon the rolling motion of an elastic sphere on a plane", JOURNAL OF APPLIED MECHANIC, v. 25, n. 3, p. 339-346, New York, sep. 1958.
 - (21) HALLING, J., "Microslipping between a rolling contact element and its track arising from geometric conformity", JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING SCIENCE, 6, p. 64-73, 1964, in GARG, V. K. et al, "Dynamics of railway vehicle systems", Academic Press, Ontario, 1984.

- (22) HAINES, D. J., OLLERTON, E., "Contact stress distributions on elliptical contact surfaces subjected to radial and tangential forces", PROCEEDINGS OF INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, v. 177, n. 4, p. 95-114, England, 1963.
- (23) JOHNSON, K. L., VERMEULEN, P.J., "Contact of nonspherical elastic bodies transmitting tangential forces", JOURNAL OF APPLIED MECHANIC, v. 25, p. 338-340, New York, 1964.
- (24) KALKER, J. J., "A strip teory for rolling with slip and spin", Proc. Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap, Ser B, 70, 10-62, Netherlands, 1967.
- (25) HEINRICH, G., DESOYER, K., "Rollreibung mit axialem schub", Ing. Arch., 36, 48-72, 1967 in GARG, V. K. et al, "DYNAMICS OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
- (26) KALKER, J. J., "On the rolling contact of two elastic bodies in the presence of dry friction", Ph. D. Dissertation, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 1967.
- (27) De PATER, A.D., "On the reciprocal pressure between two bodies", Proc. Symp. Rolling Contact Phen.", J.B. Bidwell Ed., pp. 29-75, Elsevier, Amsterdam, 1962.
- (28) HOBBS, A. E. W., "A survey of creep" British Railways Research Department, Derby, apr. 1967 in HADDEN, J. A., "The effects of truck design and component flexibility on the lateral stability of railway freight vehicles", Master Thesis, Clemson University, USA, dec. 1976.
- (29) BRICKLE, B. V., "The steady state forces and moments on a railway wheelset including flange contact condictions", Ph. D. Dissertation Loughborough University, 1973, in J. J. KALKER, "Survey of wheel-rail rolling contact theory". INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR

VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, I. A. V. S. D., v. 8, n. 4, p. 317-358, Netherlands, sep. 1979.

- (30) HADDEN, J. A., "The effects of truck design and component flexibility on the lateral stability of railway freight vehicles", Master Thesis, Clemson University, dec. 1976.
- (31) COOPERRIDER, N.K. et alii, "Analytical and experimental determination of nonlinear wheel/rail geometric constraints", Report to U.S. Dept. of Transportation, FRA, USA, dec. 1975, in HADDEN, J. A., "The effects of truck design and component flexibility on the lateral stability of railway freight vehicles", Master Thesis, Clemson University, dec. 1976.
- (32) MÜLLER, C. Th., "Tyre wear and riding stability", Oesterr, Ingenieur-Zeitschrift, n.7, p. 215-224, 1964, in HADDEN, J. A., "The effects of truck design and component flexibility on the lateral stability of railway freight vehicles", Master Thesis, Clemson University, dec. 1976.
- (33) MARCOTTE, P. P., MATHEWSON, K. J. R., CALDWELL, W. N., "Improved wheel tread profiles for heavy freight vehicles", ASME Paper no. 80-RT-3, New York, 1980.
- (34) PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON TRACK/TRAIN DYNAMICS INTERACTION-AAR Report R-190, v. 1 of 2, Chicago, dec. 1971.
- (35) PORTO, A. A. G., "Contribuição ao procedimento de avaliação de truques ferroviários através do comportamento dinâmico da via", Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, out. 1986.
- (36) RODRIGUES FILHO, F., "Estudo da estabilidade dinâmica de veículos ferroviários através da simulação do comportamento de uma locomotiva", Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, 1983.

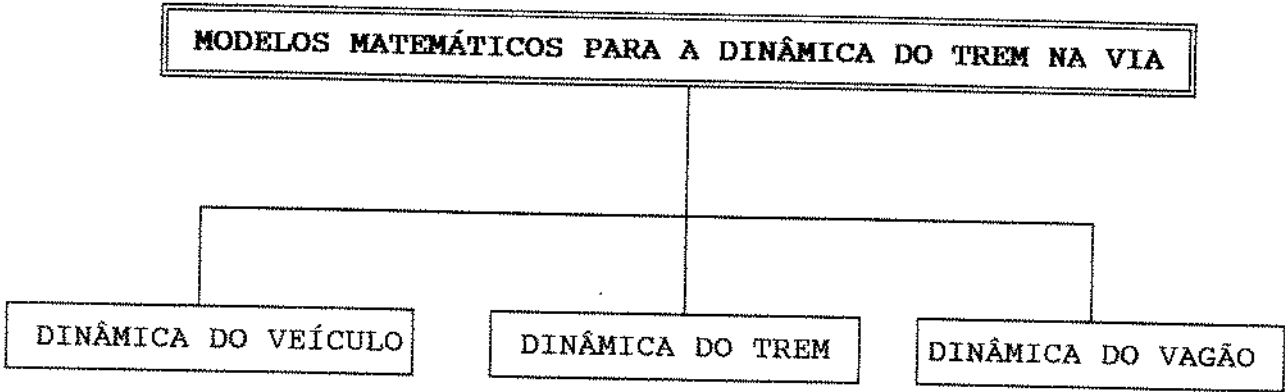
- (37) AAR - "Track-Train Dynamics to Improve Freight Train Performance", Industry Government Research Program, Section 3, p. 3-22 & 3-24, Chicago, 1973.
- (38) HAY, William W., "RAILROAD ENGINEERING", p. 661, second edition, New York, 1982."
- (39) PALHAN, R.K., "Design consideration for minimizing wear in railway operation", WEAR, v. 80, n. 2, p.133-148, Appendix B, The Netherlands, aug. 16, 1982.
- (40) MATSUDAIRA, T., "Dynamics of high-speed rolling stock", Railway Technical Research Institute, p. 21-25, Tokyo, 1964.
- (41) AHLBECK, D. R., PRAUSE, R. H., MEACHAM, H. C., "An application of computer modeling techniques to predict the effects of railroad truck geometry", Paper presented to the International Conference on Transportation, Denver, sep. 24-27, 1973 in GARG, V. K. et al, "Dynamics Railway Vehicle Systems", Academic Press, Ontario, 1984.
- (42) MURRAY, W. et alii, "Performance limits of rail passenger vehicles: Evaluation and optimization", Report DOT/RSPA/DPB-50/79, 32 - US Dept. of Transportation, Washington, 1979.
- (43) DEAN, F. E., AHLBECK, D. R., "Criteria for high-speed curving of rail vehicles", ASME paper 79--WA/RT-12, 1979 in GARG, V. K. et al, "DYNAMICS OF RAILWAY VEHICLE SYSTEMS", Academic Press, Ontario, 1984.
- (44) PRUD'HOMME, "La Resistance de la Vie aux Effort Transversaux exercée par le Material Roulant", Rev. Gen. Chem. Fer, Jan. 67.
- (45) SMITH, K. R., MACMILLAN, R. D., MARTIN, G.C., "2, 3 and 4 axles

- rigid truck curve negotiation model", Technical Manual Research Report R-206, Association of American Railroads, Chicago, apr. 1976.
- (46) SMITH, K. R., MACMILLAN, R. D., MARTIN, G.C., "2, 3 and 4 axles rigid truck curve negotiation model", Users Manual - Research Report R-204, Association of American Railroads, Chicago, mar. 1976.
 - (47) SMITH, K. R., MACMILLAN, R. D., MARTIN, G.C., "2, 3 and 4 rigid truck curve negotiation model", Programmer's Manual-Research Report R-205, Association of American Railroads, Chicago, mar. 1976.
 - (48) SWENSON, C.A.-Trabalho não publicado, referenciado em SMITH, K. R., "Mathematical simulation of locomotive steady state curving performance", ASME-Rail Transportation Spring Conference Proceeding, New York, 1986.
 - (49) KOCI, L. F., MARTA, H. A., "Lateral loading between locomotive truck wheels and rail due to curve negotiation" ASME paper no.65-WA/RR-4, New York, 1965.
 - (50) BOOCOCK, D., "Steady-state motion of railway vehicles on curved track", JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING SCIENCE, v. 11, n.6, p. 556-566, London, dec. 1969.
 - (51) PERLMAN, A. B., WEINSTOCK, H., "Preliminary analysis of the effects on non-linear creep and flanges contact forces on truck performance in curves" - "DOT-TSC-FRA", 75-5, USA, 1975.
 - (52) ELKINS, J. A., GOSTLING, R.J., "A general quasi-static curving theory for railway vehicles", Proc. 5th I. A. V. S. D.- 2nd IUTAM Symposium on the Dynamics of Vehicles on Road and Track, p. 338-406, Vienna, 1978, in SMITH, K. R. "Mathematical simulation of locomotive steady-state curving performance", Eletro-Motive Division-General Motors Co., Lagrange, ASME RAIL TRANSPORTATION PROCEEDINGS, 1986.

- (53) WEINSTOCK, H., GREIF, R., "Analysis of wheel rail force and flange force during steady state curving of rigid truck", ASME Paper No. 81-RT-5, New York, 1981.
- (54) ELKINS, J. A., WEINSTOCK, H., "The effect of two points contact on the curving behavior of railroad vehicles", ASME Paper No. 82-WA/DSC-13, New York, 1982.
- (55) SMITH, K. R., RASSAIN, M., "Mathematical simulation of locomotive steady state curving performance", Eletro-Motive Division - General Motors Corporation, Lagrange, ASME RAIL TRANSPORTATION PROCEEDINGS, 1986.
- (56) FRANK, H., "A nonlinear model for the steady state curving of three axles railway truck", Master Thesis, Clemson University, USA, 1985.
- (57) SIMEFRE, "Instalações fixas do sistema ferroviário: Sinalização, Energia e Via Permanente. Fabricação, Operação e Manutenção" - IV Curso de Capacitação e Treinamento, v. 1, p. 326, ago. 1987.

APÊNDICE 1

MODELOS DINÂMICOS DESENVOLVIDOS PELA AAR JUNTAMENTE COM
UNIVERSIDADES, INSTITUTOS DE PESQUISA, EMPRESAS E ÓRGÃOS
GOVERNAMENTAIS DOS ESTADOS UNIDOS E CANADÁ



DINÂMICA DO VEÍCULO

MODELOS DINÂMICOS VERTICAL/LATERAL

Estuda a resposta dinâmica relativo às irregularidades da via

- 1) Modelo de resposta do vagão
- 2) Modelo de resposta do carro de passageiro e locomotiva

MODELOS DE ESTABILIDADE LATERAL

Mostra a velocidade crítica, forças roda/trilho, forças no corpo, suspensão do veículo e deslocamentos

- 1) Modelo de instabilidade ("hunting") da locomotiva
- 2) Modelo de instabilidade ("hunting") do vagão de carga

MODELOS DE CURVA

Calcula as forças dinâmicas e quase-estática do veículo na curva

- 1) Modelo de inscrição em curva numa condição estável para truques rígidos
- 2) Modelo de inscrição em curva numa condição estável para o vagão de carga
- 3) Modelo de inscrição em curva numa condição estável para a locomotiva
- 4) Modelo de inscrição em curva numa condição estável para truques flexíveis

DINÂMICA DO TREM

MODELOS DE AÇÃO DO TREM LONGITUDINAL

Estuda as forças entre veículos adjacentes afetadas pelas características do veículo e práticas de operação

- 1) Modelo simulador de operação do trem
- 2) Modelo detalhado longitudinal do trem

MODELO DE ESTABILIDADE VERTICAL

Estuda a separação dos engates de um trem sob as condições de impacto

- 1) Modelo detalhado de estabilidade vertical

MODELO DE ESTABILIDADE LATERAL

Investiga os efeitos do alinhamento e comprimento dos engates e geometria do veículo na estabilidade lateral

- 1) Modelo de estabilidade quase-estática lateral do trem

DINÂMICA DO VAGÃO

MODELO DE IMPACTO DO VAGÃO

Estuda os danos às cargas, causados pelo impacto nos pátios de manobra

1) Modelo de impacto

MODELO DE DANOS AO VAGÃO

Investiga os danos às cargas, devido as ações dinâmicas que ocorrem na via

1)Modelo de vibração da via

APÊNDICE 2

COEFICIENTES DE HERTZ m e n PARA O CÁLCULO DOS
SEMI EIXOS a e b DA ELÍPSE DE HERTZ (1)

θ	Coeficientes		θ	Coeficientes		θ	Coeficientes	
GRAU	m	n	GRAU	m	n	GRAU	m	n
0,5	61,40	0,1018	10	6,604	0,3112	60	1,486	0,7170
1,0	36,89	0,1314	20	3,813	1,4123	65	1,378	0,7590
1,5	27,48	0,1522	30	2,731	0,4930	70	1,284	0,8020
2,0	22,26	0,1691	35	2,397	0,5300	75	1,202	0,8460
3,0	16,50	0,1964	40	2,136	0,5670	80	1,128	0,8930
4,0	13,31	0,2188	45	1,926	0,6040	85	1,061	0,9440
6,0	9,79	0,2552	50	1,754	0,6410	90	1,000	1,0000
8,0	7,86	0,2850	55	1,611	0,6780	--	-----	-----

APÊNDICE 3

LOCALIZAÇÃO, FORMATO E DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS USADOS NUM ARQUIVO DE DADOS DE ENTRADA

1a. linha - Format (I1) - coluna 1

O número de eixos do truque que está sendo simulado (deve ser 2, 3 ou 4). Se for ≤ 1 ou ≥ 5 o programa imprime mensagem e termina o processamento.

2a. linha - Format (20A4) - colunas 1-80

Uma descrição do tipo de truque.

3a. linha - Format (I10, 6F10.0)-colunas 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70

O número de forças laterais no pião;

A força de tração agindo ao longo da linha de centro longitudinal, em libras;

A força de frenagem agindo ao longo da linha de centro longitudinal, em libras;

A força de impacto agindo ao longo da linha de centro longitudinal, em libras;

Uma indicação de qual truque está sendo modelado (número 1 ou número 2);

A magnitude do momento estático ("breakaway moment") no pião, em libras x polegadas;

A velocidade longitudinal do truque (velocidade do veículo), em milhas por hora.

4a. linha - Format (F10.0) - colunas 1-10

O raio da via no ponto de estudo, em pés.

5a. linha - Format (8F10.5) - colunas 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80

A descrição das folgas laterais (axiais) por lado das caixas de mancal dos eixos, em relação aos pedestais da armação do truque, iniciando pelo eixo número 1 (colunas 1-10, 21-30, 41-50, 61-70), em polegadas;

A descrição das folgas roda/trilho, por lado da caixa de mancal, em cada eixo, iniciando pelo eixo número 1 (colunas 11-20, 31-40, 51-60, 71-80), em polegadas.

6a. linha - Format (8F10.0)- colunas 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80

A força vertical agindo em cada roda, iniciando pela roda interna do eixo número 1, seguindo com a roda externa do eixo número 1, e assim, da mesma forma, para os eixos números 2, 3 e 4, em libras força.

7a. linha - Format (8F10.4)- colunas 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80

O diâmetro de cada roda, na mesma sequência anterior, em polegadas.

8a. linha - Format (7F10.3)- colunas 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70

A bitola da via, em polegadas;

A distância entre os centros dos "bolsters", em polegadas;

A base rígida do truque (distância entre a linha de centro do eixo 1 e o último eixo), em polegadas;

A distância entre o eixo número 1 e o centro do "bolster", em polegadas;

Distância entre eixos, em polegadas.

9a. linha - Format (F10.5, F10.0)

Uma descrição da suspensão lateral. Isso requer um conhecimento do passeio total disponível e da rigidez lateral do sistema, em polegas e libras/polegadas, respectivamente.

10a. linha - Format (F10.8, F10.6, F10.4, F10.2, F10.0, F10.7, F10.5)

Uma descrição da relação microescorregamento x coeficiente de fricção. O programa é projetado para usar a curva obtida experimentalmente no campo, pela "General Motors" (figura 6.1), onde a porção curva do gráfico pode ser representada por uma equação da forma:

$$A_4 X_4 + A_3 X_3 + A_2 X_2 + A_1 X + A_0 = F$$

onde $A_4 = + 98954,044$ $A_3 = - 14123,609$ $A_2 = - 191,89146$ $A_1 = + 23,174582$

$A_0 = - 0,00059402$

11a. linha - Format (F5.2)

A superelevação utilizada, em polegadas.

12a. linha - Format (F10.1)

A força lateral agindo no pino do "bolster" e perpendicular à linha de centro da locomotiva, em libras força.

Mostram-se a seguir exemplos de arquivos de dados de entrada.

Tabela 6.1 - Arquivo de dados de entrada da locomotiva B - B (1320 hp)

```

2
TEST NEW SYSTEM FRONT TRUCK 2-AXLE MEDIUM MOMENT WITH CREEP FACTOR
      1          0.0      0.0      0.0      1.0      9000.0      62.14
3937.01
0.155      0.40625      0.155      0.40625
19625.0      19625.0      19625.0      19625.0
36.00      36.00      36.00      36.00
39.38      294.0      95.000      48.000
0.000      20000.0
-.00059402 23.174582-191.39140-14123.609 98954.044      0.020      0.289
2.46
0.0

```

Tabela 6.2 - Arquivo de dados de entrada da locomotiva C-C (3300 hp)

```

3
TEST NEW SYSTEM FRONT TRUCK 3-AXLE MEDIUM MOMENT WITH CREEP FACTOR
      1          0.0      0.0      0.0      1.0      9000.0      62.14
3937.01
0.140      0.40625      0.265      0.40625      0.140      0.40625
33068.8      33068.8      33068.8      33068.8      33068.8      33068.8
40.0      40.0      40.0      40.0      40.0      40.0
63.0      491.0      163.000      81.500      79.500      83.500
0.00      20000.0
-.00059402 23.174582-191.39140-14123.609 98954.044      0.020      0.289
3.97
0.0

```

Todos esses dados de entrada necessários para a execução do programa são previamente estabelecidos e armazenados num arquivo denominado TAPE20 DATA A1.

APÊNDICE 4

SIMBOLOGIAS, DESCRIÇÕES, ERROS, MENSAGENS E ADVERTÊNCIAS CONSTANTES NO ARQUIVO DE DADOS DE SAÍDA(*)

1. ACELERAÇÃO CENTRÍFUGA, FORÇA NO PIÃO (CPL), FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO E SUA SOMA;
2. CPL - Componente da força lateral no pião, que age perpendicularmente à linha de centro do truque;
3. K12 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda externa do eixo líder;
4. K21 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda interna do segundo eixo;
5. K22 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda externa do segundo eixo;
6. K31 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda interna do terceiro eixo;
7. K32 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda externa do terceiro eixo;
8. K41 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda interna do quarto eixo;
9. K42 - Força lateral no friso, desenvolvida na roda externa do quarto eixo;
10. FRICT11 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda interna do primeiro eixo;
11. FRICT12 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda externa do primeiro eixo;

(*) No programa estas mensagens, erros e advertências aparecem na língua inglesa.

12. FRICT21 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda interna do segundo eixo;
13. FRICT22 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda externa do segundo eixo;
14. FRICT31 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda interna do terceiro eixo;
15. FRICT32 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda externa do terceiro eixo;
16. FRICT41 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda interna do quarto eixo;
17. FRICT42 - Componente lateral da força de fricção, desenvolvida na banda de rodagem da roda externa do quarto eixo;
18. D1 - Distância do primeiro eixo ao centro instantâneo de rotação (centro de fricção);
19. S - Distância, medida perpendicularmente, da linha de centro do truque ao centro instantâneo de rotação.

O arquivo também mostra o momento friccional, em relação ao centro instantâneo de rotação, devido às componentes longitudinais da força de fricção em cada roda. As forças laterais líquidas nos frisos das rodas também são evidenciadas, além da relação L/V para as rodas que possuem essas forças.

Estes dados ficam armazenados nos arquivos de dados de saída denominados TAPE21 DATA A1, TAPE23 DATA A1, TAPE24 DATA A1, TAPE25 DATA A1 e TAPE26 DATA A1 e podem ser facilmente mostrados na tela conforme opção do operador.

Os seguintes erros, mensagens e advertências podem aparecer:

1. ERRO - VELOCIDADE INVÁLIDA - quando existir um valor negativo da velocidade;
2. ERRO - RAIO DA RODA INVÁLIDO - quando o raio for zero ou negativo;
3. ERRO - FORÇA DE FRENAGEM OU TRAÇÃO - deve ser obrigatoriamente zero;
4. ADVERTÊNCIA - TRUQUE ESTÁ NUM PONTO DE TRANSIÇÃO. NÚMEROS DADOS SÃO APROXIMADOS - o modelo não pode determinar um equilíbrio exato;
5. ADVERTÊNCIA - FORÇAS E CENTRO DE FRICÇÃO SÃO APROXIMADOS - quando as forças de fricção forem menores que 23 quilos;

Nota: poderá haver casos em que o programa não consegue definir exatamente as forças, os momentos resultantes e conseqüentemente o centro de fricção. Com isso, torna-se necessário terminar a simulação dentro deste limite de 23 kgf (50 lbf) para que o programa não fique em "looping".

6. SOLUÇÃO NÃO É POSSÍVEL NESTE CASO - foi estabelecido um limite de 10 000 iterações. Caso não se obtenha convergência dentro deste limite, esta mensagem é impressa. Este limite pode ser modificado alterando-se o programa;
7. COEFICIENTE DE FRICÇÃO MAIOR QUE É REQUERIDO PARA BALANCEAR AS FORÇAS DE IMPACTO, TRAÇÃO OU FRENAGEM;
8. RESTRIÇÃO FINAL - quando o raio da curva especificado for menor que aquele necessário para inscrição do truque em curva;
9. NENHUMA POSIÇÃO DE EQUILÍBRIO FOI DETERMINADA - quando o truque está na exata posição do ponto de transição entre o primeiro grau de restrição e a curva livre. A recomendação é mudar o raio de curva levemente.

APÊNDICE 5

EXEMPLOS DE ARQUIVOS DE DADOS DE SAÍDA

ARQUIVO TAPE21 DATA A1

SUPERELEVATION = 2.400 INCH
CENTER PLATE LOAD = 0.0 LBS
CENTRIFUGAL FORCE = 515.5 LBS
CENTERPLATE LOAD(1)+CENTR.FORCE = 515.5 LBS
2-AXLE TRUCK CURVE NEGOTIATION MODEL
CURVE NEGOTIATION FORCES UNDER THE INFLUENCE OF LATERAL CENTER PLATE LOADS
TEST NEW SYSTEM FRONT TRUCK 2-AXLE MEDIUM MOMENT WITH CREEP FACTOR
RADIUS OF CURVATURE = 3937.0 FEET (1.5 DEGREES)
TRUCK SPEED = 62.1 MPH (1093.7 INCHES/SEC)
TRACK GAUGE = 39.38 INCHES
LEAD AXLE TO BOLSTER CENTER DISTANCE = 48.000 INCHES
TRUCK WHEEL BASE = 96.000 INCHES
BOLSTER CENTERS = 294.000 INCHES

WHEEL LOADS-INNER RAIL AXLE 1 19625.0 LBS
WHEEL LOADS-OUTER RAIL AXLE 2 19625.0 LBS

WHEEL RADII-INNER RAIL 18.0000 INCHES
WHEEL RADII-OUTER RAIL 18.0000 INCHES
AXLE-FRAME CLEARANCES 0.15500 INCH
RAIL-WHEEL CLEARANCES 0.40625 INCH

NO TRACTIVE DR BRAKING EFFORT
BUFF FORCE = 0.0 LBS
CENTER PLATE BREAKAWAY MOMENT = 9000.0 INCH-LBS

***** RESULTS *****

CURVING FORCES(LBS)							
CPL	K12	K21	K22	FRICT11	FRICT12	FRICT21	FRICT22
515.	2233.	0.	0.	867.	867.	-27.	-27.

***** RESULTS *****

FRICITION-CREEP CURVE CHARACTERISTICS	
A0 = -0.000594020	CUTOFF = 0.020000
A1 = 23.1745758	
A2 = -191.89146	
A3 = -14123.609	
A4 = 98954.1	PEAK = 0.28900

***** RESULTS *****

LATERAL SUSPENSION STIFFNESS VALUES	
DDEF1 = 0.000000 INCH	
RATE = 20000.0 LB/INCH	

***** RESULTS *****

FRICITION CENTER LOCATION(INCHES)	
DI = 93.00	S = 0.00
23210.5	

***** RESULTS *****

L/V RATIOS	
INNER RAIL	OUTER RAIL
0.044	0.079
0.001	0.000

***** RESULTS *****

NET LATERAL LOAD AT LEADING OUTER WHEEL =	
1366.3 LBS	AXLE 1
-27.0 LBS	AXLE 2

***** RESULTS *****

ARQUIVO TAPE23 DATA A1

LOCOMOTIVA B - B - POTÊNCIA ÚTIL 1200 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 71200 kgf - DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 2,34 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 7,47 m - BITOLA MÉTRICA NA NOMINAL - SEM FORÇA DE TRAÇÃO - SEM FORÇA DE FRENAGEM - SEM FORÇA DE IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG. PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SOBREBITOLA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF. RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA (*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm	PARA	RAIO	DE	1200 m
	65,8 mm	"	"	"	1150 m
	68,7 mm	"	"	"	1100 m
	71,9 mm	"	"	"	1050 m
	75,6 mm	"	"	"	1000 m
	79,5 mm	"	"	"	950 m
	84,0 mm	"	"	"	IGUAL OU INFERIOR A 900m

ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS: TU12B25

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AMERI-	MÉTRI-	LO-	LÍQ.	TRILHO	FRIC.	LÍQ.	TRILHO	FRIC.
VA	CANO	CO	CI-	FRISO	RODA	LAT.	BANDA	RODA	LAT.
	DE	DE	DA	RODA	EXT.	RODA	RODA	INT.	RODA
	CURVA	CURVA	DE	EXT.	EIXO	EXT.	INT.	EIXO	INT.
				EIXO	LIDER	EIXO	EIXO	LIDER	EIXO
				LIDER		LIDER	LIDER		LIDER

(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
-----	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1200.0	1.5	1.0	100.0	619.8	1012.9	393.2	393.2	0.0	393.2
1150.0	1.5	1.0	100.0	643.8	1053.9	410.1	410.1	0.0	410.1
1100.0	1.6	1.0	100.0	670.0	1098.6	428.5	428.5	0.0	428.5
1050.0	1.7	1.1	100.0	703.5	1152.2	448.6	448.6	0.0	448.6
1000.0	1.7	1.1	100.0	732.7	1203.4	470.7	470.7	0.0	470.7
950.0	1.8	1.2	100.0	771.5	1266.5	495.0	495.0	0.0	495.0
900.0	1.9	1.3	100.0	808.9	1330.8	521.9	521.9	0.0	521.9
850.0	2.1	1.4	100.0	907.1	1430.0	522.9	522.9	0.0	522.9
800.0	2.2	1.4	100.0	986.9	1479.8	493.0	493.0	0.0	493.0
750.0	2.3	1.5	100.0	1110.0	1602.1	492.1	492.1	0.0	492.1
700.0	2.5	1.6	100.0	1243.5	1727.5	484.0	484.0	0.0	484.0
650.0	2.7	1.8	100.0	1374.5	1826.2	451.7	451.7	0.0	451.7
600.0	2.9	1.9	100.0	1556.2	1999.2	443.0	443.0	0.0	443.0
550.0	3.2	2.1	100.0	1779.9	2221.6	441.8	441.8	0.0	441.8
500.0	3.5	2.3	100.0	2092.9	2578.0	485.1	485.1	0.0	485.1
450.0	3.9	2.6	100.0	2475.0	3012.6	537.7	537.5	0.0	537.5
400.0	4.4	2.9	100.0	2951.7	3554.5	602.8	602.6	0.0	602.6
350.0	5.0	3.3	100.0	3563.4	4248.9	685.5	684.9	0.0	684.9
300.0	5.8	3.8	100.0	4394.0	5187.7	793.7	792.9	0.0	792.9
280.0	6.2	4.1	100.0	4799.3	5646.3	847.0	846.0	0.0	846.0
260.0	6.7	4.4	100.0	5266.0	6173.7	907.7	906.5	0.0	906.5
240.0	7.3	4.8	100.0	5809.2	6786.9	977.7	975.5	0.0	975.5
220.0	7.9	5.2	100.0	6448.5	7507.2	1058.7	1055.9	0.0	1055.9
200.0	8.7	5.7	100.0	7212.4	8366.2	1153.8	1149.7	0.0	1149.7
180.0	9.7	6.4	100.0	8161.8	9428.2	1266.4	1260.3	0.0	1260.3

160.0	10.9	7.2	100.0	9314.8	10717.0	1402.2	1391.9	0.0	1391.9
150.0	11.6	7.7	100.0	10001.3	11481.8	1480.6	1467.3	0.0	1467.3
1200.0	1.5	1.0	70.0	331.8	1032.8	701.0	701.0	0.0	701.0
1150.0	1.5	1.0	70.0	342.2	1072.4	730.2	730.2	0.0	730.2
1100.0	1.6	1.0	70.0	352.2	1113.0	760.8	760.8	0.0	760.8
1050.0	1.7	1.1	70.0	347.5	1121.3	773.8	773.8	0.0	773.8
1000.0	1.7	1.1	70.0	357.1	1167.7	810.6	810.6	0.0	810.6
950.0	1.8	1.2	70.0	374.1	1225.0	850.9	850.9	0.0	850.9
900.0	1.9	1.3	70.0	386.9	1282.3	895.3	895.3	0.0	895.3
850.0	2.1	1.4	70.0	459.2	1376.6	917.4	917.4	0.0	917.4
800.0	2.2	1.4	70.0	534.6	1470.9	936.4	936.4	0.0	936.4
750.0	2.3	1.5	70.0	601.6	1541.0	939.4	939.4	0.0	939.4
700.0	2.5	1.6	70.0	701.1	1666.8	965.7	965.7	0.0	965.7
650.0	2.7	1.8	70.0	787.7	1755.5	967.9	967.9	0.0	967.9
600.0	2.9	1.9	70.0	922.7	1927.2	1004.5	1004.5	0.0	1004.5
550.0	3.2	2.1	70.0	1063.4	2092.4	1029.0	1029.0	0.0	1029.0
500.0	3.5	2.3	70.0	1227.5	2281.3	1053.7	1053.7	0.0	1053.7
450.0	3.9	2.6	70.0	1437.8	2531.4	1093.6	1093.6	0.0	1093.6
400.0	4.4	2.9	70.0	1683.6	2809.9	1126.3	1126.3	0.0	1126.3
350.0	5.0	3.3	70.0	2023.6	3216.3	1192.7	1192.7	0.0	1192.7
300.0	5.8	3.8	70.0	2457.2	3700.9	1243.7	1243.7	0.0	1243.7
280.0	6.2	4.1	70.0	2690.4	3985.8	1295.4	1294.8	0.0	1294.8
260.0	6.7	4.4	70.0	2934.7	4264.7	1329.9	1329.2	0.0	1329.2
240.0	7.3	4.8	70.0	3227.2	4605.3	1378.1	1377.2	0.0	1377.2
220.0	7.9	5.2	70.0	3562.0	4986.9	1424.8	1423.7	0.0	1423.7
200.0	8.7	5.7	70.0	3947.0	5411.7	1464.8	1463.4	0.0	1463.4
180.0	9.7	6.4	70.0	4456.8	5990.9	1534.1	1531.5	0.0	1531.5
160.0	10.9	7.2	70.0	5045.9	6646.2	1600.3	1595.8	0.0	1595.8
150.0	11.6	7.7	70.0	5387.6	7016.9	1629.3	1624.2	0.0	1624.2
1200.0	1.5	1.0	40.0	123.0	1001.7	878.7	878.7	0.0	878.7
1150.0	1.5	1.0	40.0	123.1	1037.6	914.5	914.5	0.0	914.5
1100.0	1.6	1.0	40.0	122.9	1076.2	953.3	953.3	0.0	953.3
1050.0	1.7	1.1	40.0	127.1	1122.5	995.4	995.4	0.0	995.4
1000.0	1.7	1.1	40.0	123.6	1164.9	1041.3	1041.3	0.0	1041.3
950.0	1.8	1.2	40.0	125.9	1217.4	1091.5	1091.5	0.0	1091.5
900.0	1.9	1.3	40.0	122.0	1268.5	1146.5	1146.5	0.0	1146.5
850.0	2.1	1.4	40.0	151.3	1307.2	1155.9	1155.9	0.0	1155.9
800.0	2.2	1.4	40.0	211.3	1404.9	1193.6	1193.6	0.0	1193.6
750.0	2.3	1.5	40.0	250.2	1457.5	1207.3	1207.3	0.0	1207.3

700.0	2.5	1.6	40.0	325.0	1578.4	1253.4	1253.4	0.0	1253.4
650.0	2.7	1.8	40.0	400.9	1697.0	1296.1	1296.1	0.0	1296.1
600.0	2.9	1.9	40.0	474.9	1806.3	1331.4	1331.4	0.0	1331.4
550.0	3.2	2.1	40.0	578.5	1967.9	1389.4	1389.4	0.0	1389.4
500.0	3.5	2.3	40.0	681.3	2118.8	1437.4	1437.4	0.0	1437.4
450.0	3.9	2.6	40.0	829.4	2348.4	1519.0	1519.0	0.0	1519.0
400.0	4.4	2.9	40.0	982.9	2572.0	1589.1	1589.1	0.0	1589.1
350.0	5.0	3.3	40.0	1209.7	2919.5	1709.8	1709.8	0.0	1709.8
300.0	5.8	3.8	40.0	1499.3	3339.6	1840.2	1840.2	0.0	1840.2
280.0	6.2	4.1	40.0	1631.5	3533.3	1901.8	1901.8	0.0	1901.8
260.0	6.7	4.4	40.0	1771.9	3732.8	1960.9	1960.9	0.0	1960.9
240.0	7.3	4.8	40.0	1952.4	4000.1	2047.7	2047.7	0.0	2047.7
220.0	7.9	5.2	40.0	2145.3	4275.2	2129.9	2129.9	0.0	2129.9
200.0	8.7	5.7	40.0	2366.3	4585.5	2219.2	2219.2	0.0	2219.2
180.0	9.7	6.4	40.0	2638.4	4949.2	2310.8	2310.8	0.0	2310.8
160.0	10.9	7.2	40.0	2931.7	5338.0	2406.3	2406.3	0.0	2406.3
150.0	11.6	7.7	40.0	3093.4	5544.2	2450.9	2450.9	0.0	2450.9
1200.0	1.5	1.0	10.0	24.3	980.1	955.8	955.8	0.0	955.8
1150.0	1.5	1.0	10.0	19.4	1013.8	994.4	994.4	0.0	994.4
1100.0	1.6	1.0	10.0	13.7	1049.8	1036.1	1036.1	0.0	1036.1
1050.0	1.7	1.1	10.0	11.9	1093.2	1081.3	1081.3	0.0	1081.3
1000.0	1.7	1.1	10.0	1.6	1132.1	1130.4	1130.4	0.0	1130.4
950.0	1.8	1.2	10.0	-3.8	1180.3	1184.1	1184.1	0.0	1184.1
900.0	1.9	1.3	10.0	-16.3	1226.5	1242.8	1242.8	0.0	1242.8
850.0	2.1	1.4	10.0	28.0	1309.3	1281.3	1281.3	0.0	1281.3
800.0	2.2	1.4	10.0	53.9	1354.4	1300.5	1300.5	0.0	1300.5
750.0	2.3	1.5	10.0	109.3	1457.8	1348.4	1348.4	0.0	1348.4
700.0	2.5	1.6	10.0	142.7	1515.8	1373.1	1373.1	0.0	1373.1
650.0	2.7	1.8	10.0	211.8	1644.4	1432.5	1432.5	0.0	1432.5
600.0	2.9	1.9	10.0	277.8	1765.0	1487.2	1487.2	0.0	1487.2
550.0	3.2	2.1	10.0	347.4	1890.7	1543.3	1543.3	0.0	1543.3
500.0	3.5	2.3	10.0	438.4	2056.8	1618.4	1618.4	0.0	1618.4
450.0	3.9	2.6	10.0	534.2	2229.1	1694.9	1694.9	0.0	1694.9
400.0	4.4	2.9	10.0	664.5	2466.2	1801.7	1801.7	0.0	1801.7
350.0	5.0	3.3	10.0	804.7	2716.5	1911.8	1911.8	0.0	1911.8
300.0	5.8	3.8	10.0	1012.2	3075.3	2063.1	2063.1	0.0	2063.1
280.0	6.2	4.1	10.0	1095.0	3221.5	2126.6	2126.6	0.0	2126.6
260.0	6.7	4.4	10.0	1189.4	3389.0	2199.5	2199.5	0.0	2199.5
240.0	7.3	4.8	10.0	1290.9	3567.4	2276.5	2276.5	0.0	2276.5

220.0	7.9	5.2	10.0	1396.2	3749.9	2353.7	2353.7	0.0	2353.7
200.0	8.7	5.7	10.0	1503.3	3931.4	2428.2	2428.2	0.0	2428.2
180.0	9.7	6.4	10.0	1628.9	4123.3	2494.4	2495.7	0.0	2495.7
160.0	10.9	7.2	10.0	1718.2	4257.5	2539.2	2541.2	0.0	2541.2
150.0	11.6	7.7	10.0	1742.8	4280.8	2538.0	2540.1	0.0	2540.1

ARQUIVO TAPE25 DATA A1

LOCOMOTIVA B - B - POTÊNCIA ÚTIL 1200 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 71200 kgf
- DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 2,34 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 7,47 m
- BITOLA MÉTRICA NA NOMINAL - SEM FORÇA DE TRAÇÃO - SEM FORÇA DE FRENAGEM
- SEM FORÇA DE IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG. PEDESTAIS/CX. MANCAL
NA NOMINAL DO PROJETO - COM SOBREBITOLA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR
7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.
RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA (*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA
DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS
E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			PARA RAIOS DE	1200 m
	65,8 mm	"	"	"	1150 m
	68,7 mm	"	"	"	1100 m
	71,9 mm	"	"	"	1050 m
	75,6 mm	"	"	"	1000 m
	79,5 mm	"	"	"	950 m
	84,0 mm	"	"		IGUAL OU INFERIOR A 900

ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS: TU12B25

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AMERI-	MÉTRI-	LO-	LÍQ.	TRILHO	FRIC.	LÍQ.	TRILHO	FRIC.
VA	CANO	CO	CI-	FRISO	RODA	LAT.	BANDA	RODA	LAT.
	DE	DE	DA	RODA	EXT.	RODA	RODA	INT.	RODA
	CURVA	CURVA	DE	EXT.	EIXO	EXT.	INT.	EIXO	INT.
				EIXO	GUIADO	EIXO	EIXO	GUIADO	EIXO
				GUIADO		GUIADO	GUIADO		GUIADO

(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
1200.0	1.5	1.0	100.0	0.0	0.0	-12.3	-12.3	0.0	-12.3
1150.0	1.5	1.0	100.0	0.0	0.0	-12.8	-12.8	0.0	-12.8
1100.0	1.6	1.0	100.0	0.0	0.0	-13.4	-13.4	0.0	-13.4
1050.0	1.7	1.1	100.0	0.0	0.0	-14.1	-14.1	0.0	-14.1
1000.0	1.7	1.1	100.0	0.0	0.0	-14.9	-14.9	0.0	-14.9
950.0	1.8	1.2	100.0	0.0	0.0	-15.7	-15.7	0.0	-15.7
900.0	1.9	1.3	100.0	0.0	0.0	-16.6	-16.6	0.0	-16.6
850.0	2.1	1.4	100.0	0.0	0.0	-47.1	-47.1	0.0	-47.1
800.0	2.2	1.4	100.0	0.0	0.0	-113.5	-113.5	0.0	-113.5
750.0	2.3	1.5	100.0	0.0	0.0	-155.2	-155.2	0.0	-155.2
700.0	2.5	1.6	100.0	0.0	0.0	-210.2	-210.2	0.0	-210.2
650.0	2.7	1.8	100.0	0.0	0.0	-296.9	-296.9	0.0	-296.9
600.0	2.9	1.9	100.0	0.0	0.0	-367.8	-367.8	0.0	-367.8
550.0	3.2	2.1	100.0	513.9	72.2	-441.8	-441.8	0.0	-441.8
500.0	3.5	2.3	100.0	711.2	226.2	-485.1	-485.1	0.0	-485.1
450.0	3.9	2.6	100.0	953.0	415.3	-537.7	-537.5	0.0	-537.5
400.0	4.4	2.9	100.0	1256.0	653.2	-602.8	-602.6	0.0	-602.6
350.0	5.0	3.3	100.0	1646.8	961.4	-685.5	-684.9	0.0	-684.9
300.0	5.8	3.8	100.0	2178.6	1384.9	-793.7	-792.9	0.0	-792.9
280.0	6.2	4.1	100.0	2441.5	1594.6	-847.0	-846.0	0.0	-846.0
260.0	6.7	4.4	100.0	2745.9	1838.3	-907.7	-906.5	0.0	-906.5
240.0	7.3	4.8	100.0	3102.3	2124.6	-977.7	-975.5	0.0	-975.5
220.0	7.9	5.2	100.0	3526.1	2467.4	-1058.7	-1055.9	0.0	-1055.9
200.0	8.7	5.7	100.0	4037.5	2883.7	-1153.8	-1149.7	0.0	-1149.7
180.0	9.7	6.4	100.0	4672.4	3406.0	-1266.4	-1260.3	0.0	-1260.3

160.0	10.9	7.2	100.0	5467.8	4065.6	-1402.2	-1391.9	0.0	-1391.9
150.0	11.6	7.7	100.0	5949.7	4469.2	-1480.6	-1467.3	0.0	-1467.3
1200.0	1.5	1.0	70.0	0.0	0.0	304.7	304.7	0.0	304.7
1150.0	1.5	1.0	70.0	0.0	0.0	318.0	318.0	0.0	318.0
1100.0	1.6	1.0	70.0	0.0	0.0	331.2	331.2	0.0	331.2
1050.0	1.7	1.1	70.0	0.0	0.0	324.0	324.0	0.0	324.0
1000.0	1.7	1.1	70.0	0.0	0.0	340.2	340.2	0.0	340.2
950.0	1.8	1.2	70.0	0.0	0.0	358.0	358.0	0.0	358.0
900.0	1.9	1.3	70.0	0.0	0.0	377.7	377.7	0.0	377.7
850.0	2.1	1.4	70.0	0.0	0.0	370.1	370.1	0.0	370.1
800.0	2.2	1.4	70.0	0.0	0.0	355.3	355.3	0.0	355.3
750.0	2.3	1.5	70.0	0.0	0.0	318.2	318.2	0.0	318.2
700.0	2.5	1.6	70.0	0.0	0.0	301.1	301.1	0.0	301.1
650.0	2.7	1.8	70.0	0.0	0.0	250.0	250.0	0.0	250.0
600.0	2.9	1.9	70.0	0.0	0.0	228.5	228.5	0.0	228.5
550.0	3.2	2.1	70.0	0.0	0.0	182.2	182.2	0.0	182.2
500.0	3.5	2.3	70.0	0.0	0.0	121.7	121.7	0.0	121.7
450.0	3.9	2.6	70.0	0.0	0.0	59.1	59.1	0.0	59.1
400.0	4.4	2.9	70.0	0.0	0.0	-38.1	-38.1	0.0	-38.1
350.0	5.0	3.3	70.0	0.0	0.0	-134.2	-134.2	0.0	-134.2
300.0	5.8	3.8	70.0	0.0	0.0	-304.0	-304.0	0.0	-304.0
280.0	6.2	4.1	70.0	0.0	0.0	-356.8	-356.5	0.0	-356.5
260.0	6.7	4.4	70.0	0.0	0.0	-445.8	-445.5	0.0	-445.5
240.0	7.3	4.8	70.0	0.0	0.0	-538.2	-537.8	0.0	-537.8
220.0	7.9	5.2	70.0	0.0	0.0	-656.7	-656.0	0.0	-656.0
200.0	8.7	5.7	70.0	0.0	0.0	-813.2	-812.3	0.0	-812.3
180.0	9.7	6.4	70.0	0.0	0.0	-973.0	-971.1	0.0	-971.1
160.0	10.9	7.2	70.0	0.0	0.0	-1184.8	-1181.1	0.0	-1181.1
150.0	11.6	7.7	70.0	0.0	0.0	-1316.1	-1311.6	0.0	-1311.6
1200.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	493.1	493.1	0.0	493.1
1150.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	514.1	514.1	0.0	514.1
1100.0	1.6	1.0	40.0	0.0	0.0	537.0	537.0	0.0	537.0
1050.0	1.7	1.1	40.0	0.0	0.0	561.9	561.9	0.0	561.9
1000.0	1.7	1.1	40.0	0.0	0.0	589.2	589.2	0.0	589.2
950.0	1.8	1.2	40.0	0.0	0.0	619.3	619.3	0.0	619.3
900.0	1.9	1.3	40.0	0.0	0.0	652.5	652.5	0.0	652.5
850.0	2.1	1.4	40.0	0.0	0.0	632.5	632.5	0.0	632.5
800.0	2.2	1.4	40.0	0.0	0.0	640.3	640.3	0.0	640.3
750.0	2.3	1.5	40.0	0.0	0.0	616.7	616.8	0.0	616.8

A20

700.0	2.5	1.6	40.0	0.0	0.0	624.6	624.6	0.0	624.6
650.0	2.7	1.8	40.0	0.0	0.0	622.4	622.4	0.0	622.4
600.0	2.9	1.9	40.0	0.0	0.0	603.5	603.5	0.0	603.5
550.0	3.2	2.1	40.0	0.0	0.0	601.2	601.2	0.0	601.2
500.0	3.5	2.3	40.0	0.0	0.0	573.9	573.9	0.0	573.9
450.0	3.9	2.6	40.0	0.0	0.0	570.4	570.4	0.0	570.4
400.0	4.4	2.9	40.0	0.0	0.0	529.1	529.1	0.0	529.1
350.0	5.0	3.3	40.0	0.0	0.0	521.7	521.7	0.0	521.7
300.0	5.8	3.8	40.0	0.0	0.0	482.9	482.9	0.0	482.9
280.0	6.2	4.1	40.0	0.0	0.0	463.4	463.4	0.0	463.4
260.0	6.7	4.4	40.0	0.0	0.0	426.6	426.6	0.0	426.6
240.0	7.3	4.8	40.0	0.0	0.0	419.8	419.8	0.0	419.8
220.0	7.9	5.2	40.0	0.0	0.0	389.1	389.1	0.0	389.1
200.0	8.7	5.7	40.0	0.0	0.0	352.3	352.3	0.0	352.3
180.0	9.7	6.4	40.0	0.0	0.0	300.2	300.2	0.0	300.2
160.0	10.9	7.2	40.0	0.0	0.0	243.0	243.0	0.0	243.0
150.0	11.6	7.7	40.0	0.0	0.0	208.7	208.7	0.0	208.7
1200.0	1.5	1.0	10.0	0.0	0.0	575.4	575.4	0.0	575.4
1150.0	1.5	1.0	10.0	0.0	0.0	599.7	599.7	0.0	599.7
1100.0	1.6	1.0	10.0	0.0	0.0	626.1	626.1	0.0	626.1
1050.0	1.7	1.1	10.0	0.0	0.0	654.9	654.9	0.0	654.9
1000.0	1.7	1.1	10.0	0.0	0.0	686.5	686.5	0.0	686.5
950.0	1.8	1.2	10.0	0.0	0.0	721.1	721.1	0.0	721.1
900.0	1.9	1.3	10.0	0.0	0.0	759.4	759.4	0.0	759.4
850.0	2.1	1.4	10.0	0.0	0.0	772.6	772.6	0.0	772.6
800.0	2.2	1.4	10.0	0.0	0.0	760.6	760.6	0.0	760.6
750.0	2.3	1.5	10.0	0.0	0.0	777.2	777.2	0.0	777.2
700.0	2.5	1.6	10.0	0.0	0.0	762.2	762.2	0.0	762.2
650.0	2.7	1.8	10.0	0.0	0.0	781.4	781.4	0.0	781.4
600.0	2.9	1.9	10.0	0.0	0.0	788.0	788.0	0.0	788.0
550.0	3.2	2.1	10.0	0.0	0.0	787.1	787.1	0.0	787.1
500.0	3.5	2.3	10.0	0.0	0.0	797.9	797.9	0.0	797.9
450.0	3.9	2.6	10.0	0.0	0.0	795.2	795.2	0.0	795.2
400.0	4.4	2.9	10.0	0.0	0.0	812.6	812.6	0.0	812.6
350.0	5.0	3.3	10.0	0.0	0.0	807.8	807.8	0.0	807.8
300.0	5.8	3.8	10.0	0.0	0.0	828.7	828.7	0.0	828.7
280.0	6.2	4.1	10.0	0.0	0.0	829.9	829.9	0.0	829.9
260.0	6.7	4.4	10.0	0.0	0.0	840.2	840.2	0.0	840.2
240.0	7.3	4.8	10.0	0.0	0.0	852.1	852.1	0.0	852.1

220.0	7.9	5.2	10.0	0.0	0.0	860.8	860.8	0.0	860.8
200.0	8.7	5.7	10.0	0.0	0.0	865.3	865.3	0.0	865.3
180.0	9.7	6.4	10.0	0.0	0.0	870.2	870.7	0.0	870.7
160.0	10.9	7.2	10.0	0.0	0.0	890.8	891.5	0.0	891.5
150.0	11.6	7.7	10.0	0.0	0.0	876.1	877.0	0.0	877.0

ARQUIVO TAPE26 DATA A1

LOCOMOTIVA B - B - POTÊNCIA ÚTIL 1200 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 71200 kgf
- DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 2,34 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 7,47 m
- BITOLA MÉTRICA NA NOMINAL - SEM FORÇA DE TRAÇÃO - SEM FORÇA DE FRENAGEM
- SEM FORÇA DE IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG. PEDESTAIS/CX. MANCAL
NA NOMINAL DO PROJETO - COM SOBREBITOLA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR
7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.
RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA (*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA
DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO- COM RODAS, TRILHOS E
PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			PARA RAIOS DE	1200 m
	65,8 mm	"	"	"	1150 m
	68,7 mm	"	"	"	1100 m
	71,9 mm	"	"	"	1050 m
	75,6 mm	"	"	"	1000 m
	79,5 mm	"	"	"	950 m
	84,0 mm	"	"		IGUAL OU INFERIOR A 900 m

ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS: TU12B25

RAIO CUR- VA	GRAU AME- RICA- NO CUR- VA	GRAU MÉ- TRI- CO CUR- VA	VE- LO- CI- DA- DE C.F.	DIST. EIXO LI- DER AO C.F.	DIST. C.F. A L.C. LONG. C.F.	L/V RODA EXT. EIXO LI- DER	L/V RODA EXT. EIXO GUIA- DO	L/V RODA INT. EIXO GUIA DO	FORÇA CENTRÍ- FUGA NÃO COMPEN- SADA	MOMENTO FORÇAS FRIC. LONG.
(m)	-	-	(km/h)	(m)	(m)	-	-	-	(kgf)	(lb.pol)
1200.0	1.5	1.0	100.0	2.4	0.0	0.07	0.00	0.00	233.8	23210.5
1150.0	1.5	1.0	100.0	2.4	0.0	0.07	0.00	0.00	242.1	23843.6
1100.0	1.6	1.0	100.0	2.4	0.0	0.08	0.00	0.00	251.2	24533.4
1050.0	1.7	1.1	100.0	2.4	0.0	0.08	0.00	0.00	270.9	25287.8
1000.0	1.7	1.1	100.0	2.4	0.0	0.08	0.00	0.00	277.2	26116.3
950.0	1.8	1.2	100.0	2.4	0.0	0.09	0.00	0.00	297.6	27030.4
900.0	1.9	1.3	100.0	2.4	0.0	0.09	0.00	0.00	308.9	28043.9
850.0	2.1	1.4	100.0	2.2	0.0	0.10	0.00	0.01	492.4	29211.5
800.0	2.2	1.4	100.0	2.0	0.0	0.11	0.00	0.01	698.8	30578.1
750.0	2.3	1.5	100.0	1.9	0.0	0.12	0.00	0.02	932.8	32058.9
700.0	2.5	1.6	100.0	1.7	0.0	0.14	0.00	0.02	1200.1	33739.9
650.0	2.7	1.8	100.0	1.5	0.0	0.15	0.00	0.03	1508.6	35667.5
600.0	2.9	1.9	100.0	1.3	0.0	0.17	0.00	0.04	1868.5	37876.8
550.0	3.2	2.1	100.0	1.2	0.0	0.20	0.06	0.05	2293.9	40465.2
500.0	3.5	2.3	100.0	1.2	0.0	0.24	0.08	0.05	2804.3	43549.9
450.0	3.9	2.6	100.0	1.2	0.0	0.28	0.11	0.06	3428.1	47290.1
400.0	4.4	2.9	100.0	1.2	0.0	0.33	0.14	0.07	4207.9	51913.6
350.0	5.0	3.3	100.0	1.2	0.0	0.40	0.18	0.08	5210.5	57846.1
300.0	5.8	3.8	100.0	1.2	0.0	0.49	0.24	0.09	6573.2	66626.4
280.0	6.2	4.1	100.0	1.2	0.0	0.54	0.27	0.10	7241.5	70462.7
260.0	6.7	4.4	100.0	1.2	0.0	0.59	0.31	0.10	8012.8	74830.1
240.0	7.3	4.8	100.0	1.2	0.0	0.65	0.35	0.11	8912.6	79986.1
220.0	7.9	5.2	100.0	1.2	0.0	0.72	0.40	0.12	9976.0	85771.2
200.0	8.7	5.7	100.0	1.2	0.1	0.81	0.45	0.13	11251.9	92636.0
180.0	9.7	6.4	100.0	1.2	0.1	0.92	0.52	0.14	12837.0	102512.3
160.0	10.9	7.2	100.0	1.2	0.1	1.05	0.61	0.16	14786.6	112498.9
150.0	11.6	7.7	100.0	1.2	0.1	1.12	0.67	0.16	15955.9	118200.9

1200.0	1.5	1.0	70.0	4.3	0.0	0.04	0.00	-0.03	-959.1	23367.2
1150.0	1.5	1.0	70.0	4.3	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1002.7	23978.7
1100.0	1.6	1.0	70.0	4.3	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1050.2	24644.3
1050.0	1.7	1.1	70.0	4.1	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1092.5	25382.7
1000.0	1.7	1.1	70.0	4.1	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1154.4	26180.1
950.0	1.8	1.2	70.0	4.1	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1209.3	27057.3
900.0	1.9	1.3	70.0	4.1	0.0	0.04	0.00	-0.04	-1281.7	28027.0
850.0	2.1	1.4	70.0	4.0	0.0	0.05	0.00	-0.04	-1191.8	29131.0
800.0	2.2	1.4	70.0	3.9	0.0	0.06	0.00	-0.04	-1090.6	30376.0
750.0	2.3	1.5	70.0	3.6	0.0	0.07	0.00	-0.04	-976.0	31802.5
700.0	2.5	1.6	70.0	3.5	0.0	0.08	0.00	-0.03	-845.0	33407.2
650.0	2.7	1.8	70.0	3.3	0.0	0.09	0.00	-0.03	-693.8	35280.0
600.0	2.9	1.9	70.0	3.1	0.0	0.10	0.00	-0.03	-517.4	37426.2
550.0	3.2	2.1	70.0	2.9	0.0	0.12	0.00	-0.02	-309.0	39968.9
500.0	3.5	2.3	70.0	2.7	0.0	0.14	0.00	-0.01	-58.9	43012.6
450.0	3.9	2.6	70.0	2.6	0.0	0.16	0.00	-0.01	246.8	46719.3
400.0	4.4	2.9	70.0	2.4	0.0	0.19	0.00	0.00	629.0	51385.6
350.0	5.0	3.3	70.0	2.2	0.0	0.23	0.00	0.02	1120.3	57305.8
300.0	5.8	3.8	70.0	2.0	0.0	0.28	0.00	0.03	1801.3	66239.5
280.0	6.2	4.1	70.0	1.9	0.0	0.30	0.00	0.04	2128.8	70122.5
260.0	6.7	4.4	70.0	1.9	0.0	0.33	0.00	0.05	2506.7	74557.6
240.0	7.3	4.8	70.0	1.8	0.0	0.36	0.00	0.06	2947.7	79630.7
220.0	7.9	5.2	70.0	1.7	0.0	0.40	0.00	0.07	3468.8	85524.1
200.0	8.7	5.7	70.0	1.6	0.0	0.44	0.00	0.09	4094.0	92443.1
180.0	9.7	6.4	70.0	1.5	0.0	0.50	0.00	0.11	4883.8	102421.8
160.0	10.9	7.2	70.0	1.4	0.0	0.57	0.00	0.13	5839.2	112439.9
150.0	11.6	7.7	70.0	1.4	0.0	0.61	0.00	0.15	6412.2	118148.2
1200.0	1.5	1.0	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.06	-1731.1	23256.8
1150.0	1.5	1.0	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.06	-1808.2	23851.2
1100.0	1.6	1.0	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.06	-1892.4	24496.3
1050.0	1.7	1.1	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.06	-1974.8	25198.6
1000.0	1.7	1.1	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.07	-2080.7	25966.0
950.0	1.8	1.2	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.07	-2184.5	26807.8
900.0	1.9	1.3	40.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.07	-2311.0	27735.0
850.0	2.1	1.4	40.0	5.2	0.0	0.02	0.00	-0.07	-2281.6	28838.4
800.0	2.2	1.4	40.0	5.0	0.0	0.02	0.00	-0.07	-2248.6	30036.4
750.0	2.3	1.5	40.0	4.8	0.0	0.03	0.00	-0.07	-2211.2	31436.8
700.0	2.5	1.6	40.0	4.6	0.0	0.04	0.00	-0.07	-2168.4	32979.7
650.0	2.7	1.8	40.0	4.5	0.0	0.05	0.00	-0.07	-2119.0	34768.5

600.0	2.9	1.9	40.0	4.3	0.0	0.05	0.00	-0.07	-2061.4	36875.3
550.0	3.2	2.1	40.0	4.1	0.0	0.06	0.00	-0.07	-1993.3	39312.6
500.0	3.5	2.3	40.0	3.9	0.0	0.08	0.00	-0.06	-1911.6	42269.8
450.0	3.9	2.6	40.0	3.7	0.0	0.09	0.00	-0.06	-1811.8	45782.1
400.0	4.4	2.9	40.0	3.5	0.0	0.11	0.00	-0.06	-1687.0	50220.1
350.0	5.0	3.3	40.0	3.4	0.0	0.14	0.00	-0.06	-1526.5	55701.6
300.0	5.8	3.8	40.0	3.2	0.0	0.17	0.00	-0.05	-1286.7	64000.9
280.0	6.2	4.1	40.0	3.1	0.0	0.18	0.00	-0.05	-1179.7	67610.4
260.0	6.7	4.4	40.0	3.0	0.0	0.20	0.00	-0.05	-1056.2	71778.6
240.0	7.3	4.8	40.0	2.9	0.0	0.22	0.00	-0.05	-912.2	76370.4
220.0	7.9	5.2	40.0	2.9	0.0	0.24	0.00	-0.04	-742.0	81770.1
200.0	8.7	5.7	40.0	2.8	0.0	0.27	0.00	-0.04	-537.8	88044.1
180.0	9.7	6.4	40.0	2.7	0.0	0.30	0.00	-0.03	-262.8	97129.1
160.0	10.9	7.2	40.0	2.6	0.0	0.33	0.00	-0.03	49.3	105968.4
150.0	11.6	7.7	40.0	2.6	0.0	0.35	0.00	-0.02	236.4	110970.0
1200.0	1.5	1.0	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.06	-2082.2	23192.0
1150.0	1.5	1.0	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.07	-2174.6	23778.2
1100.0	1.6	1.0	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.07	-2275.3	24413.7
1050.0	1.7	1.1	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.07	-2376.0	25104.8
1000.0	1.7	1.1	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.08	-2502.0	25859.0
950.0	1.8	1.2	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.08	-2627.9	26685.0
900.0	1.9	1.3	10.0	5.9	0.0	0.00	0.00	-0.09	-2779.1	27593.4
850.0	2.1	1.4	10.0	5.8	0.0	0.00	0.00	-0.09	-2777.2	28640.9
800.0	2.2	1.4	10.0	5.5	0.0	0.01	0.00	-0.09	-2775.2	29855.0
750.0	2.3	1.5	10.0	5.4	0.0	0.01	0.00	-0.09	-2772.8	31177.0
700.0	2.5	1.6	10.0	5.2	0.0	0.02	0.00	-0.09	-2770.2	32739.2
650.0	2.7	1.8	10.0	5.0	0.0	0.02	0.00	-0.09	-2767.1	34463.4
600.0	2.9	1.9	10.0	4.9	0.0	0.03	0.00	-0.09	-2763.5	36488.9
550.0	3.2	2.1	10.0	4.6	0.0	0.04	0.00	-0.09	-2759.3	38881.7
500.0	3.5	2.3	10.0	4.5	0.0	0.05	0.00	-0.09	-2754.2	41692.7
450.0	3.9	2.6	10.0	4.3	0.0	0.06	0.00	-0.09	-2747.9	45126.6
400.0	4.4	2.9	10.0	4.1	0.0	0.07	0.00	-0.09	-2740.1	49276.8
350.0	5.0	3.3	10.0	3.9	0.0	0.09	0.00	-0.09	-2730.1	54585.3
300.0	5.8	3.8	10.0	3.7	0.0	0.11	0.00	-0.09	-2690.9	62345.6
280.0	6.2	4.1	10.0	3.6	0.0	0.12	0.00	-0.09	-2684.2	65710.1
260.0	6.7	4.4	10.0	3.6	0.0	0.13	0.00	-0.09	-2676.5	69445.1
240.0	7.3	4.8	10.0	3.5	0.0	0.15	0.00	-0.10	-2667.5	73663.6
220.0	7.9	5.2	10.0	3.4	0.0	0.16	0.00	-0.10	-2656.9	78491.4
200.0	8.7	5.7	10.0	3.3	0.0	0.17	0.00	-0.10	-2644.2	84051.1

180.0	9.7	6.4	10.0	3.3	0.0	0.18	0.00	-0.10	-2603.2	92015.2
160.0	10.9	7.2	10.0	3.2	0.0	0.19	0.00	-0.10	-2583.7	99220.6
150.0	11.6	7.7	10.0	3.1	0.0	0.20	0.00	-0.10	-2572.0	103415.4

ARQUIVO TAPE23 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 2000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 108000 kgf - DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 3,51 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 9,02 m - BITOLA MÉTRICA NO NOMINAL - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			PARA RAI0 DE 1200 m
	65,8 mm	"	"	" 1150 m
	68,7 mm	"	"	" 1100 m
	71,9 mm	"	"	" 1050 m
	75,6 mm	"	"	" 1000 m
	79,5 mm	"	"	" 950 m
	84,0 mm	"	"	IGUAL OU INFERIOR A 900 m

--BANCO DE ENTRADA DE DADOS TU20C3

RAIO CUR- VA	GRAU AME- RICA- NO CURVA	GRAU MÉ- TRI- CO CURVA	VE- LO- CI- DA- DE	FORÇA LÍQ. RODA EXT. EIXO LIDER	FORÇA FRISO RODA TRILHO EXT. EIXO LIDER	FORÇA FRIC. LAT. RODA EXT. EIXO LIDER	FORÇA FRIC. LAT. RODA INT. EIXO LIDER	FORÇA FRISO RODA TRILHO INT. EIXO LIDER	FORÇA FRIC. LAT. RODA INT. EIXO LIDER
(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
1200.0	1.5	1.0	100.0	834.9	1383.4	548.6	548.6	0.0	548.6
1150.0	1.5	1.0	100.0	867.8	1439.7	571.8	571.8	0.0	571.8
1100.0	1.6	1.0	100.0	903.7	1500.8	597.1	597.1	0.0	597.1
1050.0	1.7	1.1	100.0	950.6	1575.3	624.7	624.7	0.0	624.7
1000.0	1.7	1.1	100.0	989.9	1644.8	654.9	654.9	0.0	654.9
950.0	1.8	1.2	100.0	1042.5	1729.3	686.8	686.8	0.0	686.8
900.0	1.9	1.3	100.0	1093.1	1816.5	723.4	723.4	0.0	723.4
850.0	2.1	1.4	100.0	1136.5	1751.4	614.8	614.8	0.0	614.8
800.0	2.2	1.4	100.0	1380.5	2069.1	688.7	688.7	0.0	688.7
750.0	2.3	1.5	100.0	1541.1	2197.4	656.3	656.3	0.0	656.3
700.0	2.5	1.6	100.0	1701.4	2297.6	596.2	596.2	0.0	596.2
650.0	2.7	1.8	100.0	1971.6	2583.7	612.1	612.1	0.0	612.1
600.0	2.9	1.9	100.0	2241.3	2826.7	585.4	585.4	0.0	585.4
550.0	3.2	2.1	100.0	2643.3	3280.2	636.9	636.8	0.0	636.8
500.0	3.5	2.3	100.0	3124.9	3823.1	698.1	698.0	0.0	698.0
450.0	3.9	2.6	100.0	3712.5	4484.6	772.1	771.9	0.0	771.9
400.0	4.4	2.9	100.0	4445.4	5308.5	863.2	862.8	0.0	862.8
350.0	5.0	3.3	100.0	5384.7	6362.6	977.8	977.2	0.0	977.2
300.0	5.8	3.8	100.0	6657.9	7784.1	1126.2	1124.9	0.0	1124.9
280.0	6.2	4.1	100.0	7279.0	8477.3	1198.3	1196.8	0.0	1196.8
260.0	6.7	4.4	100.0	7993.6	9273.5	1279.9	1277.6	0.0	1277.6
240.0	7.3	4.8	100.0	8824.3	10196.9	1372.6	1369.4	0.0	1369.4

220.0	7.9	5.2	100.0	9801.4	11279.9	1478.6	1474.0	0.0	1474.0
200.0	8.7	5.7	100.0	10966.8	12567.1	1600.4	1593.9	0.0	1593.9
180.0	9.7	6.4	100.0	12408.9	14149.6	1740.7	1731.2	0.0	1731.2
160.0	10.9	7.2	100.0	14159.0	16062.2	1903.1	1887.7	0.0	1887.7
150.0	11.6	7.7	100.0	15198.4	17191.4	1993.0	1973.3	0.0	1973.3
1200.0	1.5	1.0	70.0	289.7	1240.5	950.8	950.8	0.0	950.8
1150.0	1.5	1.0	70.0	296.5	1285.8	989.3	989.3	0.0	989.3
1100.0	1.6	1.0	70.0	297.4	1322.0	1024.6	1024.6	0.0	1024.6
1050.0	1.7	1.1	70.0	318.6	1394.5	1075.9	1075.9	0.0	1075.9
1000.0	1.7	1.1	70.0	313.5	1429.5	1116.1	1116.1	0.0	1116.1
950.0	1.8	1.2	70.0	336.5	1515.1	1178.6	1178.6	0.0	1178.6
900.0	1.9	1.3	70.0	331.5	1557.8	1226.3	1226.3	0.0	1226.3
850.0	2.1	1.4	70.0	189.9	1196.5	1006.6	1006.6	0.0	1006.6
800.0	2.2	1.4	70.0	471.6	1674.2	1202.7	1202.7	0.0	1202.7
750.0	2.3	1.5	70.0	412.7	1457.6	1044.9	1044.9	0.0	1044.9
700.0	2.5	1.6	70.0	547.7	1615.7	1068.0	1068.0	0.0	1068.0
650.0	2.7	1.8	70.0	924.7	2241.6	1316.9	1316.9	0.0	1316.9
600.0	2.9	1.9	70.0	1985.0	3606.5	1621.4	1621.4	0.0	1621.4
550.0	3.2	2.1	70.0	1261.5	2586.2	1324.7	1324.7	0.0	1324.7
500.0	3.5	2.3	70.0	2490.9	4199.3	1708.4	1708.4	0.0	1708.4
450.0	3.9	2.6	70.0	1668.4	2923.4	1255.1	1255.1	0.0	1255.1
400.0	4.4	2.9	70.0	2251.0	3764.7	1513.7	1513.7	0.0	1513.7
350.0	5.0	3.3	70.0	2553.3	3947.8	1394.6	1394.6	0.0	1394.6
300.0	5.8	3.8	70.0	3398.9	5057.0	1658.1	1657.8	0.0	1657.8
280.0	6.2	4.1	70.0	3554.2	5087.1	1532.9	1532.2	0.0	1532.2
260.0	6.7	4.4	70.0	3924.2	5505.6	1581.4	1580.5	0.0	1580.5
240.0	7.3	4.8	70.0	4354.0	5990.6	1636.6	1635.6	0.0	1635.6
220.0	7.9	5.2	70.0	4855.2	6551.0	1695.9	1694.6	0.0	1694.6
200.0	8.7	5.7	70.0	5448.3	7208.6	1760.4	1758.0	0.0	1758.0
180.0	9.7	6.4	70.0	6182.7	8004.1	1821.5	1817.5	0.0	1817.5
160.0	10.9	7.2	70.0	7099.0	9034.1	1935.1	1928.5	0.0	1928.5
150.0	11.6	7.7	70.0	7632.3	9620.7	1988.3	1980.8	0.0	1980.8
1200.0	1.5	1.0	40.0	-62.7	1149.9	1212.6	1212.6	0.0	1212.6
1150.0	1.5	1.0	40.0	-74.0	1185.6	1259.6	1259.6	0.0	1259.6
1100.0	1.6	1.0	40.0	-109.4	1178.5	1287.9	1287.9	0.0	1287.9
1050.0	1.7	1.1	40.0	-95.7	1268.1	1363.8	1363.8	0.0	1363.8
1000.0	1.7	1.1	40.0	-204.3	1130.9	1335.2	1335.2	0.0	1335.2
950.0	1.8	1.2	40.0	-221.5	1174.7	1396.3	1396.3	0.0	1396.3
900.0	1.9	1.3	40.0	-248.9	1216.2	1465.0	1465.0	0.0	1465.0

850.0	2.1	1.4	40.0	-436.1	811.2	1247.2	1247.2	0.0	1247.2
800.0	2.2	1.4	40.0	-130.0	1393.2	1523.2	1523.2	0.0	1523.2
750.0	2.3	1.5	40.0	15.2	1648.0	1632.8	1632.8	0.0	1632.8
700.0	2.5	1.6	40.0	-218.8	1135.0	1353.9	1353.9	0.0	1353.9
650.0	2.7	1.8	40.0	401.5	2060.8	1659.3	1659.3	0.0	1659.3
600.0	2.9	1.9	40.0	-17.0	1434.4	1451.4	1451.4	0.0	1451.4
550.0	3.2	2.1	40.0	109.6	1621.4	1511.8	1511.8	0.0	1511.8
500.0	3.5	2.3	40.0	1114.6	2824.5	1709.9	1709.9	0.0	1709.9
450.0	3.9	2.6	40.0	440.2	2106.4	1666.2	1666.2	0.0	1666.2
400.0	4.4	2.9	40.0	661.3	2427.8	1766.5	1766.5	0.0	1766.5
350.0	5.0	3.3	40.0	2235.6	4123.7	1888.1	1888.1	0.0	1888.1
300.0	5.8	3.8	40.0	2690.4	4724.5	2034.1	2034.1	0.0	2034.1
280.0	6.2	4.1	40.0	2902.1	5004.9	2102.8	2102.8	0.0	2102.8
260.0	6.7	4.4	40.0	2927.0	5023.7	2096.7	2096.7	0.0	2096.7
240.0	7.3	4.8	40.0	2976.7	5075.1	2098.4	2098.4	0.0	2098.4
220.0	7.9	5.2	40.0	3032.2	5132.4	2100.2	2100.2	0.0	2100.2
200.0	8.7	5.7	40.0	3097.1	5200.3	2103.2	2103.2	0.0	2103.2
180.0	9.7	6.4	40.0	3183.3	5284.0	2100.8	2100.8	0.0	2100.8
160.0	10.9	7.2	40.0	4925.5	7483.2	2557.7	2557.7	0.0	2557.7
150.0	11.6	7.7	40.0	5158.7	7724.0	2565.3	2565.3	0.0	2565.3
1200.0	1.5	1.0	10.0	-251.8	1050.9	1302.7	1302.7	0.0	1302.7
1150.0	1.5	1.0	10.0	-272.7	1079.7	1352.4	1352.4	0.0	1352.4
1100.0	1.6	1.0	10.0	-275.9	1150.4	1426.3	1426.3	0.0	1426.3
1050.0	1.7	1.1	10.0	-314.8	1149.3	1464.1	1464.1	0.0	1464.1
1000.0	1.7	1.1	10.0	-328.9	1217.8	1546.7	1546.7	0.0	1546.7
950.0	1.8	1.2	10.0	-305.7	1301.2	1606.9	1606.9	0.0	1606.9
900.0	1.9	1.3	10.0	-762.4	559.6	1322.0	1322.0	0.0	1322.0
850.0	2.1	1.4	10.0	-112.5	1511.0	1623.5	1623.5	0.0	1623.5
800.0	2.2	1.4	10.0	-677.7	714.6	1392.3	1392.3	0.0	1392.3
750.0	2.3	1.5	10.0	139.2	1772.6	1633.4	1633.4	0.0	1633.4
700.0	2.5	1.6	10.0	-571.3	909.1	1480.4	1480.4	0.0	1480.4
650.0	2.7	1.8	10.0	-508.7	1023.1	1531.8	1531.8	0.0	1531.8
600.0	2.9	1.9	10.0	653.4	2323.8	1670.5	1670.5	0.0	1670.5
550.0	3.2	2.1	10.0	936.9	2591.5	1654.6	1654.6	0.0	1654.6
500.0	3.5	2.3	10.0	-292.5	1408.6	1701.0	1701.0	0.0	1701.0
450.0	3.9	2.6	10.0	1091.7	2848.1	1756.4	1756.4	0.0	1756.4
400.0	4.4	2.9	10.0	1194.8	3018.2	1823.5	1823.5	0.0	1823.5
350.0	5.0	3.3	10.0	1323.2	3229.1	1905.9	1906.1	0.0	1906.1
300.0	5.8	3.8	10.0	2092.9	4326.3	2233.4	2233.8	0.0	2233.8

280.0	6.2	4.1	10.0	2240.2	4541.1	2300.9	2301.4	0.0	2301.4
260.0	6.7	4.4	10.0	2399.6	4769.9	2370.3	2370.9	0.0	2370.9
240.0	7.3	4.8	10.0	2503.7	4922.4	2418.8	2419.5	0.0	2419.5
220.0	7.9	5.2	10.0	2587.8	5047.5	2459.7	2460.5	0.0	2460.5
200.0	8.7	5.7	10.0	2679.5	5180.2	2500.7	2501.7	0.0	2501.7
180.0	9.7	6.4	10.0	3143.7	5719.9	2576.2	2577.7	0.0	2577.7
160.0	10.9	7.2	10.0	3282.4	5857.0	2574.6	2576.1	0.0	2576.1
150.0	11.6	7.7	10.0	3320.0	5892.8	2572.8	2574.5	0.0	2574.5

ARQUIVO TAPE24 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 2000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 108000 kgf - DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 3,51 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 9,02 m - BITOLA MÉTRICA NO NOMINAL - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			PARA RAIOS DE 1200 m
	65,8 mm	"	"	" 1150 m
	68,7 mm	"	"	" 1100 m
	71,9 mm	"	"	" 1050 m
	75,6 mm	"	"	" 1000 m
	79,5 mm	"	"	" 950 m
	84,0 mm	"	"	IGUAL OU INFERIOR A 900 m

--BANCO DE ENTRADA DE DADOS TU20C3

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AME-	MÉ-	LO-	LÍQ.	FRISO	FRIC.	FRIC	FRISO	FRIC.
VA	RICA-	TRI-	CI-	RODA	RODA	LAT.	LAT.	RODA	LAT.
	NO	CO	DA-	EXT.	TRILHO	RODA	RODA	TRILHO	RODA
	CURVA	CURVA	DE	EIXO	EXT.	EXT.	INT.	INT.	INT.
				INTERM.	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO
					INTERM.	INTERM.	INTERM.	INTERM.	INTERM.

(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
-----	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1200.0	1.5	1.0	100.0	283.4	566.9	283.4	283.4	0.0	283.4
1150.0	1.5	1.0	100.0	295.8	591.6	295.8	295.8	0.0	295.8
1100.0	1.6	1.0	100.0	309.2	618.5	309.2	309.2	0.0	309.2
1050.0	1.7	1.1	100.0	323.9	647.9	323.9	323.9	0.0	323.9
1000.0	1.7	1.1	100.0	340.1	680.2	340.1	340.1	0.0	340.1
950.0	1.8	1.2	100.0	356.6	713.1	356.6	356.6	0.0	356.6
900.0	1.9	1.3	100.0	376.2	752.5	376.2	376.2	0.0	376.2
850.0	2.1	1.4	100.0	241.5	483.0	241.5	241.5	0.0	241.5
800.0	2.2	1.4	100.0	295.2	590.5	295.2	295.2	0.0	295.2
750.0	2.3	1.5	100.0	234.3	468.7	234.3	234.3	0.0	234.3
700.0	2.5	1.6	100.0	140.7	281.3	140.7	140.7	0.0	140.7
650.0	2.7	1.8	100.0	121.9	243.8	121.9	121.9	0.0	121.9
600.0	2.9	1.9	100.0	53.1	106.3	53.1	53.1	0.0	53.1
550.0	3.2	2.1	100.0	58.1	116.1	58.0	58.1	0.0	58.1
500.0	3.5	2.3	100.0	64.0	128.0	64.0	64.0	0.0	64.0
450.0	3.9	2.6	100.0	71.2	142.4	71.2	71.2	0.0	71.2
400.0	4.4	2.9	100.0	80.2	160.3	80.1	80.2	0.0	80.2
350.0	5.0	3.3	100.0	91.7	183.3	91.7	91.7	0.0	91.7
300.0	5.8	3.8	100.0	106.9	213.8	107.0	106.9	0.0	106.9
280.0	6.2	4.1	100.0	114.5	229.0	114.6	114.5	0.0	114.5
260.0	6.7	4.4	100.0	123.1	246.5	123.3	123.1	0.0	123.1
240.0	7.3	4.8	100.0	133.2	266.8	133.6	133.2	0.0	133.2
220.0	7.9	5.2	100.0	145.0	290.6	145.6	145.0	0.0	145.0

200.0	8.7	5.7	100.0	159.1	319.1	160.0	159.1	0.0	159.1
180.0	9.7	6.4	100.0	176.1	353.5	177.4	176.1	0.0	176.1
160.0	10.9	7.2	100.0	196.9	396.1	199.2	196.9	0.0	196.9
150.0	11.6	7.7	100.0	209.2	421.4	212.2	209.2	0.0	209.2
1200.0	1.5	1.0	70.0	701.6	1403.2	701.6	701.6	0.0	701.6
1150.0	1.5	1.0	70.0	730.9	1461.8	730.9	730.9	0.0	730.9
1100.0	1.6	1.0	70.0	756.1	1512.1	756.1	756.1	0.0	756.1
1050.0	1.7	1.1	70.0	797.2	1594.4	797.2	797.2	0.0	797.2
1000.0	1.7	1.1	70.0	825.5	1650.9	825.5	825.5	0.0	825.5
950.0	1.8	1.2	70.0	876.5	1752.9	876.5	876.5	0.0	876.5
900.0	1.9	1.3	70.0	910.4	1820.8	910.4	910.4	0.0	910.4
850.0	2.1	1.4	70.0	655.4	1310.7	655.4	655.4	0.0	655.4
800.0	2.2	1.4	70.0	843.7	1687.5	843.7	843.7	0.0	843.7
750.0	2.3	1.5	70.0	648.1	1296.3	648.1	648.1	0.0	648.1
700.0	2.5	1.6	70.0	643.7	1287.5	643.7	643.7	0.0	643.7
650.0	2.7	1.8	70.0	883.3	1766.6	883.3	883.3	0.0	883.3
600.0	2.9	1.9	70.0	75.1	1265.5	1190.4	1190.4	0.0	1190.4
550.0	3.2	2.1	70.0	808.8	1617.7	808.8	808.8	0.0	808.8
500.0	3.5	2.3	70.0	33.9	1234.5	1200.6	1200.6	0.0	1200.6
450.0	3.9	2.6	70.0	606.9	1213.8	606.9	606.9	0.0	606.9
400.0	4.4	2.9	70.0	824.5	1649.0	824.5	824.5	0.0	824.5
350.0	5.0	3.3	70.0	573.6	1147.2	573.6	573.6	0.0	573.6
300.0	5.8	3.8	70.0	754.1	1508.3	754.3	754.1	0.0	754.1
280.0	6.2	4.1	70.0	521.8	1044.0	522.1	521.8	0.0	521.8
260.0	6.7	4.4	70.0	498.5	997.3	498.8	498.5	0.0	498.5
240.0	7.3	4.8	70.0	471.1	942.7	471.6	471.1	0.0	471.1
220.0	7.9	5.2	70.0	433.1	866.7	433.6	433.1	0.0	433.1
200.0	8.7	5.7	70.0	380.9	762.5	381.6	380.9	0.0	380.9
180.0	9.7	6.4	70.0	296.0	592.8	296.9	296.0	0.0	296.0
160.0	10.9	7.2	70.0	252.8	506.9	254.1	252.8	0.0	252.8
150.0	11.6	7.7	70.0	210.3	421.8	211.5	210.3	0.0	210.3
1200.0	1.5	1.0	40.0	976.9	1953.9	976.9	976.9	0.0	976.9
1150.0	1.5	1.0	40.0	1016.3	2032.6	1016.3	1016.3	0.0	1016.3
1100.0	1.6	1.0	40.0	1035.0	2070.0	1035.0	1035.0	0.0	1035.0
1050.0	1.7	1.1	40.0	1103.9	2207.8	1103.9	1103.9	0.0	1103.9
1000.0	1.7	1.1	40.0	1059.6	2119.2	1059.6	1059.6	0.0	1059.6
950.0	1.8	1.2	40.0	1110.6	2221.2	1110.6	1110.6	0.0	1110.6
900.0	1.9	1.3	40.0	1169.0	2337.9	1169.0	1169.0	0.0	1169.0
850.0	2.1	1.4	40.0	913.7	1827.5	913.7	913.7	0.0	913.7

800.0	2.2	1.4	40.0	1194.4	2388.8	1194.4	1194.4	0.0	1194.4
750.0	2.3	1.5	40.0	1294.1	2588.1	1294.1	1294.1	0.0	1294.1
700.0	2.5	1.6	40.0	956.5	1912.9	956.5	956.5	0.0	956.5
650.0	2.7	1.8	40.0	774.0	2042.8	1268.8	1268.8	0.0	1268.8
600.0	2.9	1.9	40.0	996.4	1992.9	996.4	996.4	0.0	996.4
550.0	3.2	2.1	40.0	1021.7	2043.3	1021.7	1021.7	0.0	1021.7
500.0	3.5	2.3	40.0	-135.4	1066.9	1202.3	1202.3	0.0	1202.3
450.0	3.9	2.6	40.0	1088.1	2176.3	1088.1	1088.1	0.0	1088.1
400.0	4.4	2.9	40.0	1133.1	2266.3	1133.1	1133.1	0.0	1133.1
350.0	5.0	3.3	40.0	-1190.1	0.0	1190.1	1190.1	0.0	1190.1
300.0	5.8	3.8	40.0	-1260.9	0.0	1260.9	1260.9	0.0	1260.9
280.0	6.2	4.1	40.0	-1298.0	0.0	1298.0	1298.0	0.0	1298.0
260.0	6.7	4.4	40.0	-1215.4	0.0	1215.4	1215.4	0.0	1215.4
240.0	7.3	4.8	40.0	-1130.8	0.0	1130.8	1130.8	0.0	1130.8
220.0	7.9	5.2	40.0	-1028.5	0.0	1028.5	1028.5	0.0	1028.5
200.0	8.7	5.7	40.0	-904.5	0.0	904.5	904.5	0.0	904.5
180.0	9.7	6.4	40.0	-739.8	0.0	739.8	739.8	0.0	739.8
160.0	10.9	7.2	40.0	-1674.2	0.0	1674.2	1674.2	0.0	1674.2
150.0	11.6	7.7	40.0	-1724.2	0.0	1724.2	1724.2	0.0	1724.2
1200.0	1.5	1.0	10.0	1072.4	2144.8	1072.4	1072.4	0.0	1072.4
1150.0	1.5	1.0	10.0	1115.0	2229.9	1115.0	1115.0	0.0	1115.0
1100.0	1.6	1.0	10.0	1183.1	2366.1	1183.1	1183.1	0.0	1183.1
1050.0	1.7	1.1	10.0	1211.7	2423.4	1211.7	1211.7	0.0	1211.7
1000.0	1.7	1.1	10.0	1288.3	2576.6	1288.3	1288.3	0.0	1288.3
950.0	1.8	1.2	10.0	1231.7	2571.8	1340.1	1340.1	0.0	1340.1
900.0	1.9	1.3	10.0	1013.6	2027.1	1013.6	1013.6	0.0	1013.6
850.0	2.1	1.4	10.0	694.2	2019.7	1325.5	1325.5	0.0	1325.5
800.0	2.2	1.4	10.0	1050.3	2100.6	1050.3	1050.3	0.0	1050.3
750.0	2.3	1.5	10.0	250.2	1544.9	1294.6	1294.6	0.0	1294.6
700.0	2.5	1.6	10.0	1097.0	2194.1	1097.0	1097.0	0.0	1097.0
650.0	2.7	1.8	10.0	1123.8	2247.6	1123.8	1123.8	0.0	1123.8
600.0	2.9	1.9	10.0	-608.0	639.0	1247.0	1247.0	0.0	1247.0
550.0	3.2	2.1	10.0	-1187.0	0.0	1187.0	1187.0	0.0	1187.0
500.0	3.5	2.3	10.0	1191.8	2383.6	1191.8	1191.8	0.0	1191.8
450.0	3.9	2.6	10.0	-1197.5	0.0	1197.5	1197.5	0.0	1197.5
400.0	4.4	2.9	10.0	-1204.6	0.0	1204.6	1204.6	0.0	1204.6
350.0	5.0	3.3	10.0	-1213.6	0.0	1213.6	1213.8	0.0	1213.8
300.0	5.8	3.8	10.0	-1558.9	0.0	1558.9	1559.3	0.0	1559.3
280.0	6.2	4.1	10.0	-1612.2	0.0	1612.2	1612.6	0.0	1612.6

260.0	6.7	4.4	10.0	-1672.1	0.0	1672.1	1672.6	0.0	1672.6
240.0	7.3	4.8	10.0	-1695.6	0.0	1695.6	1696.2	0.0	1696.2
220.0	7.9	5.2	10.0	-1702.7	0.0	1702.7	1703.3	0.0	1703.3
200.0	8.7	5.7	10.0	-1710.9	0.0	1710.9	1711.7	0.0	1711.7
180.0	9.7	6.4	10.0	-2012.4	0.0	2012.4	2013.5	0.0	2013.5
160.0	10.9	7.2	10.0	-2091.9	0.0	2091.9	2093.3	0.0	2093.3
150.0	11.6	7.7	10.0	-2096.0	0.0	2096.0	2097.6	0.0	2097.6

ARQUIVO TAPE 25 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 2000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 108000 kgf - DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 3,51 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 9,02 m - BITOLA MÉTRICA NO NOMINAL - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVAÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVAÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			para raio de 1200 m
	65,8 mm	"	"	" 1150 m
	68,7 mm	"	"	" 1100 m
	71,9 mm	"	"	" 1050 m
	75,6 mm	"	"	" 1000 m
	79,5 mm	"	"	" 950 m
	84,0 mm	"	"	IGUAL OU INFERIOR A 900 m

--BANCO DE ENTRADA DE DADOS TU20C3

RAIO CUR- VA	GRAU AME- RICA- NO CUR- VA	GRAU MÉ- TRI- CO CUR- VA	VE- LO- CI- DA- DE	FORÇA LÍQ. RODA EXT. EIXO GUIADO	FORÇA FRISO RODA TRILHO EXT. EIXO GUIADO	FORÇA FRIC. LAT. RODA EXT. EIXO GUIADO	FORÇA FRIC. LAT. RODA INT. EIXO GUIADO	FORÇA FRISO RODA TRILHO INT. EIXO GUIADO	FORÇA FRIC. LAT. RODA INT. EIXO GUIADO
(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
1200.0	1.5	1.0	100.0	0.0	0.0	-37.4	-37.4	0.0	-37.4
1150.0	1.5	1.0	100.0	0.0	0.0	-39.1	-39.1	0.0	-39.1
1100.0	1.6	1.0	100.0	0.0	0.0	-40.9	-40.9	0.0	-40.9
1050.0	1.7	1.1	100.0	0.0	0.0	-43.0	-43.0	0.0	-43.0
1000.0	1.7	1.1	100.0	0.0	0.0	-45.2	-45.2	0.0	-45.2
950.0	1.8	1.2	100.0	0.0	0.0	-49.0	-49.0	0.0	-49.0
900.0	1.9	1.3	100.0	0.0	0.0	-51.9	-51.9	0.0	-51.9
850.0	2.1	1.4	100.0	413.4	200.7	-212.6	-212.6	0.0	-212.6
800.0	2.2	1.4	100.0	0.0	0.0	-187.3	-187.3	0.0	-187.3
750.0	2.3	1.5	100.0	312.8	32.1	-280.7	-280.7	0.0	-280.7
700.0	2.5	1.6	100.0	515.8	105.8	-410.0	-410.0	0.0	-410.0
650.0	2.7	1.8	100.0	0.0	0.0	-470.2	-470.2	0.0	-470.2
600.0	2.9	1.9	100.0	0.0	0.0	-585.4	-585.4	0.0	-585.4
550.0	3.2	2.1	100.0	834.8	197.9	-636.9	-636.8	0.0	-636.8
500.0	3.5	2.3	100.0	1127.1	429.0	-698.1	-698.0	0.0	-698.0
450.0	3.9	2.6	100.0	1485.4	713.4	-772.1	-771.9	0.0	-771.9
400.0	4.4	2.9	100.0	1935.0	1071.8	-863.2	-862.8	0.0	-862.8
350.0	5.0	3.3	100.0	2515.9	1538.1	-977.8	-977.2	0.0	-977.2
300.0	5.8	3.8	100.0	3309.3	2183.1	-1126.2	-1124.9	0.0	-1124.9
280.0	6.2	4.1	100.0	3701.5	2503.2	-1198.3	-1196.8	0.0	-1196.8
260.0	6.7	4.4	100.0	4156.0	2876.2	-1279.9	-1277.6	0.0	-1277.6
240.0	7.3	4.8	100.0	4689.4	3316.8	-1372.6	-1369.4	0.0	-1369.4
220.0	7.9	5.2	100.0	5324.2	3845.7	-1478.6	-1474.0	0.0	-1474.0

200.0	8.7	5.7	100.0	6092.6	4492.3	-1600.4	-1593.9	0.0	-1593.9
180.0	9.7	6.4	100.0	7052.5	5311.8	-1740.7	-1731.2	0.0	-1731.2
160.0	10.9	7.2	100.0	8256.3	6353.2	-1903.1	-1887.7	0.0	-1887.7
150.0	11.6	7.7	100.0	8988.4	6995.4	-1993.0	-1973.3	0.0	-1973.3
1200.0	1.5	1.0	70.0	0.0	0.0	389.0	389.0	0.0	389.0
1150.0	1.5	1.0	70.0	0.0	0.0	405.8	405.8	0.0	405.8
1100.0	1.6	1.0	70.0	-385.5	31.6	417.1	417.1	0.0	417.1
1050.0	1.7	1.1	70.0	0.0	0.0	443.9	443.9	0.0	443.9
1000.0	1.7	1.1	70.0	-418.7	37.1	455.7	455.7	0.0	455.7
950.0	1.8	1.2	70.0	0.0	0.0	489.9	489.9	0.0	489.9
900.0	1.9	1.3	70.0	-462.7	41.3	504.0	504.0	0.0	504.0
850.0	2.1	1.4	70.0	366.9	575.0	208.1	208.1	0.0	208.1
800.0	2.2	1.4	70.0	-216.4	163.5	379.9	379.9	0.0	379.9
750.0	2.3	1.5	70.0	429.2	568.9	139.7	139.7	0.0	139.7
700.0	2.5	1.6	70.0	466.5	564.9	98.4	98.4	0.0	98.4
650.0	2.7	1.8	70.0	-275.5	36.5	312.0	312.0	0.0	312.0
600.0	2.9	1.9	70.0	-49.2	553.4	602.6	602.6	0.0	602.6
550.0	3.2	2.1	70.0	35.8	159.2	123.4	123.4	0.0	123.4
500.0	3.5	2.3	70.0	49.9	539.3	489.4	489.4	0.0	489.4
450.0	3.9	2.6	70.0	775.4	530.1	-245.3	-245.3	0.0	-245.3
400.0	4.4	2.9	70.0	149.8	27.9	-121.9	-121.9	0.0	-121.9
350.0	5.0	3.3	70.0	1021.3	501.0	-520.3	-520.3	0.0	-520.3
300.0	5.8	3.8	70.0	549.1	35.9	-513.2	-513.1	0.0	-513.1
280.0	6.2	4.1	70.0	1285.7	455.0	-830.7	-830.2	0.0	-830.2
260.0	6.7	4.4	70.0	1388.2	439.4	-948.7	-948.1	0.0	-948.1
240.0	7.3	4.8	70.0	1496.0	413.3	-1082.7	-1081.9	0.0	-1081.9
220.0	7.9	5.2	70.0	1620.8	380.5	-1240.3	-1239.3	0.0	-1239.3
200.0	8.7	5.7	70.0	1757.8	332.1	-1425.6	-1423.6	0.0	-1423.6
180.0	9.7	6.4	70.0	1913.4	261.4	-1652.0	-1648.3	0.0	-1648.3
160.0	10.9	7.2	70.0	1902.9	39.4	-1863.5	-1857.2	0.0	-1857.2
150.0	11.6	7.7	70.0	2087.6	99.3	-1988.3	-1980.8	0.0	-1980.8
1200.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	678.2	678.2	0.0	678.2
1150.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	706.6	706.6	0.0	706.6
1100.0	1.6	1.0	40.0	-663.1	48.9	712.0	712.0	0.0	712.0
1050.0	1.7	1.1	40.0	0.0	0.0	769.8	769.8	0.0	769.8
1000.0	1.7	1.1	40.0	-498.5	206.5	705.0	705.0	0.0	705.0
950.0	1.8	1.2	40.0	-526.2	214.3	740.5	740.5	0.0	740.5
900.0	1.9	1.3	40.0	-556.1	226.3	782.4	782.4	0.0	782.4
850.0	2.1	1.4	40.0	328.6	811.5	482.9	482.9	0.0	482.9

A40

800.0	2.2	1.4	40.0	-522.5	237.4	760.0	760.0	0.0	760.0
750.0	2.3	1.5	40.0	-783.6	56.3	839.9	839.9	0.0	839.9
700.0	2.5	1.6	40.0	415.5	849.1	433.5	433.5	0.0	433.5
650.0	2.7	1.8	40.0	0.0	0.0	737.8	737.8	0.0	737.8
600.0	2.9	1.9	40.0	498.2	884.9	386.7	386.7	0.0	386.7
550.0	3.2	2.1	40.0	551.0	907.7	356.7	356.7	0.0	356.7
500.0	3.5	2.3	40.0	0.0	0.0	491.4	491.4	0.0	491.4
450.0	3.9	2.6	40.0	692.2	968.8	276.6	276.6	0.0	276.6
400.0	4.4	2.9	40.0	789.3	1010.7	221.4	221.4	0.0	221.4
350.0	5.0	3.3	40.0	0.0	0.0	150.4	150.4	0.0	150.4
300.0	5.8	3.8	40.0	0.0	0.0	51.3	51.3	0.0	51.3
280.0	6.2	4.1	40.0	0.0	0.0	4.6	4.6	0.0	4.6
260.0	6.7	4.4	40.0	0.0	0.0	-198.6	199.7	398.3	-198.6
240.0	7.3	4.8	40.0	0.0	0.0	-417.1	417.2	834.4	-417.1
220.0	7.9	5.2	40.0	0.0	0.0	-668.7	668.8	1337.5	-668.7
200.0	8.7	5.7	40.0	0.0	0.0	-955.8	956.1	1911.8	-955.8
180.0	9.7	6.4	40.0	0.0	0.0	-1291.6	1293.0	2584.5	-1291.6
160.0	10.9	7.2	40.0	0.0	0.0	-518.8	-518.8	0.0	-518.8
150.0	11.6	7.7	40.0	0.0	0.0	-600.3	-600.3	0.0	-600.3
1200.0	1.5	1.0	10.0	-734.3	45.0	779.3	779.3	0.0	779.3
1150.0	1.5	1.0	10.0	-761.4	50.1	811.5	811.5	0.0	811.5
1100.0	1.6	1.0	10.0	0.0	0.0	870.1	870.1	0.0	870.1
1050.0	1.7	1.1	10.0	-831.7	53.8	885.5	885.5	0.0	885.5
1000.0	1.7	1.1	10.0	0.0	0.0	951.5	951.5	0.0	951.5
950.0	1.8	1.2	10.0	0.0	0.0	989.5	989.5	0.0	989.5
900.0	1.9	1.3	10.0	286.7	901.4	614.6	614.6	0.0	614.6
850.0	2.1	1.4	10.0	0.0	0.0	930.3	930.3	0.0	930.3
800.0	2.2	1.4	10.0	330.9	933.6	602.7	602.7	0.0	602.7
750.0	2.3	1.5	10.0	0.0	0.0	840.5	840.5	0.0	840.5
700.0	2.5	1.6	10.0	387.7	975.1	587.3	587.3	0.0	587.3
650.0	2.7	1.8	10.0	428.4	1004.4	576.0	576.0	0.0	576.0
600.0	2.9	1.9	10.0	0.0	0.0	666.3	666.3	0.0	666.3
550.0	3.2	2.1	10.0	0.0	0.0	542.3	542.3	0.0	542.3
500.0	3.5	2.3	10.0	0.0	0.0	479.4	1704.3	1225.0	479.4
450.0	3.9	2.6	10.0	0.0	0.0	401.9	706.1	304.2	401.9
400.0	4.4	2.9	10.0	0.0	0.0	304.2	813.7	509.5	304.2
350.0	5.0	3.3	10.0	0.0	0.0	177.9	952.5	774.5	177.9
300.0	5.8	3.8	10.0	0.0	0.0	421.2	421.3	0.0	421.3
280.0	6.2	4.1	10.0	0.0	0.0	401.1	401.3	0.0	401.3

260.0	6.7	4.4	10.0	0.0	0.0	378.0	378.1	0.0	378.1
240.0	7.3	4.8	10.0	0.0	0.0	289.4	448.1	158.6	289.5
220.0	7.9	5.2	10.0	0.0	0.0	155.9	594.3	438.3	156.0
200.0	8.7	5.7	10.0	0.0	0.0	-4.5	769.3	773.8	-4.5
180.0	9.7	6.4	10.0	0.0	0.0	247.2	247.4	0.0	247.4
160.0	10.9	7.2	10.0	0.0	0.0	128.0	310.8	182.6	128.1
150.0	11.6	7.7	10.0	0.0	0.0	-17.9	469.6	487.5	-17.9

ARQUIVO TAPE26 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 2000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 108000 kgf - DIA. RODAS 914,4 mm - BASE RÍGIDA 3,51 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 9,02 m - BITOLA MÉTRICA NO NOMINAL - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG. PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF. RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7709 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVAÇÃO CONF. RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVAÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	63,0 mm			PARA RAIOS DE	1200 m
	65,8 mm	"	"	"	1150 m
	68,7 mm	"	"	"	1100 m
	71,9 mm	"	"	"	1050 m
	75,6 mm	"	"	"	1000 m
	79,5 mm	"	"	"	950 m
	84,0 mm	"	"	IGUAL OU INFERIOR A	900 m

--BANCO DE ENTRADA DE DADOS TU20C3

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	DIST.	DIST.	L/V	L/V	L/V	L/V	L/V	FORÇA
CUR	AME-	MÉ-	LO-	EIXO	L.C.	RODA	RODA	RODA	RODA	RODA	CENTRÍ-
VA	RICA-	TRI-	CI-	LIDER	LONG.	EXT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	FUGA
	NO	CO	DA-	AO	AO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	NAO
	CURVA	CURVA	DE	C.F.	C.F.	LIDER	IN-	IN-	GUIA-	GUIA-	COMPEN-
							TERM.	TERM.	DO	DO	SADA

(m)	-	-	(km/h)	(m)	(m)	-	-	-	-	-	(kgf)
-----	---	---	--------	-----	-----	---	---	---	---	---	-------

1200.0	1.5	1.0	100.0	3.3	0.0	0.09	0.03	0.03	0.00	0.00	354.2
1150.0	1.5	1.0	100.0	3.3	0.0	0.10	0.03	0.03	0.00	0.00	366.8
1100.0	1.6	1.0	100.0	3.3	0.0	0.10	0.03	0.03	0.00	0.00	380.6
1050.0	1.7	1.1	100.0	3.3	0.0	0.11	0.04	0.04	0.00	0.00	410.3
1000.0	1.7	1.1	100.0	3.3	0.0	0.11	0.04	0.04	0.00	-0.01	419.9
950.0	1.8	1.2	100.0	3.3	0.0	0.12	0.04	0.04	0.00	-0.01	450.8
900.0	1.9	1.3	100.0	3.3	0.0	0.12	0.04	0.04	0.00	-0.01	468.0
850.0	2.1	1.4	100.0	2.6	0.0	0.13	0.03	0.03	0.05	-0.02	746.3
800.0	2.2	1.4	100.0	2.8	0.0	0.15	0.03	0.03	0.00	-0.02	1059.3
750.0	2.3	1.5	100.0	2.5	0.0	0.17	0.03	0.03	0.03	-0.03	1414.0
700.0	2.5	1.6	100.0	2.1	0.0	0.19	0.02	0.02	0.06	-0.05	1819.5
650.0	2.7	1.8	100.0	2.0	0.0	0.22	0.01	0.01	0.00	-0.05	2287.3
600.0	2.9	1.9	100.0	1.8	0.0	0.25	0.01	0.01	0.00	-0.07	2833.1
550.0	3.2	2.1	100.0	1.8	0.0	0.29	0.01	0.01	0.09	-0.07	3478.2
500.0	3.5	2.3	100.0	1.8	0.0	0.35	0.01	0.01	0.13	-0.08	4252.2
450.0	3.9	2.6	100.0	1.8	0.0	0.41	0.01	0.01	0.17	-0.09	5198.2
400.0	4.4	2.9	100.0	1.8	0.0	0.49	0.01	0.01	0.22	-0.10	6380.8
350.0	5.0	3.3	100.0	1.8	0.0	0.60	0.01	0.01	0.28	-0.11	7901.3
300.0	5.8	3.8	100.0	1.8	0.0	0.74	0.01	0.01	0.37	-0.12	9968.3
280.0	6.2	4.1	100.0	1.8	0.0	0.81	0.01	0.01	0.41	-0.13	10981.8
260.0	6.7	4.4	100.0	1.8	0.0	0.89	0.01	0.01	0.46	-0.14	12151.4
240.0	7.3	4.8	100.0	1.8	0.0	0.98	0.01	0.01	0.52	-0.15	13516.0
220.0	7.9	5.2	100.0	1.8	0.0	1.09	0.02	0.02	0.59	-0.16	15128.7
200.0	8.7	5.7	100.0	1.8	0.0	1.22	0.02	0.02	0.68	-0.18	17063.6
180.0	9.7	6.4	100.0	1.8	0.0	1.38	0.02	0.02	0.78	-0.19	19467.4
160.0	10.9	7.2	100.0	1.8	0.0	1.57	0.02	0.02	0.92	-0.21	22423.9

150.0	11.6	7.7	100.0	1.8	0.0	1.69	0.02	0.02	1.00	-0.22	24197.3
1200.0	1.5	1.0	70.0	5.8	0.0	0.03	0.08	0.08	0.00	0.04	-1454.9
1150.0	1.5	1.0	70.0	5.8	0.0	0.03	0.08	0.08	0.00	0.05	-1521.0
1100.0	1.6	1.0	70.0	5.8	0.0	0.03	0.08	0.08	-0.04	0.05	-1593.1
1050.0	1.7	1.1	70.0	5.8	0.0	0.04	0.09	0.09	0.00	0.05	-1657.3
1000.0	1.7	1.1	70.0	5.8	0.0	0.03	0.09	0.09	-0.05	0.05	-1751.1
950.0	1.8	1.2	70.0	5.8	0.0	0.04	0.10	0.10	0.00	0.05	-1834.4
900.0	1.9	1.3	70.0	5.8	0.0	0.04	0.10	0.10	-0.05	0.06	-1944.2
850.0	2.1	1.4	70.0	4.4	0.0	0.02	0.07	0.07	0.04	0.02	-1807.9
800.0	2.2	1.4	70.0	5.0	0.0	0.05	0.09	0.09	-0.02	0.04	-1654.5
750.0	2.3	1.5	70.0	4.0	0.0	0.05	0.07	0.07	0.05	0.02	-1480.6
700.0	2.5	1.6	70.0	3.8	0.0	0.06	0.07	0.07	0.05	0.01	-1281.9
650.0	2.7	1.8	70.0	4.5	0.0	0.10	0.10	0.10	-0.03	0.03	-1052.7
600.0	2.9	1.9	70.0	5.3	0.0	0.22	0.01	0.13	-0.01	0.07	-785.2
550.0	3.2	2.1	70.0	3.8	0.0	0.14	0.09	0.09	0.00	0.01	-469.1
500.0	3.5	2.3	70.0	4.7	0.0	0.28	0.00	0.13	0.01	0.05	-89.8
450.0	3.9	2.6	70.0	3.0	0.0	0.19	0.07	0.07	0.09	-0.03	373.8
400.0	4.4	2.9	70.0	3.3	0.0	0.25	0.09	0.09	0.02	-0.01	953.3
350.0	5.0	3.3	70.0	2.6	0.0	0.28	0.06	0.06	0.11	-0.06	1698.4
300.0	5.8	3.8	70.0	2.7	0.0	0.38	0.08	0.08	0.06	-0.06	2731.6
280.0	6.2	4.1	70.0	2.3	0.0	0.39	0.06	0.06	0.14	-0.09	3228.3
260.0	6.7	4.4	70.0	2.2	0.0	0.44	0.06	0.06	0.15	-0.11	3801.5
240.0	7.3	4.8	70.0	2.2	0.0	0.48	0.05	0.05	0.17	-0.12	4470.2
220.0	7.9	5.2	70.0	2.1	0.0	0.54	0.05	0.05	0.18	-0.14	5260.5
200.0	8.7	5.7	70.0	2.0	0.0	0.61	0.04	0.04	0.20	-0.16	6208.7
180.0	9.7	6.4	70.0	1.9	0.0	0.69	0.03	0.03	0.21	-0.18	7406.3
160.0	10.9	7.2	70.0	1.8	0.0	0.79	0.03	0.03	0.21	-0.21	8855.1
150.0	11.6	7.7	70.0	1.8	0.0	0.85	0.02	0.02	0.23	-0.22	9724.2
1200.0	1.5	1.0	40.0	7.6	0.0	-0.01	0.11	0.11	0.00	0.08	-2625.7
1150.0	1.5	1.0	40.0	7.6	0.0	-0.01	0.11	0.11	0.00	0.08	-2742.6
1100.0	1.6	1.0	40.0	7.4	0.0	-0.01	0.12	0.12	-0.07	0.08	-2870.2
1050.0	1.7	1.1	40.0	7.6	0.0	-0.01	0.12	0.12	0.00	0.09	-2995.2
1000.0	1.7	1.1	40.0	7.0	0.0	-0.02	0.12	0.12	-0.06	0.08	-3155.9
950.0	1.8	1.2	40.0	7.0	0.0	-0.02	0.12	0.12	-0.06	0.08	-3313.2
900.0	1.9	1.3	40.0	7.1	0.0	-0.03	0.13	0.13	-0.06	0.09	-3505.2
850.0	2.1	1.4	40.0	5.5	0.0	-0.05	0.10	0.10	0.04	0.05	-3460.6
800.0	2.2	1.4	40.0	6.6	0.0	-0.01	0.13	0.13	-0.06	0.08	-3410.5
750.0	2.3	1.5	40.0	6.7	0.0	0.00	0.14	0.14	-0.09	0.09	-3353.7
700.0	2.5	1.6	40.0	5.0	0.0	-0.02	0.11	0.11	0.05	0.05	-3288.9

650.0	2.7	1.8	40.0	5.9	0.0	0.04	0.09	0.14	0.00	0.08	-3214.0
600.0	2.9	1.9	40.0	4.7	0.0	0.00	0.11	0.11	0.06	0.04	-3126.6
550.0	3.2	2.1	40.0	4.5	0.0	0.01	0.11	0.11	0.06	0.04	-3023.4
500.0	3.5	2.3	40.0	4.7	0.0	0.12	-0.02	0.13	0.00	0.05	-2899.5
450.0	3.9	2.6	40.0	4.1	0.0	0.05	0.12	0.12	0.08	0.03	-2748.1
400.0	4.4	2.9	40.0	3.9	0.0	0.07	0.13	0.13	0.09	0.02	-2558.8
350.0	5.0	3.3	40.0	3.8	0.0	0.25	-0.13	0.13	0.00	0.02	-2315.5
300.0	5.8	3.8	40.0	3.6	0.0	0.30	-0.14	0.14	0.00	0.01	-1951.2
280.0	6.2	4.1	40.0	3.5	0.0	0.32	-0.14	0.14	0.00	0.00	-1789.0
260.0	6.7	4.4	40.0	3.2	0.0	0.33	-0.14	0.14	0.00	0.02	-1601.8
240.0	7.3	4.8	40.0	3.0	0.0	0.33	-0.13	0.13	0.00	0.05	-1383.4
220.0	7.9	5.2	40.0	2.8	0.0	0.34	-0.11	0.11	0.00	0.07	-1125.3
200.0	8.7	5.7	40.0	2.5	0.0	0.34	-0.10	0.10	0.00	0.11	-815.6
180.0	9.7	6.4	40.0	2.3	0.0	0.35	-0.08	0.08	0.00	0.14	-398.5
160.0	10.9	7.2	40.0	3.1	0.0	0.55	-0.19	0.19	0.00	-0.06	74.7
150.0	11.6	7.7	40.0	3.0	0.0	0.57	-0.19	0.19	0.00	-0.07	358.5
1200.0	1.5	1.0	10.0	8.2	0.0	-0.03	0.12	0.12	-0.08	0.09	-3158.0
1150.0	1.5	1.0	10.0	8.2	0.0	-0.03	0.12	0.12	-0.08	0.09	-3298.1
1100.0	1.6	1.0	10.0	8.4	0.0	-0.03	0.13	0.13	0.00	0.10	-3451.0
1050.0	1.7	1.1	10.0	8.2	0.0	-0.03	0.13	0.13	-0.09	0.10	-3603.7
1000.0	1.7	1.1	10.0	8.4	0.0	-0.04	0.14	0.14	0.00	0.11	-3794.8
950.0	1.8	1.2	10.0	8.3	0.0	-0.03	0.14	0.15	0.00	0.11	-3985.7
900.0	1.9	1.3	10.0	6.3	0.0	-0.08	0.11	0.11	0.03	0.07	-4215.0
850.0	2.1	1.4	10.0	7.5	0.0	-0.01	0.08	0.15	0.00	0.10	-4212.2
800.0	2.2	1.4	10.0	5.9	0.0	-0.08	0.12	0.12	0.04	0.07	-4209.1
750.0	2.3	1.5	10.0	6.7	0.0	0.02	0.03	0.14	0.00	0.09	-4205.6
700.0	2.5	1.6	10.0	5.6	0.0	-0.06	0.12	0.12	0.04	0.07	-4201.5
650.0	2.7	1.8	10.0	5.4	0.0	-0.06	0.12	0.12	0.05	0.06	-4196.8
600.0	2.9	1.9	10.0	5.5	0.0	0.07	-0.07	0.14	0.00	0.07	-4191.4
550.0	3.2	2.1	10.0	5.0	0.0	0.10	-0.13	0.13	0.00	0.06	-4184.9
500.0	3.5	2.3	10.0	4.7	0.0	-0.03	0.13	0.13	0.00	0.19	-4177.2
450.0	3.9	2.6	10.0	4.4	0.0	0.12	-0.13	0.13	0.00	0.08	-4167.8
400.0	4.4	2.9	10.0	4.1	0.0	0.13	-0.13	0.13	0.00	0.09	-4156.0
350.0	5.0	3.3	10.0	3.8	0.0	0.15	-0.13	0.13	0.00	0.11	-4140.8
300.0	5.8	3.8	10.0	4.1	0.0	0.23	-0.17	0.17	0.00	0.05	-4080.7
280.0	6.2	4.1	10.0	4.1	0.0	0.25	-0.18	0.18	0.00	0.04	-4070.6
260.0	6.7	4.4	10.0	4.0	0.0	0.27	-0.19	0.19	0.00	0.04	-4058.9
240.0	7.3	4.8	10.0	3.9	0.0	0.28	-0.19	0.19	0.00	0.05	-4045.3
220.0	7.9	5.2	10.0	3.7	0.0	0.29	-0.19	0.19	0.00	0.07	-4029.2

200.0	8.7	5.7	10.0	3.5	0.0	0.30	-0.19	0.19	0.00	0.09	-4009.9
180.0	9.7	6.4	10.0	3.7	0.0	0.35	-0.22	0.22	0.00	0.03	-3947.7
160.0	10.9	7.2	10.0	3.6	0.0	0.36	-0.23	0.23	0.00	0.03	-3918.2
150.0	11.6	7.7	10.0	3.5	0.0	0.37	-0.23	0.23	0.00	0.05	-3900.5

ARQUIVO TAPE23 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 3000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 180000 kgf - DIA. RODAS 1016 mm - BASE RÍGIDA 4,14 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 12,47 m - BITOLA NA NOMINAL (1,60m) - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF.RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7711 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVAÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVAÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	100,8	mm	PARA	RAIO	DE	1200	m
	105,2	mm	"	"	"	1150	m
	110,0	mm	"	"	"	1100	m
	115,3	mm	"	"	"	1050	m
	120,9	mm	"	"	"	1000	m
	127,3	mm	"	"	"	950	m
	134,3	mm	"	"	"	900	m
	142,2	mm	"	"	"	850	m
	151,2	mm	"	"	"	800	m
	160,0	mm	"	"	IGUAL	OU	INFERIOR A 750 m

--ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS TU20C4

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AME-	MÉ-	LO-	LÍQ.	FRISO	FRIC.	FRIC.	FRISO	FRIC.
VA	RICA-	TRI-	CI-	RODA	RODA	LAT.	LAT.	RODA	LAT.
	NO	CO	DA-	EXT.	TRILHO	RODA	RODA	TRILHO	RODA
	CURVA	CURVA	DE	EIXO	EXT.	EXT.	INT.	INT.	INT.
				LIDER	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO
					LIDER	LIDER	LIDER	LIDER	LIDER
(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
1200.0	1.5	1.0	100.0	1498.5	2481.5	983.0	983.0	0.0	983.0
1150.0	1.5	1.0	100.0	1561.3	2583.9	1022.6	1022.6	0.0	1022.6
1100.0	1.6	1.0	100.0	1628.3	2695.9	1067.6	1067.6	0.0	1067.6
1050.0	1.7	1.1	100.0	1700.2	2816.8	1116.6	1116.6	0.0	1116.6
1000.0	1.7	1.1	100.0	1784.4	2952.6	1168.2	1168.2	0.0	1168.2
950.0	1.8	1.2	100.0	1874.6	3101.7	1227.1	1227.1	0.0	1227.1
900.0	1.9	1.3	100.0	1970.6	3260.4	1289.8	1289.8	0.0	1289.8
850.0	2.1	1.4	100.0	2081.6	3443.4	1361.8	1361.8	0.0	1361.8
800.0	2.2	1.4	100.0	2204.8	3646.9	1442.0	1442.0	0.0	1442.0
750.0	2.3	1.5	100.0	2553.5	4265.5	1712.0	1712.0	0.0	1712.0
700.0	2.5	1.6	100.0	2736.7	4262.4	1525.8	1525.8	0.0	1525.8
650.0	2.7	1.8	100.0	3168.0	4701.4	1533.4	1533.4	0.0	1533.4
600.0	2.9	1.9	100.0	3667.5	5206.6	1539.2	1539.0	0.0	1539.0
550.0	3.2	2.1	100.0	4358.7	6006.4	1647.8	1647.4	0.0	1647.4
500.0	3.5	2.3	100.0	4956.5	6502.5	1546.0	1545.6	0.0	1545.6
450.0	3.9	2.6	100.0	5835.7	7373.1	1537.5	1536.7	0.0	1536.7
400.0	4.4	2.9	100.0	7040.3	8716.4	1676.1	1674.6	0.0	1674.6
350.0	5.0	3.3	100.0	8624.8	10517.3	1892.5	1890.0	0.0	1890.0
300.0	5.8	3.8	100.0	10758.1	12927.1	2169.0	2164.5	0.0	2164.5
280.0	6.2	4.1	100.0	11798.9	14101.0	2302.2	2295.9	0.0	2295.9
260.0	6.7	4.4	100.0	12993.2	15444.4	2451.2	2442.6	0.0	2442.6
240.0	7.3	4.8	100.0	14376.9	16995.4	2618.5	2606.7	0.0	2606.7
220.0	7.9	5.2	100.0	15998.1	18805.4	2807.2	2790.0	0.0	2790.0

200.0	8.7	5.7	100.0	18007.9	21027.4	3019.5	2994.5	0.0	2994.5
180.0	9.7	6.4	100.0	20378.0	23635.5	3257.5	3217.8	0.0	3217.8
160.0	10.9	7.2	100.0	23231.3	26752.3	3521.0	3456.4	0.0	3456.4
150.0	11.6	7.7	100.0	24910.1	28570.2	3660.1	3575.4	0.0	3575.4
1200.0	1.5	1.0	70.0	468.5	1930.6	1462.1	1462.1	0.0	1462.1
1150.0	1.5	1.0	70.0	485.4	2007.1	1521.7	1521.7	0.0	1521.7
1100.0	1.6	1.0	70.0	500.1	2086.4	1586.3	1586.3	0.0	1586.3
1050.0	1.7	1.1	70.0	514.3	2170.7	1656.4	1656.4	0.0	1656.4
1000.0	1.7	1.1	70.0	534.7	2265.7	1730.9	1730.9	0.0	1730.9
950.0	1.8	1.2	70.0	553.6	2368.0	1814.4	1814.4	0.0	1814.4
900.0	1.9	1.3	70.0	571.9	2477.8	1906.0	1906.0	0.0	1906.0
850.0	2.1	1.4	70.0	1913.2	3920.0	2006.8	2006.8	0.0	2006.8
800.0	2.2	1.4	70.0	2013.9	4130.0	2116.1	2116.1	0.0	2116.1
750.0	2.3	1.5	70.0	2132.0	4364.9	2232.9	2232.9	0.0	2232.9
700.0	2.5	1.6	70.0	2375.7	4659.9	2284.2	2284.2	0.0	2284.2
650.0	2.7	1.8	70.0	2656.0	4998.8	2342.8	2342.8	0.0	2342.8
600.0	2.9	1.9	70.0	2988.1	5401.2	2413.1	2413.1	0.0	2413.1
550.0	3.2	2.1	70.0	3372.2	5863.9	2491.7	2491.7	0.0	2491.7
500.0	3.5	2.3	70.0	3838.0	6425.3	2587.3	2587.3	0.0	2587.3
450.0	3.9	2.6	70.0	3945.9	6426.3	2480.4	2480.4	0.0	2480.4
400.0	4.4	2.9	70.0	5112.8	7939.5	2826.7	2826.7	0.0	2826.7
350.0	5.0	3.3	70.0	5991.1	8980.6	2989.5	2989.5	0.0	2989.5
300.0	5.8	3.8	70.0	7157.5	10340.6	3183.1	3182.2	0.0	3182.2
280.0	6.2	4.1	70.0	7724.2	11002.0	3277.7	3276.6	0.0	3276.6
260.0	6.7	4.4	70.0	8345.8	11718.3	3372.5	3369.8	0.0	3369.8
240.0	7.3	4.8	70.0	9075.7	12556.8	3481.1	3477.9	0.0	3477.9
220.0	7.9	5.2	70.0	9896.3	13487.0	3590.7	3584.7	0.0	3584.7
200.0	8.7	5.7	70.0	10848.6	14553.1	3704.4	3695.7	0.0	3695.7
180.0	9.7	6.4	70.0	11996.8	15813.0	3816.2	3801.9	0.0	3801.9
160.0	10.9	7.2	70.0	13289.1	17209.3	3920.1	3895.2	0.0	3895.2
150.0	11.6	7.7	70.0	13999.8	17961.0	3961.3	3927.7	0.0	3927.7
1200.0	1.5	1.0	40.0	898.3	2780.9	1882.7	1882.6	0.0	1882.6
1150.0	1.5	1.0	40.0	996.7	2903.6	1906.8	1906.8	0.0	1906.8
1100.0	1.6	1.0	40.0	1142.1	3048.3	1906.2	1906.2	0.0	1906.2
1050.0	1.7	1.1	40.0	1171.1	3158.4	1987.3	1987.3	0.0	1987.3
1000.0	1.7	1.1	40.0	1217.5	3293.6	2076.1	2076.1	0.0	2076.1
950.0	1.8	1.2	40.0	1261.8	3434.6	2172.7	2172.7	0.0	2172.7
900.0	1.9	1.3	40.0	1306.7	3584.9	2278.2	2278.2	0.0	2278.2
850.0	2.1	1.4	40.0	1214.7	3542.1	2327.4	2327.4	0.0	2327.4

A50

800.0	2.2	1.4	40.0	1079.9	3448.3	2368.4	2368.4	0.0	2368.4
750.0	2.3	1.5	40.0	959.0	3373.3	2414.2	2414.5	0.0	2414.5
700.0	2.5	1.6	40.0	1094.4	3560.6	2466.2	2466.5	0.0	2466.5
650.0	2.7	1.8	40.0	1249.7	3775.1	2525.3	2525.7	0.0	2525.7
600.0	2.9	1.9	40.0	1429.7	4023.0	2593.3	2593.7	0.0	2593.7
550.0	3.2	2.1	40.0	1640.5	4312.6	2672.1	2672.6	0.0	2672.6
500.0	3.5	2.3	40.0	1890.9	4655.4	2764.5	2765.1	0.0	2765.1
450.0	3.9	2.6	40.0	3224.7	6533.8	3309.1	3309.5	0.0	3309.5
400.0	4.4	2.9	40.0	3718.2	7198.9	3480.7	3481.2	0.0	3481.2
350.0	5.0	3.3	40.0	4214.2	7849.4	3635.2	3636.0	0.0	3636.0
300.0	5.8	3.8	40.0	5116.8	9016.9	3900.1	3901.3	0.0	3901.3
280.0	6.2	4.1	40.0	5480.1	9475.0	3995.0	3996.3	0.0	3996.3
260.0	6.7	4.4	40.0	5869.7	9954.7	4085.0	4086.6	0.0	4086.6
240.0	7.3	4.8	40.0	6296.1	10463.6	4167.5	4169.5	0.0	4169.5
220.0	7.9	5.2	40.0	6759.6	10992.3	4232.8	4235.2	0.0	4235.2
200.0	8.7	5.7	40.0	7098.2	11343.5	4245.2	4248.6	0.0	4248.6
180.0	9.7	6.4	40.0	7379.6	11607.2	4227.6	4231.6	0.0	4231.6
160.0	10.9	7.2	40.0	7666.7	11874.6	4207.9	4210.2	0.0	4210.2
150.0	11.6	7.7	40.0	7824.2	12019.3	4195.1	4197.6	0.0	4197.6
1200.0	1.5	1.0	10.0	901.5	2796.5	1895.1	1895.1	0.0	1895.1
1150.0	1.5	1.0	10.0	931.4	2903.4	1972.0	1972.0	0.0	1972.0
1100.0	1.6	1.0	10.0	960.6	3014.6	2054.0	2054.0	0.0	2054.0
1050.0	1.7	1.1	10.0	989.4	3131.9	2142.5	2142.5	0.0	2142.5
1000.0	1.7	1.1	10.0	1004.0	3231.7	2227.7	2227.7	0.0	2227.7
950.0	1.8	1.2	10.0	880.6	3138.3	2257.7	2257.7	0.0	2257.7
900.0	1.9	1.3	10.0	741.8	3032.5	2290.7	2290.7	0.0	2290.7
850.0	2.1	1.4	10.0	588.3	2915.8	2327.4	2327.4	0.0	2327.4
800.0	2.2	1.4	10.0	414.7	2783.0	2368.3	2368.5	0.0	2368.5
750.0	2.3	1.5	10.0	249.1	2663.4	2414.2	2414.5	0.0	2414.5
700.0	2.5	1.6	10.0	333.8	2800.0	2466.2	2466.5	0.0	2466.5
650.0	2.7	1.8	10.0	430.7	2956.0	2525.3	2525.7	0.0	2525.7
600.0	2.9	1.9	10.0	542.3	3135.6	2593.3	2593.7	0.0	2593.7
550.0	3.2	2.1	10.0	672.5	3344.6	2672.1	2672.6	0.0	2672.6
500.0	3.5	2.3	10.0	826.1	3590.5	2764.5	2765.1	0.0	2765.1
450.0	3.9	2.6	10.0	2257.2	5658.0	3400.8	3401.7	0.0	3401.7
400.0	4.4	2.9	10.0	2453.5	5961.1	3507.6	3508.8	0.0	3508.8
350.0	5.0	3.3	10.0	2693.7	6328.6	3634.9	3636.4	0.0	3636.4
300.0	5.8	3.8	10.0	3912.9	8004.1	4091.2	4093.7	0.0	4093.7
280.0	6.2	4.1	10.0	4024.0	8157.1	4133.2	4136.0	0.0	4136.0

260.0	6.7	4.4	10.0	4143.2	8317.4	4174.2	4177.5	0.0	4177.5
240.0	7.3	4.8	10.0	4270.5	8481.9	4211.4	4216.4	0.0	4216.4
220.0	7.9	5.2	10.0	4402.4	8643.8	4241.5	4247.6	0.0	4247.6
200.0	8.7	5.7	10.0	4524.2	8769.4	4245.2	4254.9	0.0	4254.9
180.0	9.7	6.4	10.0	5153.4	9407.2	4253.7	4262.5	0.0	4262.5
160.0	10.9	7.2	10.0	5300.5	9544.4	4243.9	4253.7	0.0	4253.7
150.0	11.6	7.7	10.0	5383.8	9622.1	4238.3	4248.6	0.0	4248.6

ARQUIVO TAPE24 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 3000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 180000 kgf - DIA. RODAS 1016 mm - BASE RÍGIDA 4,14 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 12,47 m - BITOLA NA NOMINAL (1,60m) - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF.RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7711 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	100,8	mm	PARA	RAIO	DE	1200	m
	105,2	mm	"	"	"	1150	m
	110,0	mm	"	"	"	1100	m
	115,3	mm	"	"	"	1050	m
	120,9	mm	"	"	"	1000	m
	127,3	mm	"	"	"	950	m
	134,3	mm	"	"	"	900	m
	142,2	mm	"	"	"	850	m
	151,2	mm	"	"	"	800	m
	160,0	mm	"	"	IGUAL	OU	INFERIOR A 750 m

--ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS TU20C4

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AME-	ME-	LO-	LÍQ.	FRISO	FRIC.	FRIC	FRISO	FRIC.
VA	RICA-	TRI-	CI-	RODA	RODA	LAT.	LAT.	RODA	LAT.
	NO	CO	DA-	EXT.	TRILHO	RODA	RODA	TRILHO	RODA
	CURVA	CURVA	DE	EIXO	EXT.	EXT.	INT.	INT.	INT.
				INTERM.	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO
					INTERM.	INTERM.	INTERM.	INTERM.	INTERM.

(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
1200.0	1.5	1.0	100.0	424.2	848.4	424.2	424.2	0.0	424.2
1150.0	1.5	1.0	100.0	440.9	881.7	440.9	440.9	0.0	440.9
1100.0	1.6	1.0	100.0	460.9	921.9	460.9	460.9	0.0	460.9
1050.0	1.7	1.1	100.0	482.9	965.8	482.9	482.9	0.0	482.9
1000.0	1.7	1.1	100.0	504.8	1009.7	504.8	504.8	0.0	504.8
950.0	1.8	1.2	100.0	531.3	1062.6	531.3	531.3	0.0	531.3
900.0	1.9	1.3	100.0	558.3	1116.6	558.3	558.3	0.0	558.3
850.0	2.1	1.4	100.0	590.9	1181.8	590.9	590.9	0.0	590.9
800.0	2.2	1.4	100.0	627.5	1254.9	627.5	627.5	0.0	627.5
750.0	2.3	1.5	100.0	864.5	1729.0	864.5	864.5	0.0	864.5
700.0	2.5	1.6	100.0	598.1	1196.2	598.1	598.1	0.0	598.1
650.0	2.7	1.8	100.0	532.7	1065.3	532.7	532.7	0.0	532.7
600.0	2.9	1.9	100.0	452.6	905.1	452.6	452.6	0.0	452.6
550.0	3.2	2.1	100.0	470.1	940.3	470.2	470.1	0.0	470.1
500.0	3.5	2.3	100.0	235.3	470.6	235.3	235.3	0.0	235.3
450.0	3.9	2.6	100.0	76.0	152.1	76.0	76.0	0.0	76.0
400.0	4.4	2.9	100.0	42.7	85.5	42.8	42.7	0.0	42.7
350.0	5.0	3.3	100.0	48.7	97.5	48.8	48.7	0.0	48.7
300.0	5.8	3.8	100.0	56.6	113.4	56.8	56.6	0.0	56.6
280.0	6.2	4.1	100.0	60.6	121.3	60.8	60.6	0.0	60.6
260.0	6.7	4.4	100.0	65.0	130.4	65.3	65.0	0.0	65.0
240.0	7.3	4.8	100.0	70.2	140.9	70.7	70.2	0.0	70.2
220.0	7.9	5.2	100.0	76.2	153.1	76.9	76.2	0.0	76.2

200.0	8.7	5.7	100.0	-84.3	0.0	84.3	83.4	0.0	83.4
180.0	9.7	6.4	100.0	-93.4	0.0	93.4	91.8	0.0	91.8
160.0	10.9	7.2	100.0	-104.6	0.0	104.6	102.1	0.0	102.1
150.0	11.6	7.7	100.0	-111.3	0.0	111.3	108.0	0.0	108.0
1200.0	1.5	1.0	70.0	926.1	1852.1	926.1	926.1	0.0	926.1
1150.0	1.5	1.0	70.0	965.2	1930.5	965.2	965.2	0.0	965.2
1100.0	1.6	1.0	70.0	1007.8	2015.6	1007.8	1007.8	0.0	1007.8
1050.0	1.7	1.1	70.0	1054.3	2108.5	1054.3	1054.3	0.0	1054.3
1000.0	1.7	1.1	70.0	1103.1	2206.2	1103.1	1103.1	0.0	1103.1
950.0	1.8	1.2	70.0	1158.9	2317.8	1158.9	1158.9	0.0	1158.9
900.0	1.9	1.3	70.0	1220.5	2441.1	1220.5	1220.5	0.0	1220.5
850.0	2.1	1.4	70.0	-1289.0	0.0	1289.0	1289.0	0.0	1289.0
800.0	2.2	1.4	70.0	-1362.9	0.0	1362.9	1362.9	0.0	1362.9
750.0	2.3	1.5	70.0	-1440.6	0.0	1440.6	1440.6	0.0	1440.6
700.0	2.5	1.6	70.0	-1438.9	0.0	1438.9	1438.9	0.0	1438.9
650.0	2.7	1.8	70.0	-1437.0	0.0	1437.0	1437.0	0.0	1437.0
600.0	2.9	1.9	70.0	-1438.0	0.0	1438.0	1438.0	0.0	1438.0
550.0	3.2	2.1	70.0	-1435.5	0.0	1435.5	1435.5	0.0	1435.5
500.0	3.5	2.3	70.0	-1436.4	0.0	1436.4	1436.4	0.0	1436.4
450.0	3.9	2.6	70.0	-1167.2	0.0	1167.2	1167.2	0.0	1167.2
400.0	4.4	2.9	70.0	-1423.5	0.0	1423.5	1423.5	0.0	1423.5
350.0	5.0	3.3	70.0	-1416.8	0.0	1416.8	1416.8	0.0	1416.8
300.0	5.8	3.8	70.0	-1394.4	0.0	1394.4	1393.9	0.0	1393.9
280.0	6.2	4.1	70.0	-1388.6	0.0	1388.6	1388.0	0.0	1388.0
260.0	6.7	4.4	70.0	-1367.0	0.0	1367.0	1365.6	0.0	1365.6
240.0	7.3	4.8	70.0	-1349.5	0.0	1349.5	1347.9	0.0	1347.9
220.0	7.9	5.2	70.0	-1311.2	0.0	1311.2	1308.4	0.0	1308.4
200.0	8.7	5.7	70.0	-1254.8	0.0	1254.8	1251.0	0.0	1251.0
180.0	9.7	6.4	70.0	-1163.4	0.0	1163.4	1157.9	0.0	1157.9
160.0	10.9	7.2	70.0	-1012.1	0.0	1012.1	1004.1	0.0	1004.1
150.0	11.6	7.7	70.0	-887.7	0.0	887.7	878.6	0.0	878.6
1200.0	1.5	1.0	40.0	-556.4	815.7	1372.1	1372.1	0.0	1372.1
1150.0	1.5	1.0	40.0	-864.6	510.4	1375.1	1375.1	0.0	1375.1
1100.0	1.6	1.0	40.0	-1362.3	-13.0	1349.4	1349.4	0.0	1349.4
1050.0	1.7	1.1	40.0	-1409.4	0.0	1409.4	1409.4	0.0	1409.4
1000.0	1.7	1.1	40.0	-1475.7	0.0	1475.7	1475.7	0.0	1475.7
950.0	1.8	1.2	40.0	-1548.4	0.0	1548.4	1548.4	0.0	1548.4
900.0	1.9	1.3	40.0	-1628.5	0.0	1628.5	1628.5	0.0	1628.5
850.0	2.1	1.4	40.0	-1643.1	0.0	1643.1	1643.1	0.0	1643.1

800.0	2.2	1.4	40.0	-1644.0	0.0	1644.0	1644.0	0.0	1644.0
750.0	2.3	1.5	40.0	-1644.9	0.0	1644.9	1645.1	0.0	1645.1
700.0	2.5	1.6	40.0	-1646.0	0.0	1646.0	1646.2	0.0	1646.2
650.0	2.7	1.8	40.0	-1647.2	0.0	1647.2	1647.5	0.0	1647.5
600.0	2.9	1.9	40.0	-1648.5	0.0	1648.5	1648.9	0.0	1648.9
550.0	3.2	2.1	40.0	-1650.1	0.0	1650.1	1650.5	0.0	1650.5
500.0	3.5	2.3	40.0	-1651.8	0.0	1651.8	1652.3	0.0	1652.3
450.0	3.9	2.6	40.0	-2220.9	0.0	2220.9	2221.2	0.0	2221.2
400.0	4.4	2.9	40.0	-2308.1	0.0	2308.1	2308.5	0.0	2308.5
350.0	5.0	3.3	40.0	-2348.8	0.0	2348.8	2349.4	0.0	2349.4
300.0	5.8	3.8	40.0	-2557.8	0.0	2557.8	2558.6	0.0	2558.6
280.0	6.2	4.1	40.0	-2631.5	0.0	2631.5	2632.5	0.0	2632.5
260.0	6.7	4.4	40.0	-2708.5	0.0	2708.5	2709.6	0.0	2709.6
240.0	7.3	4.8	40.0	-2795.5	0.0	2795.5	2796.9	0.0	2796.9
220.0	7.9	5.2	40.0	-2894.6	0.0	2894.6	2896.3	0.0	2896.3
200.0	8.7	5.7	40.0	-2856.3	0.0	2856.3	2858.3	0.0	2858.3
180.0	9.7	6.4	40.0	-2664.6	0.0	2664.6	2666.9	0.0	2666.9
160.0	10.9	7.2	40.0	-2425.5	0.0	2425.5	2426.9	0.0	2426.9
150.0	11.6	7.7	40.0	-2273.1	0.0	2273.1	2274.6	0.0	2274.6
1200.0	1.5	1.0	10.0	-1391.5	-6.1	1385.3	1385.3	0.0	1385.3
1150.0	1.5	1.0	10.0	-1444.9	0.0	1444.9	1444.9	0.0	1444.9
1100.0	1.6	1.0	10.0	-1508.4	0.0	1508.4	1508.4	0.0	1508.4
1050.0	1.7	1.1	10.0	-1577.4	0.0	1577.4	1577.4	0.0	1577.4
1000.0	1.7	1.1	10.0	-1641.0	0.0	1641.0	1641.0	0.0	1641.0
950.0	1.8	1.2	10.0	-1641.6	0.0	1641.6	1641.6	0.0	1641.6
900.0	1.9	1.3	10.0	-1642.3	0.0	1642.3	1642.3	0.0	1642.3
850.0	2.1	1.4	10.0	-1643.1	0.0	1643.1	1643.1	0.0	1643.1
800.0	2.2	1.4	10.0	-1644.0	0.0	1644.0	1644.1	0.0	1644.1
750.0	2.3	1.5	10.0	-1644.9	0.0	1644.9	1645.1	0.0	1645.1
700.0	2.5	1.6	10.0	-1646.0	0.0	1646.0	1646.2	0.0	1646.2
650.0	2.7	1.8	10.0	-1647.2	0.0	1647.2	1647.5	0.0	1647.5
600.0	2.9	1.9	10.0	-1648.5	0.0	1648.5	1648.9	0.0	1648.9
550.0	3.2	2.1	10.0	-1650.1	0.0	1650.1	1650.5	0.0	1650.5
500.0	3.5	2.3	10.0	-1651.8	0.0	1651.8	1652.3	0.0	1652.3
450.0	3.9	2.6	10.0	-2345.9	0.0	2345.9	2346.6	0.0	2346.6
400.0	4.4	2.9	10.0	-2347.2	0.0	2347.2	2348.1	0.0	2348.1
350.0	5.0	3.3	10.0	-2348.5	0.0	2348.5	2349.7	0.0	2349.7
300.0	5.8	3.8	10.0	-2954.4	0.0	2954.4	2956.3	0.0	2956.3
280.0	6.2	4.1	10.0	-2953.6	0.0	2953.6	2955.7	0.0	2955.7

260.0	6.7	4.4	10.0	-2952.3	0.0	2952.3	2954.8	0.0	2954.8
240.0	7.3	4.8	10.0	-2950.1	0.0	2950.1	2953.7	0.0	2953.7
220.0	7.9	5.2	10.0	-2947.3	0.0	2947.3	2951.5	0.0	2951.5
200.0	8.7	5.7	10.0	-2942.5	0.0	2942.5	2948.7	0.0	2948.7
180.0	9.7	6.4	10.0	-3432.3	0.0	3432.3	3441.0	0.0	3441.0
160.0	10.9	7.2	10.0	-3418.1	0.0	3418.1	3429.0	0.0	3429.0
150.0	11.6	7.7	10.0	-3408.4	0.0	3408.4	3420.7	0.0	3420.7

ARQUIVO TAPE25 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 3000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 180000 kgf - DIA. RODAS 1016 mm - BASE RÍGIDA 4,14 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 12,47 m - BITOLA NA NOMINAL (1,60m) - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF.RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7711 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	100,8	mm	PARA	RAIO	DE	1200	m
	105,2	mm	"	"	"	1150	m
	110,0	mm	"	"	"	1100	m
	115,3	mm	"	"	"	1050	m
	120,9	mm	"	"	"	1000	m
	127,3	mm	"	"	"	950	m
	134,3	mm	"	"	"	900	m
	142,2	mm	"	"	"	850	m
	151,2	mm	"	"	"	800	m
	160,0	mm	"	"	IGUAL	OU	INFERIOR A 750 m

--ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS TU20C4

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA	FORÇA
CUR-	AME-	MÉ-	LO-	LÍQ.	FRISO	FRIC.	FRIC.	FRISO	FRIC.
VA	RICA-	TRI-	CI-	RODA	RODA	LAT.	LAT.	RODA	LAT.
	NO	CO	DA-	EXT.	TRILHO	RODA	RODA	TRILHO	RODA
	CUR-	CUR-	DE	EIXO	EXT.	EXT.	INT.	INT.	INT.
	VA	VA		GUIADO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO
					GUIADO	GUIADO	GUIADO	GUIADO	GUIADO

(m)	-	-	(km/h)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)
-----	---	---	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

1200.0	1.5	1.0	100.0	562.3	392.4	-169.9	-169.9	0.0	-169.9
1150.0	1.5	1.0	100.0	590.0	410.7	-179.3	-179.3	0.0	-179.3
1100.0	1.6	1.0	100.0	617.4	429.8	-187.6	-187.6	0.0	-187.6
1050.0	1.7	1.1	100.0	648.7	451.9	-196.7	-196.7	0.0	-196.7
1000.0	1.7	1.1	100.0	681.9	473.0	-208.9	-208.9	0.0	-208.9
950.0	1.8	1.2	100.0	716.5	496.4	-220.1	-220.1	0.0	-220.1
900.0	1.9	1.3	100.0	763.5	528.7	-234.8	-234.8	0.0	-234.8
850.0	2.1	1.4	100.0	806.3	557.5	-248.8	-248.8	0.0	-248.8
800.0	2.2	1.4	100.0	855.1	590.6	-264.5	-264.5	0.0	-264.5
750.0	2.3	1.5	100.0	277.0	194.5	-82.5	-82.5	0.0	-82.5
700.0	2.5	1.6	100.0	988.3	566.6	-421.7	-421.7	0.0	-421.7
650.0	2.7	1.8	100.0	1063.0	497.7	-565.3	-565.3	0.0	-565.3
600.0	2.9	1.9	100.0	1155.6	420.8	-734.8	-734.7	0.0	-734.7
550.0	3.2	2.1	100.0	927.6	104.7	-822.9	-822.7	0.0	-822.7
500.0	3.5	2.3	100.0	1387.7	214.7	-1173.0	-1172.7	0.0	-1172.7
450.0	3.9	2.6	100.0	1532.3	64.3	-1468.1	-1467.3	0.0	-1467.3
400.0	4.4	2.9	100.0	2100.3	424.2	-1676.1	-1674.6	0.0	-1674.6
350.0	5.0	3.3	100.0	3049.3	1156.8	-1892.5	-1890.0	0.0	-1890.0
300.0	5.8	3.8	100.0	4344.3	2175.3	-2169.0	-2164.5	0.0	-2164.5
280.0	6.2	4.1	100.0	4991.8	2689.6	-2302.2	-2295.9	0.0	-2295.9
260.0	6.7	4.4	100.0	5745.7	3294.5	-2451.2	-2442.6	0.0	-2442.6
240.0	7.3	4.8	100.0	6634.6	4016.0	-2618.5	-2606.7	0.0	-2606.7

220.0	7.9	5.2	100.0	7698.7	4891.5	-2807.2	-2790.0	0.0	-2790.0
200.0	8.7	5.7	100.0	9078.0	6058.4	-3019.5	-2994.5	0.0	-2994.5
180.0	9.7	6.4	100.0	10712.4	7454.9	-3257.5	-3217.8	0.0	-3217.8
160.0	10.9	7.2	100.0	12799.5	9278.6	-3521.0	-3456.4	0.0	-3456.4
150.0	11.6	7.7	100.0	14082.7	10422.7	-3660.1	-3575.4	0.0	-3575.4
1200.0	1.5	1.0	70.0	549.4	885.9	336.5	336.5	0.0	336.5
1150.0	1.5	1.0	70.0	569.7	920.9	351.3	351.3	0.0	351.3
1100.0	1.6	1.0	70.0	594.9	962.3	367.3	367.3	0.0	367.3
1050.0	1.7	1.1	70.0	623.9	1008.9	384.9	384.9	0.0	384.9
1000.0	1.7	1.1	70.0	654.8	1056.9	402.1	402.1	0.0	402.1
950.0	1.8	1.2	70.0	686.7	1110.1	423.4	423.4	0.0	423.4
900.0	1.9	1.3	70.0	723.8	1170.7	446.9	446.9	0.0	446.9
850.0	2.1	1.4	70.0	0.0	0.0	473.1	473.1	0.0	473.1
800.0	2.2	1.4	70.0	0.0	0.0	499.9	499.9	0.0	499.9
750.0	2.3	1.5	70.0	0.0	0.0	524.6	524.6	0.0	524.6
700.0	2.5	1.6	70.0	0.0	0.0	455.3	455.3	0.0	455.3
650.0	2.7	1.8	70.0	0.0	0.0	375.2	375.2	0.0	375.2
600.0	2.9	1.9	70.0	0.0	0.0	285.2	285.2	0.0	285.2
550.0	3.2	2.1	70.0	0.0	0.0	175.0	175.0	0.0	175.0
500.0	3.5	2.3	70.0	0.0	0.0	47.1	47.1	0.0	47.1
450.0	3.9	2.6	70.0	0.0	0.0	-398.2	399.1	797.4	-398.2
400.0	4.4	2.9	70.0	0.0	0.0	-320.2	-320.2	0.0	-320.2
350.0	5.0	3.3	70.0	0.0	0.0	-576.6	-576.6	0.0	-576.6
300.0	5.8	3.8	70.0	0.0	0.0	-925.1	-924.7	0.0	-924.7
280.0	6.2	4.1	70.0	0.0	0.0	-1089.5	-1088.9	0.0	-1088.9
260.0	6.7	4.4	70.0	0.0	0.0	-1291.1	-1289.7	0.0	-1289.7
240.0	7.3	4.8	70.0	0.0	0.0	-1512.0	-1510.2	0.0	-1510.2
220.0	7.9	5.2	70.0	0.0	0.0	-1781.9	-1778.3	0.0	-1778.3
200.0	8.7	5.7	70.0	0.0	0.0	-2099.3	-2093.7	0.0	-2093.7
180.0	9.7	6.4	70.0	0.0	0.0	-2479.7	-2469.7	0.0	-2469.7
160.0	10.9	7.2	70.0	0.0	0.0	-2935.3	-2916.2	0.0	-2916.2
150.0	11.6	7.7	70.0	0.0	0.0	-3199.1	-3172.0	0.0	-3172.0
1200.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	803.4	803.4	0.0	803.4
1150.0	1.5	1.0	40.0	0.0	0.0	781.2	781.2	0.0	781.2
1100.0	1.6	1.0	40.0	0.0	0.0	726.3	726.3	0.0	726.3
1050.0	1.7	1.1	40.0	0.0	0.0	759.6	759.6	0.0	759.6
1000.0	1.7	1.1	40.0	0.0	0.0	796.9	796.9	0.0	796.9
950.0	1.8	1.2	40.0	0.0	0.0	838.0	838.0	0.0	838.0
900.0	1.9	1.3	40.0	0.0	0.0	883.4	883.4	0.0	883.4

A60

850.0	2.1	1.4	40.0	0.0	0.0	854.0	1098.5	244.6	854.0
800.0	2.2	1.4	40.0	0.0	0.0	803.7	1368.3	564.5	803.7
750.0	2.3	1.5	40.0	0.0	0.0	746.6	1642.2	895.5	746.7
700.0	2.5	1.6	40.0	0.0	0.0	681.1	1680.8	999.6	681.2
650.0	2.7	1.8	40.0	0.0	0.0	605.2	1725.5	1120.2	605.3
600.0	2.9	1.9	40.0	0.0	0.0	516.4	1777.9	1261.5	516.4
550.0	3.2	2.1	40.0	0.0	0.0	411.0	1839.9	1428.8	411.1
500.0	3.5	2.3	40.0	0.0	0.0	284.4	1914.3	1629.9	284.4
450.0	3.9	2.6	40.0	0.0	0.0	783.0	783.2	0.0	783.2
400.0	4.4	2.9	40.0	0.0	0.0	695.5	695.7	0.0	695.7
350.0	5.0	3.3	40.0	0.0	0.0	497.4	734.6	237.0	497.6
300.0	5.8	3.8	40.0	0.0	0.0	431.4	431.6	0.0	431.6
280.0	6.2	4.1	40.0	0.0	0.0	363.3	363.5	0.0	363.5
260.0	6.7	4.4	40.0	0.0	0.0	276.8	277.0	0.0	277.0
240.0	7.3	4.8	40.0	0.0	0.0	176.0	176.2	0.0	176.2
220.0	7.9	5.2	40.0	0.0	0.0	57.4	57.5	0.0	57.5
200.0	8.7	5.7	40.0	0.0	0.0	-302.0	304.1	606.4	-302.3
180.0	9.7	6.4	40.0	0.0	0.0	-921.9	924.0	1846.9	-922.9
160.0	10.9	7.2	40.0	0.0	0.0	-1637.5	1638.6	3277.2	-1638.5
150.0	11.6	7.7	40.0	0.0	0.0	-2037.8	2040.7	4079.9	-2039.1
1200.0	1.5	1.0	10.0	0.0	0.0	817.4	817.4	0.0	817.4
1150.0	1.5	1.0	10.0	0.0	0.0	855.1	855.1	0.0	855.1
1100.0	1.6	1.0	10.0	0.0	0.0	894.9	894.9	0.0	894.9
1050.0	1.7	1.1	10.0	0.0	0.0	938.4	938.4	0.0	938.4
1000.0	1.7	1.1	10.0	0.0	0.0	973.7	973.7	0.0	973.7
950.0	1.8	1.2	10.0	0.0	0.0	938.1	1204.6	266.5	938.1
900.0	1.9	1.3	10.0	0.0	0.0	898.4	1451.2	552.8	898.4
850.0	2.1	1.4	10.0	0.0	0.0	854.0	1724.9	870.9	854.0
800.0	2.2	1.4	10.0	0.0	0.0	803.7	2033.8	1230.0	803.8
750.0	2.3	1.5	10.0	0.0	0.0	746.6	2352.0	1605.3	746.7
700.0	2.5	1.6	10.0	0.0	0.0	681.1	2441.3	1760.1	681.2
650.0	2.7	1.8	10.0	0.0	0.0	605.2	2544.5	1939.2	605.3
600.0	2.9	1.9	10.0	0.0	0.0	516.4	2665.2	2148.7	516.4
550.0	3.2	2.1	10.0	0.0	0.0	411.0	2807.8	2396.7	411.1
500.0	3.5	2.3	10.0	0.0	0.0	284.4	2979.0	2694.5	284.4
450.0	3.9	2.6	10.0	0.0	0.0	932.4	1669.9	737.2	932.8
400.0	4.4	2.9	10.0	0.0	0.0	743.2	1925.6	1182.0	743.6
350.0	5.0	3.3	10.0	0.0	0.0	497.4	2255.6	1758.0	497.7
300.0	5.8	3.8	10.0	0.0	0.0	963.8	1254.0	289.4	964.6

280.0	6.2	4.1	10.0	0.0	0.0	802.7	1468.2	664.7	803.5
260.0	6.7	4.4	10.0	0.0	0.0	615.2	1715.9	1100.0	615.9
240.0	7.3	4.8	10.0	0.0	0.0	395.2	2004.7	1608.9	395.8
220.0	7.9	5.2	10.0	0.0	0.0	134.7	2343.7	2208.8	134.9
200.0	8.7	5.7	10.0	0.0	0.0	-176.3	2744.1	2920.9	-176.8
180.0	9.7	6.4	10.0	0.0	0.0	239.2	1878.3	1638.3	240.0
160.0	10.9	7.2	10.0	0.0	0.0	-230.0	2479.6	2710.5	-231.0
150.0	11.6	7.7	10.0	0.0	0.0	-506.4	2832.1	3340.8	-508.7

ARQUIVO TAPE26 DATA A1

LOCOMOTIVA C - C - POTÊNCIA ÚTIL 3000 hp - PESO EM ORDEM DE MARCHA 180000 kgf - DIA. RODAS 1016 mm - BASE RÍGIDA 4,14 m - DISTÂNCIA ENTRE PIÕES 12,47 m - BITOLA NA NOMINAL (1,60m) - SEM FORÇAS DE TRAÇÃO, FRENAGEM E IMPACTO - COM FOLGAS ENTRE PLACAS DESG.PEDESTAIS/CX. MANCAL NA NOMINAL DO PROJETO - COM SUPERLARGURA CONF.RECOMENDADO PELA A.B.N.T. NBR 7711 - SEM AMORTECEDORES DE BORRACHA LATERAIS - COM SUPERELEVAÇÃO CONF.RECOMENDAÇÃO DA FERROVIA(*) - SEM NENHUM ESFORÇO LATERAL (EXCETO A PARCELA DA FORÇA CENTRÍFUGA NÃO COMPENSADA PELA SUPERELEVAÇÃO) - COM RODAS, TRILHOS E PLACAS DE DESGASTES NOVOS.

(*)	100,8	mm	PARA	RAIO	DE	1200	m
	105,2	mm	"	"	"	1150	m
	110,0	mm	"	"	"	1100	m
	115,3	mm	"	"	"	1050	m
	120,9	mm	"	"	"	1000	m
	127,3	mm	"	"	"	950	m
	134,3	mm	"	"	"	900	m
	142,2	mm	"	"	"	850	m
	151,2	mm	"	"	"	800	m
	160,0	mm	"	"	IGUAL	OU	INFERIOR A 750 m

--ARQUIVO DE ENTRADA DE DADOS TU20C4

RAIO	GRAU	GRAU	VE-	DIST.	DIST.	L/V	L/V	L/V	L/V	L/V	FORÇA
CUR-	AME-	MÉ-	LO-	EIXO	L.C.	RODA	RODA	RODA	RODA	RODA	CENTRÍ-
VA	RICA-	TRI-	CI-	LIDER	LONG.	EXT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	FUGA
	NO	CO	DA-	AO	AO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	EIXO	NÃO
	CURVA	CURVA	DE	C.F.	C.F.	LIDER	IN-	IN-	GUIA-	GUIA-	COMPEN-
							TERM.	TERM.	DO	DO	SADA

(m)	-	-	(km/h)	(m)	(m)	-	-	-	-	-	(kgf)
-----	---	---	--------	-----	-----	---	---	---	---	---	-------

1200.0	1.5	1.0	100.0	3.5	0.0	0.10	0.03	0.03	0.04	-0.01	462.9
1150.0	1.5	1.0	100.0	3.5	0.0	0.10	0.03	0.03	0.04	-0.01	486.6
1100.0	1.6	1.0	100.0	3.5	0.0	0.11	0.03	0.03	0.04	-0.01	506.3
1050.0	1.7	1.1	100.0	3.5	0.0	0.11	0.03	0.03	0.04	-0.01	525.1
1000.0	1.7	1.1	100.0	3.5	0.0	0.12	0.03	0.03	0.05	-0.01	561.0
950.0	1.8	1.2	100.0	3.5	0.0	0.12	0.04	0.04	0.05	-0.01	591.2
900.0	1.9	1.3	100.0	3.5	0.0	0.13	0.04	0.04	0.05	-0.02	621.8
850.0	2.1	1.4	100.0	3.5	0.0	0.14	0.04	0.04	0.05	-0.02	660.0
800.0	2.2	1.4	100.0	3.5	0.0	0.15	0.04	0.04	0.06	-0.02	701.3
750.0	2.3	1.5	100.0	4.0	0.0	0.17	0.06	0.06	0.02	-0.01	812.1
700.0	2.5	1.6	100.0	3.3	0.0	0.18	0.04	0.04	0.07	-0.03	1487.8
650.0	2.7	1.8	100.0	3.0	0.0	0.21	0.04	0.04	0.07	-0.04	2267.5
600.0	2.9	1.9	100.0	2.8	0.0	0.24	0.03	0.03	0.08	-0.05	3177.2
550.0	3.2	2.1	100.0	2.8	0.0	0.29	0.03	0.03	0.06	-0.05	4252.3
500.0	3.5	2.3	100.0	2.4	0.0	0.33	0.02	0.02	0.09	-0.08	5542.4
450.0	3.9	2.6	100.0	2.1	0.0	0.39	0.01	0.01	0.10	-0.10	7170.8
400.0	4.4	2.9	100.0	2.1	0.0	0.47	0.00	0.00	0.14	-0.11	9141.7
350.0	5.0	3.3	100.0	2.1	0.0	0.57	0.00	0.00	0.20	-0.13	11675.9
300.0	5.8	3.8	100.0	2.1	0.0	0.72	0.00	0.00	0.29	-0.14	15105.6
280.0	6.2	4.1	100.0	2.1	0.0	0.79	0.00	0.00	0.33	-0.15	16794.9
260.0	6.7	4.4	100.0	2.1	0.0	0.87	0.00	0.00	0.38	-0.16	18744.2
240.0	7.3	4.8	100.0	2.1	0.0	0.96	0.00	0.00	0.44	-0.17	21018.5
220.0	7.9	5.2	100.0	2.1	0.0	1.07	0.01	0.01	0.51	-0.19	23706.4
200.0	8.7	5.7	100.0	2.1	0.0	1.20	-0.01	0.01	0.61	-0.20	26931.3
180.0	9.7	6.4	100.0	2.1	0.0	1.36	-0.01	0.01	0.71	-0.21	30923.8

160.0	10.9	7.2	100.0	2.1	0.0	1.55	-0.01	0.01	0.85	-0.23	35851.5
150.0	11.6	7.7	100.0	2.1	0.0	1.66	-0.01	0.01	0.94	-0.24	38807.2
1200.0	1.5	1.0	70.0	5.3	0.0	0.03	0.06	0.06	0.04	0.02	-2552.4
1150.0	1.5	1.0	70.0	5.3	0.0	0.03	0.06	0.06	0.04	0.02	-2659.8
1100.0	1.6	1.0	70.0	5.3	0.0	0.03	0.07	0.07	0.04	0.02	-2783.2
1050.0	1.7	1.1	70.0	5.3	0.0	0.03	0.07	0.07	0.04	0.03	-2920.9
1000.0	1.7	1.1	70.0	5.3	0.0	0.04	0.07	0.07	0.04	0.03	-3057.4
950.0	1.8	1.2	70.0	5.3	0.0	0.04	0.08	0.08	0.05	0.03	-3217.6
900.0	1.9	1.3	70.0	5.3	0.0	0.04	0.08	0.08	0.05	0.03	-3398.6
850.0	2.1	1.4	70.0	5.3	0.0	0.13	-0.09	0.09	0.00	0.03	-3596.9
800.0	2.2	1.4	70.0	5.3	0.0	0.13	-0.09	0.09	0.00	0.03	-3808.0
750.0	2.3	1.5	70.0	5.3	0.0	0.14	-0.10	0.10	0.00	0.03	-4012.4
700.0	2.5	1.6	70.0	5.1	0.0	0.16	-0.10	0.10	0.00	0.03	-3681.3
650.0	2.7	1.8	70.0	4.9	0.0	0.18	-0.10	0.10	0.00	0.03	-3299.2
600.0	2.9	1.9	70.0	4.6	0.0	0.20	-0.10	0.10	0.00	0.02	-2853.4
550.0	3.2	2.1	70.0	4.4	0.0	0.22	-0.10	0.10	0.00	0.01	-2326.5
500.0	3.5	2.3	70.0	4.2	0.0	0.26	-0.10	0.10	0.00	0.00	-1694.4
450.0	3.9	2.6	70.0	3.6	0.0	0.26	-0.08	0.08	0.00	0.03	-870.0
400.0	4.4	2.9	70.0	3.8	0.0	0.34	-0.09	0.09	0.00	-0.02	95.8
350.0	5.0	3.3	70.0	3.5	0.0	0.40	-0.09	0.09	0.00	-0.04	1337.7
300.0	5.8	3.8	70.0	3.3	0.0	0.48	-0.09	0.09	0.00	-0.06	3044.4
280.0	6.2	4.1	70.0	3.2	0.0	0.51	-0.09	0.09	0.00	-0.07	3872.2
260.0	6.7	4.4	70.0	3.1	0.0	0.56	-0.09	0.09	0.00	-0.09	4827.5
240.0	7.3	4.8	70.0	3.0	0.0	0.61	-0.09	0.09	0.00	-0.10	5942.0
220.0	7.9	5.2	70.0	2.9	0.0	0.66	-0.09	0.09	0.00	-0.12	7259.1
200.0	8.7	5.7	70.0	2.8	0.0	0.72	-0.08	0.08	0.00	-0.14	8839.5
180.0	9.7	6.4	70.0	2.7	0.0	0.80	-0.08	0.08	0.00	-0.16	10821.7
160.0	10.9	7.2	70.0	2.5	0.0	0.89	-0.07	0.07	0.00	-0.19	13236.5
150.0	11.6	7.7	70.0	2.4	0.0	0.93	-0.06	0.06	0.00	-0.21	14685.0
1200.0	1.5	1.0	40.0	7.0	0.0	0.06	-0.04	0.09	0.00	0.05	-4503.6
1150.0	1.5	1.0	40.0	6.8	0.0	0.07	-0.06	0.09	0.00	0.05	-4695.8
1100.0	1.6	1.0	40.0	6.5	0.0	0.08	-0.09	0.09	0.00	0.05	-4911.8
1050.0	1.7	1.1	40.0	6.5	0.0	0.08	-0.09	0.09	0.00	0.05	-5150.9
1000.0	1.7	1.1	40.0	6.5	0.0	0.08	-0.10	0.10	0.00	0.05	-5398.8
950.0	1.8	1.2	40.0	6.5	0.0	0.08	-0.10	0.10	0.00	0.06	-5682.2
900.0	1.9	1.3	40.0	6.5	0.0	0.09	-0.11	0.11	0.00	0.06	-6000.2
850.0	2.1	1.4	40.0	6.3	0.0	0.08	-0.11	0.11	0.00	0.07	-6351.6
800.0	2.2	1.4	40.0	6.1	0.0	0.07	-0.11	0.11	0.00	0.09	-6748.5
750.0	2.3	1.5	40.0	5.8	0.0	0.06	-0.11	0.11	0.00	0.11	-7134.4

700.0	2.5	1.6	40.0	5.6	0.0	0.07	-0.11	0.11	0.00	0.11	-7026.2
650.0	2.7	1.8	40.0	5.3	0.0	0.08	-0.11	0.11	0.00	0.12	-6901.4
600.0	2.9	1.9	40.0	5.1	0.0	0.10	-0.11	0.11	0.00	0.12	-6755.8
550.0	3.2	2.1	40.0	4.8	0.0	0.11	-0.11	0.11	0.00	0.12	-6583.7
500.0	3.5	2.3	40.0	4.6	0.0	0.13	-0.11	0.11	0.00	0.13	-6377.3
450.0	3.9	2.6	40.0	5.2	0.0	0.21	-0.15	0.15	0.00	0.05	-6073.2
400.0	4.4	2.9	40.0	5.0	0.0	0.25	-0.15	0.15	0.00	0.05	-5757.8
350.0	5.0	3.3	40.0	4.7	0.0	0.28	-0.16	0.16	0.00	0.05	-5352.2
300.0	5.8	3.8	40.0	4.5	0.0	0.34	-0.17	0.17	0.00	0.03	-4760.5
280.0	6.2	4.1	40.0	4.4	0.0	0.37	-0.18	0.18	0.00	0.02	-4490.1
260.0	6.7	4.4	40.0	4.4	0.0	0.39	-0.18	0.18	0.00	0.02	-4178.1
240.0	7.3	4.8	40.0	4.3	0.0	0.42	-0.19	0.19	0.00	0.01	-3814.1
220.0	7.9	5.2	40.0	4.2	0.0	0.45	-0.19	0.19	0.00	0.00	-3383.9
200.0	8.7	5.7	40.0	4.0	0.0	0.47	-0.19	0.19	0.00	0.02	-2867.8
180.0	9.7	6.4	40.0	3.6	0.0	0.49	-0.18	0.18	0.00	0.06	-2186.4
160.0	10.9	7.2	40.0	3.3	0.0	0.51	-0.16	0.16	0.00	0.11	-1397.7
150.0	11.6	7.7	40.0	3.1	0.0	0.52	-0.15	0.15	0.00	0.14	-924.6
1200.0	1.5	1.0	10.0	7.1	0.0	0.06	-0.09	0.09	0.00	0.05	-5390.9
1150.0	1.5	1.0	10.0	7.1	0.0	0.06	-0.10	0.10	0.00	0.06	-5621.7
1100.0	1.6	1.0	10.0	7.1	0.0	0.06	-0.10	0.10	0.00	0.06	-5879.7
1050.0	1.7	1.1	10.0	7.1	0.0	0.07	-0.11	0.11	0.00	0.06	-6165.0
1000.0	1.7	1.1	10.0	7.1	0.0	0.07	-0.11	0.11	0.00	0.06	-6463.6
950.0	1.8	1.2	10.0	6.8	0.0	0.06	-0.11	0.11	0.00	0.08	-6803.1
900.0	1.9	1.3	10.0	6.6	0.0	0.05	-0.11	0.11	0.00	0.10	-7183.3
850.0	2.1	1.4	10.0	6.3	0.0	0.04	-0.11	0.11	0.00	0.11	-7604.2
800.0	2.2	1.4	10.0	6.1	0.0	0.03	-0.11	0.11	0.00	0.14	-8079.5
750.0	2.3	1.5	10.0	5.8	0.0	0.02	-0.11	0.11	0.00	0.16	-8554.1
700.0	2.5	1.6	10.0	5.6	0.0	0.02	-0.11	0.11	0.00	0.16	-8547.3
650.0	2.7	1.8	10.0	5.3	0.0	0.03	-0.11	0.11	0.00	0.17	-8539.5
600.0	2.9	1.9	10.0	5.1	0.0	0.04	-0.11	0.11	0.00	0.18	-8530.4
550.0	3.2	2.1	10.0	4.8	0.0	0.04	-0.11	0.11	0.00	0.19	-8519.7
500.0	3.5	2.3	10.0	4.6	0.0	0.06	-0.11	0.11	0.00	0.20	-8506.8
450.0	3.9	2.6	10.0	5.4	0.0	0.15	-0.16	0.16	0.00	0.11	-8439.4
400.0	4.4	2.9	10.0	5.0	0.0	0.16	-0.16	0.16	0.00	0.13	-8419.7
350.0	5.0	3.3	10.0	4.7	0.0	0.18	-0.16	0.16	0.00	0.15	-8394.4
300.0	5.8	3.8	10.0	5.0	0.0	0.26	-0.20	0.20	0.00	0.08	-8309.7
280.0	6.2	4.1	10.0	4.8	0.0	0.27	-0.20	0.20	0.00	0.10	-8292.9
260.0	6.7	4.4	10.0	4.6	0.0	0.28	-0.20	0.20	0.00	0.11	-8273.4
240.0	7.3	4.8	10.0	4.4	0.0	0.28	-0.20	0.20	0.00	0.13	-8250.7

220.0	7.9	5.2	10.0	4.2	0.0	0.29	-0.20	0.20	0.00	0.16	-8223.9
200.0	8.7	5.7	10.0	4.0	0.0	0.30	-0.20	0.20	0.00	0.18	-8191.6
180.0	9.7	6.4	10.0	4.3	0.0	0.34	-0.23	0.23	0.00	0.13	-8101.8
160.0	10.9	7.2	10.0	4.0	0.0	0.35	-0.23	0.23	0.00	0.17	-8052.6
150.0	11.6	7.7	10.0	3.9	0.0	0.36	-0.23	0.23	0.00	0.19	-8023.1