

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
CELSO SUCKOW DA FONSECA-CEFET/RJ

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO

INTRODUÇÃO DA TECNOLOGIA *LASERAIL* NA MANUTENÇÃO DA VIA  
PERMANENTE: UM ESTUDO DE CASO NO METRÔ RIO

Fernando Pessôa Pires

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA

Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.  
Orientadora

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
MARÇO / 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## SUMÁRIO

	Pág.
<b>INTRODUÇÃO</b>	1
<b>I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	6
I.1- O Sistema de Manutenção	6
I.1.1- Evolução Histórica da Manutenção	6
I.1.2- Terminologia da Manutenção	9
I.1.3- Tipos de Manutenção	10
I.2- Técnicas de Monitoramento e Medição Utilizados na Manutenção Preditiva	15
I.2.1-Sistemas de Monitoração	16
I.2.2- Tipos Básicos de Monitoração	17
I.2.3- Parâmetros de Monitoração	18
I.3- Planejamento e Controle da Manutenção	23
I.3.1- Indicadores de Manutenção	25
I.3.2- Custos de Manutenção	30
I.4- A Introdução de Inovações Tecnológicas	32
I.4.1- Abordagens de Inovação	33
I.4.2- O Ciclo de Vida das Tecnologias	35
I.4.3- Modelos de Gestão da Inovação	38
I.4.4- Metodologias para Avaliação da Introdução de Inovações Tecnológicas	42
I.4.4.1- BIM - Metodologia de Identificação de Barreiras e Implantação de Melhorias	47
I.4.4.2- Administração e Organização de Projetos	52
<b>II - A MANUTENÇÃO DO SISTEMA METROVIÁRIO</b>	54
II.1- O Sistema de Transporte Ferroviário	54
II.2- Componentes da Via Permanente	59
II.2.1- Trilhos	63
II.2.1.1- Materiais	66
II.2.1.2- Dimensionamento	69
II.2.1.3- Desgaste	73
II.2.1.4- Tolerâncias ao Desgaste	77
II.2.2- Dormentes	80
II.2.3- Lastro	82
II.2.4- Sub-lastro	83
II.2.5- Fixações	84

II.2.6- AMV - Aparelho de Mudança de Via	85
II.3- Os Sistemas Metroviários	86
II.4- A Gerência de Manutenção do Metrô Rio	90
II.4.1- Custos de Manutenção da Via Permanente	95
II.4.2- Introdução de Inovações Tecnológicas na Manutenção da Via Permanente	96
<b>III - INTRODUÇÃO DA TECNOLOGIA LASERAIL NO METRÔ RIO</b>	<b>102</b>
III.1- Metodologia do Trabalho	102
III.1.1- Metodologia Utilizada na Pesquisa Descritiva	103
III.1.2- Metodologia de Avaliação da Introdução da Tecnologia <i>Laserail</i>	106
III.2- Estudo de Caso: Metrô rio	109
III.2.1- Aplicação da Metodologia Pesquisa-Ação	110
III.2.2- Análise da Aplicação da Metodologia Pesquisa-Ação	133
<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b>	135
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	138
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1 - Marcos Tecnológicos da Ferrovia	A1
Anexo 2 - Cronologia do Setor Ferroviário Brasileiro	A3
Anexo 3 - Evolução do Sistema Ferroviário Nacional até 1987	A6
Anexo 4 - Evolução do Sistema Ferroviário Nacional a partir de 1988	A7
Anexo 5 - Especificações dos Trilhos	A8
Anexo 6 – Tabelas para Projetos de Sistema Roda-trilho de Ferrovias <i>Heavy Haul</i>	A10
Anexo 7 - Características Estruturais Básicas dos Dormentes	A18
Anexo 8 - Glossário de Termos Ferroviários	A19
Anexo 9 – Normas da ABNT relativas à Via Permanente	A34
Anexo 10 - Abreviaturas das Estações	A35
Anexo 11 - Características da Via Permanente do Metrô Rio	A36
Anexo 12 - Ficha de Controle de Desgaste de Trilho	A38

P667 Pires, Fernando Pessôa  
Introdução da tecnologia *laserail* na manutenção da via permanente: um estudo de caso no Metrô Rio / Fernando Pessôa Pires – 2007.  
xv, 145 p. + anexos: il. (algumas color.), grafs, tabs.; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2007.

Bibliografia: f. 138-145

Glossário

1. Metrô – Rio de Janeiro – Inovações tecnológicas. 2. Metrô – Rio de Janeiro – Manutenção e reparo. 3. Tecnologia laserail I. Título

CDD 385.098153

Aos meus Pais, pela inspiração e pelo amor incondicional.

## Agradecimentos

- À minha orientadora, professora Marina Rodrigues Brochado (D.Sc.), por me guiar nesta jornada.
- Ao corpo docente da pós-graduação, por seus ensinamentos.
- Aos funcionários da Secretaria do PPTEC, pela ajuda quando solicitada.
- Aos professores José Luiz Fernandes (D.Sc.) e Maria Carlota Esteves dos Santos (D.Sc.), pela participação na banca e pertinência de suas observações.
- Ao amigo Mauro Soares Tavares, Diretor da Escola Técnica Estadual de Transportes Engenheiro Silva Freire, pelo incentivo e pela oportunidade de crescimento, e aos demais funcionários, pelo carinho e pela solidariedade.
- Aos amigos Ernesto Roberto Pinto de Oliveira e Jorge Alberto Pinho dos Santos, Engenheiros do Metrô Rio, por compartilharem comigo seus conhecimentos e experiências, sem os quais esta pesquisa não seria possível.
- Aos amigos Ulysses Monteiro Jorge, Raul Marcos Vasques e Celso dos Santos Caldas, da CBTU, pelo apoio e pela atenção.
- Às colegas Anna Haydée e Alessandra Soares, por caminharmos juntos os primeiros passos.
- Aos colegas Beatriz Teixeira e Cláudio Marques, por caminharmos juntos os últimos passos.
- E à minha Célia, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

“Para ser grande, sê inteiro: nada teu exagera ou exclui.  
Sê todo em cada coisa.  
Põe quanto és no mínimo que fazes.”

Fernando Pessoa



Resumo da dissertação submetida ao PPTEC/CEFET-RJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em tecnologia (M.T.).

## INTRODUÇÃO DA TECNOLOGIA *LASERAIL* NA MANUTENÇÃO DA VIA PERMANENTE: UM ESTUDO DE CASO NO METRÔ RIO

Fernando Pessôa Pires

Março de 2007

Orientadora: Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.

Programa: PPTEC

A tecnologia dos sistemas metro-ferroviários tem evoluído de modo bastante acelerado nas últimas décadas, tornando-se um dos indicadores de desempenho das empresas operadoras. Quando se refere à ferrovia, seu desempenho econômico é reflexo, principalmente, da qualidade da via onde circulam os trens. Altas velocidades, maiores frequências de tráfego e menores interrupções são elementos que exigem uma via permanente em condições adequadas. A manutenção da via permanente tem um custo significativo, principalmente pela reposição dos trilhos ao longo do tempo. Uma via deteriorada causa perda de segurança, redução da disponibilidade, restrições de uso e fadiga do material rodante, como é o caso dos metrô e das ferrovias de carga. O Metrô do Rio de Janeiro, visando a redução de seus custos e o aumento da segurança do sistema, adotou inovações tecnológicas em seu controle da manutenção da via permanente. Este trabalho estudou o acompanhamento do processo de introdução da tecnologia *Laserail* na monitoração do desgaste dos boletos dos trilhos. Foi feito um estudo de caso, através da técnica de pesquisa-ação, aplicada por ocasião do treinamento de inspeção de via permanente, e para sua análise foi utilizada metodologia de processo de introdução de inovações tecnológicas. Os resultados da pesquisa-ação demonstraram a necessidade da integração da inovação na manutenção com os demais processos operacionais da via permanente.

Palavras-chave: Via permanente, Trilho, *Laserail*

Abstract of dissertation submitted to PPTEC/CEFET-RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Technology (M.T.).

## INTROCUCTION OF THE *LASERAIL* TECHNOLOGY ON THE TRACK MAINTENANCE: A CASE STUDY IN THE METRÔ RIO SUBWAY

Fernando Pessôa Pires

March / 2007

Supervisor: Marina Rodrigues Brochado, D.Sc.

Program: PPTEC

The subways and the railways technologies has been improved in an accelerated plenty way in the last decades, becoming one of the indicators' system of acting of the companies operators. When it refers to railway, the economic performance is related principally to the quality of the road on which the trains pass. High velocities, higher frequencies of traffic and less interruptions are elements that ask for a permanent road in adequate conditions. The maintenance of the track has a significant cost, specially because of rail replacement during the time. A deteriorated track causes safety loss, reduction of availability, use limitation and train wear, as subways and cargo railways. The Rio de Janeiro Subway, aiming to a cost reduction and an increase of the system safety, it adopted technological innovations in its control of the maintenance of the track. This work studied the attendance of the process of introduction of the Laserail technology to monitoring the wear fo rail head in its track. It was made a case study, through the action-research technique, applied for occasion of the training of inspection of track, and for its analysis methodology of process of introduction of technological innovations was used. The results of the action-research demonstrated the need of the integration of the innovation in the maintenance with the other operational processes of the track.

Keyword: Track, Rail, Laserail

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 - Fluxograma do trabalho.	4
Figura I.1 - Escolha do tipo de manutenção mais adequada.	14
Figura I.2 - Representação gráfica dos índices TMPF, TMEF e TMPR.	29
Figura I.3 - Evolução tecnológica das locomotivas.	32
Figura I.4 - Ciclo de vida de uma tecnologia e inovação.	35
Figura I.5 - Taxa de inovação dentro de uma indústria.	37
Figura I.6 - A visão seqüencial do processo de inovação.	39
Figura I.7 - Modelo de gestão da inovação.	42
Figura I.8 - Modelo organizacional.	44
Figura I.9 - Modelo de implementação, controle e revisão da introdução da inovação.	47
Figura I.10 - Etapas do processo BIM.	48
Figura I.11 - Os passos da etapa Barreira.	49
Figura I.12 - Os passos da etapa Idéia.	50
Figura I.13 - Os passos da etapa Melhoria.	51
Figura I.14 - Planejamento do empreendimento - processos dependentes.	53
Figura II.1 - Esquema de via permanente.	60
Figura II.2 - Superestrutura rígida.	61
Figura II.3 - Medida da bitola.	62
Figura II.4 - Partes do trilho.	63
Figura II.5 - Trilho ferroviário, tipo Vignole.	65
Figura II.6 - Elipse de contato.	70
Figura II.7 - Elipse de contato no sistema roda-trilho.	71
Figura II.8 - Parâmetros da elipse de contato.	71
Figura II.9 - Desgastes lateral e vertical do trilho.	74
Figura II.10 - Gerenciamento do desgaste do TR-57.	78
Figura II.11 - Semi-dormentes.	81
Figura II.12 - Dormentes bi-blocos.	81
Figura II.13 - Dormentes polibloco.	81
Figura II.14 - Dormentes monobloco.	81
Figura II.15 - Componentes de um aparelho de mudança de via.	86
Figura II.16 - Esquema de linhas do Metrô Rio.	90
Figura II.17 - Gerência de Manutenção.	93
Figura II.18 - Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina.	94
Figura II.19 - Esquema do veículo de avaliação da via (TEV).	99
Figura II.20 - Ciclos de manutenção da via permanente.	101

Figura III.1 - Roteiro metodológico da pesquisa-ação.	105
Figura III.2 - Modelo organizacional do Metrô Rio.	111
Figura III.3 - Roteiro metodológico da pesquisa-ação aplicado ao estudo de caso na manutenção da via permanente do Metrô Rio.	112
Figura III.4 - Aparelho <i>Unisteel Contorograph</i> .	113
Figura III.5- Aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho P-110	114
Figura III.6 - Aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho P-110	114
Figura III.7 - Aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho P-110	115
Figura III.8 - Reprodução gráfica do boleto do trilho.	115
Figura III.9 - Desenho padrão do trilho TR 57.	116
Figura III.10 - Comparação entre boletos.	116
Figura III.11 - Superposição de boletos.	117
Figura III.12 - Medição do desgaste vertical.	117
Figura III.13 - Medição do desgaste a 45°.	118
Figura III.14 - Evolução da vida útil dos trilhos de rolamento do trecho.	119
Figura III.15 - Variação da expectativa de vida útil do trecho.	120
Figura III.16 - O BIM no Metrô Rio.	123
Figura III.17 - <i>Laserail</i> EZ-3.	125
Figura III.18 - <i>Laserail</i> EZ-3.	126
Figura III.19 - <i>Laserail</i> EZ-3.	127
Figura III.20 - <i>Laserail</i> EZ-3.	127
Figura III.21 - <i>Laserail</i> EZ-3.	128
Figura III.22 - Medição com <i>Laserail</i> EZ-3.	128
Figura III.23 - Incidência do raio <i>Laser</i> sobre o perfil do trilho.	129
Figura III.24 - Interface do <i>Laserail</i> EZ-3.	129
Figura III.25 - Metodologia de avaliação de introdução da tecnologia de medição <i>Laserail</i> .	132

## Lista de Tabelas

	Pág.
Tabela I.1 - Benefícios da manutenção preditiva.	13
Tabela I.2 - Aplicação dos recursos de manutenção.	15
Tabela I.3 - Indicadores de desempenho utilizados na manutenção.	30
Tabela I.4 - Custos de manutenção baseada na potência instalada - EUA.	32
Tabela II.1 - Proporção entre território e malha ferroviária de vários países.	55
Tabela II.2 - Dimensões dos trilhos.	64
Tabela II.3 - Propriedades físicas dos trilhos.	68
Tabela II.4 - Resultado do desgaste dos trilhos em curvas.	68
Tabela II.5 - Histórico de substituição de trilhos.	75
Tabela II.6 - Características dos trilhos do Metrô Rio.	75
Tabela II.7 - Limite de desgaste do boleto para trilhos reutilizados.	78
Tabela II.8 - Limite de desgaste total para trilhos.	79
Tabela II.9 - Causas dos acidentes em ferrovias de carga em 2002.	95

## Lista de Quadros

	Pág.
Quadro I.1 - Evolução dos conceitos de manutenção.	8
Quadro I.2 - Tipos de básicos de manutenção.	11
Quadro I.3 - Os quatro componentes organizacionais.	44
Quadro I.4 - Reações negativas à mudança pela inovação.	46
Quadro III.1 - Os quatro componentes organizacionais aplicados à manutenção.	108

## Abreviaturas e Símbolos

Abreviatura / Símbolo	Significado
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	<i>Association Française de Normalization</i>
ANPF	Associação Nacional de Preservação Ferroviária
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
ALL	América Latina Logística S. A.
AREA	<i>American Railway Engineering Association</i>
AREMA	American Railway Engineering and Maintenance Association
BIM	<i>Barreira, Idéia, Melhoria</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BS	<i>British Standard</i>
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CCD	Centro de Consolidação e Distribuição
CCG	Centro de Controle Gerencial
CCO	Centro de Controle Operacional
CFN	Companhia Ferroviária do Nordeste
CM	Centro de Manutenção
CND	Conselho Nacional de Desestatização
CPEF	Companhia Paulista de Estradas de Ferro
<i>CPR</i>	<i>Canadian Pacific Railroad</i>
CVEO	Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DNEF	Departamento Nacional de Estradas de Ferro
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento nacional de Infra-Estrutura de Transportes
EFC	Estrada de Ferro Carajás
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
ENGEFER	Empresa de Engenharia Ferroviária
FCA	Ferrovias Centro Atlântica S. A.
FEPASA	Ferrovias Paulista S. A.
Ferrobán	Ferrovias Bandeirantes
FNIF	Fundo Nacional de Investimentos Ferroviários

FSA	Ferrovia Sul Atlântica
FTC	Ferrovia Tereza Cristina
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
GRMS	<i>Gauge Restraint Measurement System</i>
IFE	Inspetoria Federal de Estradas
IHHA	<i>International Heavy Haul Association</i>
IUCLG	Imposto Único sobre Combustíveis Líquidos e Gasosos
jd	Jarda
Jx	Momento de inércia
kg	Quilograma
kgf	Quilograma-força
<i>Laser</i>	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>
lb	Libra
km	Quilômetro
m	Metro
mm	Milímetro
MBR	Minerações Brasileiras Reunidas
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MPT	Manutenção Produtiva Total
MRS	MRS Logística S.A.
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
PCM	<i>Planejamento e Controle da Manutenção</i>
PND	Plano Nacional de Desestatização
RIA	<i>Raiway Industry Association of Great Britain</i>
RCC	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S. A.
SIGO	Sistema de Gerenciamento Operacional
SNCF	<i>Société Nationale des Chemins de Fer</i>
t	Tonelada
TEV	<i>Track Evaluation Vehicle</i>
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPF	Tempo Médio Para Falha
TMPR	Tempo Médio Para Reparo
Wx	Módulo de resistência à flexão



## INTRODUÇÃO

O transporte desempenha um papel de suma importância na mobilidade de pessoas e bens, sendo responsável na distribuição espacial e no consumo de riquezas, intervindo na distribuição de renda e no desenvolvimento de uma sociedade. A infra-estrutura de transporte desempenha um papel destacado na determinação das decisões de produção, comércio e de consumo, assim como nas decisões de localização e de investimento por parte das empresas. Em um país de proporções continentais como o Brasil, os fluxos de comércio são influenciados pela disponibilidade de infra-estrutura de transporte, que determina os custos das relações comerciais entre as empresas, seus fornecedores e consumidores.

Uma manutenção de qualidade é fundamental para os sistemas de transportes. Confiabilidade é a palavra de ordem nas empresas de transporte, sejam elas públicas ou privadas. “A necessidade de operar com segurança, rapidez e alta disponibilidade exige das empresas de transporte e de seus fornecedores uma busca constante da perfeição”. (ABRAMAN, 2002).

Uma pequena falha em um equipamento resulta sempre em problemas, e situações mais graves podem afetar a vida de milhares de pessoas, agredir o meio ambiente e causar perdas financeiras e sociais. Esses impactos comprometem o nível de qualidade da circulação de bens e pessoas, proporcionado pelo sistema de transportes, que é um dos indicadores mais significativos do grau de eficiência das sociedades modernas, constituindo aspecto fundamental da infra-estrutura econômica e social de qualquer país ou região.

### 1- Problema

A ferrovia no Brasil, conviveu com escassez de recursos para as despesas correntes operacionais e de manutenção. Porém, alguns fatos marcaram tentativas de modernização na ferrovia no Brasil em termos de manutenção. A aproximação, através de convênios, com operadores ferroviários japoneses e franceses na década de 70 do século XX, assim como alguns acidentes de grande repercussão junto à opinião pública, geraram alavancagens de atualização. Algumas ações mais isoladas dos metrô também pontuaram uma busca de se romper o círculo vicioso das inaugurações das novas obras sem perspectiva de manutenções

que deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução dos problemas da produção, aumentando a qualidade e produtividade das empresas.

As variáveis determinantes para análise de custos em ferrovia são distância percorrida, carga transportada e tempo de viagem, e seu desempenho econômico é reflexo da qualidade da via onde circulam as composições. Altas velocidades, frequências elevadas, maiores rendimentos e menores interrupções no tráfego são elementos que exigem uma via permanente em condições adequadas. Uma via permanente deteriorada causa perda de segurança, redução da disponibilidade, restrições de uso, fadiga do material rodante e desgaste nos trilhos. A eficiência do modal ferroviário está intrinsecamente ligada ao estado de manutenção da via permanente.

O problema de conseguir uma via permanente satisfatória é um dos mais complexos que se apresentam cotidianamente nas estradas de ferro, quer elas sejam de carga ou de transporte de passageiros. Tudo que possa contribuir para minimizá-lo representa, na prática, por menor que seja, uma economia de milhares de reais. No caso das ferrovias brasileiras, isto representou, em 2000, de acordo com o MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2005), uma despesa da ordem de US\$300 milhões que tende a aumentar, ano a ano, com a alta contínua dos custos de mão-de-obra e dos materiais.

## 2- Hipótese

A manutenção preditiva pode ser considerada uma subdivisão da manutenção preventiva. É a manutenção efetuada quando se aproxima uma condição de falha ou queda no rendimento do equipamento ou sistema, quando se pode “predizer” a aproximação de uma falha (PINTO et al., 2001). Esta “predição” pode ser feita através do acompanhamento do equipamento, seja por monitoração por instrumentos, seja por controle estatístico da vida do equipamento. Quando o grau de degradação ou queda no rendimento se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido é tomada a decisão de intervenção. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção. De forma mais direta, podemos dizer que a manutenção preditiva prediz as condições dos equipamentos, e, quando a intervenção é decidida, o que faz na realidade é uma manutenção corretiva planejada.

Atualmente as principais ferrovias do mundo utilizam várias técnicas de manutenção preditiva para avaliação do estado da superestrutura

A aplicação da tecnologia de medição a *laser - Laserail* - para medição do desgaste dos perfis dos trilhos coloca à disposição instrumentos com a necessária precisão e grande flexibilidade operacional, derrubando a maioria das limitações impostas à aplicabilidade dos ensaios geométricos pelos instrumentos convencionais, além de apresentarem um alto grau de automatização, isto é, possibilitam a transferência direta dos dados a um computador, reduzindo-se assim as possibilidades de interpretações subjetivas dos resultados obtidos com procedimentos anteriores. Possibilita a economia de custos em termos de substituição de trilhos, além de aumentar a velocidade média de circulação das composições e de sua importância para redução de acidentes, buscando-se a qualidade e a confiabilidade nos procedimentos de manutenção das ferrovias.

### 3- Objetivos

#### a) Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um estudo sobre os processos de modernização do sistema de manutenção da via permanente ferroviária, sob o enfoque das inovações tecnológicas, avaliando a introdução de tecnologia na via permanente no sistema metro-ferroviário.

#### b) Objetivos Específicos

- Investigar métodos aplicados à manutenção preditiva;
- Investigar os processos de modernização da manutenção da via permanente, com a adoção da inovação tecnológica na manutenção da via permanente;
- Propor uma metodologia para avaliação do processo de introdução da tecnologia *Laserail*, utilizada na medição dos perfis geométricos da seção transversal dos trilhos, e compará-la com o processo anteriormente utilizado.

### 4- Metodologia

Este trabalho foi conduzido de acordo com a seguinte metodologia:

- Revisão bibliográfica sobre os métodos de manutenção aplicáveis à manutenção da via permanente;
- Revisão bibliográfica sobre os processos de introdução de inovações tecnológicas, bem como das metodologias de avaliação de sua adoção;
- Estudo descritivo sobre o sistema metroviário, e aplicação de um estudo de caso no Metrô Rio, com aplicação de uma pesquisa-ação junto ao setor de manutenção da via permanente,

Foi adotado o método de estudo de caso descritivo, e aplicada uma pesquisa-ação juntamente com os funcionários da via permanente do Metrô Rio, por ocasião do treinamento a eles ministrado sobre suas práticas de manutenção. Segundo YIN (2005) apud SILVA et al. (2005),

“...o estudo de caso descritivo é utilizado para descrever uma intervenção e o contexto na vida real em que o fato ocorre,... e representa a melhor estratégia quando se colocam questões do tipo como e porque, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.”

Foram realizadas visitas técnicas ao Metrô Rio, e o autor ministrou palestras sobre segurança ferroviária, procurando dar estímulo à iniciativa e projetos dos funcionários, através um trabalho de reflexão sobre suas rotinas de manutenção, e procurou promover a aproximação dos envolvidos, tornando-os também participantes, através da compreensão da pesquisa e de seus objetivos. A pesquisa é representada através do fluxograma da Figura 1:

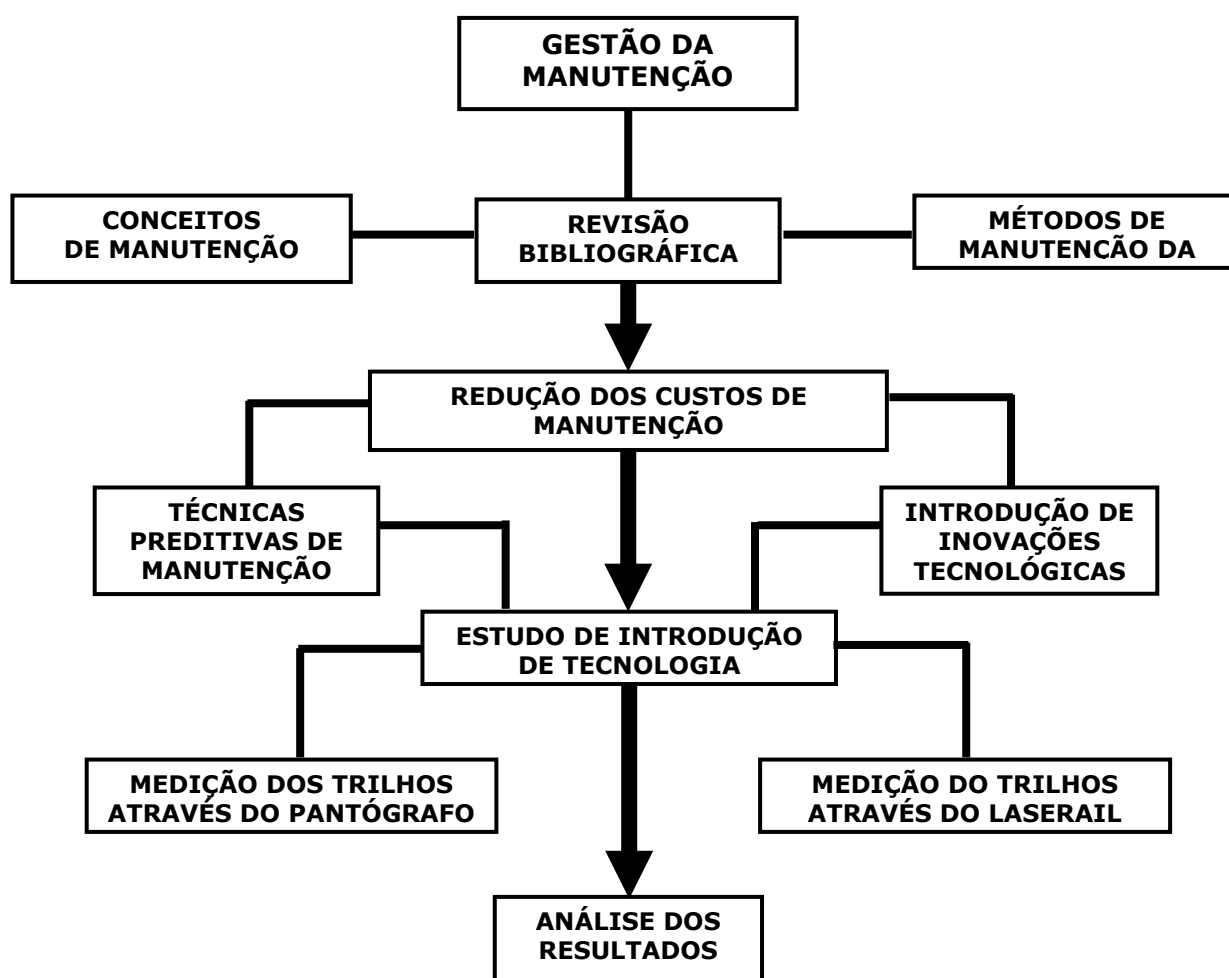


Figura 1 - Fluxograma do trabalho.

## 5- Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado de acordo com a seguinte estruturação:

Na introdução apresenta-se a justificativa, os objetivos gerais e específicos e a metodologia aplicada bem como a estrutura do trabalho.

No capítulo I é realizada uma revisão bibliográfica sobre a manutenção, sua evolução histórica, sua terminologia, tipos principais de manutenção, seu planejamento e controle e a importância da apropriação dos custos na manutenção.

Ainda neste capítulo continua-se a revisão de bibliografia, agora quanto às abordagens das inovações tecnológicas, seus conceitos e modelos de inovação, além da descrição de metodologias para avaliação da introdução de inovações tecnológicas.

No capítulo II é realizada a descrição do sistema de transporte ferroviário e metroviário, da via permanente e seus componentes principais, dos custos de manutenção desse modal de transporte, e do modelo organizacional do Metrô Rio.

Finalmente, no capítulo III é feita a descrição da tecnologia *Laserail*, aplicada na manutenção da via permanente metro-ferroviária, bem como o relato do estudo de caso da introdução dessa tecnologia pelo Metrô Rio.

Ao final conclui-se que a tecnologia *Laserail*, quando empregada na manutenção da via permanente metro-ferroviária, aumenta sua vida útil e reduz os seus custos de manutenção, necessitando de uma maior integração dos setores envolvidos para a quantificação desses custos, como forma de alcançar melhorias no seu processo de manutenção e obter qualidade e eficiência com a introdução dessa tecnologia.

## CAPÍTULO I

### I- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo se subdivide em cinco partes. Primeiro é apresentada uma revisão bibliográfica que contempla um estudo sobre a evolução da manutenção; as técnicas e os métodos de monitoramento, o planejamento do sistema de manutenção, e as abordagens de introdução de inovação tecnológica que podem auxiliar no objeto deste trabalho que é estudar o problema da introdução de inovação no sistema de manutenção da via permanente no sistema de transporte metroviário.

#### I.1- O Sistema de Manutenção

A introdução das máquinas motrizes a vapor e pela mecanização das indústrias, conduziu aos problemas reparos necessários nas máquinas e equipamentos que apresentassem defeitos eram executados pelos próprios operários da produção. Essa situação é característica de uma manutenção improvisada sem qualquer tipo de organização

Para conseguir o objetivo de aumento de produção e de produtividade, as indústrias tiveram de criar grupos especializados em manutenção, de modo a que os reparos fossem efetuados em boas condições técnicas e no mínimo tempo possível. A seguir apresenta-se uma descrição da evolução dos sistemas de manutenção sob o aspecto da evolução das técnicas e métodos e níveis de planejamento e controle equipamentos ou sistemas.

##### I.1.1- Evolução Histórica da Manutenção

A chamada 1ª Revolução Industrial teve seu início por volta de 1750 e caracterizou-se pela introdução das máquinas motrizes a vapor e pela mecanização das indústrias, sendo que o primeiro tipo de indústria a ser mecanizada foi a de tecelagem. Nessa época, os reparos necessários nas máquinas e equipamentos que apresentassem defeitos eram executados pelos próprios operários da produção. Essa situação é característica de uma manutenção improvisada sem qualquer tipo de organização.

Com a Primeira Guerra Mundial, em 1914, e o advento da produção em série, introduzida pelo fabricante de automóveis Henry Ford, as maiores indústrias se viram forçadas a programar suas intervenções de manutenção de máquinas e equipamentos, de forma a não descontinuar a produção, esta sempre com valores mínimos definidos a atingir. Segundo TAVARES (1999, p.10):

“No início do Século XX, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação. Com o advento da

Primeira Guerra Mundial e a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível.”

Para conseguir o objetivo de aumento de produção e de produtividade, estas indústrias tiveram de criar grupos especializados em manutenção, de modo a que os reparos fossem efetuados em boas condições técnicas e no mínimo tempo possível. Este era o início da chamada Manutenção Corretiva. Tratava-se de uma manutenção de baixo nível de organização e de gerenciamento, subordinada à função produção, e com planejamento e controle rudimentares. Este tipo de manutenção, ainda hoje no Brasil, é praticada em diversas de atividades produtivas industriais e de serviços.

No fim da década de 30 do Século XX, e mais uma vez em resposta às necessidades da produção de materiais bélicos durante a Segunda Guerra mundial, as indústrias sentiram a necessidade não só de corrigir os defeitos dos equipamentos, mas também de evitar ou atrasar a ocorrência de defeitos capazes de interferir na produção. Desta preocupação de evitar falhas nasceu a Manutenção Preventiva, a qual era complementar à Manutenção Corretiva. De acordo com DHILLON (1999) apud RODRIGUES (2006, p.26):

“Durante a Segunda Guerra Mundial constatou-se em um campo de pouso na Inglaterra, que só 30% dos grandes bombardeiros em terra estavam em condição operacional para qualquer momento que fossem solicitados... Igual estudo realizado pela Marinha dos EUA informava que, durante manobras, os equipamentos eletrônicos eram operativos só 30% do tempo. Um outro estudo administrado pelo Exército dos EUA informava que aproximadamente entre 66% a 75% dos equipamentos ou estavam fora de serviço ou em conserto em todo o momento.”

Inicialmente a Manutenção Preventiva era planejada, mas este tipo de conceito de manutenção apenas permitiu reduzir o número de falhas que requeriam Manutenção Corretiva. Nessa mesma época, a função Manutenção começava a tomar importância dentro das fábricas, com a aplicação de novas tecnologias e métodos de trabalho, como demonstrado no Quadro I.1, alcançando o nível da Produção, apesar de normalmente estar a ela subordinada.

Durante o esforço mundial de reconstrução pós-guerra, na década de 50 do século XX, sentiu-se a necessidade de utilizar métodos mais sofisticados e eficientes para o diagnóstico das falhas e para analisar as causas e efeitos das avarias nos componentes de máquinas e equipamentos. De fato, em certos tipos de sistemas, como por exemplo os elétricos e eletrônicos, a análise dos defeitos pode ser muito demorada e exigir um tempo maior que o do reparo propriamente dito. Desenvolveu-se então o conceito de Engenharia de Manutenção, e foram criados nas indústrias órgãos especializados para desempenhar esta função, mas ainda ligados à Produção. Começaram então a utilizar-se instrumentos e técnicas de medição

sofisticados e capazes de permitir a detecção de sintomas numa fase muito inicial, mas suficiente para a previsão da ocorrência de falhas futuras. A esse conjunto de técnicas e critérios de previsão de falhas, tendo em vista a redução do número e tempo dos reparos. Assim a partir dessa época a otimização da função manutenção, é conhecido como Manutenção Preditiva ou Previsiva ou de Diagnóstico. A partir de 1970, além da introdução de técnicas de diagnóstico com instrumentos sensíveis, iniciou também o planejamento e controle da Manutenção Preditiva com o auxílio de computadores. O que tornou mais sistemático e mais útil este recurso para a análise estatística das medições e das falhas.

Atualmente o conjunto dos grupos das manutenções Corretiva, Preventiva e Preditiva constituem a chamada Função Manutenção, que em indústrias e atividades bem estruturadas se encontra em seu organograma no mesmo nível da Função Produção, com bancos de dados e controles próprios, tornando-se assim independente, no tocante ao planejamento e controle de suas atividades, e crescendo em importância dentro das indústrias. Para (PINTO e XAVIER, 2001, apud MARCORIN e LIMA, 2003, p.36).

“A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade.”

Quadro I.1 - Evolução dos conceitos de manutenção. (PINTO e XAVIER, 2001, p.8).

Histórico da Manutenção		
Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração
Antes de 1940	De 1940 a 1970	Após 1970
<b>Aumento da expectativa em relação à manutenção</b>		
Conserto após a falha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Maior vida útil do equipamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior disponibilidade e confiabilidade</li> <li>• Maior custo-benefício</li> <li>• Maior segurança</li> <li>• Maior qualidade dos produtos</li> <li>• Preservação do meio-ambiente</li> </ul>
<b>Mudança nas técnicas de manutenção</b>		
Conserto após a falha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadores grandes e lentos</li> <li>• Sistemas manuais de planejamento e controle do trabalho</li> <li>• Monitoração por tempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoração por condição e análise de risco</li> <li>• Projetos voltados para confiabilidade</li> <li>• Computadores pequenos e rápidos</li> <li>• Softwares potentes</li> <li>• Análise de modos e efeitos de falha (FMEA)</li> <li>• Grupos de trabalho interdisciplinares</li> </ul>



Entretanto, devido à inexistência de um padrão universal de caracterização de algumas atuações como preventiva ou corretiva, é fundamental, para o desenvolvimento do Planejamento e Controle da Manutenção, que cada empresa faça a opção por uma terminologia adequada, de preferência igual aquela em uso pela maioria das indústrias do mesmo ramo e que, uma vez escolhida, seja enfaticamente divulgada internamente e criadas dificuldades à mudança, a fim de evitar deterioração do Sistema. Para efeitos de aplicação desses conceitos de manutenção nesta dissertação, é apresentada a seguir a terminologia recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Ainda de acordo com a Norma ABNT NBR 5462-1994, são definidos outros conceitos e os tipos básicos de manutenção:

- Defeito - Ocorrências nos equipamentos que não impedem seu funcionamento, todavia podem, a curto ou longo prazo, acarretar sua indisponibilidade;
- Falha - Ocorrências nos equipamentos que impedem seu funcionamento;
- Manutenibilidade - Facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual ele pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante os procedimentos e meios prescritos;
- Confiabilidade - Capacidade de um item desempenhar uma função específica, sob condições e intervalo de tempo pré-determinado;
- Disponibilidade - Medida do grau em que um item estará em um estado operável e confiável no início da missão, quando a missão for exigida aleatoriamente no tempo;
- Manutenção corretiva - Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida;
- Manutenção preventiva - Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item;
- Manutenção preditiva - Manutenção garante uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de medições e análise utilizando-se de meios de supervisão ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

### I.1.3- Tipos de Manutenção

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários tipos de manutenção existentes.

Há uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção sendo que, não raramente, essa variedade provoca uma certa confusão na caracterização dos tipos de manutenção. Por isso, é importante uma caracterização mais objetiva dos diversos tipos de manutenção, independentemente das denominações.

Algumas práticas básicas definem os três principais tipos de manutenção que são:

- Manutenção corretiva, que pode ser planejada ou não-planejada;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva.

O Quadro I.2 faz uma comparação dos principais tipos de manutenção.

Quadro I.2 - Tipos de básicos de manutenção. (PINTO e XAVIER, 2001).

TIPO	Vantagens	Desvantagens
<b>Manutenção Corretiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não exige acompanhamentos e inspeções nas máquinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• as máquinas podem quebrar-se durante os horários de produção.</li> <li>• as empresas utilizam máquinas de reserva;</li> <li>• há necessidade de se trabalhar com estoques;</li> </ul>
<b>Manutenção Preventiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assegura a continuidade do funcionamento das máquinas, só parando para consertos em horas programadas.</li> <li>• a empresa terá maior facilidade para cumprir seus programas de produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• requer um quadro (programa) bem montado;</li> <li>• requer uma equipe de mecânicos eficazes e treinados.</li> <li>• requer um plano de manutenção.</li> </ul>
<b>Manutenção Preditiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aproveita-se ao máximo a vida útil dos elementos da máquina, podendo-se programar a reforma e substituição somente das peças comprometidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• requer acompanhamentos e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos de monitoração.</li> <li>• requer profissionais especializados.</li> </ul>

#### a) Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é a manutenção realizada quando há alguma falha ou queda no desempenho do equipamento, ou seja, quando este não está desempenhando a função para a qual foi projetado. Existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva: (PINTO e XAVIER, 2001).

- Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais;
- Ocorrência da falha.

Desse modo, a ação principal na manutenção corretiva é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- Manutenção corretiva não-planejada;
- Manutenção corretiva planejada.



### c) Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é a manutenção efetuada quando o equipamento ou sistema se aproxima de uma condição de falha ou queda no rendimento, quando se pode “predizer” a aproximação de uma falha. Esta “predição” pode feita através do acompanhamento do equipamento, seja por monitoração por instrumentos, seja por controle estatístico da vida do equipamento.

ALMEIDA (1999a) enumera em seus estudos alguns benefícios específicos na manutenção preditiva, apresentados na Tabela I.1 destacando-se a redução 50 a 80% dos custos de manutenção, e 50 a 60% na redução de falhas nas máquinas.

Tabela I.1 - Benefícios da manutenção preditiva. (ALMEIDA, 1999a).

Redução dos custos de manutenção	50 a 80%
Redução de falhas nas máquinas	50 a 60%
Redução de estoque de sobressalentes	20 a 30%
Redução de horas extras para manutenção	20 a 50%
Redução do tempo de parada das máquinas	50 a 80%
Aumento na vida das máquinas	20 a 40%
Aumento da produtividade	20 a 30%
Aumento dos lucros	25 a 60%

As condições básicas para se adotar a manutenção preditiva são as seguintes: (PINTO e XAVIER, 2001).

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir alguns tipos de monitoramento/medição, e merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão monitorada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico.

De acordo com PINTO E XAVIER (2001), a Manutenção Preditiva pode ser aferida de duas maneiras:

- Manutenção preditiva por controle estatístico

É a manutenção efetuada quando se tem uma grande quantidade de máquinas idênticas e se consegue organizar ou se obter um banco de dados de falhas anteriores destas

máquinas ou de máquinas similares. Deve-se ter a descrição de como ocorreu a falha, quando, quanto tempo de funcionamento do componente ou peça desde a última falha da máquina, independentemente de qual componente falhou, quais métodos e ferramentas utilizados, que sobressalentes foram substituídos, seu fabricante, etc.

- Manutenção preditiva por controle, monitoração e medição de parâmetros

Este tipo de manutenção por análise de sintomas é efetuado quando se tem instrumentos de medição e monitoração instalados em máquinas e seus componentes, muitas vezes portáteis. Efetua-se a medição de vários parâmetros, através de sintomas diferentes que a máquina ou sistema apresente, quando comparado a um padrão de funcionamento.

MIRSHAWKA (1991) elaborou um fluxograma bastante simples para auxiliar na escolha do tipo de manutenção mais adequado, simplificado na Figura I.1:

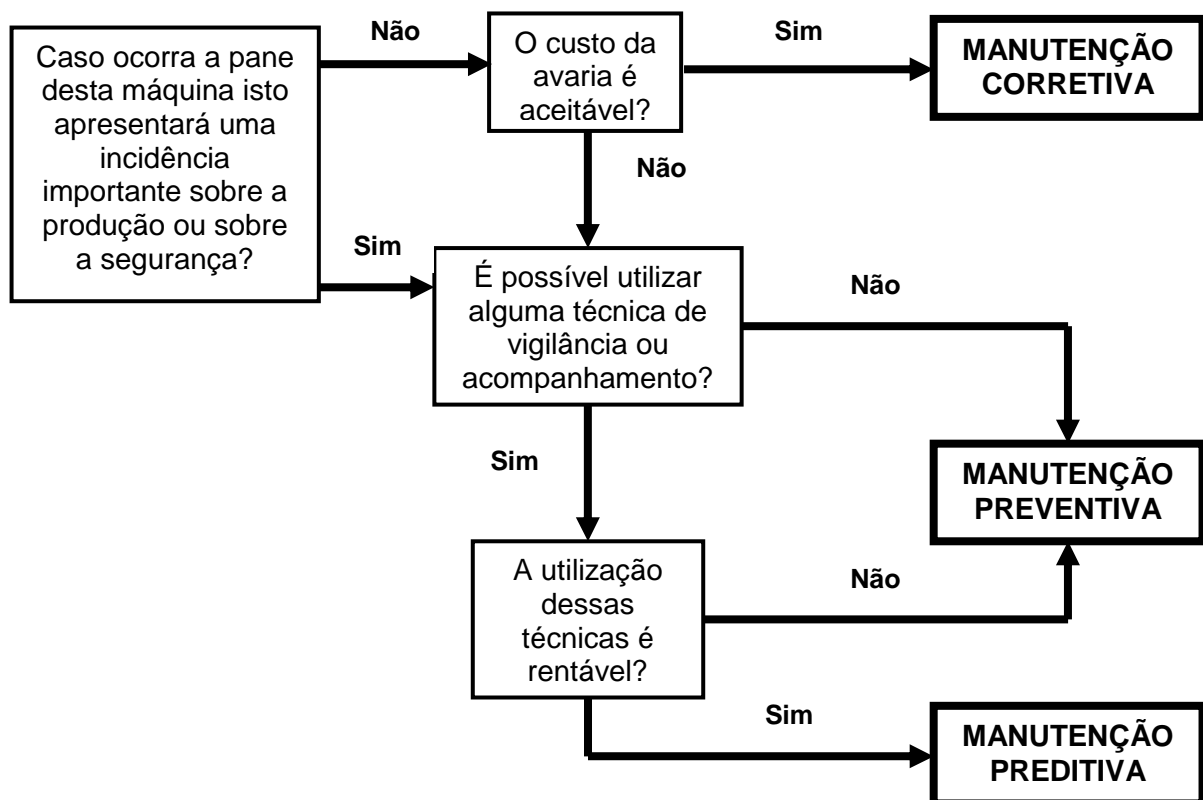


Figura I.1 - Escolha do tipo de manutenção mais adequada. (MIRSHAWKA, 1991, p. 195).

Embora, segundo AMARAL E PORCIÚNCULA (2006), o monitoramento de máquinas para o acompanhamento da manutenção tenha se iniciado no Brasil da década de setenta, com a expansão da indústria petroquímica, os conceitos de manutenção preditiva ainda são pouco difundidos no Brasil, conforme se constata no Documento Nacional sobre a Situação da Manutenção no Brasil, Edição 2005, realizada pela ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção junto aos setores de manutenção de diversas empresas de vários seguimentos da indústria nacional. Estes resultados estão resumidos na Tabela I.2.

Tabela I.2 - Aplicação dos recursos de manutenção. (ABRAMAN, 2005).

<b>Aplicação dos Recursos de Manutenção (%)</b>				
<b>Ano</b>	<b>Manutenção Corretiva</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>	<b>Manutenção Preditiva</b>	<b>Outros</b>
2005	31,80	38,35	16,21	13,55
2003	29,96	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56
Hh (serviços de manutenção) / Hh (total de trabalho)				

## I.2- Técnicas de Monitoramento e Medição Utilizadas na Manutenção Preditiva

Considerando que o objetivo da manutenção preditiva é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas por meio de acompanhamentos de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, sendo efetuada quando o equipamento ou sistema se aproxima uma condição de falha ou queda no rendimento. Quando o grau de degradação ou queda no rendimento se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido é tomada a decisão de intervenção.

A utilização de técnicas de monitoramento e medição utilizadas na manutenção preditiva é a grande quebra de paradigma nos tipos de manutenção. Para MIRSHAWKA (1991) os maiores benefícios da utilização de técnicas de manutenção preditiva são:

- Previsão de falhas com antecedência suficiente para que os equipamentos sejam desativados em segurança, reduzindo os riscos de acidentes e interrupções do sistema

produtivo;

- Redução dos prazos e custos de manutenção pelo conhecimento antecipado das falhas a serem reparadas;
- Melhoria nas condições de operação dos equipamentos no sentido de obter menor desgaste, maior rendimento e produtividade.

O autor MIRSHAWKA (1991, p.190) ainda relaciona uma série de benefícios apontados por uma pesquisa em 200 empresas americanas que implantaram programas de manutenção preditiva:

- Redução dos custos de manutenção em 50%;
- Redução do número de quebras indesejadas em até 60% após dois anos de implantação do programa;
- Redução de 50 a 70% do tempo de intervenção na falha;
- Aumento de 20 a 40% da vida útil dos equipamentos, com dados após 5 anos de operação dos mesmos;
- Aumento na produção de 20 a 30%;
- Aumento nos lucros de 25 a 60%.

Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção. De forma mais direta, pode-se dizer que a manutenção preditiva prediz as condições dos equipamentos, e, quando a intervenção é decidida. A seguir apresenta-se uma descrição dos sistemas, tipos básicos e parâmetros de monitoração.

#### 1.2.1-Sistemas de Monitoração

O objetivo de um sistema de monitoração é obter indicações sobre a condição de funcionamento dos equipamentos, para que se tenha o máximo de segurança e economia em sua operação e manutenção. Essas indicações consistem normalmente em:

- Saber se existe alguma anormalidade.
- Definir qual a falha e sua possível gravidade.

MIRSHAWKA (1991) relaciona como causas de falhas em equipamentos e sistemas:

- Falhas de projeto: são falhas oriundas da existência de detalhes de projeto sujeitos a problemas. Esses defeitos nascem com o desenho do equipamento. Exemplos: entalhes mecânicos, mudanças de projeto, critério de projeto inadequado;



- Falhas na seleção de materiais: são falhas relacionadas com incompatibilidade das propriedades do material com as necessidades do serviço;
- Imperfeição no material: são falhas diretamente ligadas ao processo de fabricação da matéria-prima para a construção dos componentes. Exemplos: peças fundidas, forjados e laminados;
- Erros de montagem / instalação: são as falhas mais freqüentes, muitas vezes ligadas a erros humanos. Esse tipo de falha pode, normalmente, ser evitado com elaboração de bons procedimentos, treinamento e auditorias;
- Condições de operação e manutenção inadequadas: estas falhas são bem comum na indústria de processo e é causa de uma significativa parcela das falhas de equipamentos. Exemplos: partida de equipamento, parada de um equipamento, manutenção inadequada, erros de operação.

#### 1.2.2- Tipos Básicos de Monitoração

Apesar do número elevado de técnicas e da grande quantidade de instrumentos disponíveis, MIRSHAWKA (1991) pode-se define 4 tipos básicos de monitoração:

- Monitoração visual - Onde cada componente do equipamento é inspecionado visualmente, com ou sem auxílio de equipamento de ampliação, registro fotográfico, etc. para se determinar sua condição de funcionamento;
- Verificação de desempenho - Em que a condição do equipamento ou de um componente é avaliada, medindo-se até que ponto ela vem cumprindo a contento as funções para as quais foi projetado. No caso dos componentes, o seu desempenho é muitas vezes avaliado através de medição de temperatura;
- Monitoração de vibrações - Onde o comportamento das partes rotativas de um equipamento é avaliado pela natureza das vibrações (e ruídos) por ele gerados;
- Monitoração dos perfis de desgaste (ferrografia) - Em que o estado de cada componente crítico é avaliado pelo desgaste medido nas superfícies submetidas à carga e a movimentos relativos, geralmente através da análise dos resíduos no óleo lubrificante.

De um modo geral pode-se afirmar que com a aplicação de um programa de monitoração adequado pode-se obter, a médio e longo prazo, reduções nos prejuízos causados por paradas indesejadas de produção e nos custos com manutenção. Nos sistemas produtivos onde há maiores riscos quanto à segurança dos funcionários, a monitoração das condições de funcionamento dos equipamentos é particularmente importante, pois eleva o grau de confiabilidade de uso dos equipamentos, diminuindo o índice de acidentes.

Quanto ao grau de sofisticação e a extensão com que os sistemas de monitoração podem ser implantados, MIRSHAWKA (1991) destaca três casos distintos:

- **Monitoração completa:** situação ideal, monitoração completa de todo o sistema, com medições freqüentes de um grande número de variáveis, tais como pressão, vazão, temperatura, vibração, RPM, etc. Esses dados são corrigidos, analisados e avaliados contra valores pré-estabelecidos, acionando automaticamente os diversos níveis de alarme que dão início às atividades preventivas e corretivas. Evidentemente o custo deste sistema é bastante elevado, exigindo mão-de-obra altamente qualificada para ser eficiente. Somente sistemas produtivos muito grandes e sofisticados, com produtos de alto valor ou risco podem arcar com tais investimentos;
- **Monitoração dos equipamentos críticos:** somente alguns equipamentos considerados vitais para o funcionamento de todo o complexo são cuidadosamente monitorados de forma que sua condição de funcionamento possa ser determinada a qualquer instante. Nesses equipamentos, geralmente insubstituíveis e onde os reparos são particularmente caros e demorados, são instalados uma série de sensores e alarmes que permitem a detecção de falhas potenciais com tempo suficiente para a tomada de medidas corretivas. Através desses mesmos sensores as variáveis monitoradas podem ser registradas em meio magnético, para uma análise periódica mais detalhada ou para determinação das origens de eventuais problemas encontrados. Esses instrumentos têm custo ainda bastante elevado e sua operação requer pessoal especializado. Eles podem ser mantidos pela própria empresa ou contratados externamente, dependendo dos objetivos a serem atingidos e dos recursos disponíveis. Este caso se aplica a grande maioria das indústrias de processo e é nele que melhor se aplica o sistema de prevenção e controle de falhas em equipamentos;
- **Monitoração dos elementos críticos:** o programa de monitoração pode ser concentrado somente em alguns elementos críticos, escolhidos com base nos históricos de falhas anteriores e monitorados de forma específica. As medições são periódicas, normalmente usando equipamentos portáteis. Os instrumentos necessários para aplicação deste sistema não são muito caros e podem ser operados por técnicos devidamente treinados.

### I.2.3- Parâmetros de Monitoração

Segundo CUNHA (2000), MIRSHAWKA (2000), NEPOMUCENO (1989a e 1989b) e SANTOS (1997), os parâmetros de monitoração na manutenção preditiva, de acordo com o tipo de equipamento, são os seguintes:

- a) Ensaio em equipamentos elétricos:

1) Medição de resistência de isolamento, aterramento e da resistividade do solo: permite detectar, diagnosticar e evitar falhas; utiliza-se um megôhmetro. Utilizado em disjuntores, transformadores, chaves seccionadoras, pára-raios, reatores e banco de capacitores;

2) Medição do fator de potência de isolamento: permite detectar falhas ocasionais na isolamento, por métodos não destrutivos, antes que ocorram falhas mais sérias, prevenindo assim a interrupção de serviços e permitindo o condicionamento da isolamento. A interpretação dos resultados envolve o uso de padrões baseados em testes correlatos para isolamento normal e abaixo do normal para os diversos equipamentos. Nos ensaios utiliza-se o instrumento Doble;

3) Medição da relação de transformação: permite medir, com grande precisão, a relação de transformação menor que 130, sendo que com este ensaio podemos detectar espiras em curto (diminuição da relação de transformação) ou abertas e inclusive determinar a polaridade das mesmas. Equipamento utilizado é o medidor de relação de transformação (TTR);

4) Medição de resistência de enrolamentos de transformadores ou condutores com baixa resistência ôhmica: permite medir as resistências de enrolamentos;

5) Termográfica ou termovisão: permite detectar sobreaquecimento em qualquer equipamento, sendo que, em subestações, é principalmente aplicado para contatos e conexões. Equipamento utilizado é o termovisor, capaz de detectar as radiações infravermelho resultantes do aquecimento acima da temperatura ambiente;

6) Ensaio para controle da qualidade do óleo isolante são:

- Cromatografia de gases: determina os tipos e quantidades dos gases dissolvidos no óleo isolante de transformadores para análise posterior dos resultados, verifica se há alguma falha no equipamento;
- Índice de neutralização: permite detectar a contaminação por substâncias (ácidos) com as quais o óleo tenha estado em contato e a tendência para a deterioração ou alteração química do óleo ou dos aditivos;
- Determinação da presença de água: permite reduzir as perdas dielétricas e assegurar uma elevada rigidez dielétrica. É necessário que o óleo contenha o mínimo teor de água possível, sendo que esta pode estar presente no óleo, em suspensão ou dissolvida;
- Determinação da cor: a cor de um óleo isolante é determinada por meio de luz transmitida e é expressa em valores numéricos baseados na comparação com uma série de padrões de cor. Alterações de cor indicam contaminação do óleo.

- Determinação do ponto de fulgor: o ponto de fulgor de um óleo é a temperatura que o mesmo deve atingir para liberar suficiente quantidade de vapor de modo a formar uma mistura inflamável com o ar, nas condições de teste.

b) Ensaios em equipamentos mecânicos:

1) Análise de Vibrações: permite determinar o estado do equipamento através de medições periódicas das vibrações na carcaça e dos movimentos de orbitação do rotor, em suas diversas condições de funcionamento. Pode-se, através do acompanhamento do comportamento dinâmico do equipamento ao longo de sua vida útil, detectar falhas potenciais, tais como; desbalanceamento do rotor, desalinhamento e instabilidade dos mancais, folgas, roçamento entre partes móveis e fixas, etc;

O acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se um dos mais importantes métodos de predição em vários tipos de indústria. A maior ênfase de acompanhamento da vibração está concentrada nos equipamentos rotativos, para os quais tanto a metodologia da análise quanto os instrumentos e aparelhos, além de softwares de apoio e sistemas especialistas, se encontram num estágio bastante avançado.

Vibrações estão presentes em qualquer sistema à medida que este responde a uma excitação. Isso é válido para um eixo de compressor centrífugo, a asa de um avião em vôo, as molas de um vagão de trem, ou ainda uma estrutura sujeita à ação do vento.

Os parâmetros de vibração relacionados com máquinas rotativas são usualmente expressos em termos de deslocamento, velocidade e aceleração. Todas as três representam “o quanto” o equipamento está vibrando. A frequência é a outra variável de importância na análise de vibração, que ajuda a identificar a origem da vibração, ou seja, “o que” está causando a vibração. Finalmente, a fase indica “onde o ponto pesado se encontra em relação ao sensor de vibração”.

2) Temperatura: a temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento de sua variação permite constatar alteração na condição de equipamentos, componentes e do próprio processo. Alguns exemplos clássicos onde o acompanhamento de temperatura é primordial estão listados a seguir:

- Temperatura de mancais em máquinas rotativas.
- A elevação de temperatura nos mancais pode ser resultado de desgaste ou problema relacionados com a lubrificação.
- Temperatura da superfície de equipamentos estacionários.
- A elevação de temperatura pode iniciar danos no isolamento, como queda de refratário.



5) Medição de espessura: em muitas situações a espessura do material define a condição de um componente ou do próprio equipamento. Exemplo típico é a espessura de chapa de um vaso de pressão, a espessura da parede de uma carcaça de bomba e a espessura de parede de tubulações. Esses exemplos, encontrados na maioria das indústrias, apresentam requisitos diferentes para medição e acompanhamento da espessura. Enquanto a medição de espessura pode ser feita por instrumentos mais elementares, além dos instrumentos convencionais como paquímetros e micrômetros para peças usinadas, o maior desafio e interesse estão na medição da espessura de parede em equipamentos de grande porte ou cujo acesso é impossível para instrumentos convencionais. O uso de ultra-som permite que a medição seja feita a partir de um só lado.

6) Detecção de defeitos em materiais metálicos: as trincas e outras descontinuidades no material devem ser objeto de rigorosa investigação, primeiro para verificar se existem. Em segundo lugar para, analisando-as, definir quanto à integridade ou não do material e sua conformidade ou não para a utilização pretendida. Existem vários processos para se fazer essa detecção, podendo ser específicos para detecção de defeitos internos no material, ou defeitos superficiais, entre os quais destaca-se:

- Ultra-som
- Líquido penetrante
- Partículas magnéticas
- Corrente parasita

7) Análise de óleo: a análise da condição lubrificante vem sendo, há muito tempo, um dos métodos de monitoração mais utilizados. As duas técnicas mais difundidas são a análise do óleo lubrificante em laboratório para verificação das suas características principais e a técnica de análise das partículas contidas no óleo, oriundas de desgaste. Evidentemente, nos dois métodos estão incluídos os contaminantes que, dependendo das características e da qualidade, determinam a condenação do lubrificante, as técnicas mais usuais são:

- Análise tradicional - implica a retirada de amostras, a intervalos regulares, de modo que o acompanhamento das características do lubrificante possa ser feito ao longo do tempo. Se o lubrificante mantém suas características pode continuar em uso e a condição de lubrificação adequada está garantida, sob esse aspecto.
- Ferrografia - essa técnica foi desenvolvida nos Estados Unidos para a aviação militar estando hoje bastante difundida no mundo inteiro. A ferrografia é um processo utilizado para avaliar as condições de desgaste das máquinas, tomando por base a análise de partículas presentes no óleo lubrificante. A ferrografia, que pode ser feita em óleos ou graxas, identifica,

classifica e quantifica as partículas presentes no lubrificante, oriundas de desgaste, contaminantes e perda das características do lubrificante.

### I.3- Planejamento e Controle da Manutenção

O sistema de manutenção de uma organização é parte integrante do esforço de produção de um sistema produtivo e seu planejamento deve ser executado em consonância com as políticas organizacionais. Assim, a manutenção é considerada uma função estratégica para a empresa demandando atualmente estudos de modelos de gestão que integre junto à manutenção as áreas de planejamento e obras atualmente se caracterizam como um conjunto dos grupos das manutenções corretiva, preventiva e preditiva constituem a chamada função manutenção.

De acordo com PINTO E XAVIER (2001), nos últimos 20 anos, a atividade de manutenção tem passado por mais mudanças do que qualquer outra atividade, gerando novos enfoques sobre sua organização e suas responsabilidades. Estas alterações são conseqüências de: aumento, bastante rápido, do número e diversidade dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que têm de ser mantidos; projetos muito mais complexos; novas técnicas de manutenção.

Em pesquisa realizada pela empresa *Profitability Engineers*, empresa de consultoria especializada em qualidade e produtividade, em 404 empresas de diversos países, no ano de 2005, os resultados demonstraram que os custos totais com manutenção equivalem a aproximadamente 4,1% do faturamento bruto das empresas, sendo que no setor de transportes o percentual sobe a até 12,7%. (ABRAMAN, 2005).

A manutenção precisa estar voltada para os resultados operacionais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função dos equipamentos disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

Para PINTO e XAVIER, (2001, p.9) a gestão estratégica da manutenção é fator importante para que a empresa atinja sua visão de futuro.

“... a importância de pensar e agir estrategicamente, para que a atividade de manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo contribuindo, efetivamente, para que a empresa caminhe rumo à Excelência Empresarial”.

Ainda citando PINTO e XAVIER (2001) “. a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo”.

Este ponto é importante para o desenvolvimento de uma política de manutenção e também subsidiará a gestão da manutenção na prática de ações proativas tanto na manutenção de equipamentos quanto na manutenção das instalações. Ações proativas de manutenção podem constituir-se em estratégias institucionais quando a manutenção é considerada parte integrante para desenvolvimento das atividades da organização, principalmente em empresas com grau de dependência muito forte de equipamentos e edificações para a geração de resultados no cumprimento de sua missão e para atingir sua visão de futuro.

O papel da manutenção deve estar em sintonia com o plano estratégico da organização, para que haja uma perfeita interação entre os esforços e recursos utilizados pela manutenção e às diretrizes institucionais. Entretanto:

“... a importância da função manutenção e a opção consciente de seu modelo nem sempre são claras e levadas em consideração na análise das estratégias das organizações – e quando o são, acabam sendo descartadas por uma análise incorreta dos custos envolvidos. O fator custo da manutenção, quando analisado isoladamente, acaba inibindo as empresas a considerar em sua estratégia essa manutenção, relegando-a a uma posição secundária ou, mesmo, a s



No que se refere à atividade da manutenção, existe a necessidade de se monitorar o processo, posteriormente à definição dos objetivos a alcançar, através da observação e comparação, ao longo do tempo, de parâmetros ou indicadores, que definam claramente o grau de qualidade do desempenho.

Ainda neste sentido, os indicadores devem ser utilizados para fornecer ao gestor de manutenção informações que possibilitem a melhoria do processo produtivo, o atendimento às perspectivas dos clientes e a descentralização de informações. (TAKASHIMA E FLORES,1996).

### I.3.1- Indicadores de Manutenção

O Planejamento e Controle da Manutenção é a função administrativa que consiste em planejar, medir e corrigir o desempenho para assegurar que os objetivos da manutenção sejam atingidos. A tarefa do controle é verificar se tudo está sendo feito de conformidade com o que foi planejado e organizado, de acordo com as ordens dadas, para identificar os erros ou desvios, a fim de corrigi-los e evitar sua repetição. O controle tem dois objetivos:

- a) Correção das falhas ou erros. O controle serve para detectar falhas ou erros, seja no planejamento, na organização ou na direção e apontar as medidas corretivas.
- b) Prevenção de novas falhas ou erros. Ao corrigir falhas ou erros, o controle aponta meios de evitá-los no futuro.

O controle é importante na medida em que assegura que aquilo que foi planejado, organizado e dirigido realmente cumpriu os objetivos pretendidos. É um certificado de que as coisas foram executadas de acordo com os planos, com os esquemas e com as ordens transmitidas. O controle é um processo cíclico e repetitivo, e geralmente composto de quatro etapas:

- a) Estabelecimento de padrões: a primeira etapa é a fixação dos padrões a serem obedecidos. Um padrão é um resultado desejado, uma norma para se estabelecer o que deverá fazer, e que servirá de marco para comparar o desempenho futuro. Geralmente o estabelecimento de padrões é realizado no planejamento, isto é, no início do processo administrativo, já como uma forma de estabelecer critérios para avaliar os futuros resultados do trabalho;
- b) Avaliação de desempenho: a segunda etapa do controle consiste em se avaliar ou mensurar o que está sendo feito;

c) Comparação do desempenho com o padrão estabelecido: é a terceira etapa do controle. Consiste em comparar o que está sendo feito com o padrão estabelecido para verificar se há diferença, variação, erro ou falha.

d) Ação corretiva: é a última etapa do controle. Consiste na correção da variação, do erro ou da falha. Se o desempenho foi de acordo com o padrão, não há ação corretiva a aplicar. O objetivo do controle é indicar quando, quanto, onde, e corrigir.

Os índices de desempenho devem ser o instrumento efetivo para o acompanhamento do processo de melhoria desenvolvido na área. Portanto, é necessário que, na seleção dos indicadores, ter em mente o conceito moderno da atividade de manutenção, vinculando-o especialmente aos seus objetivos, ou seja, àquilo que dela se espera.

Conforme TAKASHIMA e FLORES (1996), os indicadores devem ser trabalhados de forma a evitar ações, interpretações ou conotações que não levem ao aumento da produtividade, ou seja, devem evitar ser usados:

- Apenas para monitoração;
- Para descobrir erros;
- Sem associação com a estratégia global da empresa;
- Apenas cortar custos em vez de melhorar a produtividade e a qualidade; e,
- Sem enfoque na satisfação das pessoas.

De acordo com TAVARES (1999, p.82), existem quatro indicadores, chamados de “Índices Classe Mundial”, por serem utilizados com a mesma denominação em todos os países, para acompanhamento do desempenho da manutenção focados na gestão dos equipamentos:

a) Tempo Médio Entre Falhas - TMEF (*MTBF - Mean Time Between Failures*) - Relação entre o produto do número de itens por seus tempos de operação e o número total de falhas detectadas nesses itens, no período observado. Esse índice deve ser usado para itens que são reparados após a ocorrência de uma falha. A medida é exatamente o tempo que transcorre entre uma falha e outra.

$$\text{TMEF ou } MTBF = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Itens} \times \text{Tempo de Operação}}{\Sigma \text{ Falhas}}$$

a) Tempo Médio Para Reparo - TMPR (*MTTR - Mean Time To Repair*) - Relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falha e o número total de falhas detectadas nesse itens, no período observado. Esse índice deve ser usado para itens para os quais o tempo de reparo ou substituição é significativo em relação ao tempo de operação. Importante indicador da Manutenibilidade de um equipamento. Mede o tempo médio para recuperação do equipamento.

$$\text{TMPR ou } MTTR = \frac{\Sigma \text{ Tempos de Manutenção Corretiva}}{\Sigma \text{ Falhas}}$$

c) Tempo Médio Para Falha - TMPF (*MTTF - Mean Time To Failure*) - Relação entre o tempo total de operação de um conjunto de itens não reparáveis e o número total de falhas detectadas nesses itens, no período observado. Esse índice deve ser usado para itens que são substituídos após a ocorrência de uma falha. Por isso, é importante conhecer o tempo que transcorre até a sua primeira e última falhas.

$$\text{TMPF ou } MTTF = \frac{\Sigma \text{ Tempos de Operação}}{\Sigma \text{ Falhas}}$$

d) Disponibilidade - Relação entre a diferença do número de horas do período considerado (horas calendário) com o número de horas de intervenção pelo pessoal manutenção (manutenção preventiva por tempo ou por estado, manutenção corretiva e outros serviços) para cada item observado e o número total de horas do período considerado. É a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total. A Disponibilidade é função da Confiabilidade e da Manutenibilidade. Indica a velocidade de ocorrência de falhas. Quando a taxa de falhas do equipamento se mantém constante, pode-se definir a taxa de falhas como o inverso do *MTBF*. Outra expressão muito comum para representação da Disponibilidade de equipamentos submetidos exclusivamente a reparo de falha é obtida pela relação entre o Tempo Médio Entre Falha (TMEF) e sua soma com o Tempo Médio Para Reparo e os Tempos Ineficientes da Manutenção (tempos de preparação para desligamento e religamento e tempos de espera).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Total} - \text{Tempo de Manutenção}}{\text{Tempo Total}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \times 100$$

Ainda de acordo com TAVARES (1999, p.82), existem mais dois “Índices Classe Mundial”, voltados para levantamento de custos de manutenção:

e) Custo de Manutenção por Faturamento - Relação entre o custo total de manutenção e o faturamento da empresa no período considerado. Este índice é de fácil cálculo uma vez que seus valores são normalmente processados pelo órgão de contabilidade da empresa.

$$\text{CMFT} = \frac{\text{Custo de Manutenção}}{\text{Faturamento no Período}} \times 100$$

f) Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição - Relação entre o custo total acumulado na manutenção de um determinado equipamento e o valor de compra desse equipamento novo (valor de reposição). Este índice deve ser calculado para aqueles itens que são considerados os mais importantes para a empresa, como por exemplo que afetam o faturamento, a qualidade dos produtos ou serviços, a segurança ou o meio ambiente.

$$\text{CMRP} = \frac{\text{Custo Total da Manutenção do Item}}{\text{Valor de Compra do Item (novo)}} \times 100$$

Na Figura I.2 está representada uma comparação gráfica entre os principais indicadores de manutenção:

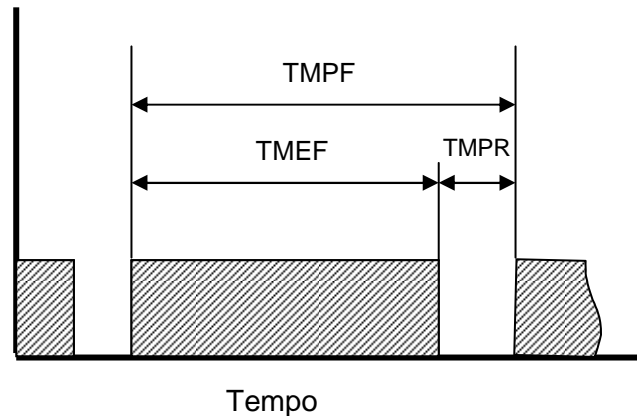


Figura I.2 - Representação gráfica dos índices TMPF, TMEF e TMPR. (TAVARES, 1999).

Quanto à escolha dos indicadores de desempenho mais adequados, PINTO, FLORES FILHO e SEIXAS (2002, p.48) citam alguns pontos básicos a serem considerados na sua seleção:

- Desenvolver indicadores que tenham influência sobre o desempenho da empresa.
- Desenvolver indicadores num quadro organizacional amplo (manutenção, operação, material, qualidade, produtividade, logístico, segurança e meio ambiente).
- Desenvolver correlações entre os indicadores.
- Desenvolver métodos para identificação das variações dos indicadores) que conduzem a altos custos e perdas (segurança e ambientais).
- Desenvolver normas e/ou procedimentos para melhoramento contínuo do desempenho e objetivos globais da manutenção.
- Melhorar as bases de diálogo entre engenheiros (manutenção) e o setor contábil da empresa, além das áreas de produção, engenharia, vendas, etc. O objetivo principal é a determinação de todos os custos inerentes à manutenção.
- Desenvolver meios para checar a conformidade entre indicadores de desempenho global e indicadores de desempenho de áreas específicas.

Existem ainda outros tipos de indicadores de manutenção, aplicáveis a setores produtivos específicos, e que refletem melhor o desempenho da manutenção. Na Tabela I.3 são citados alguns deles, registrados pela pesquisa da ABRAMAN em 2005..

Tabela I.3 - Indicadores de desempenho utilizados na manutenção. (ABRAMAN, 2005).

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (% das empresas pesquisadas)						
<b>Tipos</b>	<b>1995</b>	<b>1997</b>	<b>1999</b>	<b>2001</b>	<b>2003</b>	<b>2005</b>
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11
Disponibilidade operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92
Não utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72
TMEF (MTBF)	-	-	-	-	11,89	11,69
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48

### I.3.2- Custos de Manutenção

Sob o aspecto de custos, a manutenção corretiva, ao longo do tempo, se apresenta com a configuração de uma curva ascendente, devido à redução da vida útil dos equipamentos e conseqüente depreciação do ativo, perda de produção ou qualidade dos serviços, aumento de aquisição de sobressalentes, aumento do estoque de matéria prima improdutiva, pagamento de horas extras do pessoal de execução da manutenção, ocorrência de ociosidade de mão-de-obra operativa, perda de mercado e aumento de riscos de acidentes. A implantação do planejamento e controle, visando a prevenção ou predição da quebra, apresenta uma configuração de custos invertida, com taxa negativa anual da ordem de 20%. (TAVARES, 1999).

Segundo MONCHY (1989), o termo manutenção engloba os conceitos de prevenção (manter) e correção (restabelecer). Sendo assim, o estado específico ou serviço determinado implica na predeterminação do objetivo esperado, com quantificação dos níveis característicos. Ressalta ainda a lacuna deixada por grande parte das definições de manutenção, que não fazem referência ao aspecto econômico envolvido na realização de uma manutenção eficiente, que deveria assegurar que suas atividades conduzissem a um custo global otimizado.

PINTO E XAVIER (2001, p.58) citam os seguintes componentes dos custos diretos na manutenção, que são aqueles necessários para manter o equipamento em funcionamento:

a) Custos de mão-de-obra direta - número de horas alocadas no serviço x salário médio

mensal, incluindo encargos sociais;

b) Custo de materiais:

- Custo de sobressalentes - custo da peça aplicada que pode ser dado pela nota fiscal, se a compra for para aplicação imediata, ou pelo valor corrigido, se a peça for retirada do estoque e já tenha sido comprada a mais tempo;
- Custo de materiais de consumo - óleo, graxa, produtos químicos, lixa e similares. Em algumas empresas esses custos são considerados como indiretos e rateados por todos os equipamentos que tiveram manutenção num determinado período, não esquecendo da correção do seu custo.

c) Custo de serviços de terceiros:

- Serviços executados externamente - são aqueles relativos a serviços executados por terceiros, como balanceamento, aplicação de revestimentos metálicos, usinagens especiais, testes específicos, etc. O custo é dado pelo valor da nota fiscal, que inclui impostos e taxas.
- Serviços executados internamente - feitos dentro da própria instalação. Podem ser divididos em:
  - Atividade-fim: é a atividade vocação, a razão de existir da empresa, como por exemplo a operação.
  - Atividades-meio: ligadas intimamente à atividade-fim, como por exemplo a manutenção.
  - Atividades acessórias: são as atividades de apoio e não estão intimamente ligadas à atividade-fim, como limpeza, vigilância, transporte, etc.

Também relacionam os custos indiretos e os custos de perda de produção:

a) Custos indiretos: são aqueles relacionados à estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises e estudos de melhoria, engenharia de manutenção e supervisão, aquisição de equipamentos, ferramentas e instrumentos, caracterizados para fins de acompanhamento. Ainda fazem parte os custos de amortização, depreciação, iluminação, energia elétrica e outras utilidades.

b) Custos de perda de produção: são os custos causados pela falha do equipamento, sem que haja um equipamento reserva disponível para a continuidade da produção.

ALMEIDA (1999b) afirma que, dependendo do tipo de indústria, os custos de manutenção podem variar de 15 a 30% do custo dos bens produzidos. Cita ainda que um terço

de todos os custos de manutenção é desperdiçado em manutenção desnecessária ou mau realizada. Considerando-se que a indústria americana gasta anualmente mais de 200 bilhões de dólares com serviços de manutenção de equipamentos e instalações, verifica-se oportuno um estudo sobre a eficácia e a eficiência da manutenção.

XAVIER (1998, p.7) cita muitos problemas na equalização dos custos de manutenção:

“É muito comum encontrar uma aplicação maior do que a necessária nos recursos na manutenção. Serviços desnecessários consomem boa parte desses recursos e entre esses podemos citar: excesso de manutenção preventiva, problemas de qualidade de mão de obra que geram repetição de serviços e maior tempo na execução dos serviços, problemas tecnológicos e problemas crônicos, dentre outros.”

O mesmo autor faz uma comparação entre os custos anuais dos tipos básicos de manutenção em indústrias americanas na Tabela I.4:

Tabela I.4 - Custos de manutenção baseada na potência instalada - EUA. (XAVIER, 1998, p.6).

Tipo de manutenção	Custo US\$/HP/ano
Corretiva não planejada	17,00 a 18,00
Preventiva	11,00 a 13,00
Preditiva	7,00 a 9,00

#### I.4- A Introdução de Inovações Tecnológicas

O impacto de uma inovação tecnológica depende da habilidade de relacionar a inovação com categorias específicas de necessidades humanas. No transporte ferroviário de carga pode-se identificar grandes saltos tecnológicos. O material rodante, por exemplo, principalmente na evolução das locomotivas movida a vapor, a diesel e por energia elétrica, ou seja, o tipo de energia geradora utilizada para o movimentar as locomotivas foi caracterizada por sucessivas inovações de ruptura, como mostrado na Figura I.3

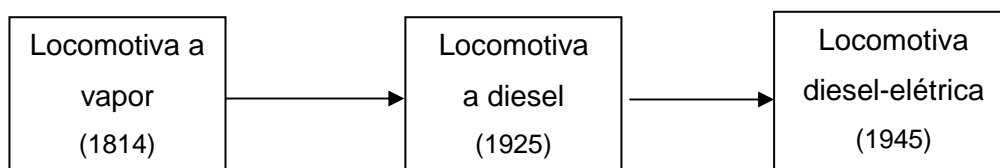


Figura I.3 - Evolução tecnológica das locomotivas.



De forma ampla, deve ser considerado inovações na empresa não somente as inovações com base tecnológica, mas também a de qualquer outro tipo (MONTAÑA, 2001). A inovação é toda forma nova de fazer as coisas dentro da empresa que possa ser comercializada. Assim, as inovações em marketing, distribuição, processos administrativos bem como às organizacionais são meios para obtenção de vantagens competitivas necessárias às constantes mudanças no mundo empresarial globalizado.

#### I.4.1- Abordagens de Inovação

Uma analogia entre as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e o grau da inovação foi proposta por SAAD, BOHLIN e VAN OENE (1992) apud LOILIER e TELLIER (1999). Os trabalhos de P&D podem ser inscritos dentro de um objetivo de pesquisas incrementais, visando neste caso, a realização de uma sucessão de pequenos progressos tecnológicos fundamentados sobre os conhecimentos existentes relativo às tecnologias largamente difundidas e que permitem nitidamente a redução de custos de produção. Ao contrário, a vocação da P&D radical refere-se a obtenção de um resultado prático a partir de uma base de conhecimentos científicos e técnicos existentes, porém insuficientes. A P&D fundamental, então, baseia-se em uma exploração científica e tecnológica do desconhecido. Ela visa o aprofundamento da pesquisa e do controle das tecnologias nascentes e a preparação da exploração comercial futura destas tecnologias.

Inovação significa “ato ou efeito de inovar; coisa introduzida de novo; renovação”. A inovação na empresa consiste na utilização de novos conhecimentos para oferecer os produtos ou serviços novos que sejam desejados pelos consumidores (GÜELL, 2001).

Duas distinções essenciais referentes ao conceito de inovação podem ser feitas (LOILIER e TELLIER, 1999): a distinção produto/processo fundamentada sobre a natureza da inovação e à distinção radical/incremental baseada sobre a intensidade da mudança introduzida pela inovação. Uma distinção diferente do conceito de inovação é feita por MONTAÑA (2001), para este autor, as inovações podem ser diferenciadas em radicais, incrementais e arquitetônicas. A inovação arquitetônica é caracterizada pelas novas configurações do sistema de componentes que constituem o produto e o processo, como por exemplo, o efeito da miniaturização dos componentes eletrônicos.

A inovação de produto consiste em oferecer um produto (ou um serviço) apresentando pelo menos uma novidade com relação aos existentes oferecidos e que seja percebido como tal pelo mercado visado. A inovação de processo consiste em uma transformação de processos colocados em prática para conceber, realizar e distribuir os produtos e serviços (TARONDEAU, 1994 apud LOILIER e TELLIER, 1999). Cabe ressaltar que o impacto deste tipo de inovação para a empresa, seu universo de concorrência e seu setor industrial, podem ser tão importantes quanto às inovações de produto mais espetaculares. No transporte

ferroviário podemos citar como inovação de produto a introdução da locomotiva a vapor em substituição a tração animal e como inovação de processo no transporte de carga, a mecanização nos terminais portuários para a descarga dos vagões, feita por viradores de vagões.

Um outro lado de interesse da inovação para LOILIER e TELLIER (1999) é distinguir as inovações significativas, que possuem um impacto considerável sobre o mercado e a concorrência, de simples melhoramentos. A distinção entre os graus de inovação repousa sobre a intensidade tecnológica da mudança introduzida. Fala-se então, da inovação de ruptura (ou radical) em oposição à inovação progressiva (ou incremental).

A inovação radical consiste em utilizar os conhecimentos e o *know-how* novos para aumentar às performances da oferta. A oferta da inovação consiste neste caso sobre o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias. Como ela implica freqüentemente em profundas mutações sociais e de concorrência, ela é também qualificada de inovação de ruptura. A inovação incremental, ou relativa, consiste em uma melhora progressiva das performances (prestações, custos) de oferta existente e não exige *know-how* novo. Ela representa, preferencialmente, uma seqüência de atos de aprendizagem e de direção para uma tecnologia existente. Este tipo de inovação é freqüente. Se seu impacto técnico às vezes é modesto, ele é, ao contrário, de forte interesse financeiro uma vez que seus riscos menores em relação à introdução de uma nova tecnologia. As principais incertezas que rodeiam a inovação radical, segundo MONTAÑA (2001), podem ser divididas em cinco dimensões:

- As inovações tecnológicas aparecem, muitas vezes, em uma forma primitiva e com propriedades e características cuja utilidade é difícil de determinar imediatamente bem como as suas novas formas de aplicação;
- O impacto das inovações tecnológicas depende de melhoras tecnológicas complementares;
- As grandes inovações tecnológicas constituem a princípio novos sistemas tecnológicos, mas inicialmente é difícil saber quais as possíveis aplicações destes sistemas;
- As grandes inovações tecnológicas têm suas origens na resolução de problemas muito específicos e é difícil visualizar utilizações imprevistas.

Na concepção de MONTAÑA (2001), há distintos estágios na pesquisa: pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenho e desenvolvimento. A pesquisa básica trata da criação de um novo conhecimento; a pesquisa aplicada se dirige a resolução de determinados problemas técnicos. O desenho e o desenvolvimento consistem na formalização de produtos e processos concretos. Assim as tecnologias são o resultado de atividades de desenvolvimento para dar aplicação prática às invenções e descobertas. As inovações técnicas ou tecnológicas se

referem a produtos, serviços ou processos de produção novos ou melhorados. As inovações administrativas referem-se a mudanças na organização ou nos circuitos administrativos que podem ou não afetar as tecnologias ainda que visem o mesmo propósito, ou seja, introduzir produtos ou serviços novos ou melhorados. Em qualquer caso, o critério para avaliar uma inovação é sempre de caráter econômico.

No interior de uma organização, a inovação pode redefinir os hábitos de trabalho, necessitar de novas competências e mesmo, às vezes, redistribuir os poderes. Assim, em todos os níveis hierárquicos, é freqüente observar atitudes de resistência às mudanças. Esta rigidez organizacional pode paralisar a colocação em prática de mudanças conduzindo a empresa a privilegiar as inovações incrementais ao invés de gastar com rupturas engendradas pela inovação destrutiva. No entanto, as mudanças que têm êxito fazem a empresa se adaptar melhor ao meio que a cerca tornando-a mais eficiente (MONTAÑA, 2001).

#### I.4.2- O Ciclo de Vida das Tecnologias

Uma tecnologia é um conjunto complexo de conhecimentos científicos e tecnológicos, de *know-how* e dos processos onde o domínio permite a concepção de produtos e seus processos industriais. O ciclo de vida das tecnologias, segundo LOILIER e TELLIER (1999), permite compreender sua dinâmica intrínseca e as escolhas oferecidas às empresas entre continuidade ou ruptura, conforme apresentado na Figura I.4.

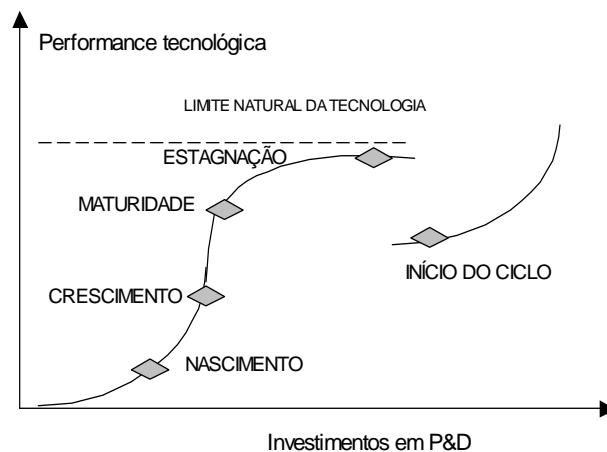


Figura I.4 - Ciclo de vida de uma tecnologia e inovação. (LOILIER e TELLIER, 1999).

Assim, as tecnologias como os seres vivos seguem ciclos de vida passando por fases de nascimento, crescimento, maturidade e envelhecimento (estagnação), descritas a seguir:

- Nascimento: Corresponde a emergência da tecnologia em questão. É geralmente caracterizada por numerosas tentativas-erros da par

eficácia limitada dos resultados obtidos. As performances futuras e as eventuais potenciais aplicações da tecnologia em desenvolvimento são desconhecidas. Esta fase experimental, onde a natureza do trabalho de P&D é essencialmente científica, é caracterizada por um forte grau de incerteza.

- **Crescimento:** A exploração da tecnologia começa a se traduzir por novos produtos comercializados. Às aplicações potenciais são doravante melhores conhecidas e o trabalho efetuado no seio da P&D concerne, de mais em mais, na colocação do ponto de aplicação da tecnologia e na engenharia. Nesta fase, a tecnologia pode representar uma importante fonte de vantagem de concorrência visto que somente alguns atores a dominam.
- **Maturidade:** A tecnologia será progressivamente adotada pelo conjunto de atores do setor e se tornará uma tecnologia de base necessária à atividade. Na fase de maturidade, a eficácia marginal dos investimentos começa a decrescer.
- **Estagnação:** Os progressos são cada vez mais raros e cada vez mais onerosos. A performance é próxima do máximo teórico, a tecnologia atinge seus limites. Esta última fase da avaliação da tecnologia é principalmente aquela onde se coloca o problema da inovação: deve-se mobilizar esforços para tentar mudar de novo o limite da tecnologia considerada ou criar uma ruptura e buscar uma nova maneira de preencher a função? A estagnação de uma tecnologia não significa o seu desaparecimento, ela pode continuar sendo explorada maciçamente ou ser substituída de modo a iniciar um novo ciclo de vida de uma tecnologia nascente.

A noção de ciclo de vida das tecnologias permite às empresas tomar duas direções: privilegiar a continuidade dentro da atividade inovadora (utilização metódica) ou procurar a ruptura desenvolvendo novas competências (exploração). Uma organização especializada dentro da utilização metódica faz melhoramentos constantes em uma tecnologia cada vez mais obsoleta, enquanto que a empresa exploradora se focalizará sobre sucessivas tecnologias emergentes (LOILIER e TELLIER, 1999). Se a empresa escolhe privilegiar uma estratégia de exploração, ela vai aumentar sua capacidade de adaptação ao depender de sua eficiência. Se, ao contrário, ela decide pela utilização metódica das tecnologias amplamente difundidas, ela melhora sua eficiência, mas diminui sua capacidade de adaptação.

Um exemplo de um ciclo de vida de uma tecnologia que ainda não atingiu seu limite é a utilização da energia a vapor. Inicialmente, esta energia foi utilizada para o acionamento de bombas que retiravam a água acumulada nas minas de carvão em 1712. Ainda nessa época,

não se vislumbrava a aplicação desta tecnologia em locomotivas. A energia a vapor só foi empregada em veículos similares a locomotivas 91 anos após o seu primeiro uso. Com o crescimento da exploração da energia a vapor a mesma passou a ser empregada em maquinários atingindo a sua fase de maturidade. Apesar da performance da tecnologia a vapor estar próxima de seu máximo teórico (fase de estagnação), ela continua sendo explorada como fonte de energia até hoje resistindo a uma existência de 292 anos.

Assim, o ciclo de vida das tecnologias é um conceito muito utilizado para analisar a sucessão de inovações, estabelecer as alternativas que se oferece às empresas, revelar as ameaças e oportunidades tecnológicas e compreender a evolução dos sistemas tecnológicos. Porém, segundo LOILIER e TELLIER (1999), sua utilização é delicada por duas razões principais. Para traçar as curvas é necessário identificar os fatores de performance representativos da tecnologia em questão e medir a evolução destas performances no passado (coleta de informações como custo/benefício, campo de aplicação e barreiras à entrada). Depois, é necessário verificar que dentro desta concepção a produção e a comercialização dos produtos da empresa são combinadas múltiplas tecnologias, mais ou menos importantes sobre os custos ou performances, e que estas podem se situar em estágios diferentes de seus ciclos de vida. Desta forma, a utilização do ciclo de vida como ferramenta de gestão da inovação demanda o estabelecimento de um inventário das tecnologias utilizadas.

Uma tendência de sucessão entre as inovações de produto e de processo foi colocada em evidência no modelo de ABERNATHY e UTTERBACK (1978) apud LOILIER e TELLIER (1999). A taxa de inovação dentro da indústria é composta por fases como mostra a Figura I.5:

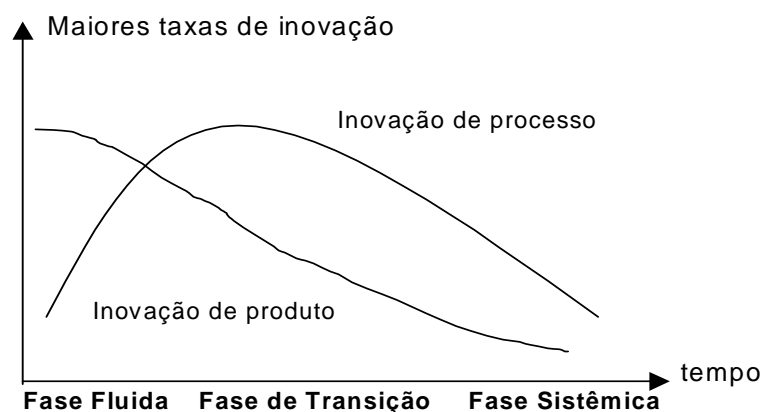


Figura I.5 - Taxa de inovação dentro de uma indústria. (LOILIER e TELLIER, 1999).

Estes autores descrevem o processo de inovação em três fases - fluida, transição e sistemática - nas quais as indústrias desenvolvem suas inovações de produto e processo. Resumidamente, estas fases são assim caracterizadas:

- Fase Fluida: Refere-se ao nascimento da indústria. As necessidades dos consumidores são ainda mal cercadas. À procura de melhores soluções a serem propostas ao mercado, as empresas multiplicam as inovações de produto, sem verdadeiramente melhorar os velhos processos industriais.
- Fase de Transição: As firmas se orientam para a escolha de técnicas comuns e uma configuração de produto vai se impor. As inovações concernentes ao processo de produção irão se multiplicar, visto que os esforços ocasionaram o aumento dos volumes fabricados (custos de produção mais baixos). Há a especialização crescente das ferramentas de produção.
- Fase Sistêmica: A rentabilidade e amortização dos investimentos industriais realizados tornam-se as prioridades. Os custos de mudança de processo de fabricação tornam-se proibitivos e as empresas tendem a se enrijecer e a cessar suas capacidades de inovação.

#### 1.4.3- Modelos de Gestão da Inovação

A partir dos anos 80 do século XX, após numerosos estudos sobre o êxito e fracasso das inovações, as ciências de gestão procurando compreender o processo de criação da novidade dentro da empresa propuseram modelos para o seu desenvolvimento. Assim, dois grandes tipos de modelo foram propostos, o modelo em fase e o modelo interativo (LOILIER e TELLIER, 1999). O primeiro, é um modelo seqüencial que descreve o desenvolvimento do projeto de inovação em etapas sucessivas. O segundo propõe uma visão interativa do processo de inovação.

O modelo em fase, Figura 1.6, é fundamentado sobre os seguintes princípios: o processo de inovação é antes de tudo seqüencial sem, portanto ser considerado como estritamente linear. São admitidas idas e voltas entre as diferentes fases do processo; Cada fase é direcionada por uma função da empresa que, se não é a única a intervir, fica mais preponderante dentro das orientações determinadas pelo projeto; Entre cada fase, a empresa é compelida a tomar decisões do tipo dicotômicas: Em vista dos resultados já obtidos, devemos continuar ou parar o processo?

O modelo integrado considera que todas as atividades ligadas ao desenvolvimento de um produto novo são efetuadas simultaneamente dentro de uma entidade de desenvolvimento única onde se encontra reunida a totalidade das competências necessárias ao acompanhamento do processo de inovação (P&D, produção, industrialização e marketing). As vantagens da estrutura integrada são numerosas tais como: redução da duração do processo de inovação; integração do conjunto dos componentes funcionais da empresa; forte colaboração entre os diferentes atores do processo de comercialização.

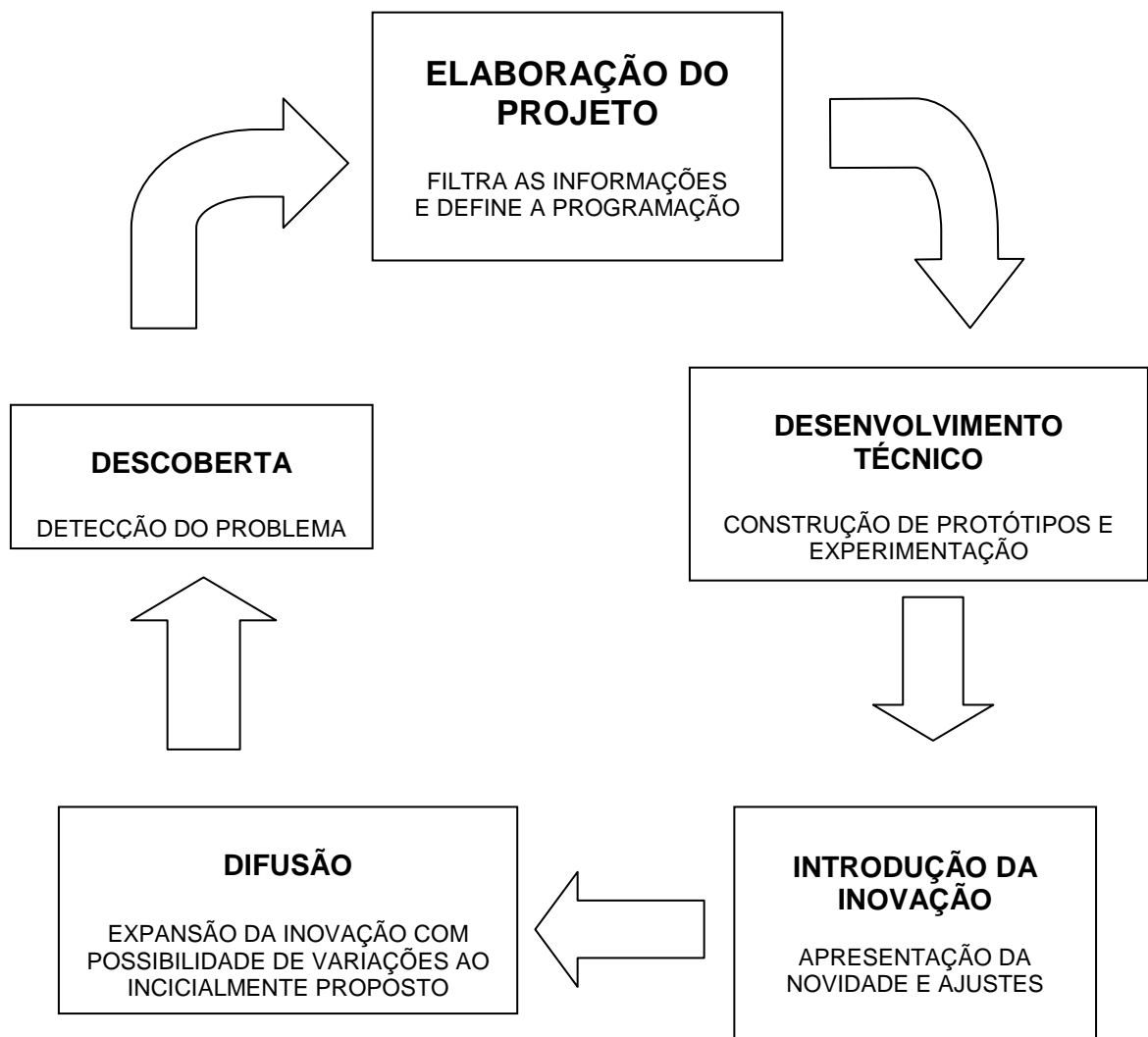


Figura I.6 - A visão seqüencial do processo de inovação (LOILIER e TELLIER, 1999).

No modelo interativo dois tipos de interações são colocados: aquelas que concernem as diferentes funções implicadas no desenvolvimento da inovação - modelo integrado - e aquelas inerentes as empresas inovadoras e seu meio ambiente - modelo sociológico, que se interessa pela interação entre a empresa inovadora e a sociedade. Ele procura compreender o processo pelo qual a empresa deve passar a fim de aceitar a inovação, ao preço, em alguns casos, de revisões profundas. A idéia de partida consiste no fato que a função de P&D não detêm o monopólio da inovação.

As duas visões expostas do processo de inovação, modelo em fase e interativo, são freqüentemente consideradas opostas na literatura. A sociologia da inovação contribuiu para esta oposição rejeitando veementemente o modelo em fase e sua visão linear do processo de inovação. A abordagem sociológica teve muito sucesso nos anos noventa do século passado.

No entanto, estes trabalhos continuam um impasse sobre os fatores importantes que devem ser especulados no processo de inovação, como a natureza da inovação desenvolvida, a função do tempo de desenvolvimento de um projeto e o peso das estruturas de gestão. Em alguns casos, a inovação incremental não é levada em consideração.

Estes modelos inicialmente caracterizados como opostos por diversos autores, segundo LOILIER e TELLIER (1999), são complementares. A Figura I.6 apresenta a visão seqüencial do processo de inovação. (LOILIER e TELLIER, 1999). A inovação se transforma de acordo com os experimentos. Cada novo equilíbrio se torna materializado sob a forma de um protótipo que testa de forma concreta a viabilidade do compromisso imaginado. O primeiro protótipo realizado é raramente suficientemente convincente. Em geral, várias interações são necessárias. A cada volta a inovação se transforma, redefine suas propriedades e seu público. Este turbilhão criativo pode se desenvolver “muito longe” fazendo, por exemplo, nascer novos grupos de atores ou novas ferramentas de produção. Este modelo traz a luz duas características do processo inovador: a condução de um processo técnico necessita uma forte capacidade de compromisso entre os atores responsáveis e não é unicamente o valor intrínseco da inovação que explica sua adoção, mas, sobretudo o trabalho de seus porta-vozes e dos atores sócio-econômicos que se acordam em defendê-la.

FORDI MONTAÑA (2001) é possível construir um modelo que explique o processo de inovação e que permita sua gestão eficiente e efetiva. O modelo é composto de cinco fases que abranja desde a detecção de oportunidades pela constante vigilância do meio ambiente em que se insere a empresa até a difusão da inovação, inclusive na própria organização através da capacitação dos funcionários. As fases do modelo de MONTAÑA (2001) compreendem:

- A primeira etapa do processo de inovação, a busca de oportunidades, mostra que uma empresa inovadora deve estar vigiando continuamente o meio ambiente e fazer previsões da evolução de alguns dos sinais mais relevantes (pontos fortes e fracos da organização, mercado do negócio, dinâmica competitiva do mercado, etc.). A dificuldade do processo reside, justamente, em ter mecanismos bem estabelecidos para detectar, selecionar e filtrar aqueles sinais que são realmente importantes. Para o autor, deve-se levar em conta o mercado e a tecnologia.
- A estratégia de inovação escolhida deve conduzir a criação de produtos e processos que permitam a empresa ter êxito em seu processo inovador. Assim, determinar quais são os novos negócios e competências que devem desenvolver a empresa é fundamental para decidir qual a melhor estratégia de inovação que deve ser colocada em prática. Alguns tipos de estratégias referentes tanto à inovação de produto como de processo são: liderança de custo para todo um



mercado; diferenciação de produto para todo um mercado; liderança de custo em um segmento; diferenciação concentrada em um segmento de mercado.

- Fornecer recursos às opções elegidas diz respeito a buscar os conhecimentos, equipamentos, pessoas do interior e exterior da empresa para solucionar os problemas encontrados. Nesta fase deve ser criado um clima criativo que permitam aos recursos postos a disposição da estratégia dar resultados em forma de conceitos originais, experimentar os conceitos antes de passá-los a fase seguinte e explorar novas idéias e soluções alternativas.
- A fase de implementação do processo de inovação constitui-se o núcleo central do modelo onde o *input* são conceitos e idéias gerais de como desenvolver o processo e o *output* são um produto e um mercado preparado para receber a inovação. A direção da organização deve estar segura que existe uma relação constante entre os departamentos técnicos, de produção e marketing. Ao mesmo tempo em que os problemas técnicos devem ser sanados a medida em que aparecem, é necessário preparar o terreno para o lançamento do produto.
- A última fase do modelo consiste em revisar os projetos terminados para aprender as lições pertinentes para novos processos e transmitir esse conhecimento ao resto da organização.

Outro modelo caracterizado como modelo interativo é o apresentado por FREIRE (2000) em parte do princípio de que a inovação é fundamental para o desenvolvimento de qualquer organização e é através dela que a empresa constrói no presente as bases do seu desenvolvimento futuro. Ao longo de um ciclo composto de seis fases (oportunidade, idéia, desenvolvimento, teste, introdução e difusão), bem como o domínio de quatro competências de gestão (estratégica, projetos, funcional e da mudança) a empresa deve definir um modelo global de gestão a adotar. Ainda segundo FREIRE (2000),

“A inovação é o processo de criação e introdução de algo novo na própria organização ou no mercado. Não se trata de um ato único ou pontual, mas de um processo global que se estende ao longo do tempo. A inovação também não se resume à geração de novas idéias, pois requer a invenção de algo novo e a sua posterior aplicação na própria organização ou no mercado. Esta é, aliás, a principal diferença entre os dois conceitos: enquanto a invenção é um processo de criação independente do seu uso, a inovação pressupõe a utilização da invenção no contexto interno ou externo à empresa.”



Figura I.7 - Modelo de gestão da inovação (Freire, 2000).

#### I.4.4- Metodologias para Avaliação da Introdução de Inovações Tecnológicas

Considerando a hipótese e o objetivo estabelecido para este trabalho, de estudar a implantação da tecnologia *Laserail* na manutenção preditiva da via permanente do Metrô Rio, apresentam-se aqui metodologias possíveis de serem aplicadas na avaliação de introdução de inovação tecnológica em ambiente de manutenção de sistema metroferroviário.

Assim, para escolha destas metodologia parte-se da análise do processo de introdução inovação a definidos pelos modelos apresentados no item I.4.3 deste capítulo, representa um duplo movimento de informações e conhecimentos que determina em grande parte a organização do processo dentro da empresa, ou seja, uma transferência horizontal correspondente à pesquisa de pares externos, de aplicações novas e das primeiras utilizações, que necessitam da criação de lugares inéditos entre as funções da empresa e o conjunto de porta-vozes. É este um duplo movimento, que segundo LOILIER e TELLIER (1999), permite a estabilização progressiva das propriedades da inovação e de seu mercado

Desse modo para auxiliar a escolha destas metodologias de análise de introdução de inovação no sistema de manutenção da via permanente metroferroviária utilizou-se a modelagem de arquitetura organizacional definida NADLER et al. (1993). A expressão utilizada para abranger todos os sistemas, estruturas, processos de administração dentre outros. O modelo do comportamento organizacional reflete os conceitos e as características dos sistemas abertos básicos. Neste modelo são especificados o insumo crítico, o produto principal e os

processos de transformação que caracterizam o funcionamento organizacional com enfoque na interação destes componentes.

A abordagem da modelagem arquitetura organizacional é apoiada pela Teoria Geral de Sistema - TGS criada em 1937 por Ludwig Von Bertalanffy Bertalanfy , apud Chiavenatto (2001), que considera toda empresa se insere num meio ambiente onde se originam os recursos utilizados para desenvolver sua atividade e destinar os seus resultados. Existem três elementos interdependentes no esquema de um sistema organizacional: entradas, processos e saídas. As entradas são os recursos que a empresa obtém ou extrai do ambiente, abrangem, dentre outros fatores, as informações, capital, mão-de-obra, equipamentos. O processamento refere-se a competência dos funcionários que compõem a empresa para transformar os recursos da entrada em bens e serviços. Por último, as saídas são os resultados do processamento na forma de bens, serviços ou produtos que são destinados ao usuário ou cliente final.

Todos os elementos são cercados pelo meio ambiente, o que provoca mudanças na estrutura e no desempenho, assim, afetando o sistema como um todo. Alguns aspectos relevantes que podem influenciar o desempenho do sistema organizacional são:

- Atuação do estado nas áreas política e legal.
- Situação da economia e do sistema financeiro do país.
- Desenvolvimento e disponibilidade tecnológica.
- Nível educacional e cultural da sociedade.
- Concorrência de outras empresas.
- Preocupação com ecologia e preservação do meio ambiente.

Arquitetura organizacional é a expressão utilizada para abranger todos os sistemas, estruturas, processos de administração dentre outros. O modelo do comportamento organizacional reflete os conceitos e as características dos sistemas abertos básicos. Neste modelo são especificados o insumo crítico, o produto principal e os processos de transformação que caracterizam o funcionamento organizacional com enfoque na interação destes componentes.

O insumo crítico representa os elementos que em qualquer momento constituem o contexto enfrentado pela organização. Os principais insumos críticos são:

- a) Ambiente: são todos os fatores, inclusive instituições, grupos, indivíduos e eventos que estão fora da organização analisada, mas que têm um impacto sobre essa organização;
- b) Recursos: vários bens aos quais a organização tem acesso, inclusive recursos humanos,

tecnologia, capital e informações, bem como recursos menos concretos (por exemplo, reconhecimento no mercado); e

c) História: padrões de comportamento, atividade e eficiência passados da organização que podem afetar o funcionamento organizacional atual.

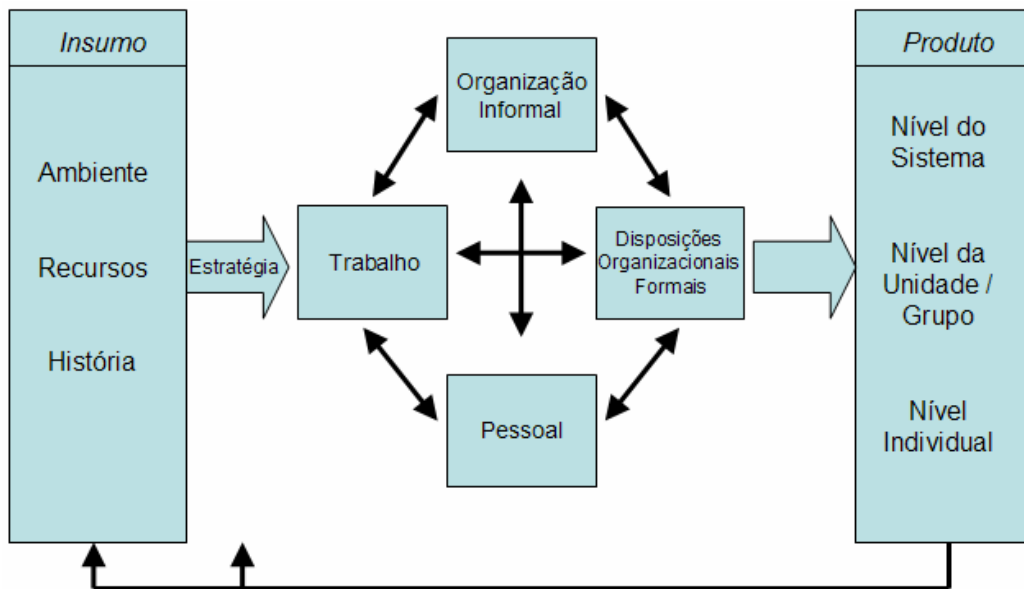


Figura I.8 - Modelo organizacional. (NADLER et al., 1993).

O produto é aquilo que a empresa produz (bem ou serviço), como se desempenha e o grau de eficiência. Os processos de transformação referem-se ao modo como a empresa implementa uma estratégia para produzir um desempenho efetivo em níveis individuais, grupais e organizacionais. A compreensão deste processo é feita, primariamente, identificando os componentes organizacionais que constitui o trabalho, o pessoal, as disposições organizacionais formais e a organização informal. O Quadro I.3 mostra a definição destes componentes organizacionais.

Quadro I.3 - Os quatro componentes organizacionais. (NADLER et al., 1993).

Componente	Trabalho	Pessoal	Organização Formal	Organização informal
Definição	Tarefas básicas a serem feitas pela organização e suas partes.	Características dos indivíduos na organização.	Várias estruturas, processos e métodos formalmente criados para que as pessoas realizem tarefas.	Disposições que surgem, inclusive estruturas, processos e relações.

Os projetos devem ser conduzidos dentro de práticas e modelos, a nível de planejamento, execução e controle, de forma que se possa apurar eventuais desvios e tomar as medidas corretivas no prazo mais rápido possível. Desta forma, é recomendada a divisão do projeto nas suas três vertentes: técnica, comercial e organizacional, ilustrado na Figura de FREIRE (2002).

Outro fator importante para o controle dos projetos é a análise da progressão financeira do mesmo, estimando de uma forma dinâmica o tempo de recuperação do investimento (*payback*). Através da definição e acompanhamento de variáveis, é possível quantificar o fator de retorno dos novos projetos. Por último, o controle da execução do projeto serve ainda para determinar a continuidade do desenvolvimento do novo produto, serviço ou processo. Se os desvios encontrados forem excessivos, repetitivos e se não houverem perspectivas de correção adequadas, é preferível abandonar o projeto, evitando desta forma prejuízos maiores numa iniciativa de pouco futuro.

Para o sucesso de um projeto de inovação, é preciso traduzir as orientações globais em políticas funcionais concretas, de forma a enquadrar as atividades criativas e operacionais de todos os colaboradores. Portanto, as atividades de inovação devem ser suportadas pelas políticas funcionais da empresa. Para garantir que os projetos de inovação estejam alinhados com a estratégia da empresa e de forma a explorar recursos e equipes indivisíveis, algumas decisões relativas às novas idéias e projetos devem ser tomadas (e integralmente suportadas) pelo topo da hierarquia.

Tipicamente, as organizações adotam uma divisão funcional das tarefas nos níveis inferiores de suas hierarquias. Por isso, as estratégias são normalmente transpostas para políticas de gestão funcionais, cabendo aos responsáveis de cada função executar as atividades sob sua alçada em coordenação com a atuação das funções restantes. Neste contexto, também a estratégia de inovação é difundida por toda a organização através da atribuição de responsabilidades às várias áreas funcionais, competindo aos respectivos diretores assegurar que a implementação seja bem-sucedida.

Para lidar com a incerteza associada ao desenvolvimento dos novos produtos, serviços ou processos, todos os projetos de inovação necessitam de uma liderança efetiva. É necessário que os líderes dos projetos tenham uma clara perspectiva dos objetivos a serem alcançados, e reúnam as condições fundamentais à correta implementação da estratégia de implementação.

Uma vez escolhida uma liderança para o projeto, é necessário construir a equipe que irá executar as múltiplas atividades requeridas ao longo do ciclo de inovação. Por definição, uma equipe é um conjunto de pessoas com competências e conhecimentos complementares que partilha a responsabilidade por alcançar um objetivo comum.

No contexto da inovação, as equipes tendem a apresentar um dimensionamento que varia de 2 a 20 pessoas. Se a complexidade do projeto justificar o envolvimento de um número

projetos são denominadas agentes da mudança. São necessários vários agentes de mudança, nos diferentes níveis da hierarquia.

A integração da gestão da mudança em seus vários níveis – topo da hierarquia, liderança dos projetos e equipes de inovação – são essenciais aos projetos de inovação. Assim, segundo (FREIRE, 2000, p. 195). a implementação do plano de introdução de uma inovação deve ser controlada passo-a-passo, de forma a se intervir rapidamente para correção de eventuais desvios e se fazer a revisão do plano quando necessário, conforme Figura I.9.

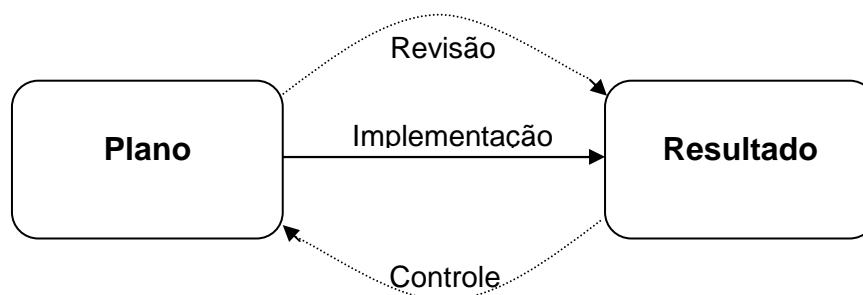


Figura I.9 - Modelo de implementação, controle e revisão da introdução da inovação.  
(FREIRE, 2000, p. 195).

Deste modo, considerando o objeto deste trabalho de análise de introdução de inovação da manutenção em sistemas metroferroviário, a seguir são apresentadas dois métodos utilizados em análise de processos de gestão de mudança organizacional, que aborda a melhoria contínua da qualidade e a gestão de projeto. São estas:

- O BIM - um método de análise e solução de problemas que rompe com os modelos mentais existentes e que amplia a capacidade do indivíduo ver o mundo e agir;
- Administração e Organização de Projetos - Organização de um grupo de atividades que devem ser executadas em uma seqüência lógica.

#### I.4.4.1- BIM - Metodologia de Identificação de Barreiras e Implantação de Melhorias

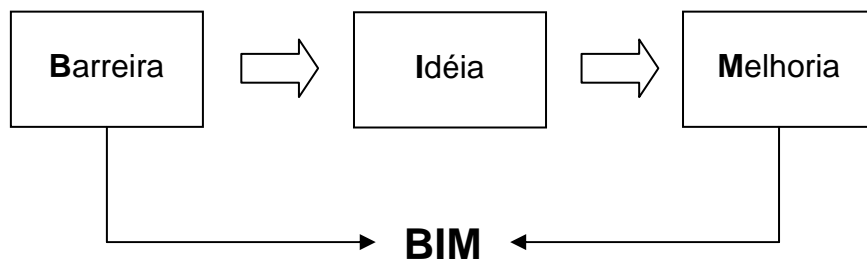
Reconhecida a importância das organizações de aprendizagem para a melhoria contínua da qualidade, sobretudo, o papel desempenhado pelas pessoas através da participação em equipe para a reflexão e ação, SALVIATO (1999) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolveu a metodologia BIM (Barreira - Idéia - Melhoria), baseada

em vários autores, como Nadler, Juran, Deming, Harrington, Senge e outros. Esta metodologia torna possível a aquisição de capacidades fundamentais para o aprimoramento contínuo.

Uma questão importante nas organizações de aprendizagem é estruturá-las de modo a não deixar a aprendizagem ao acaso. Neste sentido, na busca da solução de qualquer problema, a adoção de uma metodologia bem estruturada traz grandes benefícios impedindo a implantação apenas de soluções baseadas na experiência e em *feeling*.

Os problemas, complexos ou não, exigem uma análise aprofundada e o uso de elementos para que se obtenha um bom resultado. Naturalmente, as pessoas tendem a agir adotando a solução mais atraente, sem uma análise do problema e de suas causas.

O BIM é um método de análise e solução de problemas que rompe com os modelos mentais em.





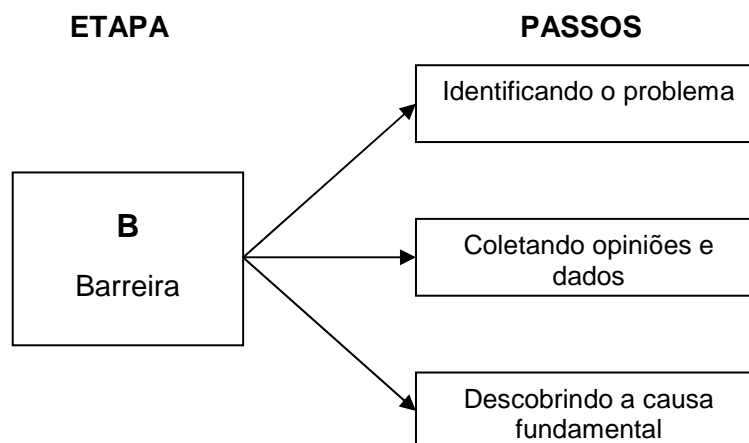


Figura I.11 - Os passos da etapa Barreira. (SALVIATO, 1999).

O primeiro passo de um método é sempre determinante para o seu sucesso. Se o problema não for bem definido, toda a seqüência de aplicação, do BIM estaria comprometida e a solução encontrada não seria a ideal. Assim, para que se possa solucionar uma barreira é importante saber identificá-la.

As barreiras são "elementos que limitam, ou bloqueiam, a obtenção dos resultados: nas organizações, nos processos, etc., impedindo a satisfação das pessoas". As barreiras podem ser vistas como problemas enfrentados diariamente e que normalmente causam desmotivação. Contudo, no BIM os problemas são vistos como oportunidades de melhoria e portanto devem ser identificados e corrigidos. Para que um problema seja solucionado, as pessoas do grupo devem ter autonomia/autoridade sobre o mesmo, caso contrário, pode haver sérios problemas.

Os problemas podem gerar dois tipos de perdas: perdas quantificáveis e perdas não-quantificáveis.

Ainda neste passo, estima-se os resultados esperados com a eliminação do problema e o item de controle associado ao problema. Os resultados esperados são o que se espera com a solução do problema enquanto que o item de controle é um indicador da situação do problema. Desta forma, só se gerencia aquilo que pode ser medido, por isso a definição do item de controle é fundamental para o sucesso do BIM.

O segundo passo desta etapa é a coleta de opiniões e dados sobre o problema, para que o mesmo seja analisado e solucionado. Antes de se coletar as opiniões das pessoas, é importante que se observe o problema enquanto ocorre, sendo feitas, então, as primeiras anotações. A observação do problema pode indicar características do mesmo, até então ignoradas.

Para a observação do problema, deve-se definir o período de observação - intervalo de tempo destinado à observação do problema, e o local de observação - local onde o problema ocorre. Alguns cuidados devem ser tomados para a estruturação das causas do problema. As causas devem ser internas à rotina a que o problema está associado e as causas devem ter

impacto direto no problema.

Após a coleta de opiniões sobre as possíveis causas do problema esperado, o grupo deve buscar dados numéricos que sinalizem quais das possíveis causas apontadas são fundamentais para a solução do problema. Para tanto, deve-se coletar dados que comprovem, ou não, as opiniões fornecidas pelas pessoas na fase anterior. A coleta de dados deve ser orientada pelas opiniões que foram levantadas pelas pessoas, podendo ser definidas folhas de verificação para orientar a coleta de dados.

O terceiro passo desta etapa é descobrir a causa fundamental. De posse das opiniões e dos dados sobre o problema, o grupo pode começar a análise, procurando as causas fundamentais do problema.

- Etapa Idéia

Nesta etapa todos os passos necessários para a solução do problema são desenvolvidos, desde a geração da solução em si, passando pelo seu plano de implementação até o envolvimento das pessoas que participarão de sua realização. Esta etapa é formada pelos passos apresentados na Figura I.12.

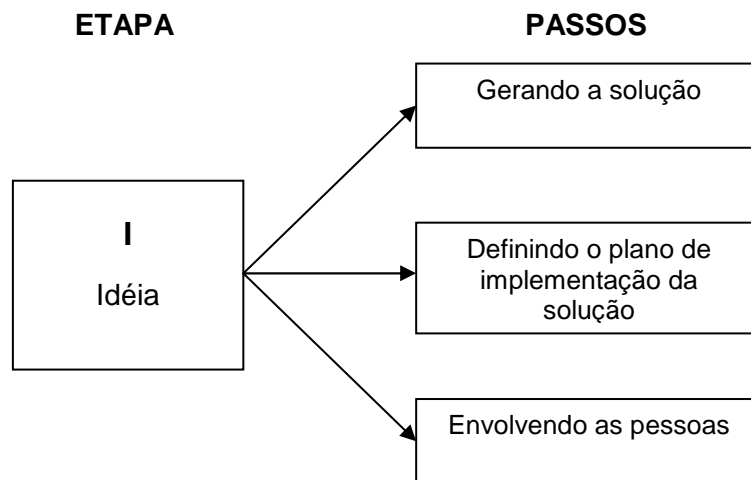


Figura I.12 - Os passos da etapa Idéia. (SALVIATO, 1999).

Para efetivar o primeiro passo desta etapa deve-se realizar um *brainstorming* para cada causa fundamental, sendo fundamental a participação de várias pessoas do departamento onde o BIM está sendo aplicado. Devem participar do *brainstorming* pessoas que possam contribuir de alguma forma, com a solução do problema que se está analisando. Após o *brainstorming*, o grupo deve listar todas as soluções que serão adotadas para bloquear a causa fundamental do problema.

Normalmente, quando a análise do problema é muito bem elaborada, a solução é encontrada logo que a causa fundamental do problema é descoberta. Assim, deve-se gerar uma solução para o problema baseado no bloqueio de sua respectiva causa fundamental. A solução de um problema deve ser validada antes de ser implementada.

Na definição do plano de implementação, segundo passo, o grupo deve planejar, detalhadamente, a solução do problema a ser executada, e, para tanto, deve ser elaborado um cuidadoso plano de implementação da solução.

Para determinar "o que fazer" é extremamente útil desdobrar a solução através de um diagrama de árvore. O nível de desdobramento do plano de implementação depende de cada situação, sendo importante que cada atividade do plano de implementação seja executada.

O envolvimento das pessoas é o determinante de sucesso de qualquer método empregado para resolução de problemas, assim é imperioso conscientizar e envolver as pessoas ligadas ao problema.

- Etapa Melhoria

Nesta etapa implanta-se a solução, acompanhando-a e efetuando uma padronização. O plano de implementação da solução deve ser discutido com todas as pessoas envolvidas no processo antes de ser executado. Este momento é crucial para a superação das barreiras, qualquer falha na comunicação do plano de implementação pode inviabilizar toda a aplicação do BIM. Os pontos críticos para o sucesso da solução devem ser avaliados e se necessário, a solução deve ser reavaliada juntamente com o plano de implementação.

No acompanhamento da implementação, o grupo mede sistematicamente os resultados alcançados com a implementação da solução proposta para o problema. Além disso, deve-se realizar o acompanhamento de cada etapa do plano de ação, com reuniões sistemáticas de avaliação com todos os responsáveis.

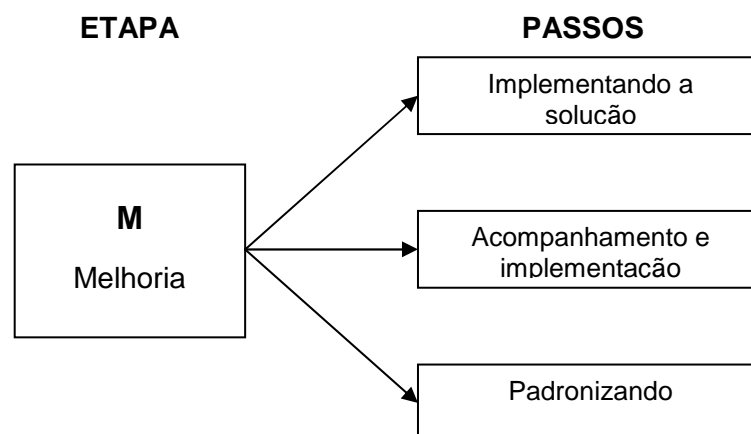


Figura I.13 - Os passos da etapa Melhoria. (SALVIATO, 1999).

Finalmente, o último passo do método, após a avaliação de todo o seu processo de implementação é a padronização dos resultados encontrados a fim de eliminar definitivamente a causa do problema em questão.

O aprendizado proporcionado pelo BIM garante vantagens competitivas ao facilitar o compartilhamento de conhecimento e permitir a ação. Assim, em ambientes turbulentos é preciso desenvolver nas pessoas a capacidade de resolver problemas e implantar a melhoria contínua.

#### I.4.4.2- Administração e Organização de Projetos

Para o termo projeto encontram-se várias definições. Como sinônimos da palavra projeto tem-se: plano, esquema, primeira idéia, representação escrita e gráfica, com orçamento de algo a ser executado. BURKE (1997) apud BALARINE (2001) define projeto como "... grupo de atividades que devem ser executadas em uma seqüência lógica, para alcançar objetivos determinados pelo cliente." e Administração de Projetos, simplesmente como "... fazer o projeto acontecer". Quanto à organização de um projeto, DUNCAN (1993) apud BALARINE (2001) identifica três processos administrativos básicos:

- a) Planejamento dos programas de trabalho destinados a atingir objetivos pré-determinados;
- b) A execução, que traduz-se na realização dos planos;
- c) O controle, representado pelo monitoramento contínuo do progresso executivo, acompanhado das ações corretivas necessárias.

Dentre os três processos, o mesmo autor destaca as relações típicas do planejamento de um projeto, ou empreendimento, como pode ser visto na Figura I.14. Tais processos de planejamento dependentes incluem:

- a) Definição das intenções: justificativa do projeto, através de documento escrito descrevendo as intenções e objetivos a alcançar;
- b) Definição do projeto: decomposição das metas a atingir, de forma detalhada e que proporcione melhor controle;
- c) Definição das atividades necessárias ao desempenho desejado e aos objetivos finais;
- d) Seqüência das atividades: identificação das dependências entre as diversas atividades;
- e) Estimativa das durações: estimação das durações prováveis das atividades e tarefas;
- f) Desenvolvimento da programação: determinação das datas para as atividades;
- g) Estimativa de custos: desenvolvimento inicial dos custos do projeto;
- h) Orçamentação de custos: detalhamento das estimações de custos para cada atividade; e
- i) Integração do plano: idealização de um plano coerente para o projeto como um todo.

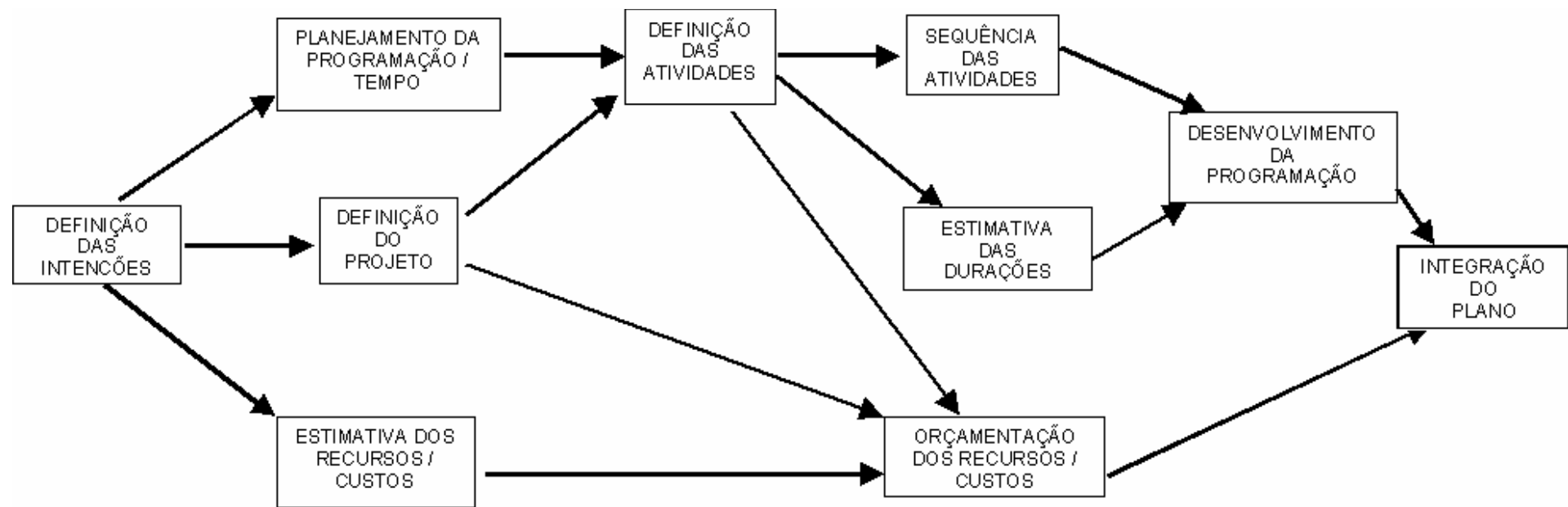


Figura I.14 - Planejamento do empreendimento - processos dependentes. (BALARINE, 2001, p. 34).

## CAPÍTULO II

### II- A MANUTENÇÃO DO SISTEMA METROVIÁRIO

A grande parte das ferrovias brasileiras foi implantada no período que vai do final do século XIX às primeiras décadas do século XX. Ligando geralmente os portos ao interior, com linhas de diferentes bitolas e com características técnicas hoje obsoletas, atendendo às necessidades de um mercado essencialmente agrícola daquela época e muitas vezes inadequadas aos dias de hoje (BROCHADO, 1996). A ferrovia foi responsável por praticamente a totalidade do transporte terrestre, de carga e passageiros, interurbano e interestadual, até a década de 30 do século XX.

A ferrovia no Brasil, sempre conviveu com escassez de recursos para as despesas operacionais e de manutenção. A partir de 1996, com o início das concessões no setor, a atividade de transporte sobre trilhos no Brasil vive uma transformação institucional profunda, com sua gestão por corporações privadas e anunciados investimentos estatais em novas malhas, de forma a desafogar a produção e ampliar o transporte de massa. Cria-se assim uma expectativa de uma nova oportunidade de mudança que se reflita em políticas de gestão de manutenção mais duradouras.

#### II. 1- O Sistema de Transporte Ferroviário

O trem foi o principal meio de transporte do século XIX, sofrendo grande expansão mundial entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX, principalmente na Europa e na América do Norte. Grande número de ferrovias foi construído na

redução de pessoal a um décimo do efetivo daquela época, aumento da produtividade, uma malha e equipamentos de transporte razoavelmente uniformes, e déficits operacionais razoavelmente suportáveis, em comparação ao verificado em outros países. Em contrapartida, seja pela insuficiência de investimentos apropriados, e/ou pelo modelo de gestão pública empregado, as ferrovias brasileiras encerraram-se em cômodos nichos comerciais, alheias a qualquer atividade de mercado que implicasse em uma ampliação de suas fronteiras regionais.

A partir de então, com dificuldades de enfrentar a concorrência rodoviária em razão dos baixos custos e prazos de maturação destes investimentos, além do baixo preço vigente para o petróleo, a modalidade ferroviária entrou em progressivo declínio, apesar das diversas tentativas de implantação de planos específicos para o setor.

A análise da atual matriz de transportes brasileira mostra que o modal predominante é o rodoviário, com cerca de 62% do total, seguido pelos modais ferroviário, com participação em torno de 20%, e hidroviário com aproximadamente 13%. Os demais modais, dutoviário, aéreo e outros, têm participação de menos de 5%. Portanto, mais de 60% do mercado de transportes é dominado pelo modal rodoviário. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2006).

A comparação com outros países do mundo, apresentada por (COPPEAD/CNT, 2002), na Tabela II.1, mostra que nenhum grupo de países apresenta tamanha concentração no transportes rodoviário e, sobretudo, participação tão baixa do setor ferroviário. Este fato indica que nosso país não tem aproveitado adequadamente as vantagens do transporte ferroviário que, em relação ao modal predominante, possibilita melhor aproveitamento energético, traduzido pelo menor consumo de combustível por tonelada transportada, tendo como consequência menor emissão de poluentes e resultando em menores danos ao meio ambiente.

Tabela II.1 - Proporção entre território e malha ferroviária de vários países.  
(COPPEAD/CNT, 2002).

Países	Área do Território (km <sup>2</sup> ) (A)	Rede Ferroviária (km) (B)	B/A
França	551.000	32.579	0,059
Japão	377.682	20.251	0,054
Itália	301.262	15.942	0,053
Espanha	504.750	12.601	0,025
EUA	9.363.398	177.712	0,019
Índia	3.285.000	62.486	0,019
México	1.969.269	26.445	0,013
Argentina	2.792.000	34.059	0,012
<b>Brasil</b>	<b>8.511.965</b>	<b>30.277</b>	<b>0,004</b>

A ferrovia ainda tem como vantagem apresentar maior segurança operacional, com menor risco de acidentes, poupando recursos e vidas, mas, principalmente, oferecendo custo de transporte mais baixo. As vantagens energéticas valem também para o modal aquaviário, que é ainda mais econômico que a ferrovia.

No início da década de 1950, o Governo Federal, com base em amplos estudos decidiu pela unificação administrativa das 18 estradas de ferro pertencentes à União, que totalizavam 37.000 km de linhas espalhadas pelo país.

Em 16 de março de 1957 foi criada pela Lei n.º 3.115 a sociedade anônima Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA, com a finalidade de administrar, explorar, conservar, reequipar, ampliar e melhorar o tráfego das estradas de ferro da União a ela incorporadas, cujos trilhos atravessavam o País, servindo as regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul.

Em 1969, as ferrovias que compunham a RFFSA foram agrupadas em quatro sistemas regionais:

- Sistema Regional Nordeste, com sede em Recife;
- Sistema Regional Centro, com sede no Rio de Janeiro;
- Sistema Regional Centro-Sul, com sede em São Paulo; e
- Sistema Regional Sul, com sede em Porto Alegre.

A primeira solução institucional para os trens metropolitanos surgiu com a criação, em 1975, da Divisão Especial de Subúrbios do Grande Rio e Divisão Especial de Subúrbios de São Paulo. No ano de 1976 foram criadas pela RFFSA as Superintendências Regionais - SRs, em número de 10, posteriormente ampliado para 12, com atividades orientadas e coordenadas por uma Administração Geral, sediada no Rio de Janeiro.

De sua criação em 1957 até 1995, quando se iniciou a passagem de suas malhas para a iniciativa privada através de concessões, a RFFSA alcançou com sucesso os seguintes objetivos: (GEIPOT, 2001).

- Aumentou o transporte de carga de 30 para cerca de 85 milhões de toneladas anuais, quase triplicando a produção da empresa;
- Reduziu seu quadro de pessoal para cerca de 37.000 empregados, representando a quarta parte de seu quadro inicial, significando aumento aproximado de 12 na produtividade por empregado;
- Reduziu drasticamente os aportes da União para seu custeio;
- Promoveu a padronização técnica, operacional e administrativa das antigas ferrovias, incrementando o intercâmbio e a integração entre as mesmas;



- Introduziu modernas técnicas administrativas e gerenciais tais como seu Sistema de Gerenciamento Operacional - SIGO, que permitiu o acompanhamento da operação “on-line”, ou seja, em tempo real;
- Da parcela da RFFSA que atendia os passageiros de subúrbios. Em 1985, foi constituída a Companhia Brasileira de trens Urbanos - CBTU, de cunho eminentemente social.

Em 1995, era a seguinte a situação da RFFSA: a extensão total das linhas tinha sido reduzida para cerca de 22.000 Km com o fechamento dos ramais antieconômicos, sua frota era constituída de cerca de 1.400 locomotivas e 40.000 vagões, com patrimônio total avaliado em aproximadamente R\$19,5 bilhões, gerando receita anual da ordem de R\$850 milhões. (GEIPOT, 2001).

Os passos iniciais, que culminaram no processo de desestatização das ferrovias de carga no Brasil, iniciaram-se há aproximadamente 20 anos com a decisão de especializar a RFFSA no transporte de carga e de passageiros no interior, e transferir o transporte de passageiros suburbanos para uma subsidiária da empresa. A premissa básica que levou a essa decisão foi o fato de que o setor de transporte ferroviário de cargas teria condições de auto-sustentação, enquanto que o de passageiros continuaria a depender de subsídios governamentais para manter sua operação.

Assim, em 1984 foi criada a CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos, com a finalidade de gerir o transporte suburbano de passageiros, enquanto a RFFSA cuidaria somente do transporte de cargas e dos trens de passageiros de longa distância que ainda existiam em algumas de suas Superintendências Regionais, notadamente no Sul, em Bauru e os trens entre Rio, São Paulo e Belo Horizonte.

Simultaneamente foi extinta a ENGEFER - Empresa de Engenharia Ferroviária, empresa constituída durante o regime militar para fazer a construção e reformas de ligações ferroviárias, transferindo essas atividades para a RFFSA, com destaque àquelas relativas à Ferrovia do Aço, que naquele momento, após mais de 10 anos de obras ainda não tinha sido concluída.

No início da década de 1990, a RFFSA se encontrava num processo de deterioração de seus meios de produção, em virtude da falta de recursos para manutenção devido aos déficits crescentes em virtude da incapacidade de aporte de recursos do Governo Federal. Apesar disso, a RFFSA vinha conseguindo superar essas dificuldades apresentando crescimento na sua produção graças a melhoria da gestão e ao esforço do pessoal ferroviário.

Partindo da premissa de que o setor público não dispunha de recursos para dar suporte à ferrovia e que era mau gestor de suas empresas, e no sentido de estancar a tendência de deterioração do desempenho da RFFSA, em 1992 o Governo brasileiro, através do Decreto n.º 473/92, decidiu privatizar as operações da Rede Ferroviária S.A. - RFFSA. O Banco Nacional

de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES preparou e o Conselho Nacional de Desestatização - CND aprovou o plano de reestruturação e desestatização da RFFSA consistindo basicamente em reestruturar as operações da RFFSA em seis sistemas regionais, com posterior acréscimo da antiga FEPASA que constituiu a malha paulista, e transferir as responsabilidades da operação e da manutenção para concessionários privados que arrendariam da RFFSA os bens necessários.

De 1980 a 1992, os sistemas ferroviários pertencentes à Rede Ferroviária Federal S.A. e à FEPASA foram afetados de forma dramática, quando os investimentos reduziram-se substancialmente, atingindo, na RFFSA em 1989, apenas 19% do valor aplicado na década de 1980. Em 1984, a RFFSA, encontrava-se impossibilitada de gerar recursos suficientes à cobertura dos serviços da dívida contraída. A empresa suportava sério desequilíbrio técnico-operacional, decorrente da degradação da infra e da super estrutura dos seus principais segmentos de bitola métrica e da postergação da manutenção de material rodante, que ocasionaram expressiva perda de mercado para o modal rodoviário.

Na impossibilidade de gerar os recursos necessários para continuar financiando os investimentos, o Governo Federal colocou em prática ações voltadas à concessão de serviços públicos de transporte de carga à iniciativa privada.

Foi editada a Lei n.º 8.031/90 e suas alterações posteriores, que instituíram o Programa Nacional de Desestatização - PND, sendo a RFFSA incluída no referido Programa, em 10/03/92, por meio do Decreto n.º 473. Neste processo atuou como gestor o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES que, nos termos do Decreto n.º 1.024/94, elaborou a forma e as condições gerais para concessão das malhas da RFFSA.

O processo de desestatização da RFFSA, foi realizado com base na Lei n.º 8.987/95, (Lei das Concessões). Esta lei estabeleceu os direitos e obrigações para as partes envolvidas no processo de concessão, definindo ainda, o princípio da manutenção do equilíbrio econômico e financeiro e os direitos dos usuários.

Com o leilão da Malha Paulista (antiga FEPASA incorporada à RFFSA pelo Decreto n.º 2.502, em 18/02/98), concluiu-se o processo de desestatização das malhas da RFFSA.

O Governo Federal outorgou, em 28/06/97, à Companhia Vale do Rio Doce, no processo de sua privatização, a exploração da Estrada de Ferro Vitória a Minas e Estrada de Ferro Carajás.

Em 7 de dezembro de 1999, o Governo Federal, com base na Resolução n.º 12, de 11 de novembro de 1999 do Conselho Nacional de Desestatização e por intermédio do Decreto n. 3.277, dissolve, liquida e extingue a Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA.

Os Anexo 2 mostra a evolução cronológica do sistema ferroviário brasileiro, e os Anexos 3 e 4 apresentam de forma resumida o processo de concessão da malha ferroviária brasileira.

## II.2- Componentes da Via Permanente

A estrada de ferro convencional é um sistema de transporte terrestre no qual os veículos se apóiam sobre a via por intermédio de elementos rotativos metálicos. O nome de via permanente teria se originado no fato dos antigos caminhos e estradas, anteriores às primeiras ferrovias, normalmente não permitirem o tráfego de veículos durante todo o ano. No período de chuvas as superfícies de rolamento das vias, que eram extremamente precárias,

- Sublastro - é o material granular regularmente distribuído entre o lastro e o terrapleno, com a finalidade de melhorar a capacidade de suporte da plataforma;
- Fixações - materiais metálicos que têm por finalidade fixar o trilho ao dormente, podendo impedir (fixação elástica), ou não (fixação rígida), seu deslocamento longitudinal.
- Talas de junção - materiais metálicos que, apertados contra as laterais das extremidades do trilho por parafusos com porcas e arruelas de pressão, garante a sua continuidade;
- Aparelho de mudança de via - dispositivos metálicos que permitem a bifurcação de uma via férrea ou, inversamente, a união de duas vias.



Figura II.1- Esquema de via permanente. (RODRIGUES, 2002).

As dimensões da plataforma ou leito da estrada de ferro são fixadas por normas (RFFSA, 1978) e dependem fundamentalmente da bitola adotada. Os principais fatores que influenciam na determinação das dimensões da plataforma são:

- Perfil de lastro;
- Situação em corte ou aterro, em tangente ou curva;
- Número de vias;
- Posteação;
- Inclinação para drenagem superficial;
- Banqueta de plataforma;
- Gabarito do material rodante (locomotivas, vagões, trens elétricos).

Por sua vez o perfil de lastro é influenciado também por:

- Bitola adotada pela via;
- Dimensões dos dormentes empregados;

- Altura mínima do lastro;
- Inclinação do talude do lastro;
- Inclinação da plataforma da infra-estrutura para drenagem superficial;
- Superelevação, que consiste em elevar o nível do trilho externo de uma curva. Essa técnica reduz o desconforto gerado pela mudança de direção, além de diminuir o desgaste no contato roda-trilho e o risco de tombamento devido à ação da força centrífuga que aparece nas curvas.
- Espaçamento entre dormentes.

Segundo RODRIGUES (2002), a superestrutura é classificada como rígida ou em placas, quando os dormentes são assentados sobre lajes de concreto (ex.: Metrô do Rio de Janeiro), ou ainda, quando os trilhos são fixados diretamente sobre uma viga (ex.: Metrô de São Paulo), conforme apresentado na Figura II.2.

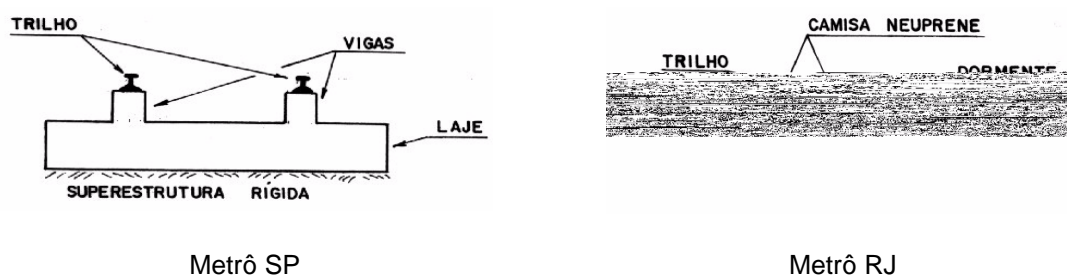


Figura II.2- Superestrutura rígida. (RODRIGUES, 2002).

Denomina-se bitola à distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, medidas a 12 mm abaixo do plano de rodagem (plano constituído pela face superior dos trilhos), Figura II.3. Como nosso sistema ferroviário foi originado de diversas ferrovias diferentes construídas localmente, sem qualquer integração, várias bitolas diferentes forma adotadas. Segundo BRINA (1979) e GEIPOT (2001), a divisão das estradas de ferro brasileiras por bitolas naquele ano era a seguinte:

- Bitola 1,60 m: 3.444 km
- Bitola 1,435 m: 194 km
- Bitola 1,00 m: 26.694 km
- Bitola 0,76 m: 202 km
- Bitola 0,60 m: 16 km

Total: 30.550 km

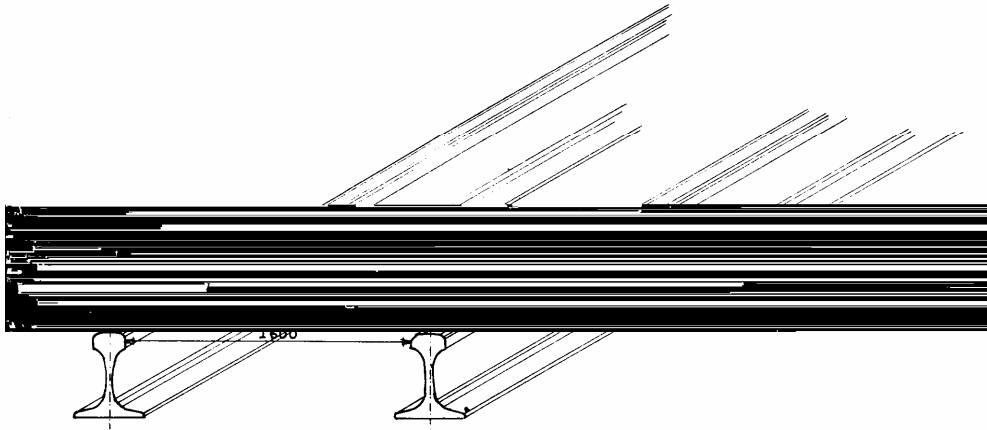


Figura II.3- Medida da bitola. (RODRIGUES, 2001)

O alargamento ou estreitamento da bitola, em decorrência da ação do tráfego deve ser considerado como um fenômeno inevitável. De conform

## II.2.1- Trilhos

É o elemento da superestrutura que constitui a superfície de rolamento e o dispositivo de guia para as rodas dos veículos. O contato da roda metálica dos veículos com o trilho, elemento da superestrutura da via, também metálico, constitui-se no elemento fundamental da estrutura da via (RODRIGUES, 2001) cabendo a ele as funções de:

- Resistir diretamente às tensões que recebe do material rodante e transmiti-las por sua vez aos outros elementos que compõe a estrutura da via;
- Guiar as rodas no seu movimento;
- Conduzir a corrente elétrica necessária à sinalização e a tração nas linhas eletrificadas;
- Considerando-se que nos dias atuais os trilhos normalmente não são assentados sobre apoios contínuos, mas sim sobre apoios isolados, cabe-lhes funcionar também como viga contínua, resistindo à flexão.

O trilho ferroviário, quando analisado em sua seção transversal, é composto de três partes fundamentais (RODRIGUES, 2001) a saber:

- Boleto - É a própria pista de rolamento da ferrovia, deve apresentar uma massa suficiente para que possa apresentar um desgaste compatível com a sua vida útil, dentro de certos limites pré-estabelecidos, sem afetar sua inércia;
- Alma - É o elo de ligação entre o boleto e o patim, ela não deve ser muito fina, afim de garantir adequada resistência e rigidez transversal;
- Patim - É a base de apoio do trilho. Tem que ter uma espessura suficiente para manter o trilho assentado e distribuir as cargas sobre os dormentes.

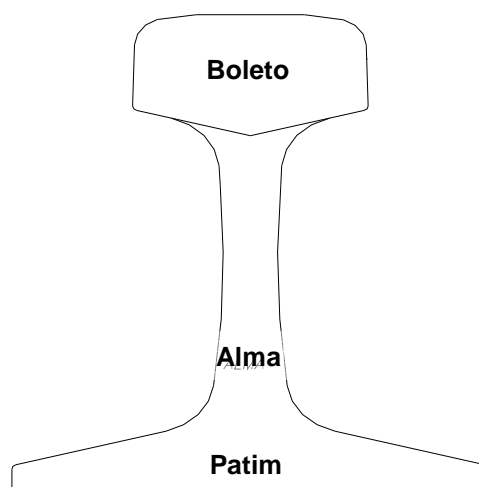


Figura II.4- Partes do trilho. (RODRIGUES, 2001).

Um perfil de trilho deverá, sempre que possível, possuir as seguintes características: (RFFSA, 1979).

- A superfície de rolamento do boleto deve ser suficientemente larga e de conformação tal que proporcione relações de contato entre roda e trilho que mantenha a compressão superficial dentro de limites mínimos;
- A alma deve ser de espessura suficiente para que possa proporcionar ao trilho capacidade de carga e de resistência à flexão e ao enfraquecimento por corrosão;
- A altura do boleto deve ter proporções que proporcionem a mais ampla margem de desgaste, tendo em vista uma larga vida útil do trilho;
- O patim deve ser tão largo quanto possível, tendo em vista não só a boa estabilidade do trilho, como também uma distribuição mais favorável da compressão superficial no dormente ou na placa de apoio;
- O patim deve ter espessura adequada para proporcionar ao trilho suficiente rigidez e resistência ao enfraquecimento por corrosão;
- O momento resistente do trilho deve ser tão grande quanto possível, de forma a possuir suficiente rigidez às forças verticais e horizontais;
- O trilho deve ser estável ao tombamento.

Alguns desses requisitos são conflitantes entre si, dando origem a diversos tipos de perfis, conforme as necessidades exijam a predominância de uma determinada qualidade. No Brasil os perfis mais utilizados nas estradas de ferro são os perfis TR-57 e TR-68, de acordo com as Normas da AREMA - *American Railway Engineering and Maintenance Association*, antiga AREA - *American Railway Engineering Association* (CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2002). Na Tabela II.2 e na Figura II.5 são apontadas as principais dimensões do perfil dos trilhos mais utilizados no Brasil, segundo um dos poucos fabricantes ainda em atividade. No Anexo 5 são encontradas as especificações para esse tipos de trilhos, segundo a ABNT.

Tabela II.2- Dimensões dos trilhos. (METÁLICA, 2006).

Tipo	Dimensões					Área	Peso	Valores Estáticos			Norma
	h	c	c1	b	s			Jx	Wx		
TR 45	142,9	65,1	61,5	130,1	14,3	56,9	44,7	90,0	1610,0	206,5	ABNT
TR 57	168,3	69,1	69,1	139,7	15,9	72,4	56,9	114,7	2730,0	295,0	ABNT
TR 68	185,7	74,6	72,6	152,4	17,5	86,1	67,6	136,2	3949,0	391,5	ABNT
<b>Unidade</b>	<b>mm</b>					<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>kg/m</b>	<b>cm</b>	<b>cm<sup>4</sup></b>	<b>cm<sup>3</sup></b>	



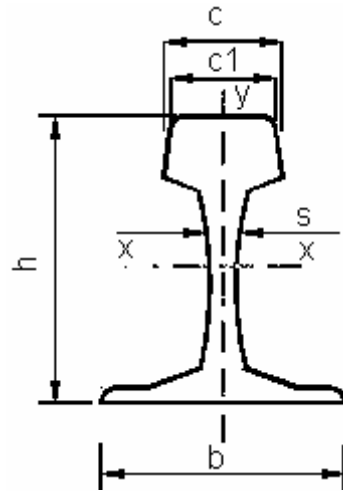


Figura II.5- Trilho ferroviário, tipo Vignole. (METÁLICA, 2006)

- Dormentes de madeira *premium* são em geral de puro cerne ou com quantidades limitadas de alburno selecionado e tratado quimicamente, com dimensões de 12 cm (largura) x 16 cm (altura) x 1,7 a 1,8 vezes a bitola (comprimento);
- Trilhos *super premium* são tratados termicamente e fabricados com ligas especiais, com dureza Brinell superior a 388; trilhos *premium* são tratados termicamente e/ou fabricados com ligas especiais, com dureza Brinell entre 341 e 388; trilhos de aço-carbono apresentam dureza Brinell entre 300 e 340;
- Os aparelhos de mudança de via recomendados em todos os casos são de 1:20 nas vias principais.

Para atender simultaneamente as exigências dos aumentos de carga por eixo e de velocidade, tem-se procurado aumentar constantemente a altura do trilho. No entanto, do aumento da altura do trilho resultam problemas na sua fabricação e manutenção e na própria importância das forças aplicadas pela roda. Com o aumento das dimensões, as tolerâncias de fabricação aumentam, acarretando condições inconvenientes na soldagem e no nível de qualidade no movimento do veículo. Por outro lado, à maior altura corresponde um peso maior, tornando-se mais difícil a manutenção, principalmente nas substituições. O aumento das tolerâncias implica em maiores variações de bitola e aumento das forças transversais e instabilidades do movimento do veículo. Além disso, os trilhos com maiores dimensões constituem estruturas mais ativas, com maiores vibrações no sentido transversal do boleto, com o aumento do nível de ruído e de desgaste. (CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2002).

#### II.2.1.1- Materiais

Os principais componentes do aço, bem como suas influências nas características do perfil são: (CHIAVERINI, 1987).

- Ferro; é aproximadamente 98% da composição do trilho. Dá as principais qualidades do perfil;
- Carbono: o carbono propicia maior dureza ao aço, mas à medida que aumenta sua percentagem pode tornar a peça quebradiça. responsável também pelas alterações das características mecânicas pelo tratamento térmico;
- Manganês: aumenta a dureza do aço, em maior percentagem torna o aço de difícil trabalhabilidade, e conjuntamente com uma elevada quantidade de carbono produz fragilidade. Encarece o preço do perfil;
- Silício: aumenta a resistência à ruptura, sem sacrificar a ductilidade ou tenacidade quando em percentuais adequados;

- Fósforo: prejudica a qualidade do perfil, tornando o aço quebradiço;
- Enxofre; prejudica pois a forma com o ferro segregações baixando as qualidades mecânicas;
- Nióbio: aumenta a resistência ao desgaste. Encarece o preço do aço.

O material resultante da fundição produzida pelos altos fornos é uma liga de ferro com alto teor de carbono, duro, frágil e não maleável. No curso de sua transformação em aço ao mesmo tempo em que se baixa o teor de carbono, deve-se eliminar tanto quanto possível as impurezas, como enxofre e fósforo, que se encontram em quantidades variáveis nessa liga.

Os fenômenos físico-químicos que se produzem durante a solidificação da liga, na lingoteira, prejudicam a homogeneidade do aço e dá origem a vários defeitos internos, que poderão prejudicar a peça resultante, quando em serviço.

Os trilhos são laminados a quente, a partir dos blocos provenientes dos lingotes. A seção do trilho é obtida pela passagem sucessiva do bloco aquecido, numa série de cilindros de laminação, projetados de tal modo que a forma retangular do bloco é gradualmente desenvolvida na seção dos trilhos.

São distinguidos quatro tipos de trilhos usados nas ferrovias, sendo que aos três últimos convencionou-se usar a denominação trilhos especiais (RODRIGUES, 2001):

a) Trilhos Carbono: são feitos de uma liga de ferro carbono, sem adições especiais. Possuem alta soldabilidade e não só propensos a fraturas prematuras. Apresentam normalmente rápido desgaste superficial e aparecimento de defeitos superficiais, principalmente se fortemente solicitados. Possuem baixa resistência à tensão de cisalhamento e baixa tensão de escoamento.

b) Trilhos alto silício: pela adição do silício em maior percentual na composição química, consegue-se um trilho com maior resistência à abrasão, maior dureza, boa soldabilidade, maiores tensões de tração e escoamento, qualidade um pouco superior às do carbono.

c) Trilhos liga: são feitos de liga de ferro com adição de cromo, vanádio, molibdênio, nióbio, alto teor de manganês ou silício, variando a percentagem e os elementos de fabricante para fabricante. Os elementos citados caracterizam a dureza do aço, podendo também funcionar como agente desoxidante, aumentar a forjabilidade, temperabilidade, limite elástico, melhorar ou piorar a soldabilidade. Entretanto, fator importante na sua contra-indicação está a propensão à formação de martensita, que é dura e quebradiça. A grande fragilidade destes trilhos tem contribuído para aumentar a extensão dos acidentes, quando ocorridos sobre eles. Como fatores positivos, podemos citar a grande resistência ao desgaste, razoáveis resistências

ao escoamento plástico e a corrugação.

d) Trilhos de boleto tratados: são trilhos que recebem um tratamento térmico posterior à fabricação do mesmo, para aumentar a dureza, sem perda de outras propriedades físicas, obtendo-se um trilho de melhor desempenho. Os processos mais usuais de tratamento são:

- Indução térmica;
- Imersão em óleo;
- Aquecimento por chama.

Normalmente a opção pelo tipo de trilho a ser utilizado é um problema de ordem econômica, no qual influem o custo do trilho e solda, associados ao desempenho do aço nas condições locais se operacionais da ferrovia. Na Tabela II.3 é apresentada uma comparação das propriedades físicas dos diversos tipos de trilhos, e na Tabela II. 4 uma análise do resultado do desgaste nos trilhos em curvas de ferrovias brasileiras com perfil *heavy haul*, onde o maior percentual representa a maior performance.

Tabela II.3 - Propriedades físicas dos trilhos. (CBTU, 1985).

	Tensão kg/mm <sup>2</sup>		Alongamentos em 50 cm	Dureza Brinell
	Escoamento	Tração		
<b>Carbono</b>	42 a 51,3	82 a 95,6	8 a 12,5%	240 a 250
<b>Ligados (alto Si)</b>	55 a 58,8	95 a 102,6	5 a 10%	275 a 290
<b>Ligas</b>	58 a 60	45 a 110	8 a 10%	290 a 341
<b>Tratados</b>	80 a 80,8	110 a 121,6	13,5 a 14%	321 a 388

Tabela II.4 - Resultado do desgaste dos trilhos em curvas. (CBTU, 1985).

Discriminação	Tratado (%)	Liga (%)	Silício (%)
Desgaste lateral (trilho externo)	100	64	62
Desgaste vertical (trilho interno)	100	69	67
Defeitos superficiais	100	56	85
Deformação nas soldas	82	82	100
Caimento das extremidades nas juntas	80	100	60
Condições de soldabilidade	100	70	90

### II.2.1.2- Dimensionamento

Para a escolha do dimensionamento e determinação do tipo de trilho adequado, alguns parâmetros devem ser observados:

- Os perfis dos trilhos padronizados no País;
- As cargas por eixo do material rodante;
- As características do tráfego projetado, especialmente a tonelagem bruta e a frequência diária e velocidade dos trens;
- A geometria do traçado da via;
- A tensão admissível para o aço especificado.

Quanto ao seu dimensionamento da peça, devem ser consideradas as principais tensões atuantes no trilho, quando submetidos às tensões impingidas pelo material rodante, que são de duas naturezas: (PORTO, 2006).

a) Tensões de flexão: calculadas aplicando a teoria do apoio elástico.

Normalmente, com os espaçamentos entre dormentes adotados e com os perfis de trilho usuais, os esforços de flexão não apresentam problema de muita importância. Estudos (PORTO, 2006) teóricos e práticos colocam em evidência o grande problema que constitui o contato roda-trilho, por gerar tensões excessivamente altas.

A carga estática da roda da locomotiva ou do vagão do trem, para o cômputo da tensão no aço do trilho, deve ser acrescida de parcelas relativas aos efeitos dinâmicos (impactos) através da utilização de fatores definidos por fórmulas específicas. Para fins de cálculo de tensões o trilho é considerado como uma viga contínua sobre suporte elástico. Na prática, poderá ser usada a fórmula (1), para uma aproximação inicial do trilho a adotar: (RFFSA, 1979).

$$R = 2.(C + 4) \quad (1)$$

onde:

- C - carga por eixo do trem tipo, em toneladas
- TR - trilho em kg/m

b) Tensões de compressão (contato roda-trilho): calculadas a partir da teoria de Hertz que trata dos esforços de contato de duas superfícies curvas.

Essas tensões são mais prejudiciais para a vida útil do trilho. Elas poderão ser apreciadas pelo cálculo da pressão de contato, conforme a teoria de Hertz (PORTO, 2006). A

prática tem demonstrado que a tensão máxima de compressão ocorre de 6 a 10 mm abaixo da superfície de rolamento do boleto. Um importante fator a ser levado em conta é que muitas vezes a carga que o trilho suporta é instantânea e de tal ordem que provoca uma mudança na estrutura do aço aumentando ligeiramente o seu limite de escoamento. (PORTO, 2006). Esse encruamento, aliado ao desgaste superficial, desloca o ponto de aplicação das tensões máximas ao longo do boleto, evitando que a mesma região do trilho seja sempre solicitada com as tensões máximas, e reduzindo o efeito de fadiga, principal consequência das elevadas tensões de contato.

Ao se efetuar o cálculo das tensões de contato pela teoria de Hertz leva-se em conta as seguintes variáveis:

- Carga atuante;
- Diâmetro da roda;
- Raio da superfície de rolamento;
- Parâmetros característicos dos materiais em contato.

Quando dois corpos sólidos esféricos, elásticos e ideais, não exercem qualquer pressão entre si, então o contato entre eles se resume a um único ponto. Se estes corpos forem pressionados um contra o outro, produz-se na região de contato uma pequena deformação de forma elíptica, conforme a Figura II.6: (PORTO, 2006; CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2000).

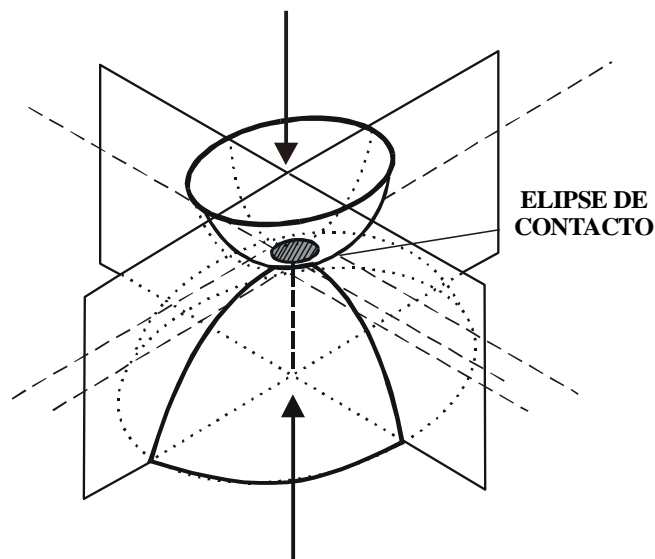


Figura II.6 - Elipse de contato. (CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2000).

No caso do sistema de contato roda-trilho, a elipse se dá da seguinte forma:

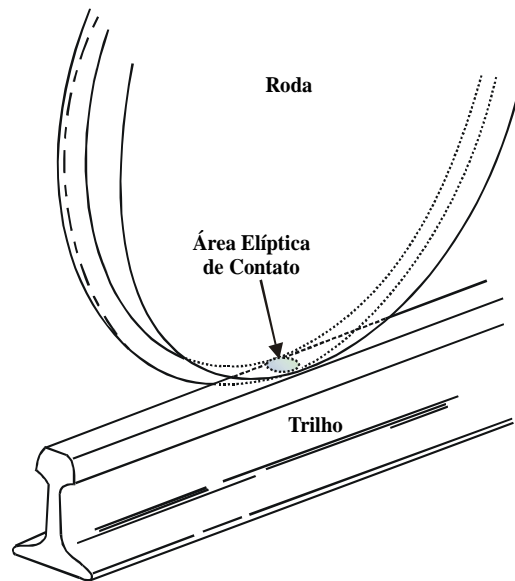


Figura II.7 - Elipse de contato no sistema roda-trilho.  
(CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2000).

PORTO (2004, p.62) cita a fórmula de Hertz (2), para a determinação da pressão máxima na elipse de contato que se forma na interface roda-trilho é dada por:

$$p_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi \cdot a \cdot b} \quad (2)$$

onde os seguintes parâmetros estão representados na Figura II.8:

- P: carga por roda (Kgf)
- $p_{\max}$ : pressão máxima na elipse de contato (Kgf/cm<sup>2</sup>)
- a e b: semi-eixos da elipse (cm)

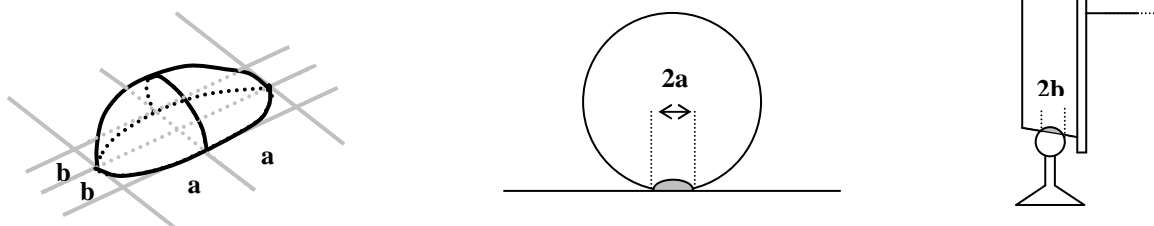


Figura II.8 - Parâmetros da elipse de contato. (PORTO, 2004).

Os valores de a e b dependem do raio da roda, raio de arredondamento do boleto, módulo de elasticidade do aço, coeficiente de Poisson e carga da roda.

Para dimensionar o trilho, obtém-se  $p_{\max}$  a partir do limite de escoamento do aço utilizado: (3)

$$p_{\max} = k \cdot f \quad (3)$$

onde:

- $p_{\max}$ : máxima pressão na elipse de contato ( $\text{kgf/cm}^2$ )
- k: 1.7
- f: limite de escoamento do aço ( $\text{kgf/cm}^2$ )

Obtem-se o raio de arredondamento do boleto substituindo  $p_{\max}$  na expressão de Hertz, uma vez que todos os outros parâmetros da elipse são conhecidos.

Entretanto, existem grandes dificuldades para o desenvolvimento de estudos das tensões na via permanente ferroviária. Atualmente os projetos se baseiam em esforços produzidos por forças estáticas isoladas e na direção vertical, o que não corresponde à realidade, pois as solicitações na via permanente são dinâmicas e tridimensionais.

Para RIVES et al. (1977), apud BASTOS (1999), o estudo teórico das deformações em uma via ferroviária é de grande complexidade, pois as ações introduzidas na via são aleatórias e dinâmicas, dificultando a adoção de modelos matemáticos exatos, devido a fatores como:

- Os elementos da via são muito diferentes entre si;
- Os elementos da via têm rigidez diferente;
- As resistências do lastro e da plataforma são muito variáveis;
- Existência de veículos com características diferentes;
- Diferenças de velocidade.

Segundo CASTELLO BRANCO e FERREIRA (2002), PORTO (2006) e RODRIGUES (2001), apesar dos avanços da tecnologia ferroviária, o conhecimento do mecanismo de deterioração da via permanente ainda é muito limitado, por conta do grande número de variáveis que regem este fenômeno. Muitos estudos têm sido desenvolvidos para estabelecer uma relação analítica que envolva todos os parâmetros relativos às propriedades da via permanente, com o objetivo de se encontrar uma resposta quanto ao momento ideal da manutenção preventiva. O mesmo sugere que, apesar dos inúmeros resultados aplicáveis, uma relação satisfatória entre esse parâmetros não parece existir.

STOPATTO (1987, p.21) cita o Manual da AREA, para a qual, tendo em vista a variada quantidade de parâmetros envolvidos, o cálculo das tensões e das deformações na linha férrea



não pode ser considerado uma ciência exata.

CLARKE (1957), apud BASTOS (1999, p. 41), inclusive afirma:

“...nenhum cálculo de tensões ou deformações na via pode ser considerado exato. As variáveis envolvidas são numerosas, mas um tratamento analítico utilizável é de grande valor para comparação com dados experimentais e para determinação de prováveis tensões na via produzidas por qualquer novo projeto de veículo”.

### II.2.1.3- Desgaste

O desgaste é um fenômeno superficial que ocorre entre peças, devido ao contato entre suas superfícies, uma das quais em movimento, e que resulta em sua deformação gradual ou na modificação de suas dimensões, pelo deslocamento ou pelo arrancamento de partículas, sendo que essa redução de dimensões passa a afetar de sobremaneira sua eficiência. (CHIAVERINI, 1987). BAYER (1994), apud MARU (2003) descreve o desgaste como:

“... um dano superficial, provocado por uma interação mecânica com outra superfície, corpo ou fluido. Nessa interação atuam os chamados mecanismos de desgaste, que envolvem uma série de fenômenos físicos e químicos. A preocupação com o desgaste surge na medida em que o dano se torna tão grande que passa a interferir no funcionamento adequado do dispositivo.”

O trilho, por estar constantemente submetido a diversas solicitações sofrerá, por mais perfeitas que sejam suas características técnicas (ausência de defeitos e um perfil adequado), desgastes em sua estrutura. Estes desgastes são extremamente importantes pois são fator fundamental da economia da via, sendo responsáveis por cerca da absoluta maioria das substituições dos trilhos de uma ferrovia. Os desgastes são mais acentuados nas curvas, principalmente nas curvas de pequeno raio, devido ao atrito dos trilhos com os frisos das rodas. Nas curvas, o trilho inferior ou interno sofre um “achatamento”, e o trilho superior ou externo sofre desgaste da parte interna.

Segundo SILVA (1995), os segmentos de trilho são os componentes ferroviários mais suscetíveis à falha devido a vários fatores, entre eles a alta pressão de contato das rodas em regime de carregamento cíclico e a existência de tensões residuais, causadas pela deformação plástica superficial pelo processo de soldagem, pela variação térmica na linha e pela tensão de projeto (tensão necessária para manter os trilhos alinhados). Dentre os tipos de desgastes existentes, RFFSA (1968, 1979 e 1990) cita os principais:

a) Desgaste vertical: devido à abrasão causada pelo tráfego, através do contato roda-trilho e a corrosão do intemperismo, a superfície de rolamento sofre perda de material, modificando

paulatinamente a geometria do boleto do trilho. Em geral, não se constitui causa determinante para substituição do trilho.

b) Desgaste lateral: esse desgaste tem lugar no boleto dos trilhos externos em curvas. Os frisos das rodas entram em contato com o lado do boleto, ocasionando perda de material por atrito. Depende da qualidade da lubrificação dos trilhos, e influencia na segurança da via, uma vez que pode provocar a excessiva abertura da bitola, ou a ruptura do trilho através da redução do momento de inércia do perfil. É um tipo de desgaste extremamente importante, sendo causa determinante para substituição do trilho. Esses tipos de desgaste estão exemplificados na Figura II.9.

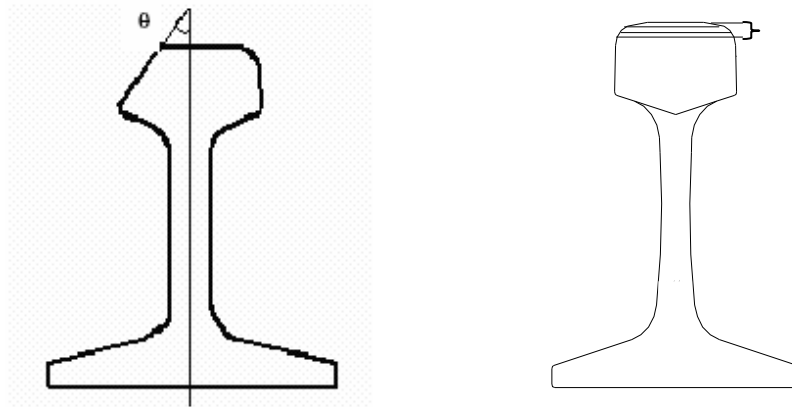


Figura II.9 - Desgastes lateral e vertical do trilho. (SEMPREBONE, 2005).

c) Deformação plástica: outra forma de desgaste é produzido pela deformação plástica de toda a superfície de rolamento do trilho. Inicia-se com a formação de uma ranhura no lado interior do boleto, abaixo da região coberta pelos frisos, após isso forma-se um rebordo de até 5 mm de espessura sobressaindo para a parte exterior do boleto. Esse tipo de deformação dá lugar também a formação de finas lâminas de aço que se desprendem do trilho.

d) Corrugação: são chamadas por corrugação as pequenas áreas polidas (ondulações ou depressões na superfície de rolamento) que ocorrem na superfície de rolamento dos trilhos, guardando entre si distâncias bastante regulares variando de 4 a 5 cm, podendo inclusive atingir a extensão de 10 a 20 cm. Freqüentemente apresentam contornos circulares ou elípticos com diferenças de nível entre ressaltos e repressões de 0,1 a 0,4 mm. As corrugações são indesejáveis e prejudiciais, pois:

- Produzem, especialmente no caso de trens em altas velocidades, um forte ruído sibilante,

desagradável ao passageiro;

- Submete o trilho a rápidas vibrações;
- Afrouxam e desgastam as fixações dos trilhos;
- Aumentam a resistência à tração do veículo.

A via permanente do Metrô Rio utiliza o trilho Vignole, tipo TR-57, significando que um metro de comprimento desse trilho pesa 57 kg. Suas características estão na Tabela II.5. O trilho dos AMV das linhas 1 e 2, são do tipo UIC-60, norma européia, que representa 60 kg/m. A Tabela II.6 mostra a evolução da quantidade de trilhos substituídos no Metrô Rio até 2004.

Tabela II.5 - Características dos trilhos do Metrô Rio. (METRÔ RIO, 2006).

CARACTERÍSTICA	TIPO DE TRILHO	
	CARBONO	LIGA
	CSN	CSN Niobras 200
Carbono	0,69 a 0,82	0,70 a 0,80
Manganês	0,70 a 0,10	1,10 a 1,40
Silício	0,10 a 0,25	0,70 a 0,90
Fósforo	0,04 max	0,035 max
Enxofre	0,05 max	0,03 max
Cromo	xxxxx	xxxxx
Vanádio	xxxxx	xxxxx
Molibdênio	xxxxx	xxxxx

Segundo RIVES, PITA e PUENTE (1977) apud SEMPREBONE (2006), os desgastes dos trilhos podem ser divididos em ordinários e ondulatórios. Os ordinários são aqueles que têm por resultado uma variação substancial da forma da seção do trilho. Já os desgastes ondulatórios se desenvolvem no sentido longitudinal do trilho e têm pouca influência na forma da seção do trilho.

Os desgastes ordinários verticais são causados pela abrasão das rodas e pela corrosão devido às intempéries. A corrosão da superfície de rolamento é a grande responsável pela perda de material, em vias de tráfego muito intenso.

Os desgastes ordinários laterais ocorrem principalmente nas curvas, acentuando-se nas de pequeno raio e também em retas onde há irregularidades na via. Tais desgastes devem-se à pressão horizontal dos frisos das rodas contra a face lateral do boleto. A soma dos desgastes vertical e lateral resulta no desgaste total.

BRINA (1979) relaciona duas maneiras para aumentar a vida útil dos trilhos, no que se refere à sua fabricação: fazendo-se um tratamento térmico adequado dos trilhos, e utilizando-se aços-liga especiais em sua fabricação.

Entretanto, CHIAVERINI (1987) desaconselha a aplicação de tratamentos térmicos como forma de endurecimento superficial dos trilhos, devido a dificuldades de ordem prática, pois resultaria em empenamentos devido ao seu grande comprimento. Tais procedimentos, porém, podem ser aplicados em pedaços curtos ou em seções especiais usadas em cruzamentos.

Quanto ao objetivo de aumentar a dureza através da adição de elementos de liga, principalmente manganês e cromo, com o conseqüente aumento da resistência ao desgaste, o mesmo autor também descarta sua aplicação comercial devido aos custos elevados, a não ser em casos específicos de seções de cruzamentos ou desvios onde a linha é muito sobrecarregada.

LUDEMA (1988), apud MARU (2003) relaciona uma série de fatores que podem afetar o coeficiente de atrito, afetando diretamente o desgaste:

- Parâmetros operacionais: umidade, temperatura, velocidade e pressão de contato;
- Lubrificantes
- Propriedades dos materiais;
- Propriedades superficiais.

Correlacionando-se com os fatores de corrugação, destacam-se dentre as diversas medidas para redução do desgaste de trilhos as seguintes: (RFFSA, 1979).

- Emprego de superelevação adequada ao tráfego da ferrovia;

- Lubrificação das superfícies de contato dos frisos das rodas com o trilho, pelo uso de lubrificantes instalados ao longo da linha e nas composições;
- Escolha de perfis adequados de rodas e trilhos;
- Utilização de trilhos com características especiais de resistência à abrasão.

#### II.2.1.4- Tolerâncias ao desgaste

O desgaste lateral, como já citado, é mais acentuado nas curvas. A altura do boleto deve ser superior ao exigido pelas condições de segurança afim de atender ao desgaste, que pode atingir até 12 mm em vias principais e 15 mm em vias secundárias. (RFFSA, 1968).

A largura do boleto deve guardar com sua altura uma relação tal que o desgaste lateral não obriga a substituição do trilho antes que o mesmo tenha atingido o limite de desgaste vertical. A relação altura por largura do boleto é de aproximadamente 1,6 a 1,8. (BRINA, 1979).

É aceito um desgaste de até 25% da área do boleto. Ferrovias de grande e volume de tráfego estenderam esse limite a 30% sem que tenham sido observados maiores problemas. Para o desgaste lateral do boleto admite-se que o ângulo formado pela superfície desgastada e a normal à superfície de rolamento possa atingir de 32° a 34° no mínimo.

De acordo com SEMPREBONE (2005), a CPR desenvolveu um projeto em uma de suas linhas verificar a possibilidade de aumento dos limites de desgaste do trilho, utilizando um aço mais endurecido para os trilhos. Foi feito o esmerilhamento para otimização do perfil do trilho sempre que necessário, através do acompanhamento das tensões no contato roda-trilho, e o desgaste em cada curva foi controlado através de medição regular, e as taxas de desgaste do material foram avaliadas para se determinar o momento de remoção do trilho. E segundo RONEY e MEYLER, apud SEMPREBONE (2005):

“...com estas medidas, os novos limites de desgaste subiram de 25% de perda em área do boleto para de 35 a 40%. Verificou-se que os limites prolongados não aumentam o risco de falha, mas, além destes limites, o trilho se desgastava muito rapidamente, podendo ocorrer fratura nele. O conhecimento exato da condição de desgaste do trilho, todavia, permitiu prever com exatidão o momento certo de substituição do trilho. Com isto, o custo foi reduzido, possibilitando um aumento da carga por eixo da via.”

A perda de peso admissível é de 10% para trilhos até 45 kg/m e de 15 a 20% para trilhos de maior peso. (BRINA, 1979). CASTELLO BRANCO e FERREIRA (2002) apresentam a Tabela II.7, elaborada pela AREMA (1976), para trilhos reutilizados, em consonância com a Norma IVR-15 (RFFSA, 1991), e a Figura II.10, elaborada pela CPR - *Canadian Pacific Railroad*, para o acompanhamento do desgaste dos perfis dos trilhos.

Tabela II.7 - Limite de desgaste do boleto para trilhos reutilizados. (AREMA, 1976)

Vias de utilização	Perfil de trilho	Máximo desgaste vertical (mm)	Máximo desgaste lateral (mm)	Observações
1. Vias principais	TR-68	5,6	12,7	Admitidas mínimas queimas por patinação e corrugações.
	TR-57	3,2	7,9	
	TR-45	3,2	3,2	
2. Ramais principais	TR-68	10,3	19,1	Admitidas pequenas queimas por patinação e corrugações.
	TR-57	7,9	19,1	
	TR-45	6,4	4,8	
3. Ramais secundários	TR-68	15,1	22,2	Admitidas queimas por patinação e corrugações médias e oxidadas.
	TR-57	9,5	19,1	
	TR-45	7,9	7,9	
4. Pátios	TR-68	16,7	25,4	Admitidas queimas por patinação e corrugações quaisquer, contanto que não tenham fraturado o trilho.
	TR-57	12,7	22,2	
	TR-45	9,5	9,5	

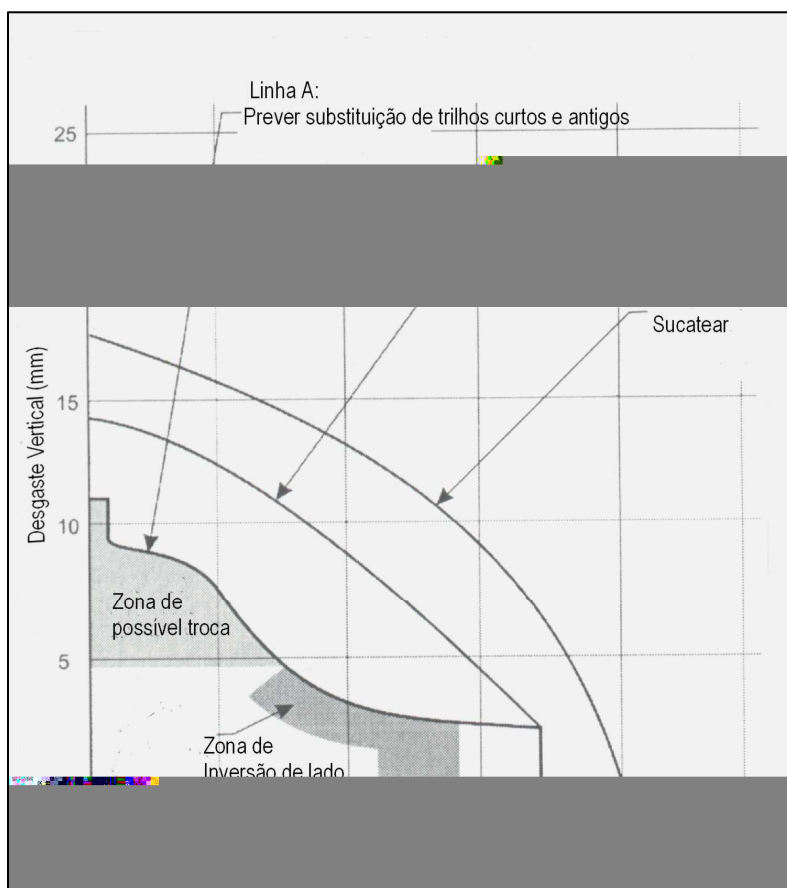


Figura II.10- Gerenciamento do desgaste do TR-57.  
(CASTELLO BRANCO e FERREIRA, 2002)

A RFFSA (1968) recomenda a substituição do trilho da via quando:

- a) O chanfro provocado pelo desgaste lateral nas curvas atinge a aresta da face interior do boleto.
- b) É atingido o limite de desgaste total, calculado através da soma entre o desgaste vertical e a metade do desgaste lateral, sendo este medido a 15 mm abaixo da superfície de rolamento, e comparando-se o resultado com os seguintes valores da Tabela II.8:

Tabela II.8- Limite de desgaste total para trilhos. (RFFSA, 1968).

Tipo de trilho	Tonelagem bruta anual	Desgaste máximo total (mm)	Desgaste máximo vertical (mm)
68	>14	11	-
	2 a 14	13	-
	Até 2	16	14
57	>14	10	10
	2 a 14	12	10
	Até 2	15	10
45	2 a 14	10	6
	Até 2	11	6
37	2 a 14	10	5
	Até 2	13	5

Para um cálculo estimado da vida útil do trilho, vários autores citam a fórmula (4) desenvolvida pela AREMA (válida para tangentes ou curvas com raios superiores a 1.800 m):

$$T = K.W.D^{0,565} \quad (4)$$

onde:

T = vida útil em milhões de toneladas brutas transportadas

K = constante representativa das condições de tráfego = 0,545 (valor usado em ferrovias americanas)

W = peso do trilho em lb/jd

D = volume do tráfego em milhões de toneladas brutas por ano

Tal expressão, segundo MEDEIROS (1987), é mais precisamente aplicável a trilhos com peso igual ou acima de 50 kg/m. MEDEIROS (1978) também relaciona as curvas ao maior desgaste nos trilhos, sendo tanto maior quanto menor o raio da curva, maior a base rígida dos veículos e menor a superelevação. Para este autor, curvas com raio entre 800 e 1.400 m este

tipo de desgaste constitui um fator importante para a vida útil do trilho. Cita como alternativas para a redução deste tipo de desgaste a manutenção da superelevação adequada e a instalação de lubrificadores de linha, além do aumento ao máximo do limite externo da bitola.

### II.2.2- Dormentes

O dormente é o elemento da superestrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir do trilho para o lastro, os esforços produzidos pelos veículos que utilizam a via, servindo também como suporte dos trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles. É responsável também pela absorção de parte das vibrações causadas pelo tráfego e pela ancoragem dos trilhos no lastro. De um dormente são requeridas as seguintes características: (RFFSA, 1979).

- Que as suas dimensões, no comprimento e na largura, forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse valores admissíveis;
- Que possua espessura suficiente para ter a necessária rigidez, permitindo entretanto certa elasticidade;
- Que tenha resistência suficiente aos esforços que serão despertados pelos veículos;
- Que sejam duráveis;
- Que permitam, com facilidade, o nivelamento do lastro e socaria em sua base;
- Que permita uma ancoragem conveniente da via no lastro, opondo-se aos deslocamentos transversais ou longitudinais dos mesmos, induzidos quer por veículos ou por dilatação/retração;
- Que permita ao trilho uma fixação firme sem ser excessivamente rígida;
- Que permita boas condições de isolamento elétrico.

Quanto ao material os dormente podem ser de:

- Madeira;
- Concreto (protendido, misto, polibloco);
- Aço;
- Materiais sintéticos.

Quanto à forma os dormentes podem ser encontrados:

- a) Semi-dormentes colocados debaixo dos trilhos sem nenhum tipo de união transversal entre eles.



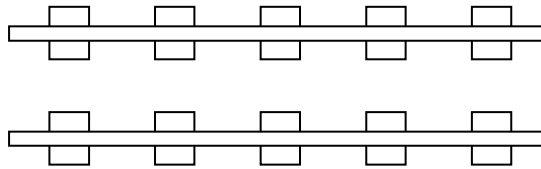


Figura II.11 - Semi-dormentes.

b) Dormentes bi-blocos, unidos por uma haste de aço.

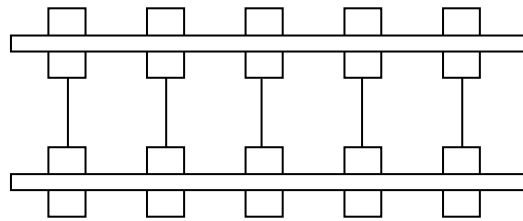


Figura II.12- Dormentes bi-blocos.

c) Dormente polibloco, compostos de 3 blocos ou de 2 blocos, com material elástico colocado entre eles para desempenhar o papel de rótulas, e protendidos longitudinalmente.

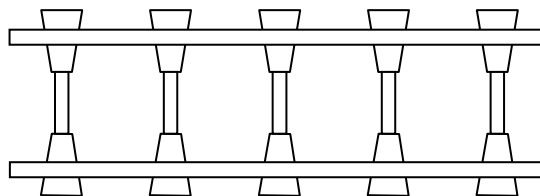


Figura II.13- Dormentes polibloco.

d) Dormentes monobloco formados por uma só peça, com seção aproximadamente constante.

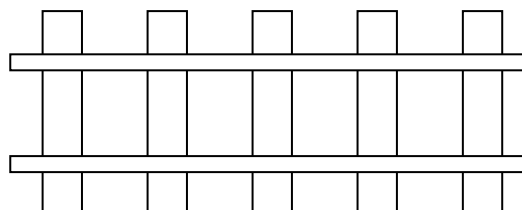


Figura II.14 - Dormentes monobloco.

No Anexo 7 são relacionadas as principais características estruturais dos dormentes.

### II.2.3- Lastro

É a camada intercalada entre os dormentes e a plataforma, que pode ser o sub-lastro, concreto (em túneis ou pontes), ou camada de terraplanagem. O lastro possui seção trapezoidal, que é adequadamente dimensionada para absorver parte dos esforços transmitidos pelos dormentes. São reconhecidas as seguintes funções do lastro: (RFFSA, 1979).

- Distribuir convenientemente sobre a plataforma os esforços que recebe das cargas dos veículos, de tal forma que as tensões nesta sejam compatíveis com sua capacidade de suporte;
- Amortecer, devido a sua estrutura pseudo-elástica, as trepidações provenientes da passagem das composições;
- Ancorar a via, evitando deslocamentos longitudinais, ou transversais, dos trilhos;
- Suprimir as irregularidades da plataforma, proporcionando uma superfície contínua e suave para o assentamento dos dormentes e dos trilhos;
- Permitir uma boa drenagem da superestrutura;
- Proteger a plataforma das variações de umidade devidas ao meio ambiente;
- Retardar o crescimento da vegetação;
- Facilitar a manutenção da qualidade geométrica da via mediante operações de alinhamento e nivelamento;
- Atuar como isolante elétrico.

Devido a estas importantes funções, os materiais empregados como lastro devem possuir determinadas características em relação à sua natureza, granulometria, geometria das partículas e resistência ao choque e ao desgaste.

Para poder suportar elasticamente as cargas que a via lhe transmite, o lastro necessita ser socado (compactado) e isto exige que os materiais empregados como lastro resistam à socaria sem se fragmentar.

A granulometria é importante não só sob o aspecto de facilitar a drenagem, mas também na ancoragem dos dormentes. Estudos feitos pela SNCF - *Société Nationale des Chemins de Fer* concluíram que a resistência lateral da via diminui à medida que o tamanho das partículas cresce, pois partículas de grandes dimensões não conseguem dar um apoio suficiente à via. (MEDEIROS, 1980).

Quanto à geometria das partículas é necessário que estas possuam formas geométricas

com arestas vivas. A necessidade das arestas vivas é a de ocasionar o devido travamento interno do lastro. Forma lamelares ou alongadas dificultam a socaria, originando excessivas deformações plásticas, sendo a forma cúbica a mais eficiente. (MEDEIROS, 1980).

Os veículos ao se deslocarem provocam uma onda de avanço sobre a via, o que tende a desgastar rapidamente o lastro. Portanto, as partículas do lastro devem possuir boa resistência ao desgaste e também ao choque. KARIMOV, apud MEDEIROS (1980) concluiu através de vários ensaios que a resistência ao choque de diferentes tipos de rocha aumenta à medida que sua capacidade de absorção de água diminui.

Vários materiais podem ser utilizados como lastro. MEDEIROS (1980) relaciona algumas características e propriedades intrínsecas a alguns deles:

- Terra: é um péssimo material para ser adotado como lastro, pois não oferece nenhuma das qualidades apresentadas anteriormente;
- Areia: como qualidades a areia é pouco compressível e permeável, porém é facilmente levada pela água;
- Cascalho: é um bom tipo de lastro, mas deve ser quebrado para formar arestas vivas;
- Escórias de alto forno: algumas escórias possuem características necessárias e seu emprego é justificado nas proximidades de siderúrgicas pelo fato de ser uma material abundante e barato;
- Pedra britada: é o melhor tipo de material por ser resistente, inalterável aos agentes atmosféricos, permeável, não produz poeira, é limitadamente elástica e permite uma perfeita socaria. A pedra britada deve ser proveniente de uma rocha dura, como granito, basalto, quartzito, diorito, gneiss, desde que satisfaça às especificações.

#### II.2.4- Sub-lastro

Um outro aspecto importante ligado ao funcionamento do lastro deve também ser considerado. Quando executado diretamente sobre o sub-leito, sem a interposição de uma camada de sub-lastro, o agregado penetra gradativamente no solo do sub-leito. Esse efeito resulta da ação combinada do tráfego e da água. Desse modo, pouco a pouco, há uma ascensão dos agregados mais finos do sub-leito para o lastro, ocasionando a deformação da linha. Assim, a execução de uma camada intermediária entre o lastro e o sub-leito, se afigura necessária, funcionando como camada anti-contaminante e assegurando um comportamento adequado ao lastro. (MEDEIROS, 1980). O sub-lastro tem duas funções principais: (RFFSA, 1979).

- Estruturalmente, consiste em absorver parte das pressões recebidas do lastro, transmitindo

ao terreno de fundação apenas a parcela compatível com a capacidade de suporte deste;

- É a camada anti-contaminante, evitando a penetração do agregado do lastro e conseqüente bombeamento de finos do sub-leito para o lastro culminando com a deformação da linha.

Como, de outra parte, lastro e sub-lastro devem constituir um suporte contínuo da superestrutura da linha, bastante resistente ao mesmo tempo que flexível, o sub-leito deve ter algumas das qualidades ou funções de lastro, tais como: ser flexível, transmitir ao terrapleno as cargas através do lastro e permitir uma saída natural das águas pelas margens da plataforma, conseguindo-se assim, uma drenagem eficiente e permanente.

### II.2.5- Fixações

Entende-se por fixação o conjunto de dispositivos destinados a fixar o trilho no dormente ou à placa de apoio do trilho.

De acordo com a classe da linha, definida pela sua densidade de tráfego, essa fixação vai do simples prego de linha sem placa de apoio até o mais sofisticado tipo existente.

Dentre as muitas fixações existentes são distinguidos dois grandes grupos: o de fixações flexíveis ou elásticas e o grupo das fixações rígidas.

As fixações flexíveis possuem a característica de absorverem parte dos choques e das vibrações provocados na via permanente pela passagem dos veículos. As fixações rígidas, por outro lado, praticamente limitam-se a transmitir as solicitações do trilho para o dormente. Na fixação rígida o material deve prender o trilho de tal modo que ele só possa se movimentar verticalmente se solidário com o dormente.

Na fixação elástica o elemento fixador é dotado de uma mola de tal modo que permite ao trilho pequeno movimento vertical independente do dormente. A placa de apoio se interpõe entre o trilho e o dormente permitindo melhor distribuição de cargas sobre o dormente. É usada praticamente sempre em curvas ou em toda a linha quando o tráfego assim o exigir. (RFFSA, 1979). Nos dormentes de concreto a fixação é sempre elástica, de efeito retensor elevado. Em geral o fabricante apresenta a fixação mais adequada ao mesmo.

Segundo BASTOS (2006), com o desenvolvimento de novos materiais, atualmente há uma tendência acentuada do uso preferencial das fixações elásticas. As principais vantagens desse grampos elásticos são:

- Sistema com um menor número de peças;
- Reduzida estocagem;
- Não necessitam de dispositivos anti-escorregamento, ou diminuem sua necessidade;
- Montagem e desmontagem relativamente simples e rápida;

- Longa vida útil;
- Manutenção fácil.

Além dos deslocamentos transversais, os trilhos possuem também a tendência de realizarem deslocamentos no próprio sentido de seu comprimento devido principalmente a:

- Reação aos esforços de frenagem;
- Alongamento e encurtamento devido a ação térmica;
- Ação dinâmica das rodas sobre os trilhos;
- Reação aos esforços longitudinais transmitidos pela roda ao boleto do trilho;
- Flexão do trilho.

Afim de evitar esses deslocamentos foram criados dispositivos que, colocados na linha, transmitem dos trilhos para os dormentes os esforços responsáveis pelos deslocamentos. A esse acessório é dado o nome de retensor. Normalmente é preso ao patim do trilho por pressão, ficando encostado à face vertical do dormente, e, através desse contato, lhe transmite os esforços longitudinais.

#### II.2.6- AMV - Aparelho de Mudança de Via

Aparelhos de mudança de via são dispositivos assentados nas linhas que permitem desviar os veículos de uma via para outra, sem interromper o fluxo operacional. Todo AMV tem seu início antes da chave e seu término após o jacaré. Um AMV é composto de três regiões distintas:

- Região da chave, composta pelo o par de agulhas, seus trilhos de encosto, placas de deslizamento e apoio além das barras de conjugação e auxiliares, cuja função é direcionar o sentido de tráfego que se quer dar a composição que vai acessar o AMV;
- Região do cruzamento, composta pelo jacaré, contratrilhos e os trilhos de encosto do contratrilho, cuja função é permitir, a real transposição de uma via para outra, através do acesso dos frisos das rodas às “pontas” reais do núcleo do jacaré;
- Região de ligação, que compreende os trilhos intermediários, com suas placarias, que ligam a chave ao cruzamento.

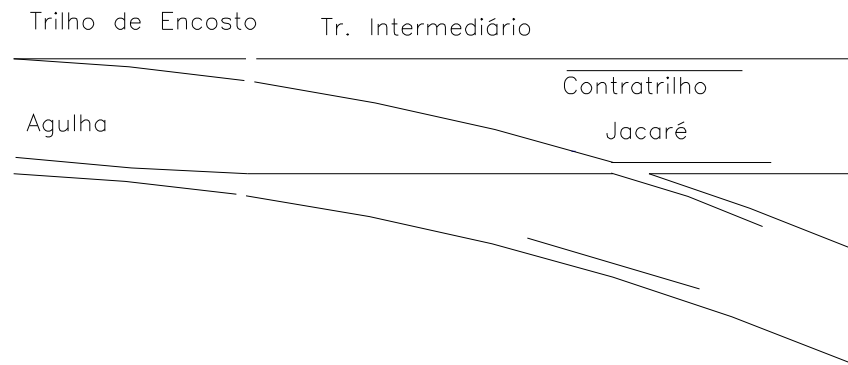


Figura II.15- Componentes de um aparelho de mudança de via. (OLIVEIRA, 2006).

Os Anexos 8 e 9 apresentam, respectivamente, um glossário de termos ferroviários e as normas da ABNT, relativos à via permanente, pertinentes ao assunto abordado por esta pesquisa.

### II.3- Os Sistemas Metroviários

Metrô é um tipo especial de trem urbano, sendo que uma de suas principais diferenças é o fato de ser tipicamente subterrâneo e dedicado ao transporte de passageiros em redes de malha relativamente apertada e com elevada inter-modalidade, com outros meios de transporte, ou seja, há uma grande integração entre os demais meios de transportes. A palavra é resultante da abreviação popular da palavra metropolitano, pois normalmente ficam limitadas as linhas às suas respectivas áreas metropolitanas. (ANTP, 2006).

A primeira linha de metrô do mundo foi construída em Londres e inaugurada em 1863. Em decorrência da necessidade de um meio de transporte eficiente com alta capacidade de transporte de passageiros entre o centro da cidade e seus subúrbios.

Como uma ferrovia normal implicaria na demolição de vários prédios e estruturas, engenheiros decidiram construir uma linha ferroviária no subsolo, usando trens a vapor. Vários escapes ao longo dos túneis removiam os gases emitidos pelos trens.

Em torno da década de 1880, os primeiros trens elétricos apareceram, e rapidamente substituíram os trens a vapor, até as atuais composições mais rápidas e totalmente automatizadas.

Pode ser energizado através de cabos suspensos, opção mais cara de se manter ou através de um terceiro trilho no solo, que acompanha o par de trilhos principal. Esta última opção é mais barata de se manter, mas possui o inconveniente de ser altamente perigosa, caso uma pessoa esteja próxima ou nos trilhos principais.

Quanto ao setor metroviário no Brasil, as duas maiores capitais do País são atendidas por empresas importantes no que tange o transporte público: O Metrô de São Paulo, empresa do Governo do Estado, e o Metrô Rio, gerenciado pelo consórcio privado Opportrans.

#### a) O Metrô de São Paulo

A primeira linha do metrô paulistano foi a 1-Azul, ou anteriormente chamada de Linha Norte-Sul inaugurada em 14 de setembro de 1974. A escolha do traçado, ligando dois bairros afastados, cortando a área central da cidade, foi devido a inexistência de alternativas de transporte coletivo ferroviário para os moradores e à preocupação de descongestionar o trânsito já caótico do centro de São Paulo. Foi esta linha que marcou o nascimento do Metrô de São Paulo e foi nela que se concentraram as disputas que exigiram as opções tecnológicas que iriam fazer do metrô paulistano um dos mais velozes e modernos do mundo. No dia 26 de setembro de 1975, a operação comercial foi estendida para toda a Linha 1-Azul.

Estava pronta a primeira linha de metrô paulistana, com 16,7 km de extensão e 20 estações. Transporte de alta capacidade, rápido e seguro, o Metrô começava a cumprir seu papel: melhorar a qualidade de vida do morador de São Paulo, poupando o seu tempo gasto com locomoção para que ele pudesse dedicar mais espaço ao lazer, ao trabalho e à vida pessoal.

Em 14 de setembro de 2005, o Metrô de São Paulo, o primeiro do país, completou 31 anos de operação comercial. Até o dia 28 de fevereiro de 2005, o Metrô atingiu a expressiva marca de 15.021.253.881 passageiros transportados. Nesse mesmo período, os 117 trens da frota metroviária, que servem as quatro linhas atuais (1-Azul, 2-Verde, 3-Vermelha e 5-Lilás) percorreram 266.094.372 quilômetros. A média diária de passageiros transportados no sistema é de 2,5 milhões de usuários. (METRÔ DE SÃO PAULO, 2005).

#### b) O Metrô do Rio de Janeiro

Desde 1928, quando a população da cidade do Rio de Janeiro era de pouco mais de um milhão de habitantes, o metrô já era percebido como o meio de transporte capaz de resolver a questão do tráfego urbano (ANTP, 2006).

Por essa ocasião vários estudos foram apresentados, até que na década de 40 do século passado, a Light ofereceu um projeto comprometendo-se a abrir a linha do metrô e construir as estações, pedindo para isso, um acréscimo de 100 réis sobre o preço da passagem de bonde, de então. Caberia ao Governo do Distrito Federal a responsabilidade de comprar os trens, enquanto à Light a operação por tempo determinado. Entretanto, não houve desdobramento dessa proposta.

Somente em 1966, o Governo do Estado da Guanabara determinou a constituição de um grupo de trabalho para estudar a implantação de um sistema de metrô.

Em 13/12/1968, sob supervisão da Comissão Executiva de Projetos Específicos - METRÔ, foi aprovado o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Metropolitano do Rio de Janeiro, elaborado pelo consórcio brasileiro-alemão, integrado pelas firmas Companhia Construtora Nacional, Hochtief e Deutch Eisenbahn Consulting, com participação efetiva de cinquenta por cento de técnicos brasileiros.

Criada em 14 de novembro de 1968 pela Lei Estadual nº 1736, a Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro - METRÔ, passou efetivamente a operar a partir de março de 1979 (METRÔ RIO, 2006).

Vinculada à Secretaria de Estado de Transportes, a empresa foi constituída como sociedade de economia mista, de capital autorizado, regida pela Lei Federal nº 6.404/76, com a finalidade primordial de construir, implantar e operar o sistema metroviário do Rio de Janeiro.

O Metrô do Rio de Janeiro foi inaugurado em março de 1979, durante a administração do governador Chagas Freitas. O início das operações contou com apenas 5 estações: Praça Onze, Central, Presidente Vargas, Cinelândia e Glória, no horário de 9h às 15h.

Nos primeiros 10 dias, o sistema transportou mais de meio milhão de pessoas, com uma média diária de 60 mil usuários. O maior movimento da operação foi na estação Cinelândia, com mais de 1/3 do total de passageiros. Na época, o Metrô funcionava com apenas 4 trens de 4 carros, com intervalos médios de 8 minutos.

Em dezembro do mesmo ano, a operação comercial ampliou suas atividades até às 23h, inclusive aos sábados.

No ano seguinte o sistema metroviário começava a ser ampliado com a inauguração das estações de Uruguiana e Estácio. As 2 novas estações desencadearam uma demanda maior de passageiros, o que obrigou a empresa a aumentar o número de carros nos trens de 4 para 6.

A estação Carioca, onde circula o maior número de passageiros - mais de 80 mil por dia (METRÔ RIO, 2006) - foi concluída em janeiro de 1981. No mesmo ano foram inauguradas também as estações Catete, Morro Azul - hoje, Flamengo - e Botafogo. Ainda em novembro deste ano foi inaugurada a linha 2, que contava apenas com as estações São Cristóvão e Maracanã. Em dezembro, completando o trecho sul da linha 1, foi inaugurada a estação Largo do Machado.

Em 1982, começaram as inaugurações complementares do trecho norte, com o início das operações das estações de Afonso Pena, São Francisco Xavier e Saens Peña.

O ano de 1984 foi marcado pelo início da operação comercial da linha 2 com 5 trens nos dias úteis, em intervalos de 5' 30" durante a semana. Seguindo o cronograma de expansão, a estação Triagem foi inaugurada em julho de 1988, ano em que ocorreu a criação do bilhete de integração Metrô/Trem.

Em 1991 foi inaugurada a estação Engenho Rainha. De 1991 até 1996, duas estações



foram inauguradas. Tomás Coelho (1996) e Vicente de Carvalho. Nesse período, o intervalo das 9 composições da linha 2 passou a ser de 6 minutos.

Em julho de 98, o fato marcante para um dos bairros mais tradicionais do Rio foi a inauguração da estação Cardeal Arcoverde, em Copacabana, uma verdadeira obra de arte.

Em agosto e setembro do mesmo ano, iniciaram as operações de mais 5 estações: Irajá, Colégio, Coelho Neto, Engenheiro Rubens Paiva, Acari/Fazenda Botafogo e Pavuna.

Dia 19 de dezembro de 1997, na Bolsa de Valores do Rio, o Consórcio Opportrans adquiriu o direito de explorar o serviço metroviário, durante 20 anos, assumindo em abril de 1998, o controle do serviço de transporte público metroviário.

Durante os 19 anos em que a operação comercial permaneceu sob a responsabilidade do METRÔ, foram construídas e implantadas 15 estações da Linha 1, interligando Botafogo à Tijuca, e 9 estações da Linha 2, do Estácio a Vicente de Carvalho.

Em abril de 1998, foi concedida à iniciativa privada a operação e a manutenção da rede metroviária, sendo esses serviços transferidos para a empresa Opportrans Concessão Metroviária S/A - Metrô Rio, por um período de 20 anos. A companhia transporta cerca de 500 mil passageiros por dia. (METRÔ RIO, 2006).

Após a concessão, atendendo a compromissos contratuais, foram ainda inauguradas as estações de Cardeal Arcoverde e Siqueira Campos da Linha 1, e as estações de Irajá, Colégio, Coelho Neto, Acari/Fazenda Botafogo, Eng<sup>o</sup> Rubens Paiva e Pavuna, da Linha 2. Hoje a Linha 1 contempla 17 estações, num total de 13,9 km e a Linha 2, 16 estações, para uma extensão de 21,7 km. O Anexo 10 apresenta a abreviatura das estações do Metrô Rio, utilizadas nos seus planos de manutenção.

Através do Decreto nº 27.898 de 9 de março de 2001 ( complementado pelo Decreto nº 28.313 de 11 de maio de 2001) o Governador determinou a cisão da Cia do Metropolitano do RJ em duas empresas: uma a ser liquidada (onde permanecem os ativos e a relação empregatícia dos funcionários) e a outra que é a responsável pelas atividades de planejamento, projetos e obras de expansão do metrô.

No dia 25 de maio de 2001, a Cia do Metropolitano do RJ realizou a Assembléia que efetivou a cisão, criando a Companhia de Transportes sobre Trilhos do Estado do Rio de Janeiro - Rio Trilhos. Desde então, a concessionária tem sob seu controle a administração e a operação do Metrô Rio, ficando a Rio Trilhos responsável pelas futuras expansões da rede metroviária.

Na Figura II.16 está delineado o esquema de linhas do Metrô Rio.



Figura II.16 - Esquema de linhas do Metrô Rio. (METRÔ RIO, 2006)

#### II.4- A Gerência de Manutenção do Metrô Rio

O órgão estrutural objeto de estudo foi a Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina, ligada à Gerência de Manutenção, subordinada por sua vez à Diretoria de Operações. À Gerência de Manutenção cabe realizar o planejamento, programação, execução e controle de todas as atividades de manutenção dos sistemas de Material Rodante (trens) e de Instalações Fixas (via permanente, energia, sinalização, piloto automático e demais sistemas de suporte), garantindo a oferta de viagens com disponibilidade, confiabilidade e qualidade dos equipamentos e instalações para a produção dos transportes das Linhas 1 e 2. São suas tarefas principais:

- Atuar na manutenção dos Sistemas Auxiliares (Energia, Escadas Rolantes, Refrigeração,

Ventilação Primária, Bombeamento, Telecomunicação, Tráfego, Bilhetagem, Via permanente e Equipamentos);

- Atuar na manutenção dos túneis, viadutos, oficinas e pátios;
- Executar a manutenção dos equipamentos eletrônicos em nível de laboratório;
- Atuar na manutenção dos veículos metro-ferroviários para as manobras de trens e auxílio à manutenção;
- Supervisionar obras e fornecedores;
- Atuar na manutenção da frota de trens Metrô.

A mesma divide-se em 4 áreas, ou Coordenações:

a) Material Rodante

- Manutenção preventiva, corretiva e testes nos carros Metrô e articulado.
- Responsável pelo restabelecimento do Material Rodante, seus equipamentos e componentes.
- Conservação dos trens.
- Administra as oficinas de ar condicionado, elétrica e mecânica, responsáveis por manter e disponibilizar equipamentos utilizados na frota.

b) Eletrônica

- Manutenção dos Sistemas Eletrônicos Operacionais (Sinalização, Pilotagem Automática, Teletransmissão, Comando Centralizado).
- - Telefonia dos Trens, Cronometria - Hora Operacional, Sonorização, Telefonia, VHF - Rádio Comunicação, Bilhetagem - Torniquetes, regulação do tráfego e manutenção laboratorial das unidades de reposição dos sistemas.

c) Eletromecânica

- Manutenção do sistema de energia (subestações principais, auxiliares e retificadoras, cabos, alta e baixa tensão), do sistema de bombeamento (poços de drenagem, esgoto sanitário, abastecimento de água potável e incêndio), das escadas rolantes, esteiras rolantes e elevadores de deficientes, dos sistemas de ventilação primária e refrigeração central, das máquinas das oficinas, além da operação local das subestações.

d) Vias, Estruturas e Oficina - CVEO

- Manutenção Preventiva e Corretiva da Via Permanente (trilhos, dormentes, aparelhos de mudança de via, 3º trilho, lastro, entre outros), dos Veículos Auxiliares (Locotratores, Autos de

Linha e Pranchas) e das instalações civis dos túneis, galerias e viadutos existentes ao longo das Linhas 1 e 2 e pátios do CM e de MGR.

A Gerência de Manutenção tem estreita relação com a Gerência de Engenharia, que é responsável pelas seguintes atividades:

- Desenvolve projetos para melhoria e atualização dos trens, estações, sistemas, equipamentos e serviços a disposição dos clientes.
- Planeja o serviço de transportes a ser ofertado aos clientes.
- Avalia os resultados dos serviços prestados, informando as demais áreas da empresa.
- Responde pelo acompanhamento do contrato no que diz respeito aos indicadores.
- Acompanha e controla os custos e orçamentos das áreas que compõe a diretoria de operações.
- Responsável pelo desenvolvimento de novos fornecedores de peças, equipamentos, projetos especiais e pela interação com Centros de Estudos de Tecnologia e Universidades para adequação de soluções específicas que não encontram similares no mercado nacional.

As estruturas da Gerência de Manutenção e da Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina estão representadas nas Figuras II.17 e II.18, respectivamente.

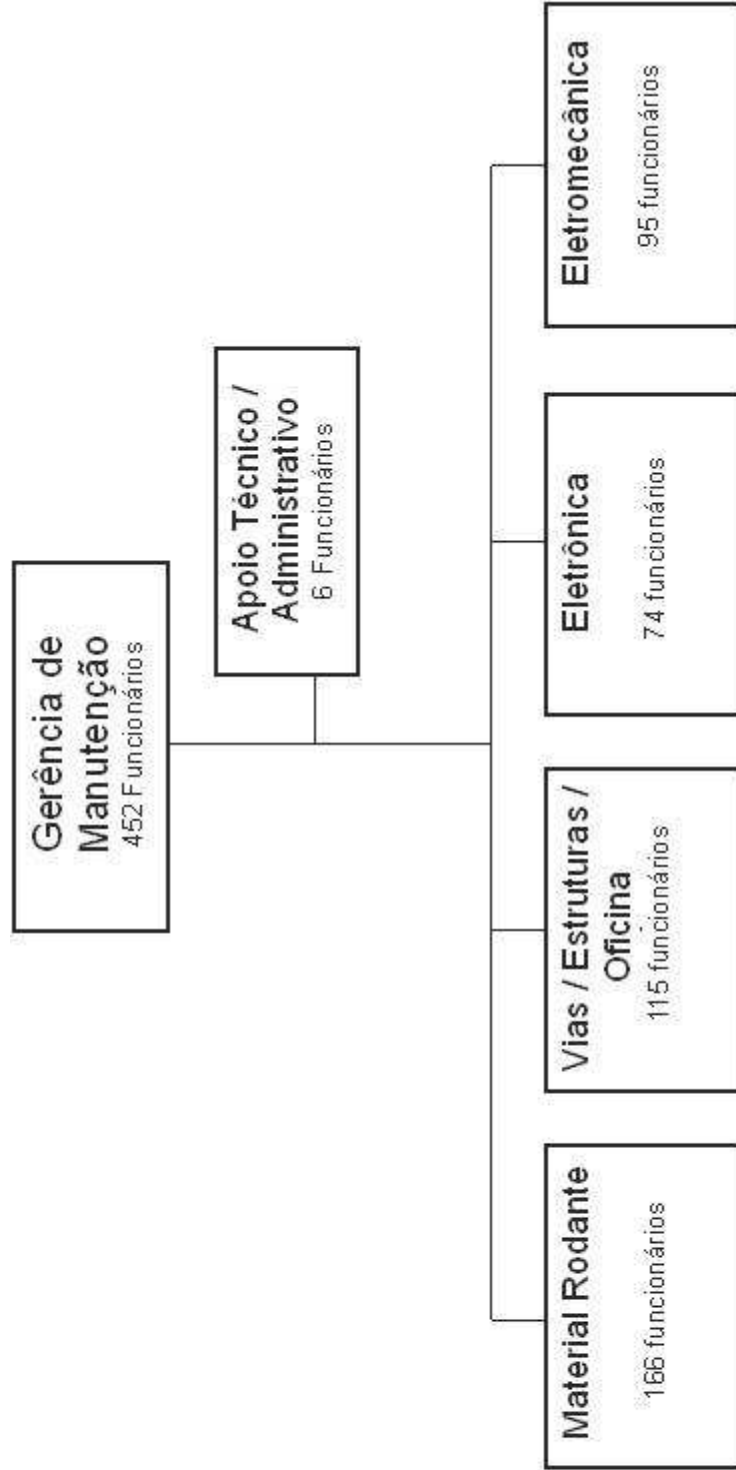


Figura II.17 - Gerência de Manutenção (METRÔ RIO, 2006).

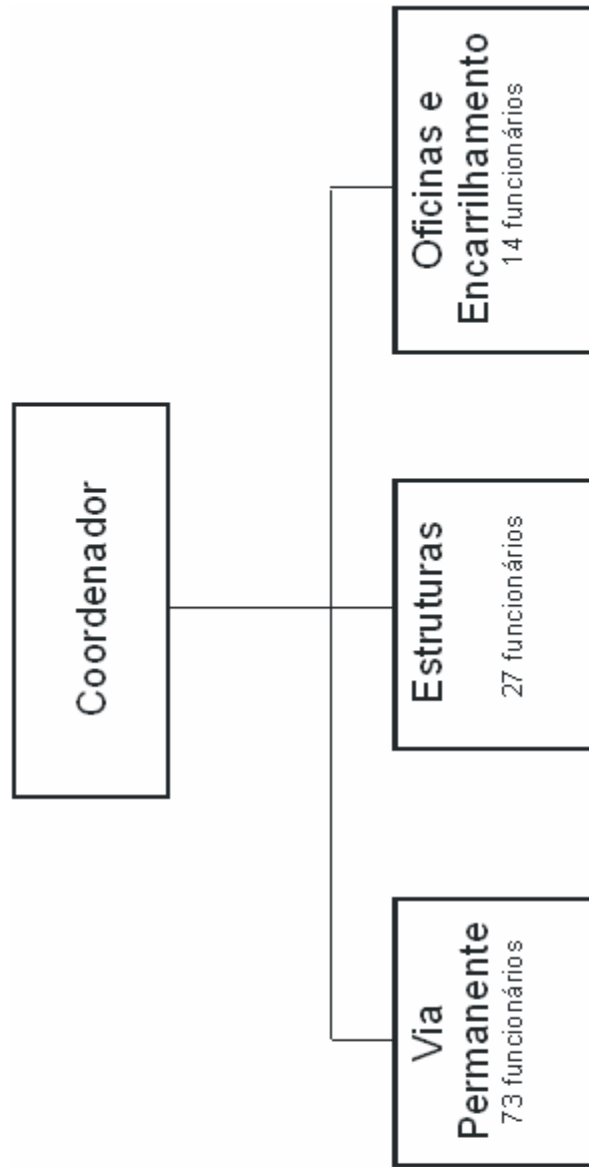


Figura II.18 - Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina – CVEO (METRÔ RIO, 2006).

#### II.4.1- Custos de Manutenção da Via Permanente

De acordo com CASTELLO BRANCO e FERREIRA, (2002), as ferrovias que operam com altas densidades de tráfego e cargas por eixo, denominadas *heavy haul*, apresentam uma série de problemas na área de manutenção, específicos do rigor de suas condições operacionais, especialmente a rápida degradação dos componentes do sistema de contato roda-trilho.

A maior parte das ferrovias brasileiras, por sua idade média de 50 anos, considerando-se a criação da RFFSA em 1957, características técnicas que se refletem negativamente na operação, revelando urgência por modernização. Os recursos disponíveis, porém, não são suficientes para um programa completo nesse sentido e, portanto, devem ser canalizados para alternativas mais viáveis, que permitam melhorar o desempenho operacional, dentro das restrições existentes.

A eficiência do modal ferroviário está intrinsecamente ligada ao estado de manutenção da via permanente. A manutenção da chamada superestrutura da via permanente ferroviária tem um custo significativo, em vista da necessidade de reposição dos trilhos e acessórios metálicos ao longo do tempo, assim como a troca de dormentes de forma periódica. Os trilhos têm sua troca determinada pelas características do trecho, principalmente o raio modal e a frequência de tráfego sobre estes. O custo de troca de trilhos é em função da tonelagem transportada bruta, frequência de trens e da distância do transporte. Após o combustível este é um item de extrema relevância na cadeia de custos. Tal importância pode ser ressaltada em levantamento realizado pela ANTF em 2002, com relação às causas de acidentes em ferrovias de carga, e ilustrado na Tabela II.9, onde a via permanente foi responsável por quase um terço dos acidentes.

Tabela II.9 - Causas dos acidentes em ferrovias de carga em 2002. (ANTF, 2003).

Causas dos Acidentes em Ferrovias de Carga em 2002	
Sinalização, comunicações e eletrônica	0%
Falha humana	13%
Material rodante	19%
Via permanente	29%
Outras (intempéries, vandalismo)	39%

Segundo ESVELD (2001, p.591), 70% dos custos de manutenção da via permanente se concentram na reposição dos seus componentes, e segundo ERNANI, apud MAGALHÃES





vertical da seção transversal do trilho, como resultante de grandes forças horizontais atuantes no ponto de contato, oriundas da força centrífuga desenvolvida no movimento circular (PORTO, 2004). Quanto ao trilho, este fica sujeito ao aparecimento de intenso desgaste vertical, bem como deformações plásticas, produzindo rebarbas em ambos os lados da superfície de rolamento (RATTON NETO, 1985). Além disso, a constituição estrutural do trilho é submetida a alterações em sua camada logo abaixo da superfície.

Atualmente existe uma imensa gama de equipamentos para monitoração dos trilhos, que permitem organizar a custos não muito elevados a manutenção de suas linhas e controlar os resultados obtidos.

De acordo com RODRIGUES (2001), a análise do estado das condições da via consiste em comparar os parâmetros medidos com tolerâncias de manutenção estabelecidas que podem ser definidas como intervalos de valores entre os quais deve se situar cada parâmetro, e que devem ser considerados os seguintes níveis de:

- Construção;
- Segurança;
- Conforto e
- Manutenção.

RATTON NETO (1985) acrescenta que o estabelecimento dessas tolerâncias retrata situações limites definidas em valores máximos atingíveis de cada parâmetro no nível considerado, baseando-se, principalmente, no conhecimento adquirido pelos técnicos envolvidos em atividades de manutenção durante longos anos de experiência, e que por consequência diferem de uma ferrovia para a outra.

Ferramentas modernas para acompanhamento e monitoração do desgaste dos trilhos estão disponíveis. Programas computacionais para cálculo e simulação do comportamento do sistema de rolamento roda/trilho permitem avaliar de forma abrangente o desempenho do conjunto. Desta forma pode-se buscar melhorar o desempenho nos aspectos de desgaste, resistência estrutural e segurança no tráfego através do desenvolvimento das técnicas de otimização da vida útil dos trilhos.

Nos veículos de avaliação de via permanente mais modernos, os sistemas de medição mecânicos foram substituídos por sensores óticos, que através da utilização de raios *laser* medem, com maior precisão e velocidade, os valores de parâmetros geométricos, como a bitola, e outros tipos de medidas, tais como desgaste dos trilhos, estado da fixação, trincas internas nos trilhos e outros. Este veículo é utilizado no Brasil na Estrada de Ferro Carajás, Na Estrada de Ferro Vitória-Minas e na MRS - Logística S.A, concessionária responsável pela malha ferroviária de cargas da Região Sudeste (RODRIGUES, 2001). Quanto ao uso da

tecnologia de medição a *laser* por esta última, alguns bons resultados foram alcançados: (MRS, 2004).

- A MRS e iniciou as operações de dois importantes equipamentos adquiridos em 2001, o Carro Controle (*Track Evaluation Vehicle - TEV*), para exame da geometria da via permanente e do estado da dormentação, e o Trem Esmerilhador, para manutenção dos boletos dos trilhos. A implantação da inspeção digitalizada de via, com o TEV, proporcionou a redução de 31% na fratura de trilhos na Ferrovia do Aço, além do aumento da velocidade máxima autorizada em vários trechos. O TEV possibilitou, entre outras, economia na aquisição de 17 mil dormentes de madeira novos. O início dos trabalhos do Trem Esmerilhador ocasionou a redução da compra de 3300 toneladas de trilhos novos e redução de cerca de 2% no consumo de combustíveis, representando respectivamente, uma economia de cerca de R\$ 8,3 milhões e R\$ 3,7 milhões.
- A MRS, em 2003, consolidou modernas tecnologias de manutenção da Via Permanente, através da operação do Carro Controle e do Trem Esmerilhador. A implantação do processo GRMS (*Gauge Restraint Measurement System*), possibilitou redução em cerca de 60% do número de descarrilamentos com causa na Via, o aumento da velocidade máxima em vários trechos, a redução da aplicação de 40.000 dormentes, além de tornar a MRS pioneira no Brasil na utilização desta tecnologia. A estratégia de manutenção de trilhos com o Trem Esmerilhador, desde o início de sua operação, proporcionou a diminuição de 42 % no número de fraturas de trilhos na Ferrovia do Aço. Obteve-se redução de compra de 9.500 toneladas de trilhos, representando uma economia de cerca de R\$ 17,8 milhões.

Existem também aparelhos portáteis para medição do desgaste do boleto dos trilhos. Quando se trata de sua utilização, são escolhidos trechos da via específicos por suas características de maior desgaste em relação à via como um todo, normalmente trechos em curvas, que estão sujeitos a maior desgaste devido aos esforços resultantes. A tecnologia de medição a *laser* consiste na incidência de um feixe de raios *laser* sobre o trilho, refletindo seu perfil em um painel luminoso, que faz a comparação entre as dimensões do perfil medido e parâmetros normalizados do trilho em questão. Todas as informações são acumuladas em forma digital e repassadas a um banco de dados, onde são feitas comparações entre medições anteriores como forma de acompanhamento do desgaste do perfil. Após este tipo de comparação são determinados os locais específicos onde deve ser feita a substituição dos trilhos, por atingirem o limite de segurança previamente determinado.

A Figura II.19 apresenta um esquema de um Carro Controle (*Track Evaluation Vehicle - TEV*).

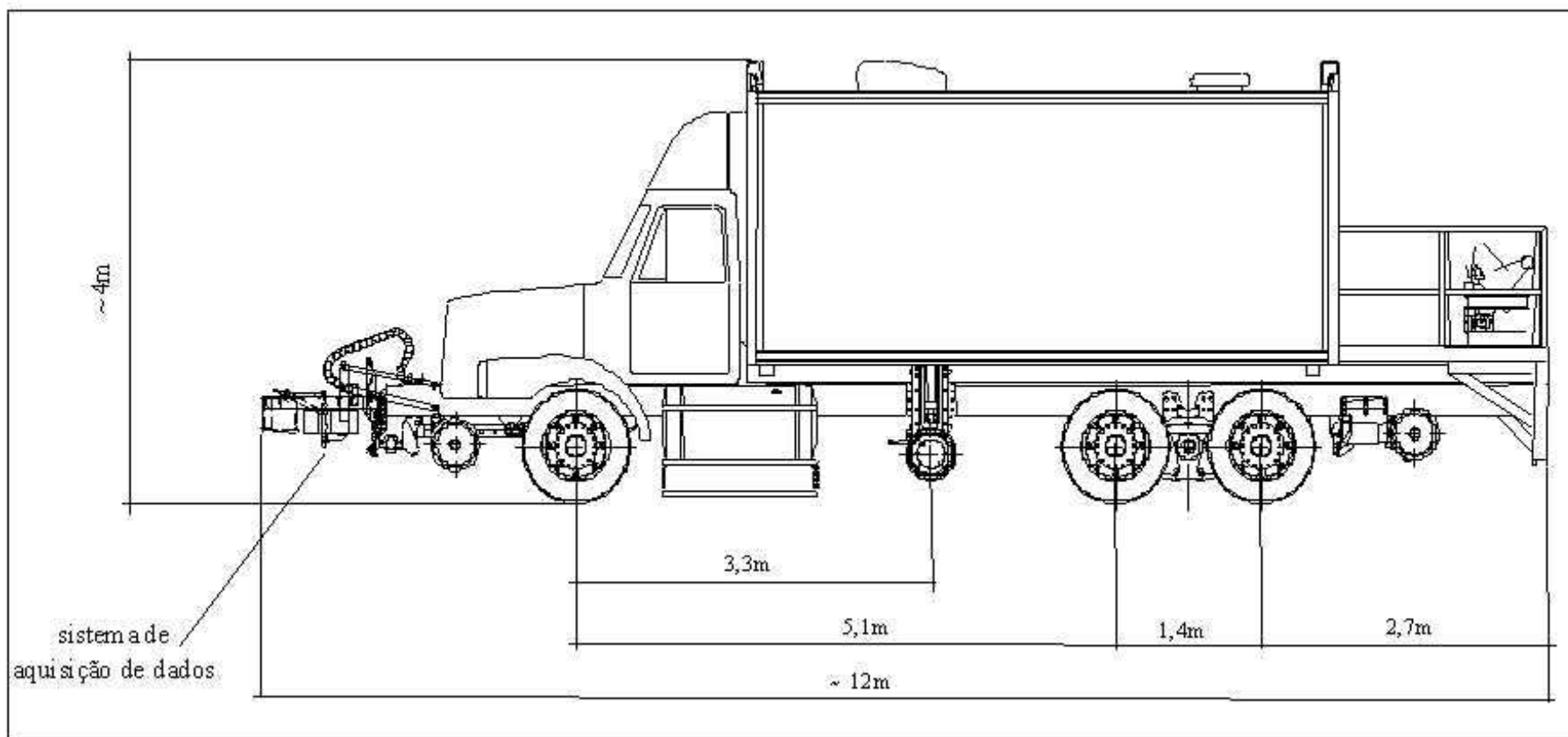


Figura II.19 - Esquema do veículo de avaliação da via (TEV) (MRS, 2004).

Ainda de acordo com RODRIGUES (2001), durante muitos anos o controle e avaliação da via permanente se faziam de dois modos: inspeções a pé, com a realização de medições da linha, de nível e bitola, e inspeções com veículos chamados de auto-de-linha, onde, de forma subjetiva, se avaliava a condição do trecho, pela resposta do veículo ao rolamento. O primeiro sistema científico instalado em veículo ferroviário teria sido um aparelho desenvolvido na

superestrutura, a cada ciclo de intervenção os níveis de qualidade atingidos ficam cada vez mais distantes do objetivo o que, por sua vez, provoca uma redução do próprio ciclo de intervenção.

Os trabalhos de remodelação, caracterizados pela substituição de significativa quantidade de todos os componentes da superestrutura, têm como objetivo recuperar o nível de qualidade inicial da via e dilatar o ciclo das intervenções de conservação sem, contudo, alterar as características dos componentes inicialmente empregados na construção da via.

Os trabalhos de renovação objetivam, através da alteração das características dos seus componentes, dotar a via de um nível de qualidade maior do que o inicialmente estabelecido em sua construção, quando estes não mais atendem as solicitações operacionais.

O processo de manutenção engloba as intervenções de conservação e remodelação, sendo esta última necessária somente quando a atuação da conservação não mais consegue garantir um retorno financeiro adequado e, por este motivo, a remodelação é postergada ao máximo e tem seus ciclos de intervenção bastante espaçados entre si.

Assim, pode-se perceber o efeito destes serviços na qualidade da superestrutura através do gráfico apresentado na Figura II.20, que mostra, tomando por base a qualidade  $Q_1$  adquirida por uma superestrutura de uma via hipotética em sua construção, os efeitos de sucessivas intervenções de conservação até o instante  $t_3$ . Neste ponto, torna-se economicamente viável a realização de um investimento em remodelação da via para restaurar sua qualidade inicial  $Q_1$ . A partir do instante  $t_5$ , as necessidades de melhoria operacionais, ditadas pelo aumento de demanda, levaram a ferrovia em questão a executar um outro investimento em renovação, a fim de obter um novo patamar de qualidade  $Q_2$ .

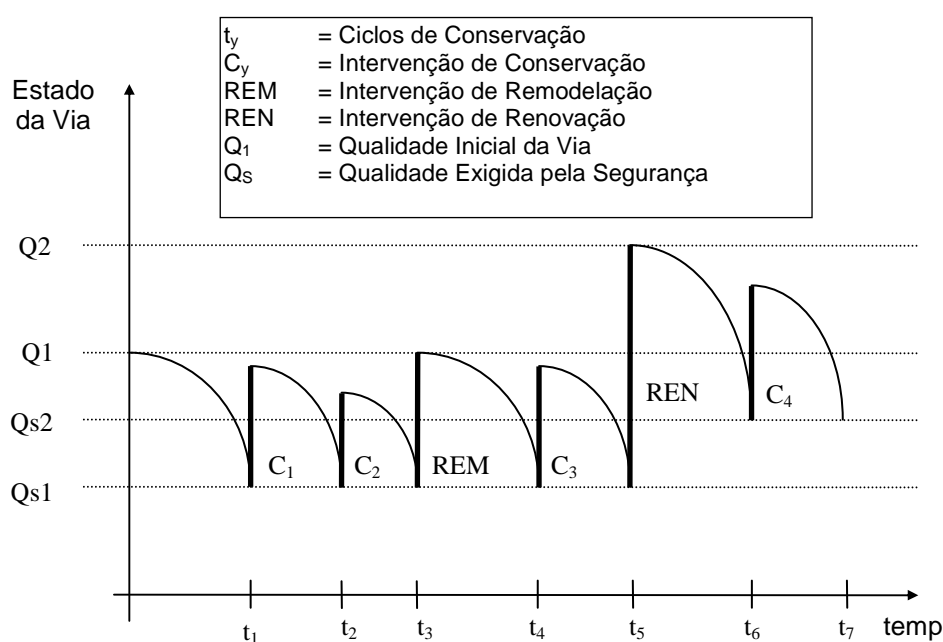


Figura II.20 - Ciclos de manutenção da via permanente. (RODRIGUES e GRANJA, 1996).

## CAPÍTULO III

### III - INTRODUÇÃO DA TECNOLOGIA LASERAIL NO METRÔ RIO

O desempenho econômico de uma ferrovia está diretamente ligado ao seu nível de rendimento em relação a menores interrupções no tráfego na via permanente onde circulam as composições. Uma via permanente deteriorada causa perda de segurança, redução da disponibilidade, restrições de uso, fadiga do material rodante e desgaste nos trilhos. As variáveis determinantes para a análise de desempenho são distância percorrida, carga transportada e tempo de viagem.

O problema de conseguir uma via permanente satisfatória é um dos mais complexos que se apresentam cotidianamente nas estradas de ferro, quer elas sejam de carga ou de transporte de passageiros. Tudo que possa contribuir para minimizá-lo representa, na prática, por menor que seja, uma economia de milhares de reais, o que caracteriza a eficiência do modal ferroviário intrinsecamente ligada ao estado de manutenção da via permanente. As práticas básicas que definem os três principais tipos de manutenção na via permanentes são: manutenção corretiva, manutenção preventiva; manutenção preditiva.

A manutenção preditiva aproveita-se ao máximo a vida útil dos elementos da máquina, podendo-se programar a reforma e substituição somente das peças comprometidas, requer acompanhamentos e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos de monitoração. Requer profissionais especializados, sendo encarada como uma função estratégica, direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução dos problemas operacionais da via.

Considerando-se a hipótese de que as principais ferrovias do mundo utilizam várias técnicas de manutenção preditiva para avaliar o estado da superestrutura ferroviária, sendo a geometria da via permanente e do desgaste do trilho feitos através de tecnologia de raio *laser*, neste capítulo é apresentado o estudo de caso da introdução da tecnologia *Laserail* na monitoração dos trilhos da via permanente do Metrô Rio.

#### III.1- Metodologia do Trabalho

A metodologia de investigação adotada neste trabalho caracteriza-se por pesquisa bibliográfica das abordagens de manutenção e de introdução de inovações tecnológicas e do problema de manutenção no sistema metroviário, e uma pesquisa descritiva, associada à técnica de pesquisa-ação do processo de introdução da tecnologia *Laserail* na monitoração do desgaste dos trilhos.

### III.1.1- Metodologia Utilizada na Pesquisa Descritiva

A partir da fundamentação teórica das abordagens de introdução da inovação e do problema de manutenção do sistema metroviário, identificou-se as metodologias do tipo descritivo, estudo de caso e pesquisa-ação como as mais adequadas para o estudo de introdução de tecnologia na manutenção da via permanente.

a) Pesquisa descritiva: Tem como objetivo primordial a descrição das características de determinadas populações ou fenômenos. Uma de suas características está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. (GIL, 2002).

b) Estudo de caso: consiste no estudo profundo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Caracterizado por ser um estudo intensivo. É levada em consideração, principalmente, a compreensão, como um todo, do assunto investigado. Todos os aspectos do caso são investigados. Quando o estudo é intensivo podem até aparecer relações que de outra forma não seriam descobertas (FACHIN, 2001, p. 42). Segundo YIN (2005), as pesquisas baseadas em estudos de caso podem se basear em seis fontes de evidências para que se obtenha um bom resultado: documentação, registro em arquivos, entrevistas, observações diretas, observações participantes, artefatos físicos.

c) Pesquisa-ação: um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. THIOLENT (1986, p.14) aponta os objetivos que devem ser alcançados pela pesquisa-ação:

- Objetivo prático (ou de resolução de problemas): a pesquisa-ação visa contribuir para o equacionamento do problema central na pesquisa, a partir de possíveis soluções e de propostas de ações que auxiliem os agentes (ou atores) na sua atividade transformadora da situação;
- Objetivo de conhecimento (ou de tomada de consciência): a pesquisa-ação propicia que se obtenha informações de difícil acesso por meio de outros procedimentos e, assim, possibilita ampliar o conhecimento de determinadas situações;
- Objetivo de produzir e socializar conhecimento que não seja útil apenas para a coletividade diretamente envolvida na pesquisa, mas que possibilite certo grau de generalização.

Para RICCIO e HOLANDA (2001), o processo de pesquisa-ação consiste em planejar, agir, e avaliar os resultados de ações-alvo que foram executadas, e monitorar essas atividades através de maneira cíclica, até que um resultado satisfatório seja alcançado. Já THIOLENT (1986) se refere à pesquisa-ação como um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo e participativo.

Neste trabalho a escolha dessas técnicas de pesquisa foi definida devido à constatação, na pesquisa preliminar realizada nas instalações do Metrô Rio, da necessidade do autor deste trabalho participar de modo cooperativo do processo de medição do desgaste dos trilhos utilizando o equipamento *Laserail*, e também da sua participação no processo de difusão da tecnologia.

Sendo inicialmente considerada uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e as pessoas envolvidas na situação investigada, considerado os seguintes aspectos definidos por THIOLENT (1986) que configuram a metodologia da pesquisa-ação:

- Da interação, resulta a definição de prioridades dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ações concretas;
- Objetivo da investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados na situação;
- Objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
- Há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda atividade intencional dos atores da situação;
-



Para direcionar os trabalhos utiliza-se o roteiro genérico representado na Figura III.1 de RICCIO e HOLANDA (2001) foco na implantação de sistemas.

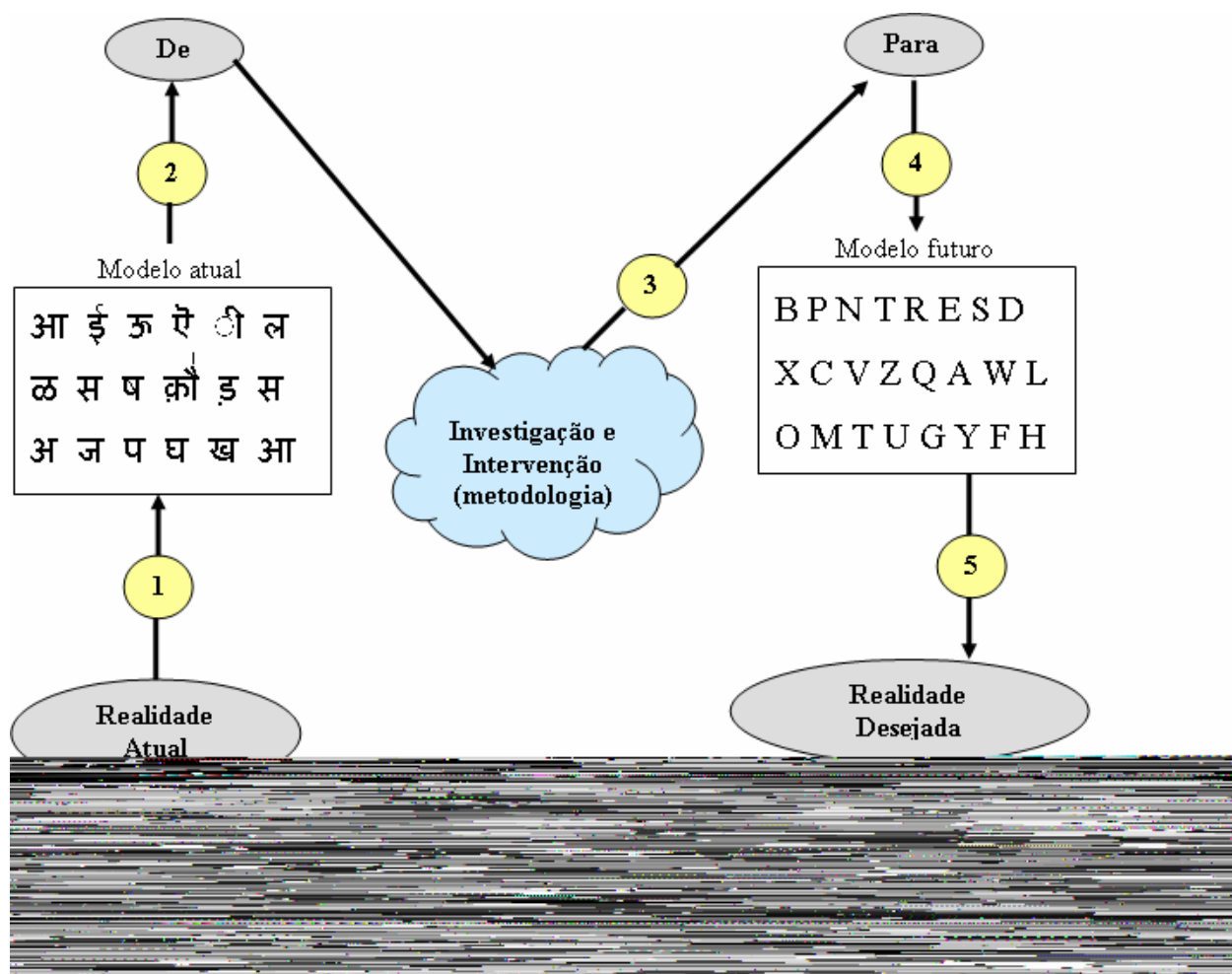


Figura III.1 - Roteiro metodológico da pesquisa-ação

dados. Segundo os autores isto é exato na medição de causa e efeito. Além disso, a pesquisa ação não tenta fixar limites estreitos para controlar a situação experimental. Segundo os autores LINDA & KAREN, (1999); JOE, (1998); GOLDSTEIN, (1992), THIOLENT, (1997) e TRIST, (1976) apud RICCIO e HOLANDA, (2001) o investigador de ação estuda o problema (pessoas ou instituições) em seu estado natural.

### III.1.2- Metodologia de Avaliação da Introdução da Tecnologia *Laserail*.

Para conhecer a realidade e o modelo e atual de introdução da tecnologia *Laserail*, segue-se o roteiro metodológico da pesquisa-ação de RICCIO e HOLANDA, (2001), sendo inicialmente realizada uma descrição das características do problema da implantação da tecnologia *Laserail* na manutenção preditiva da via permanente do Metrô Rio. Para tanto foram utilizadas técnicas padronizadas de coleta de dados como: questionário e a observação sistemática.

Após são realizadas reuniões de ação para a resolução de um problema coletivo no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Da interação, resulta a definição de prioridades dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ações concretas. Considerando as diferentes naturezas de problemas encontrados na gestão da manutenção da via permanente para a introdução da tecnologia *Laserail*, em condições de manutenção preditiva, definiu-se neste trabalho as metodologias de avaliação introdução que possam auxiliar na consolidação das ações de construção de um sistema manutenção preditiva da via permanente.

A escolha da metodologia de avaliação da introdução da tecnologia *Laserail* parte da análise do processo de introdução inovação e dos modelos apresentados no item I.4.3 e I.4.4 do Capítulo I, que é representada por um duplo movimento de informações e conhecimentos que determina em grande parte a organização do processo dentro da empresa, ou seja, uma transferência horizontal correspondente à pesquisa de pares externos, de aplicações novas e das primeiras utilizações, que necessitam da criação de lugares inéditos entre as funções da empresa e o conjunto de porta-vozes.

Desse modo para auxiliar a escolha destas metodologias de análise de introdução de inovação no sistema de manutenção da via permanente metroferroviária utiliza-se a modelagem de arquitetura organizacional definida NADLER et al. (1993), que considera a organização como um sistema que toma os insumos do seu contexto. Um importante insumo crítico é a estratégia que serve para orientar a transformação dos insumos em produto. Desta forma, o grau de congruência entre os elementos chaves da organização - trabalho, pessoal, organização formal e organização informal - é determinante para a eficiência da organização.

O modelo considera que organização se insere num meio ambiente onde se originam os recursos utilizados para desenvolver sua atividade e destinar os seus resultados. Existem três elementos interdependentes no esquema de um sistema organizacional: entradas, processos e saídas. As entradas são os recursos que a empresa obtém ou extrai do ambiente, abrangem, dentre outros fatores, as informações, capital, mão-de-obra, equipamentos. O processamento refere-se a competência dos funcionários que compõem a empresa para transformar os recursos da entrada em bens e serviços. Por último, as saídas são os resultados do processamento na forma de bens, serviços ou produtos que são destinados ao usuário ou cliente final. Todos os elementos são cercados pelo meio ambiente, o que provoca mudanças na estrutura e no desempenho, assim, afetando o sistema como um todo.

Arquitetura organizacional é a expressão utilizada para abranger todos os sistemas, estruturas, processos de administração dentre outros. O modelo do comportamento organizacional de um sistema manutenção preditiva da via permanente, reflete os conceitos e as características dos sistemas abertos básicos. Neste modelo são especificados o insumo crítico a adoção de inovações na gestão da manutenção, o produto principal introdução de tecnologia *Laserail* e os processos de transformação que caracterizam o funcionamento organizacional da manutenção da via permanente, com enfoque na interação destes componentes.

O insumo crítico representa a ambiente de adoção de tecnologia pelo setor de manutenção da infra-estrutura ferroviária. Os elementos que em qualquer momento constituem o contexto enfrentado pela organização da manutenção, definem os principais insumos críticos são:

- a) Ambiente: são todos os fatores, inclusive instituições, grupos, indivíduos e eventos que estão fora da organização analisada, mas que têm um impacto sobre essa organização da manutenção ferroviária;
- b) Recursos: vários bens aos quais a organização tem acesso, inclusive recursos humanos, tecnologia, capital e informações, bem como recursos menos concretos que área de manutenção ferroviária dispõe; e
- c) História: padrões de comportamento, atividade e eficiência passados da organização da manutenção da via permanente que podem afetar o funcionamento organizacional atual da manutenção.

O produto é adoção de inovação eficiência no processo de manutenção preditiva da via permanente. Os processos de transformação referem-se ao modo como a empresa implementa uma estratégia de introdução da tecnologia *Laserail* para produzir um desempenho efetivo em

níveis individuais, grupais e organizacionais da manutenção da via permanente.

Tipicamente, os setores de manutenção adotam uma divisão funcional das tarefas nos níveis inferiores de suas hierarquias. Por isso, as estratégias são normalmente transpostas para políticas de gestão funcionais, cabendo aos responsáveis de cada função executar as atividades sob sua alçada em coordenação com a atuação das funções restantes. Neste contexto, também a estratégia de introdução de inovação no processo de manutenção preditiva tecnológica que avalia o desempenho e o grau de é difundida por toda a organização através da atribuição de responsabilidades às várias áreas funcionais, competindo aos respectivos diretores assegurar que a implementação seja bem-sucedida.

A compreensão deste processo é feita, primariamente, identificando os componentes organizacionais que constitui o trabalho, o pessoal, as disposições organizacionais formais e a organização informal. O Quadro III.1 mostra a definição destes componentes organizacionais.

Quadro III.1 - Os quatro componentes organizacionais aplicados à manutenção.

(NADLER et al., 1993).

Componente	Trabalho	Pessoal	Organização Formal	Organização informal
Definição	Rotinas de manutenção a serem feitas pela organização e suas partes.	Características dos indivíduos do setor de manutenção.	Estruturas, processos e métodos formalmente criados para que os indivíduos realizem tarefas.	Disposições que surgem, inclusive estruturas, processos e relações.

Para lidar com a incerteza associada a introdução de novos processos no setor de manutenção, todos os projetos de inovação necessitam de uma liderança efetiva. É necessário que os líderes dos projetos tenham uma clara perspectiva dos objetivos a serem alcançados, e reúnam as condições fundamentais à correta implementação da estratégia de implementação.

Uma vez escolhida uma liderança para o projeto, é necessário construir a equipe que irá executar as múltiplas atividades requeridas ao longo do ciclo de inovação. Por definição, uma equipe, que varia de 2 a 20 pessoas, é um conjunto de pessoas com competências e conhecimentos complementares que partilha a responsabilidade por alcançar um objetivo comum. Embora as mudanças sejam potencialmente geradoras de benefícios, também geram ansiedade e reatividade, em função da desconfiança no sucesso da inovação.

A integração da gestão da mudança em seus vários níveis – topo da hierarquia, liderança dos projetos e equipes de inovação – são essenciais aos projetos de inovação.

Assim, segundo (FREIRE, 2000, p. 195). a implementação do plano de introdução de uma inovação deve ser controlada passo-a-passo, de forma a se intervir rapidamente para

correção de eventuais desvios e se fazer a revisão do plano quando necessário, conforme Figura I.9 do Capítulo I.

Os participantes de pesquisa ação começam com pouco conhecimento em uma situação específica do processo de introdução da inovação da tecnologia *Laserail* na manutenção ferroviária. A situação e as condições ambientais conduzem a direção da pesquisa. Desse modo, o contexto da modelagem de análise de introdução da inovação do seguindo o roteiro metodológico da pesquisa-ação no contexto da gestão da mudança do setor adaptado da abordagem de NADLER et al., (1993), neste trabalho, utiliza-se as metodologias: BIM - Metodologia de Identificação de Barreiras e Implantação de Melhorias e de Administração e Organização de Projetos, descritas nos itens I.4.4.1 e I.4.4.2 do Capítulo I, no processo de investigação e intervenção que possam auxiliar na consolidação das ações de construção de um sistema manutenção preditiva da via permanente.

Os projetos devem ser conduzidos dentro de práticas e modelos, no nível de planejamento, execução e controle, de forma que se possa apurar eventuais desvios e tomar as medidas corretivas no prazo mais rápido possível. Desta forma, é recomendada a divisão do projeto nas suas três vertentes: técnica, comercial e organizacional.

Outro fator importante para o controle dos projetos é a análise da progressão financeira do mesmo, estimando de uma forma dinâmica o tempo de recuperação do investimento (*payback*). Através da definição e acompanhamento de variáveis, é possível quantificar o fator de retorno dos novos projetos.

Por último, o controle da execução do projeto server ainda para determinar a continuidade do desenvolvimento do novo produto, serviço ou processo. Se os desvios encontrados forem excessivos, repetitivos e se não houverem perspectivas de correção adequadas, é preferível abandonar o projeto, evitando desta forma prejuízos maiores numa iniciativa de pouco futuro.

### III.2- Estudo de Caso: Metrô Rio

O desempenho econômico de uma ferrovia está diretamente ligado ao seu nível de rendimento em relação a menores interrupções no tráfego na via permanente onde circulam as composições. O gerenciamento e à solução dos problemas operacionais de uma via permanente de sistemas ferroviários é um dos mais complexos que se apresentam cotidianamente nas estradas de ferro, pois uma via permanente deteriorada causa perda de segurança, redução da disponibilidade, restrições de uso, fadiga do material rodante e desgaste nos trilhos.

Metrô é um tipo especial de trem urbano, sendo que uma de sua principais diferenças é o fato de ser tipicamente subterrâneo e dedicado ao transporte de passageiros em redes de

malha relativamente apertada e com elevada inter-mo

passageiros eficiente e seguro transpondo barreiras. Apesar da organização não ser considerada uma empresa capaz de criar inovações radicais em relação às tecnologias empregadas no transporte ferroviário, a sua arquitetura organizacional mostra uma disposição para redefinir seus hábitos de trabalho a fim de equacionar os entraves encontrados para a sua expansão comercial, conforme demonstrado na Figura III.2, adaptado de (NADLER et al., 1993).

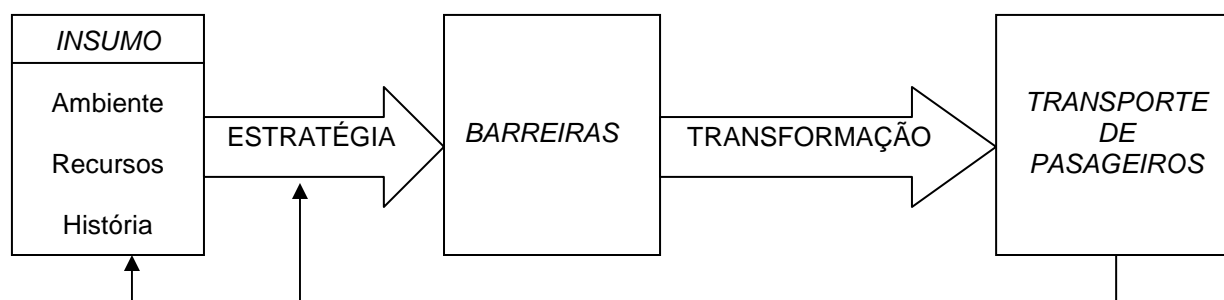


Figura III.2 - Modelo organizacional do Metrô Rio. (adaptado de NADLER et al., 1993).

A avaliação da pesquisa preliminar, o autor deste trabalho identificou a necessidade de participar de modo cooperativo do processo de medição do desgaste dos trilhos utilizando o equipamento *Laserail*, e também da sua participação no processo de difusão da tecnologia. Sendo então realizada uma ampla e explícita interação entre pesquisador e as pessoas envolvidas no processo de manutenção via permanente, utilizando-se roteiro metodológico da pesquisa-ação apresentado na Figura III.3, adaptado do roteiro de pesquisa-ação adotado por RICCIO e HOLANDA (2001).

As deformações que ocorrem na área de contato da roda com o trilho têm sido objeto de inúmeras pesquisas, devido à maior incidência desse tipo de problema, resultante de velocidades de tráfego e cargas por eixo cada vez maiores. Tais deformações constituem ocorrências de grande importância, pois condicionam a vida útil dos trilhos, interferindo diretamente na política de manutenção, com reflexos decisivos na economia do sistema ferroviário como um todo.

Os veículos ferroviários, ao se inscreverem nas curvas, impõe considerável desgaste lateral ao trilho do lado externo, que chega a seu valor máximo num ângulo de 45° com o eixo vertical da seção transversal do trilho, como resultante de grandes forças horizontais atuantes no ponto de contato, oriundas da força centrífuga desenvolvida no movimento circular. Quanto ao trilho, este fica sujeito ao aparecimento de intenso desgaste vertical, bem como deformações plásticas, produzindo rebarbas em ambos os lados da superfície de rolamento.

Além disso, a constituição estrutural do trilho é submetida a alterações em sua camada logo abaixo da superfície. Esse processo de degradação da superestrutura tem início no momento seguinte à implantação de uma ferrovia. Com ele deve iniciar, também, o trabalho de manutenção, buscando garantir um padrão de qualidade compatível com as necessidades operacionais de cada ferrovia.

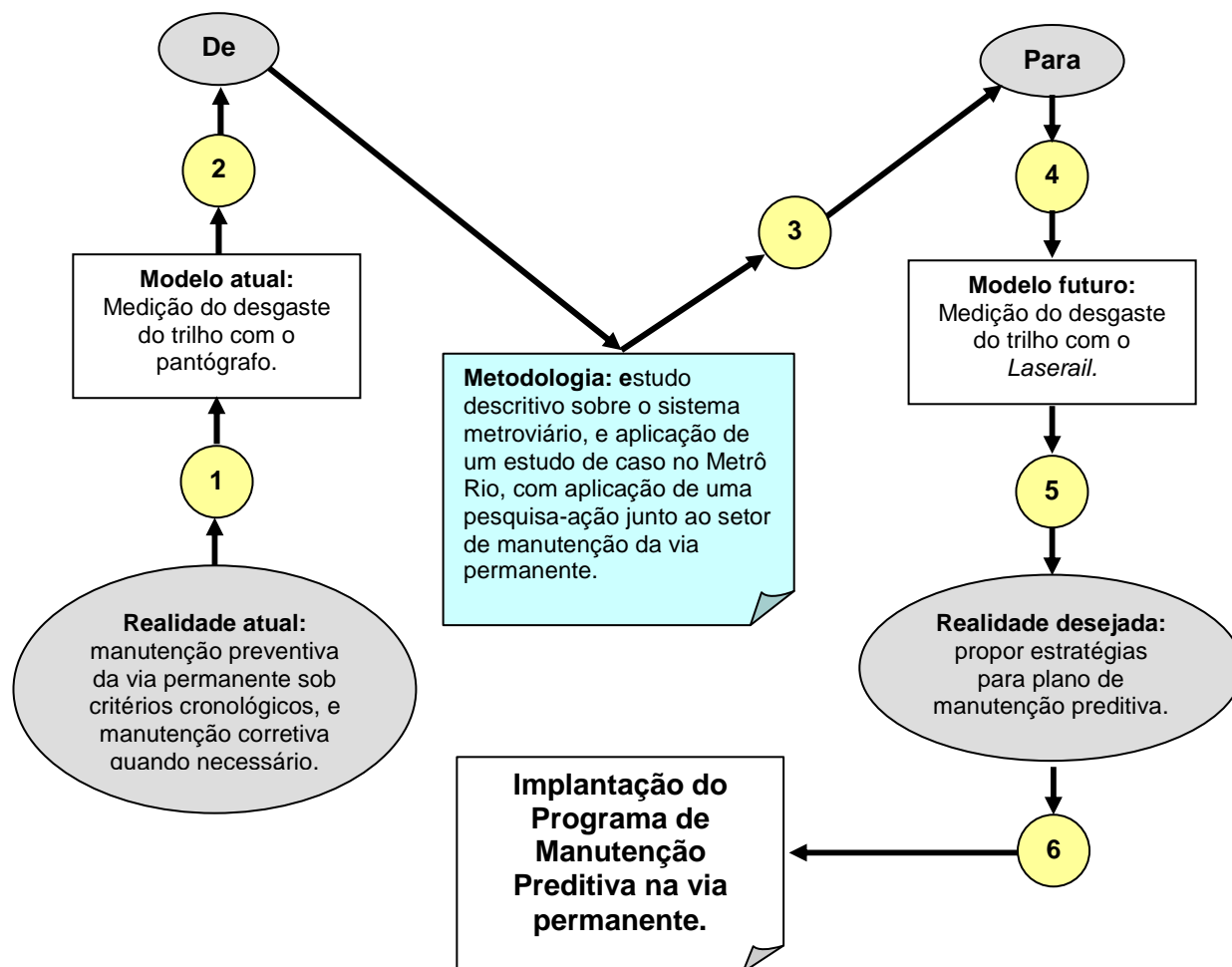


Figura III.3 - Roteiro metodológico da pesquisa-ação aplicado ao estudo de caso na manutenção da via permanente do Metrô Rio.

#### a) Realidade Atual (1 – 2)

A OPPORTTRANS concessionária da Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro (METRÔ-RIO), gere uma malha metroviária aproximada de 35 km, no transporte de cerca de 500.000 passageiros por dia (METRÔ RIO, 2006). Em função do tráfego intenso de trens, o desgaste natural dos trilhos obriga o corpo técnico da empresa a gerenciar com eficácia a



manutenção e substituição de trilhos. O desgaste, além de reduzir a vida útil dos trilhos, reduz a sua rigidez estrutural e também consome energia do movimento do trem. A mudança da forma dos perfis pode produzir outros defeitos e até reduzir a segurança contra o descarrilhamento. A pesquisa identificou que a manutenção da via permanente no Metrô Rio é baseada em planos de manutenção definidos com critérios de desempenho, resultando em atividades preventivas, em períodos específicos, e atividades corretivas, quando necessário.

Segundo RODRIGUES (2001), estima-se que no Brasil a aplicação recursos anuais na área de manutenção de via permanente está na ordem de 300 milhões de reais, considerando-se toda a malha ferroviária brasileira, somadas as linhas de transporte de passageiros e cargas, num total de cerca de 30.000 quilômetros de extensão, entre linhas de carga e passageiros, algumas de grande importância e outras de pouca expressão. Este montante leva a uma média de R\$10.000,00/(Km.ano), entre 15 e 30% do custo total da operação ferroviária.

Em período anterior à concessão, por falta de recursos, de recursos no processo de medição de desgaste de trilhos. Até a década de 80 do século passado era utilizado o aparelho *Unisteel Contorograph*, Figura III.4, espécie de pantógrafo que desenha o contorno da seção do trilho (BRINA, 1979, p.65), para acompanhamento do desgaste do boleto.

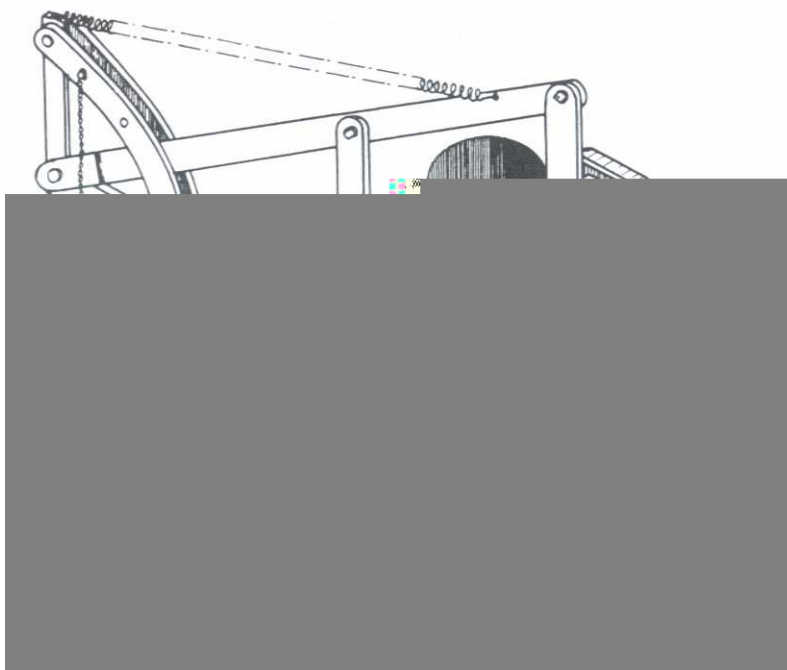


Figura III.4 - Aparelho *Unisteel Contorograph*. (BRINA, 1979, p.65).

O *Unisteel Contorograph* foi o precursor do aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho tipo P-110, fabricante GEISMAR. (Figuras III.5 a III.7), que era utilizado anteriormente pelo Metrô Rio.



Figura III.5 - Aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho P-110. (METRÔ RIO, 2006).



Figura III.6 - Aparelho de reprodução gráfica de boleto de trilho P-110. (METRÔ RIO, 2006).

Figura III.7 - Aparelho de reprodução gráfica de bo

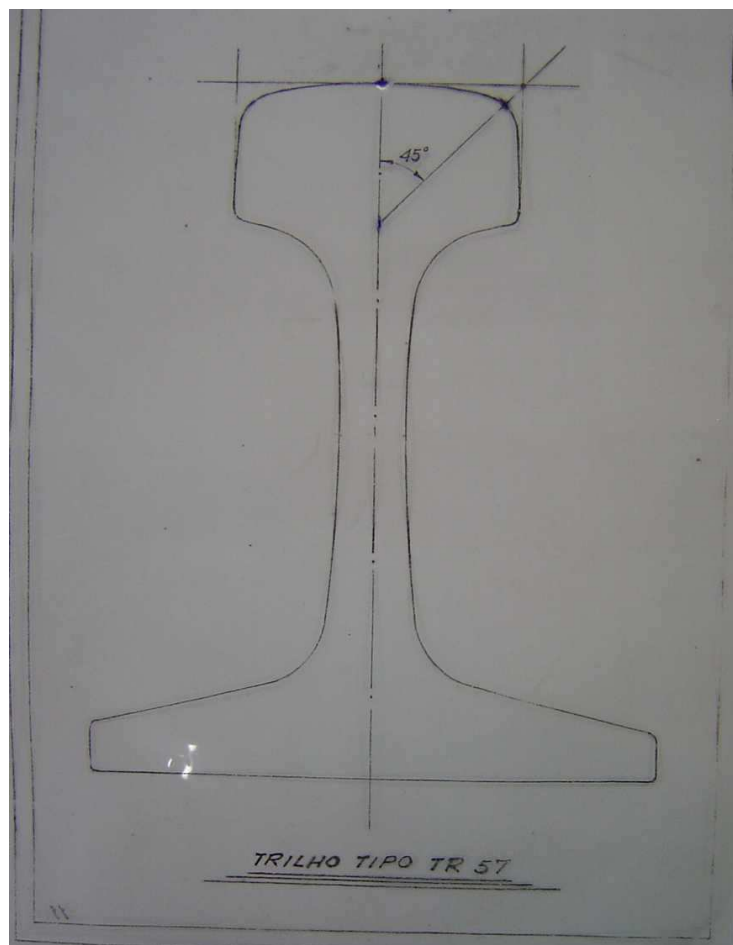


Figura III.9 - Desenho padrão do trilho TR 57. (METRÔ RIO, 2006).

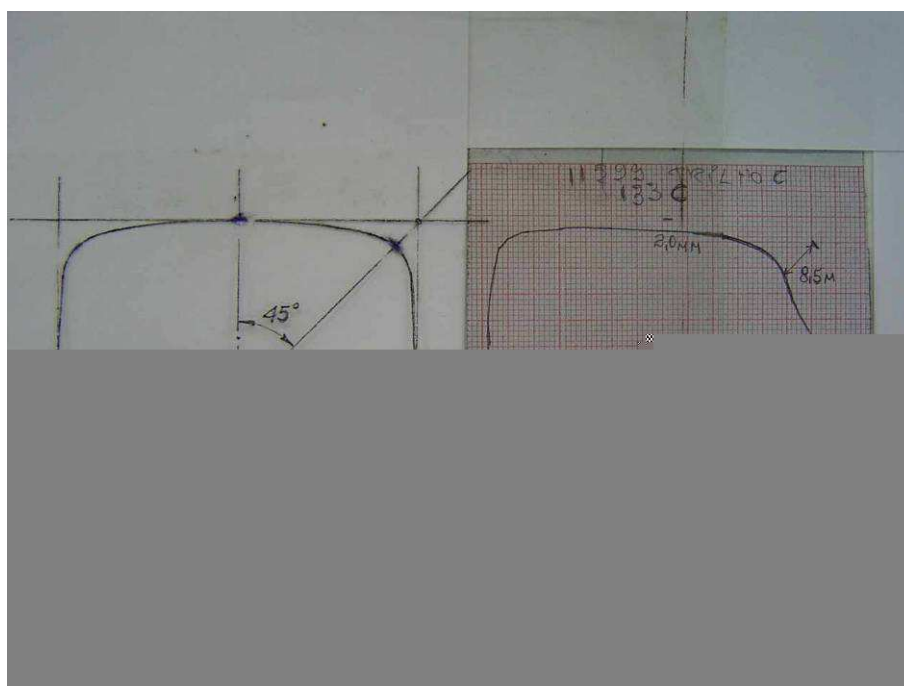


Figura III.10 - Comparação entre boletos. (METRÔ RIO, 2006).

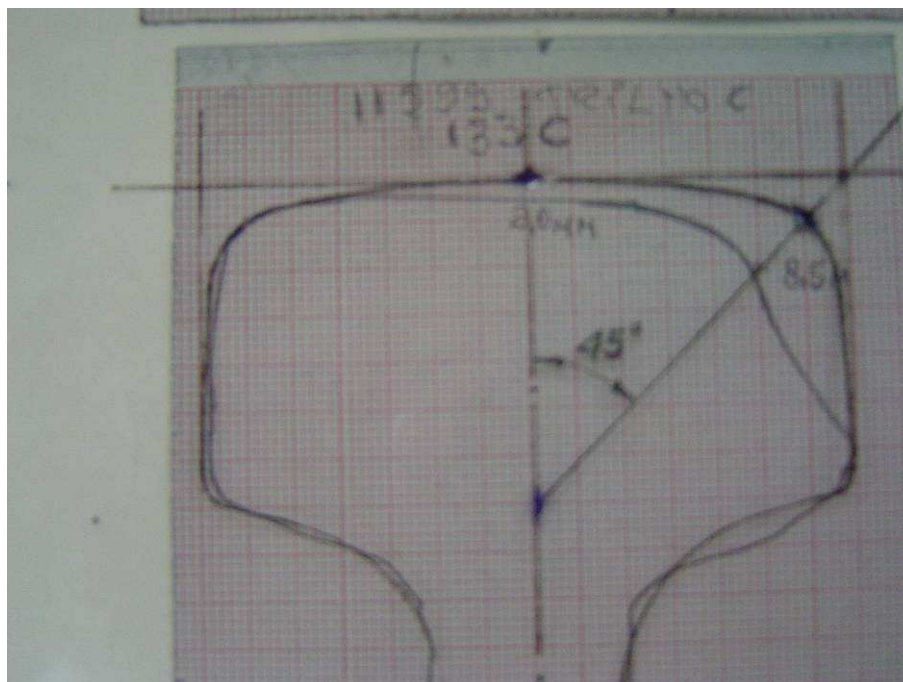


Figura III.11 - Superposição de boletos. (METRÔ RIO, 2006).



Figura III.12 - Medição do desgaste vertical. (METRÔ RIO, 2006).

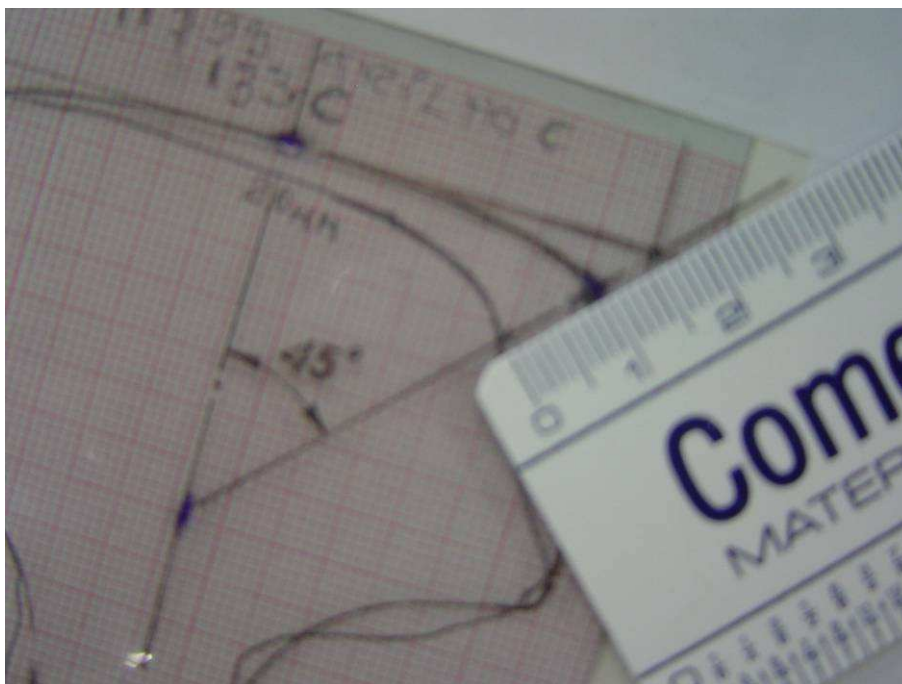


Figura III.13 - Medição do desgaste a 45°. (METRÔ RIO, 2006).

Em julho 2005 foi realizado Seminário Pontos Críticos, para a definição de ações com o objetivo de implantar a manutenção preditiva através da tecnologia *Laserail*, adequando a periodicidade das manutenções preventivas e buscando a otimização da vida útil dos trilhos, de forma a aumentar a segurança no tráfego e evitar descarrilamentos. Estas ações, relativas à manutenção da via permanente, tomaram como base um trabalho desenvolvido pela Gerência de Engenharia, denominado “Vida Útil dos Trilhos de Rolamento em Metrôs - Procedimento de Avaliação” (OLIVEIRA e SANTOS, 2002). Este tem por finalidade estabelecer um procedimento de cálculo para definição da vida útil dos trilhos de rolamento em sistemas metroviários a partir de conceito desenvolvido pela AREMA.. Para tal foram considerados aspectos relacionados às características da via permanente, do trem e da operação, tais como:

- tipo do trilho;
- velocidade de operação;
- intensidade das rampas e curvas do trecho;
- trem-tipo e carga por eixo;
- bitola outras características da via.

Este procedimento se constitui em mais uma ferramenta de controle e execução das intervenções de caráter preditivo nos trilhos de rolamento, bem como no planejamento dos custos de sua manutenção. Foi avaliado o trecho situado entre as estações Estácio e Glória (Linha 1), pois além de ter sido o primeiro a operar, recebe o aumento do número de

passageiros transportados decorrentes das ampliações posteriores da malha. Os resultados dessa avaliação foram resumidos nas Figuras III.14 e III.15.

**Gráfico I : Evolução da Vida Útil dos Trilhos de Rolamento do Trecho**

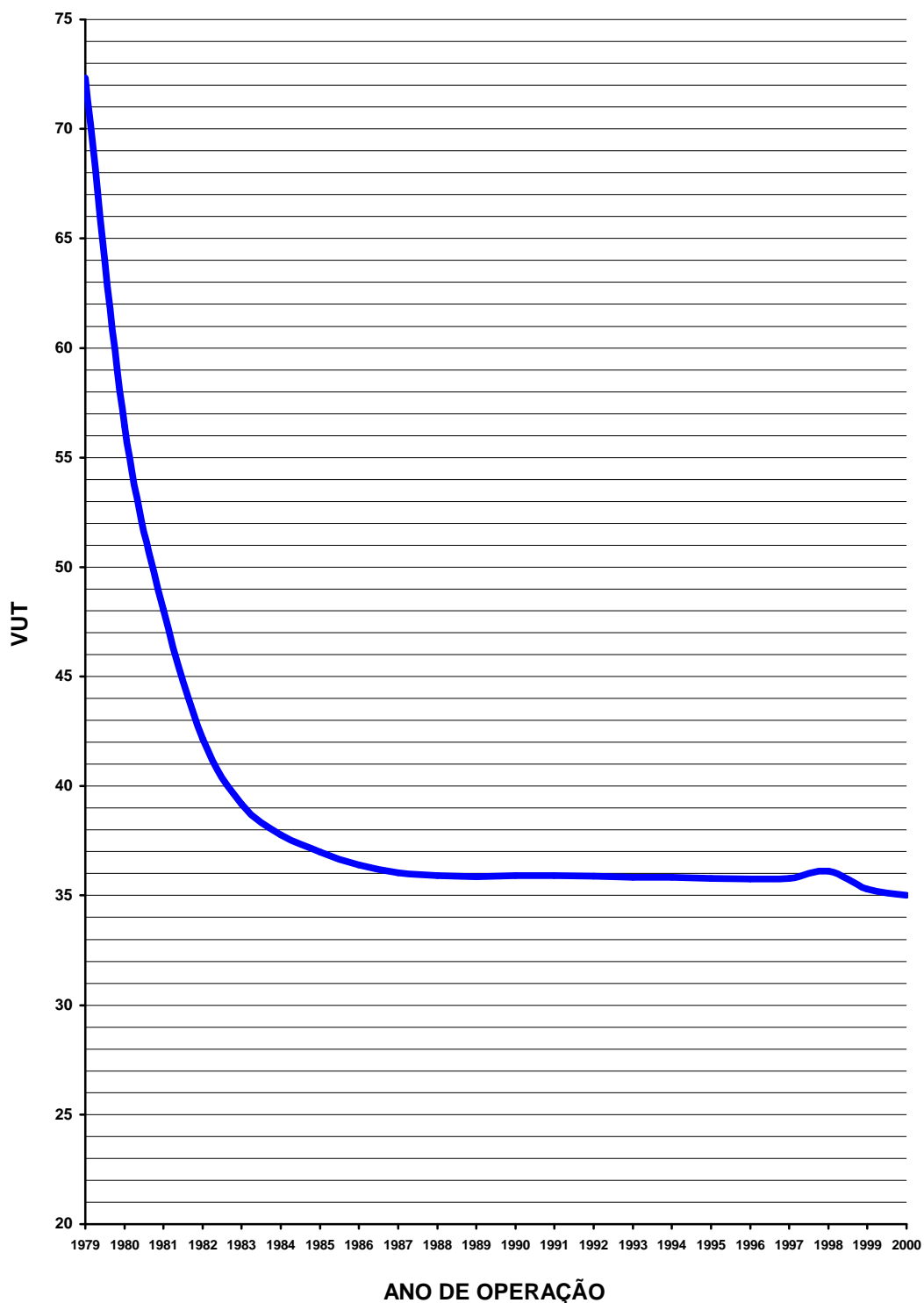


Figura III.14 - Evolução da vida útil dos trilhos de rolamento do trecho.  
(OLIVEIRA e SANTOS, 2002).

Gráfico II: Variação da Expectativa de Vida Útil do Trecho

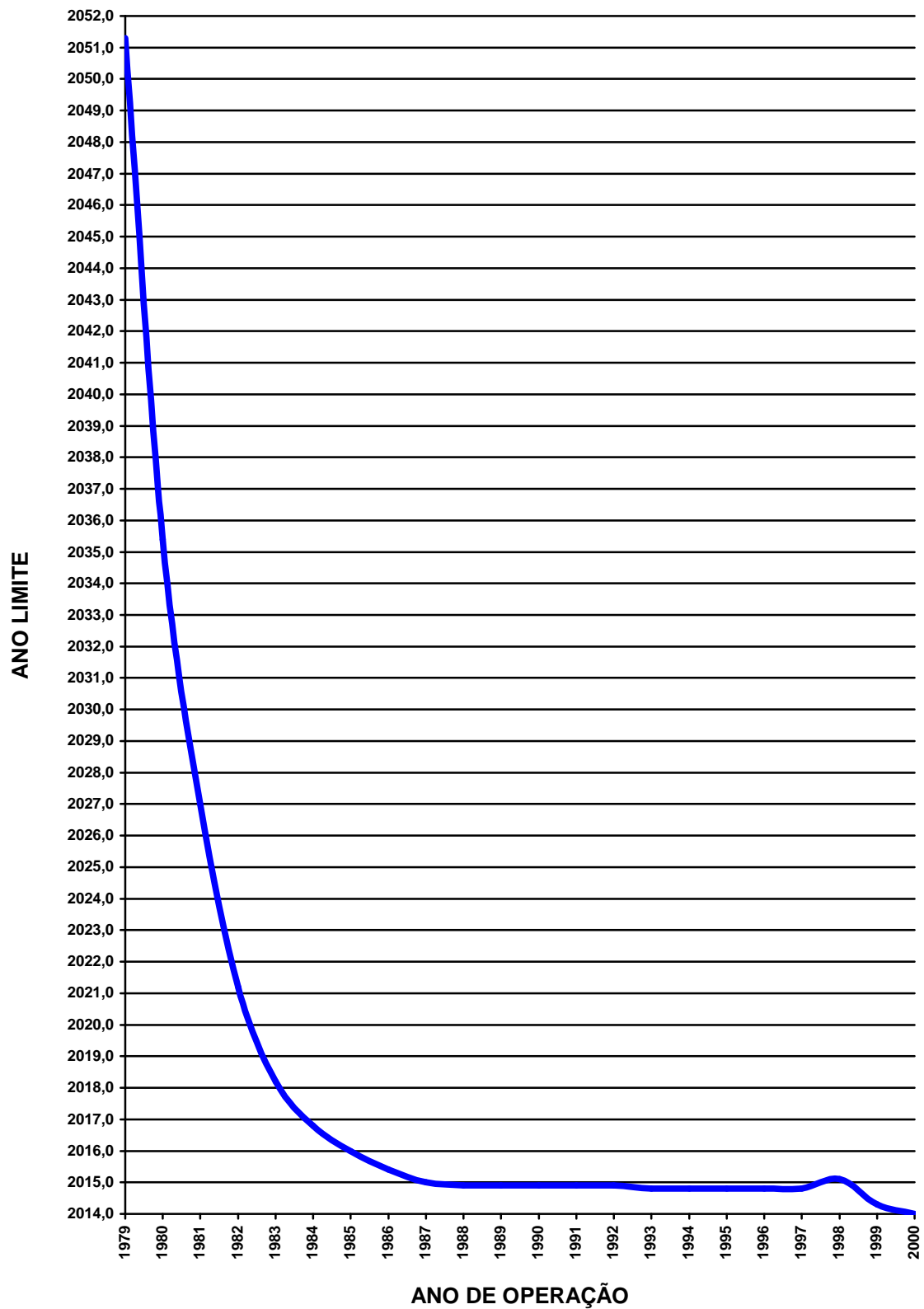


Figura III.15 - Variação da expectativa de vida útil do trecho.  
(OLIVEIRA e SANTOS, 2002).



Segundo OLIVEIRA e SANTOS (2002), este procedimento permite estimar a vida útil dos trilhos a cada ano de operação do trecho, apresentando projeções que variam sob a influência de diversos fatores operacionais, tais como, número de passageiros por ano, número de trens por hora, etc., e que podem provocar o seu aumento ou redução, além de considerar também a influência dos anos anteriores. Há outros fatores físicos relativos aos trilhos a serem considerados paralelamente a este procedimento para avaliação da vida útil dos trilhos, entre os quais a maior ou menor frequência de ocorrência de trincas nos trilhos, outros tipos de defeitos e quantidades de soldas num determinado trecho.

Estes fatores devidamente monitorados podem antecipar, postergar ou confirmar a estimativa de vida útil dos trilhos de rolamento no trecho em avaliação.

A preocupação com o desgaste dos trilhos deu origem à implantação de técnicas de manutenção preditiva, que culminaram com a aquisição do equipamento de medição a *laser*.

O plano para monitoração do desgaste dos trilhos consta de três fases. Cada fase possui uma finalidade específica e o conjunto completo das três fases, busca atingir os seguintes objetivos e benefícios para o Metrô Rio: (OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA e SANTOS, 2002).

- Identificar taxa de desgaste de trilhos do Metrô Rio;
  - Aumentar a confiabilidade e rastreamento das medidas de desgaste;
  - Reduzir o tempo na tarefa de medição;
  - Reduzir o desgaste de trilho e roda;
  - Aumentar a vida útil dos trilhos;
  - Reduzir outros defeitos;
  - Documentar sistematicamente os dados de desgaste;
  - Economizar energia com a redução do desgaste.
- a) Fase I – Avaliação do desgaste dos trilhos;
- Planejamento estratégico para o acompanhamento de desgaste;
  - Desenvolver metodologia sistemática para medição de desgaste de trilho;
  - Verificação de confiabilidade e rastreamento do processo de medição;
  - Consolidar equipamentos e técnicas de medida de perfil;
  - Tratamento e sistematização de dados de desgaste;
  - Estimação da taxa de desgaste de trilhos nas diversas situações do Metro Rio.
- b) Fase II – Identificação das propriedades de contato do conjunto roda/trilho
- Nesta etapa, será incluída a identificação dos perfis de roda, que em conjunto com os perfis de trilho, serão analisados como um todo. As propriedades do conjunto roda-trilho serão

analisadas sob a ótica de inscrição em curvas, desgaste, resistência ao rolamento, segurança, etc.

c) Fase III – Otimização da vida útil dos trilhos;

- Nesta etapa os conhecimentos sedimentados das etapas anteriores serão utilizados para planejamento da manutenção e reposição dos trilhos, visando a otimização da sua vida útil.

b) Metodologia (2 – 3)

Esta fase é caracterizada com uma pesquisa nas instalações do Metrô Rio, sendo o órgão estrutural objeto de estudo a Coordenação de Vias, Estruturas e Oficina, ligada à Gerência de Manutenção, subordinada por sua vez à Diretoria de Operações. À Gerência de Manutenção cabe realizar o planejamento, programação, execução e controle de todas as atividades de manutenção dos sistemas de Material Rodante (trens) e de Instalações Fixas (via permanente, energia, sinalização, piloto automático e demais sistemas de suporte), garantindo a oferta de viagens com disponibilidade, confiabilidade e qualidade dos equipamentos e instalações para a produção dos transportes das Linhas 1 e 2.

A via permanente no Metrô Rio consta de duas linhas: Linha 1, Sãoens Pena - Siqueira Campos, e Linha 2, Estácio - Pavuna. Cada uma delas possui duas vias, também designadas 1 e 2, por onde os trens circulam. Foram convencionadas, nos sentidos citados anteriormente e à partir da direita, as letras A, B, C e D, de forma a designar as linhas de trilhos e facilitar o controle de desgaste dos mesmos. O Anexo 11 apresenta as principais características da via permanente do Metrô Rio.

Para efeito de participação no processo de introdução da tecnologia *Laserail* na via permanente do Metrô Rio foram realizadas as seguintes visitas ao CM - Centro de Manutenção do Metrô Rio:

- 10/05/06 e 03/08/06 - realização de medições;
- 22/08/06 e 29/08/06 - coleta de dados e informações;
- 03, 04, 05 e 10/10/06, e 24/11/06 - Treinamento de Inspeção de Via Permanente.

Aplicando-se o modelo BIM - Barreira, Idéia, Melhoria ao “Programa de Qualidade Pontos Críticos” na via permanente obtém-se o diagrama da Figura III.16.

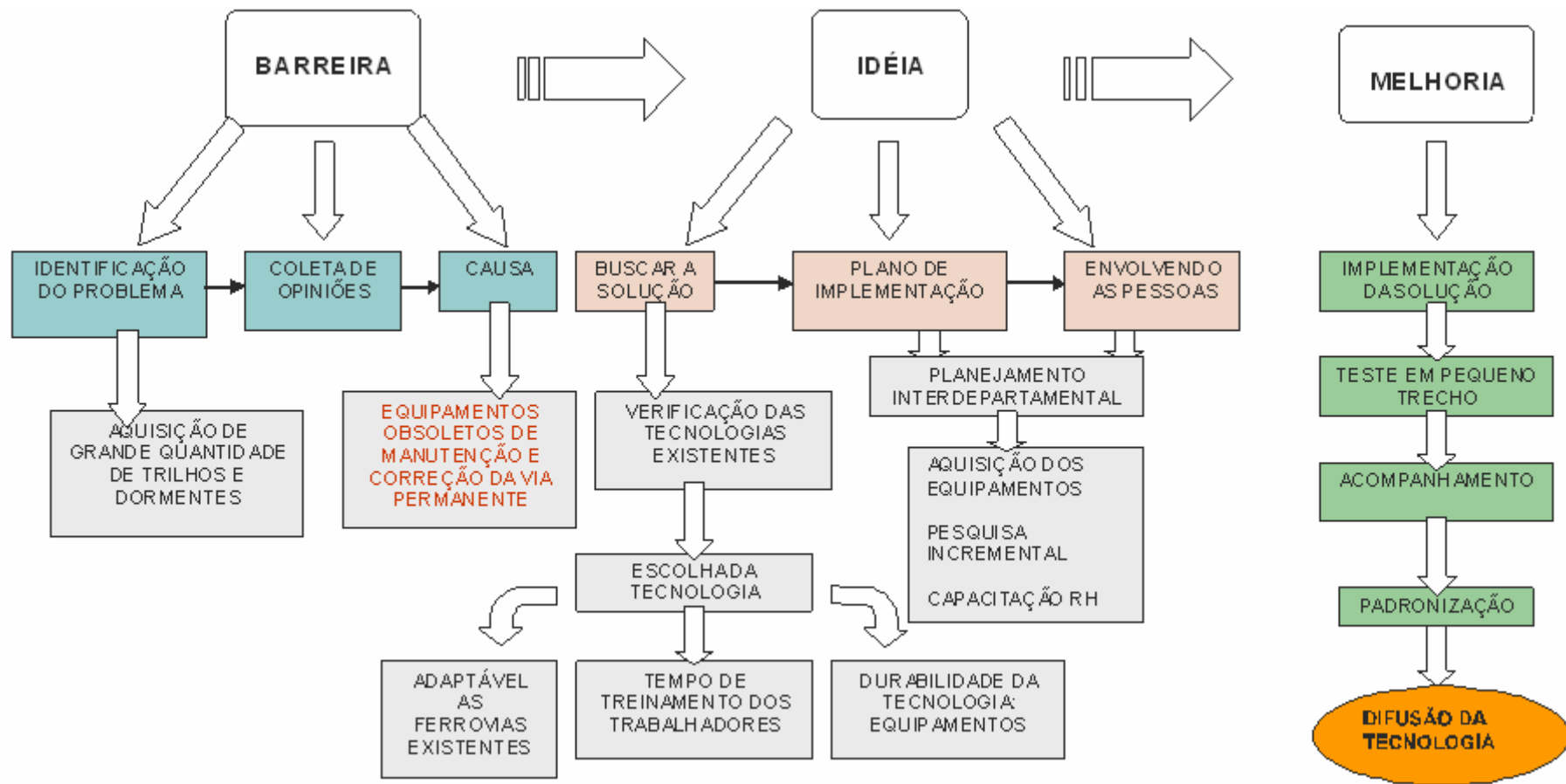


Figura III.16 - O BIM no Metrô Rio.

Os procedimentos de manutenção dos trilhos da via permanente do Metrô Rio são executados seguindo o padrão PET (Padrão de Execução de Tarefa) 002 - CVEO - Execução e Teste de Manutenção Preventiva: (OLIVEIRA, 2006).

- Posicionar o teste de lâmpadas ligando o 3º trilho ao trilho de rolamento, verificando a ausência de energia.
- Posicionar o curto-circuitador a aproximadamente 15 metros do local de execução do serviço para corte de energia em caso de energização acidental.
- Executar a tarefa preventiva conforme roteiro e/ou procedimento de manutenção, observando o tipo e a periodicidade.
- Executar teste do equipamento quando indicado no roteiro e/ou procedimento.
- Recolher os Equipamentos de Proteção Coletiva, ferramentas e demais materiais.
- Periodicidade para inspeção dos trilhos: anual. Medir o desgaste dos trilhos em curvas de raio menor ou igual a 900 m, programando a substituição quando necessário.

#### c) Modelo Futuro – Introdução da Tecnologia *Laserail* (3 – 4)

Como já referenciado anteriormente, as curvas são os locais das via permanente em que ocorrem os maiores valores de desgaste, e onde se concentra a monitoração do desgaste dos trilhos, se caracterizando uma técnica de manutenção preditiva. Citando MIRSHAWKA (1991):

"..., a manutenção preventiva baseada no conhecimento do estado/condição de um item, através de medições periódicas ou contínuas de um ou mais parâmetros significativos. A intervenção de manutenção preditiva busca a detecção precoce dos sintomas que precedem uma avaria."

Conclui-se que a evolução das políticas de manutenção evidencia:

- As diferenças relevantes entre as diversas políticas de manutenção concentram-se nas tarefas de planejamento e controle, particularmente, no modo como determinam o momento da intervenção de manutenção;
- A implantação de uma política de manutenção preditiva pressupõe a existência de um modelo de planejamento, capaz de executar análises prospectivas da degradação do componente crítico do sistema (o de menor vida útil).

Para a monitoração do desgaste dos trilhos com maior precisão foi adquirido o aparelho *Laserail*, modelo EZ-3, que através de um sistema a *laser* faz a leitura do perfil do trilho.

Posteriormente é conectado a um computador onde, num processo semelhante ao pantógrafo, sobrepõe a imagem do perfil do trilho medido a outra imagem de um perfil correspondente de um trilho novo, fornecendo informações como os desgastes sofridos e a perda percentual na área do boleto. As informações coletadas nas medições formam assim um banco de dados para acompanhamento do desgaste dos trilhos minuciosas integrado a um computador

O equipamento foi adquirido da empresa americana *ImageMap* em outubro de 2004, entrando efetivamente em operação no início de 2005. Em abril de 2006 apresentou problemas, e foi enviado para reparos para seu representante no Brasil, a empresa Raitec, em São Paulo, voltando a operar em outubro de 2006. Seu custo foi de aproximadamente R\$100.000,00, no câmbio em U\$ da época.

As Figuras III.17 e III.18 apresentam o equipamento *Laserail*.



Figura III.17 - *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).



Figura III.18 - *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).

Os procedimentos para medição utilizando o *Laserail* são extremamente simples. O equipamento é levado até o local de medição, previamente determinado pelo plano de manutenção preventiva. São feitas medições apenas nas curvas, como já mencionado anteriormente, por serem os locais de maior desgaste, devido às condições e esforços produzidos pela passagem dos trens. O equipamento é apoiado sobre o trilho, e com o auxílio de uma régua extensora é equilibrado no outro trilho paralelo. A superfície deve estar limpa para que sujeira não interfira na medição. Em cada curva são feitas 7 medições, em pontos pré-determinados na via. No painel do aparelho são introduzidas as informações pertinentes à leitura, tais como a data, local da medição, linha de trilho (A, B, C ou D), via (1 ou 2) e trecho entre estações (codificados conforme Anexo 10). Estas informações ficam armazenadas no equipamento, e posteriormente são transmitidas a um computador, para formação de um histórico com dados sobre os desgastes dos trilhos ao longo do tempo. O programa faz a superposição das medidas, também em comparação com as dimensões de um trilho novo, mas com precisão de décimos de milímetro, além de fornecer diretamente outras informações, tais como a perda percentual no boleto do trilho.

As Figuras III.19 a 22 mostram o posicionamento do equipamento para medição, e a Figura III.23 mostra a incidência do raio *laser* sobre um trilho.





Figura III.19 - *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).



Figura III.20 - *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).



Figura III.21 - *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).

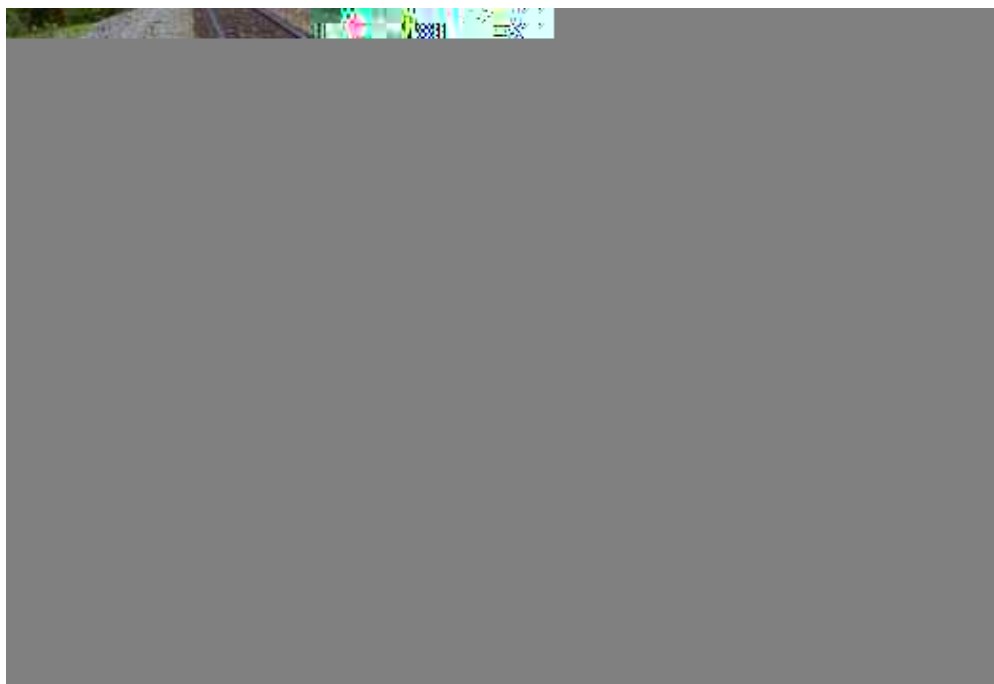


Figura III.22 - Medição com *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).





Figura III.23 - Incidência do *Laser* sobre o perfil do trilho. (METRÔ RIO, 2006).

A Figura III.24 reproduz a interface do programa de computador responsável pela análise dos resultados das medições.

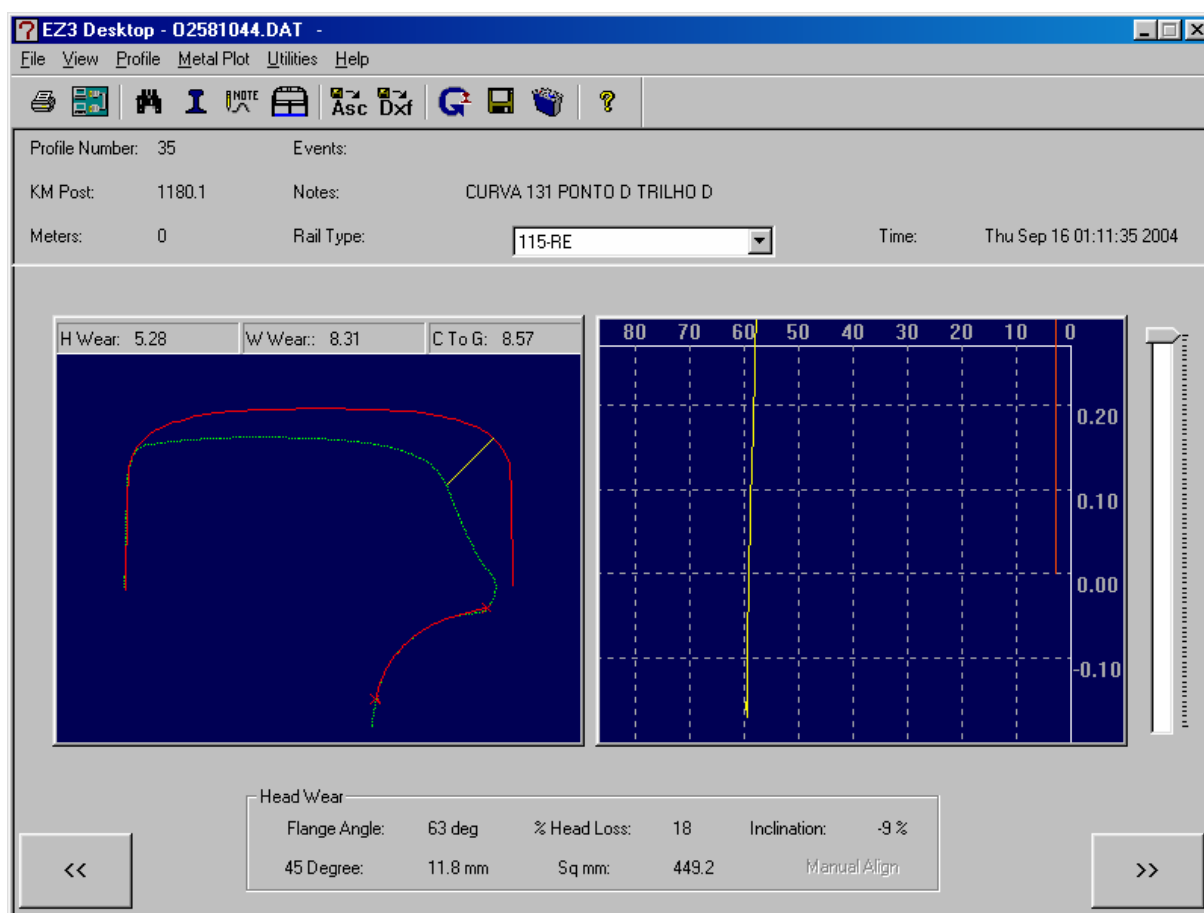


Figura III.24 - Interface do *Laserail* EZ-3. (METRÔ RIO, 2006).

#### d) Realidade Desejada - Estratégias para o Plano de Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva aproveita-se ao máximo a vida útil dos elementos da máquina, podendo-se programar a reforma e substituição somente das peças comprometidas, requer acompanhamentos e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos de monitoração. Requer profissionais especializados, sendo encarada como uma função estratégica, direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução dos problemas operacionais da via.

A inovação é o processo de criação e introdução de algo novo na própria organização ou no mercado. Não se trata de um ato único ou pontual, mas de um processo global que se estende ao longo do tempo. A inovação também não se resume à geração de novas idéias, pois requer a invenção de algo novo e a sua posterior aplicação na própria organização ou no mercado. Esta é, aliás, a principal diferença entre os dois conceitos: enquanto a invenção é um processo de criação independente do seu uso, a inovação pressupõe a utilização da invenção no contexto interno ou externo à empresa.

A avaliação das necessidades tecnológicas de uma empresa começa pelo *benchmarking* ou comparação das tecnologias que ela emprega com as de seus concorrentes. O *benchmarking* deve ser realizado de forma a se entenderem as práticas utilizadas mundialmente, e identificar tecnologias emergentes e aquelas ainda em desenvolvimento, num esforço para proteger seus eventuais impactos competitivos.

A introdução de uma inovação tecnológica constitui um desafio em muitos aspectos, entre eles a interligação das várias dimensões da flexibilidade e integração, além do aprendizado contínuo e a competência no tratamento dos eventos, uma vez que o processo de inovação tecnológica leva a uma nova dimensão de competitividade, ou seja, temporal, tanto interna quanto externa à empresa. Quanto à dimensão espacial, esta é função da relação da empresa com seu meio ambiente, pois a inovação tecnológica é relativa ao meio onde é introduzida.

Segundo FREIRE (2000) a preparação da introdução de inovação envolve dois tipos de planejamento:

“... a seqüência de atividades por função, visto que em cada função é necessário identificar as atividades que irão influenciar, direta ou indiretamente, o lançamento do novo produto ou serviço e planejar sua seqüência ao longo do tempo; e o encadeamento das atividades entre funções, pois não basta que as atividades de cada função sejam corretamente estruturadas, mais importante ainda é assegurar que as ações das várias funções são bem encadeadas para garantir uma execução eficaz do lançamento do novo produto ou serviço.”

Anteriormente à aplicação do *Laserail*, os parâmetros utilizados para controle do desgaste dos trilhos eram de 10 mm para o desgaste lateral a 45°, e de 14 mm para o desgaste

vertical, sendo que este somatório teria que ser no máximo de 24 mm. No período em foi realizado a pesquisa, nos dias 03, 04, 05 e 10/10/06, e 24/11/06, por ocasião do Treinamento de Inspeção de Via Permanente, foram discutidos os novos limites de desgaste com a medição do *Laserail* que passaram a ser 12 mm para o desgaste lateral e 14 mm para o vertical, sendo que o somatório não pode ultrapassar os mesmos 24 mm (OLIVEIRA, 2006). O Anexo 12 reproduz uma Ficha de Controle de Desgaste de Trilho utilizada pela CVEO.

Entretanto, as medições só podem ser efetuadas quando o tráfego é completamente paralisado, e quando a maior parte das manobras com os trens já foram efetuadas e só os veículos de manutenção ou trens avariados se deslocam, de forma a garantir a segurança dos funcionários. Esse trabalho só pode ser efetuado aproximadamente das 01:00 às 03:00 horas da manhã, e devido a esse curto período de tempo só são realizadas aproximadamente medições em no máximo três curvas por dia.

As medições só podem ser efetuadas quando o tráfego é completamente paralisado, quando a maior parte das manobras com os trens já foram efetuadas e só os veículos de manutenção ou trens avariados se deslocam, de forma a garantir a segurança dos funcionários. Esse trabalho só pode ser efetuado aproximadamente das 01:00 às 03:00 horas da manhã, e devido a esse curto período de tempo só são realizadas aproximadamente medições em no máximo três curvas por dia.

Tal restrição de horário se deve em parte à Lei N.º 4203, de 24 de outubro de 2003, alterando os dias e os horários de funcionamento do metrô, que passou a circular desde fevereiro de 2004 de segunda-feira a sábado, entre 05:00 horas e 24:00 horas, e aos domingos e feriados, entre 07 horas e 23 horas. Antes desta data o metrô não circulava nos fins-de-semana, período em que a manutenção da via poderia ser executada de forma mais eficiente. Isso tornou o processo mais lento, fazendo com que nesses dezoito meses de operação o equipamento *Laserail* produzisse um banco de dados de medições extremamente restrito, de forma a que até o momento não existem dados conclusivos quanto à sua eficácia. Entretanto, certamente haverá um ganho na vida útil dos trilhos, devido ao aumento na precisão em suas medições.

Para a construção de um diagrama integrado de todas as atividades relacionadas com o processo de introdução da inovação, de forma a facilitar seu acompanhamento.297393( )-4.7791.319681.3196

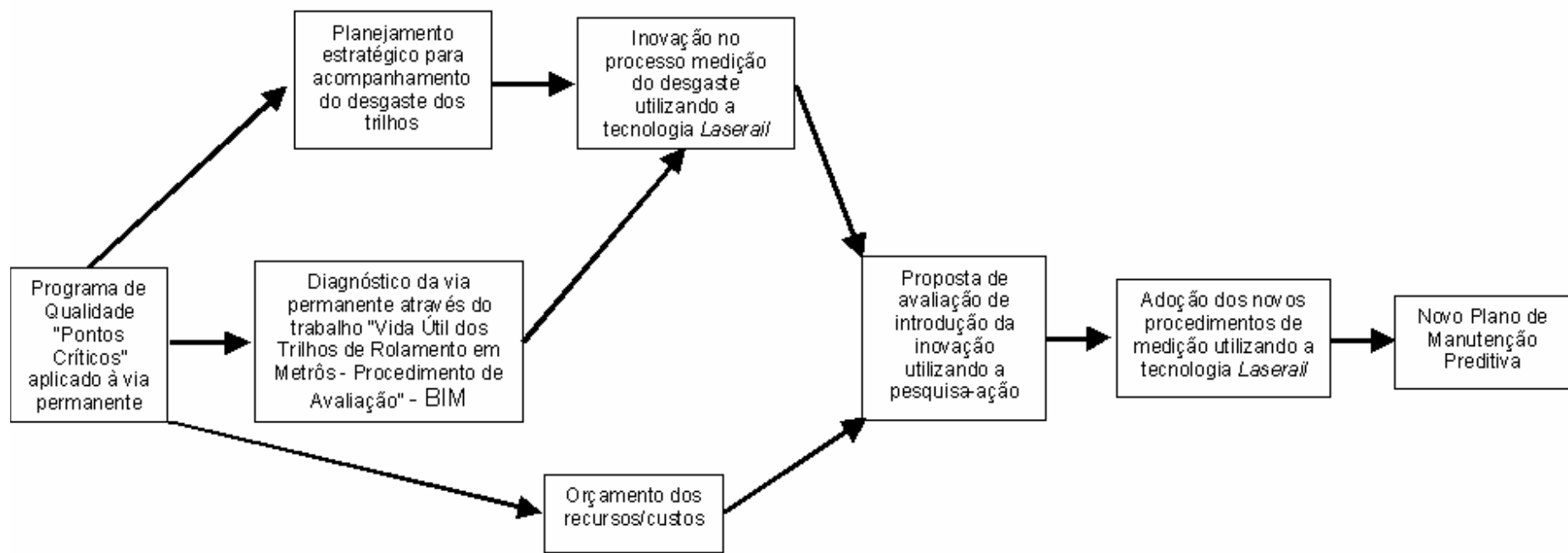


Figura III.25 – Metodologia de avaliação de introdução da tecnologia de medição *Laserail*.

### III.2.2- Análise da Aplicação da Metodologia Pesquisa-Ação

A inovação de produto consiste em oferecer um produto (ou um serviço) apresentando pelo menos uma novidade com relação aos existentes oferecidos e que seja percebido como tal pelo mercado visado. A inovação de processo consiste em uma transformação de processos colocados em prática para conceber, realizar e distribuir os produtos e serviços (TARONDEAU, 1994 apud LOILIER e TELLIER, 1999). Cabe ressaltar que o impacto deste tipo de inovação para a empresa, seu universo de concorrência e seu setor industrial, podem ser tão importantes quanto às inovações de produto mais espetaculares.

No transporte ferroviário podemos citar como inovação de produto a introdução da locomotiva a vapor em substituição a tração animal e como inovação de processo no transporte de carga, a mecanização nos terminais portuários para a descarga dos vagões, feita por viradores de vagões.

Um outro lado de interesse da inovação para LOILIER e TELLIER (1999) é distinguir as inovações significativas, que possuem um impacto considerável sobre o mercado e a concorrência, de simples melhoramentos. A distinção entre os graus de inovação repousa sobre a intensidade tecnológica da mudança introduzida. Fala-se então, da inovação de ruptura (ou radical) em oposição à inovação progressiva (ou incremental).

A inovação radical consiste em utilizar os conhecimentos e o *know-how* novos para aumentar às performances da oferta. A oferta da inovação consiste neste caso sobre o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias. Como ela implica freqüentemente em profundas mutações sociais e de concorrência, ela é também qualificada de inovação de ruptura. A inovação incremental, ou relativa, consiste em uma melhora progressiva das performances (prestações, custos) de oferta existente e não exige *know-how* novo. Ela representa, preferencialmente, uma seqüência de atos de aprendizagem e de direção para uma tecnologia existente. Este tipo de inovação é freqüente. Se seu impacto técnico às vezes é modesto, ele é, ao contrário, de forte interesse financeiro uma vez que seus riscos menores em relação à introdução de uma nova tecnologia.

As inovações técnicas ou tecnológicas se referem a produtos, serviços ou processos de produção novos ou melhorados. As inovações administrativas referem-se a mudanças na organização ou nos circuitos administrativos que podem não afetar as tecnologias aal01(s)-0.29872( )-2

pela inovação destrutiva. No entanto, as mudanças que têm êxito fazem a empresa se adaptar melhor ao meio que a cerca tornando-a mais eficiente (MONTAÑA, 2001).

A primeira competência de gestão essencial, a iniciativa de inovação deve estar alinhada à orientação estratégica da empresa. Para delinear a sua estratégia de inovação, a organização deve considerar não apenas os interesses próprios, mas também as potenciais áreas de inovação das outras entidades, uma vez que a competitividade é sempre uma medida relativa. Desta forma, pode adotar uma estratégia reativa ou pró-ativa, dependendo de uma série de fatores tais como: dimensão e acesso ao mercado, nível de competitividade, extensão dos recursos da empresa e proteção da inovação.

Para operacionalizar sua estratégia de inovação, é importante a empresa reconhecer as áreas tecnológicas que melhor domina ou pretende dominar no futuro, já que não é possível para uma só entidade deter o *know-how* aprofundado em todas as tecnologias requeridas por um determinado produto, serviço ou processo inovador, sendo importante distinguir entre dois tipos de tecnologia:

- Tecnologias centrais: aquelas que contribuem ou podem vir a contribuir significativamente para os fatores críticos do sucesso do negócio;
- Tecnologias marginais: aquelas que não contribuem ou podem vir a contribuir significativamente para os fatores críticos do sucesso do negócio.

Considerando a abordagem da inovação tecnológica definida por FREIRE (2000) que uma organização deve dominar as quatro competências de gestão básicas à inovação, sendo estas a gestão estratégica, gestão de projetos; gestão funcional; e gestão da mudança. Ao longo deste capítulo foi apresentado uma proposta de análise de introdução da tecnologia *Laserail* na monitoração dos trilhos da via permanente do Metrô Rio, considerando-se a hipótese de que as principais ferrovias do mundo utilizam várias técnicas de manutenção preditiva. Assim, a proposta de avaliação de introdução da inovação proposta na Figura III-25 para o setor de manutenção do Metrô Rio é de que a organização deverá dominar as competências básicas de gestão da inovação proposta por Freire (2000).

## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A participação do Brasil no moderno processo tecnológico, disseminado através da globalização, tem colocado as organizações empresariais em ritmo acelerado de mudanças, proporcionando um mercado altamente competitivo. O aprimoramento da qualidade, valor, bom atendimento e inovação dos produtos e serviços, que precisam ser adaptados rapidamente, proporcionam condições de sobrevivência para as empresas num mundo totalmente globalizado. Uma manutenção preventiva de qualidade auxilia as empresas na redução de ocorrência de falhas em instalações, máquinas e equipamentos nestes ambientes competitivos.

É muito importante observar, na busca do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as conseqüências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

Por ser uma manutenção de acompanhamento, a manutenção preditiva exige uma mão-de-obra mais qualificada para o trabalho e alguns aparelhos ou instrumentos de medição. Seu aparente alto custo é plenamente recompensado por seus resultados, situando-se mais próximo do ponto ótimo da relação custo-benefício em equipamentos cuja parada traz grandes prejuízos ao processo e em que o custo do estoque de equipamento/peça também é elevado.

A tecnologia dos sistemas metro-ferroviários tem evoluído de modo bastante acelerado nas três últimas décadas, sendo um dos pilares do sucesso ou fracasso das empresas operadoras. Na medida em que a implantação de novas linhas tem um longo período de maturação e os processos e equipamentos desses sistemas têm um ciclo de vida relativamente alto, é fundamental, para estas empresas, possuírem um plano de tecnologia de médio e longo prazo. Assim, a ação estratégica das empresas metro-ferroviárias deve contemplar um plano de desenvolvimento tecnológico, orientado, nas suas instalações antigas, numa política de renovação dos sistemas e, em projetos novos, numa política que oriente as soluções tecnológicas a serem adotadas nas novas linhas, face aos avanços emergentes no mundo.

Garantir a segurança do tráfego, reduzir as avarias no material rodante e na própria via, aumentar a velocidade comercial e a capacidade de produção e reduzir ao mínimo o custo da conservação da via permanente são problemas do cotidiano dos engenheiros ferroviários brasileiros. Estes problemas vêm-se complicando ultimamente pela necessidade de se aumentar a produtividade das equipes de manutenção e, em alguns casos, pela inexistência de sistemas de apoio à decisão.

O desenvolvimento tecnológico impulsiona a produção de locomotivas e trens unidades cada vez mais potentes, pesados e velozes, quebrando-se sucessivos recordes de velocidade,

quantidade de vagões rebocados e toneladas tracionadas por trem. A utilização dessas possibilidades é condicionada à qualidade das vias existentes, que, se não forem adequadas, podem impedir às empresas ferroviárias de aproveitá-las ao máximo. O problema moderno das estradas de ferro é, sobretudo, um problema de manutenção da via permanente em padrões de qualidade e custo compatíveis com os resultados operacionais esperados.

A utilização da Conserva Cíclica, método mais empregado nas ferrovias nacionais e estrangeiras, pode não ser o método que traga os maiores benefícios financeiros. A manutenção da via, executada num cronograma fixo, supõe que a via, em toda a sua extensão, se degrada numa taxa uniforme e conhecida, o que não corresponde à realidade. Além do mais, apesar de se conhecer os principais fatores que afetam a degradação da via, não se conhecem, ainda, adequadamente suas interações. O desenvolvimento de modelos de degradação da superestrutura da via está num estágio inicial. A manutenção com base no estado de degradação da via representa um avanço em relação à Conserva Cíclica, mas sua preocupação maior é atender aos trechos relativamente mais degradados, com base na priorização de segmentos da via, normalmente de extensão fixa igual a um quilômetro, a partir de um índice de qualidade e em função de uma capacidade instalada da manutenção.

A estimação do processo de degradação dos componentes da superestrutura da via, através de um modelo geral para segmentos de qualquer extensão, é uma tarefa complexa, devido à diversidade das características dos materiais, da infra-estrutura, do meio ambiente, da



Ficam aqui registradas recomendações para a continuidade de acompanhamento do processo de introdução desta tecnologia, visto que a mesma já é utilizada com sucesso em outras empresas metro-ferroviárias do mundo, inclusive no Brasil. A mesma possibilita a economia de custos em termos de substituição de trilhos e dormentes, além de aumentar a velocidade média de circulação das composições e de sua importância para redução de acidentes, buscando-se a qualidade e a confiabilidade nos processos de manutenção do metrô.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; *NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade*. Rio de Janeiro, 1994.

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO; *Documento Nacional - A Situação da Manutenção no Brasil*. Rio de Janeiro, 2005.

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO; *Revista Manutenção - A Manutenção nos Sistemas de Transporte: por Terra, Água ou Ar, a Palavra-Chave é Confiabilidade*. Rio de Janeiro, Novembro/Dezembro 2002. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>>. Acesso em 3 nov. 2006.

ALMEIDA, M.T. *Manutenção Preditiva: Benefícios e Lucratividade*. In: Curso de Análise de Vibrações I, Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, Itajubá, Minas Gerais, 1999a. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br>>. Acesso em 7 mai. 2006.

ALMEIDA, M.T. *Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade*. In: Curso de Análise de Vibrações I, Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, Itajubá, Minas Gerais, 1999b. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br>>. Acesso em 7 mai.2006.

AMARAL, R.; PORCIÚNCULA, H.; “20 Anos de Manutenção Preditiva no Brasil”, *Manutenção*, n. 108, pp. 46-47, Jan./Fev. 2006.

ANPF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PRESERVAÇÃO FERROVIÁRIA. Desenvolvido pela ANPF, 2003-2004. Apresenta informações sobre ferrovias. Disponível em: <<http://www.anpf.com.br>>. Acesso em: 09 mar. 2006.

ANTF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. Desenvolvido pela ANTF, 2003. Apresenta informações sobre ferrovias. Disponível em: <<http://www.antf.org.br>>. Acesso em: 09 mar. 2006.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Desenvolvido pela ANTP. Apresenta informações sobre transporte metroferroviário. Disponível em: <<http://www.antp.com.br>>. Acesso em: 16 mai. 2006.

AREMA - AMERICAN RAILWAY ENGINEERING AND MAINTENANCE ASSOCIATION.

*Manual for Railway Engineering*. Chicago, 1976.

BALARINE, O. F. O.; "O Controle de Projetos Através dos Conceitos de Desempenho Real (Earned Value)", *Produção*, v. 10, n. 2, pp. 31-39, Mai. 2001.

BARBOSA, R. S.; *Programa de Pesquisa para Otimização da Vida Útil de Trilho do Metrô do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Oportrans Concessão Metroviária S. A., 2003.

BASTOS, P. S. dos S.; *Análise Experimental de Dormentes de Concreto Protendido Reforçados com Fibras de Aço*, Tese de D.Sc., EESC/USP, São Carlos, SP, 1999. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-17022005-165347>>. Acesso em: 28 mai. 2006.

BERTALANFFY, V. L.; *Teoria geral dos Sistemas*, 1 ed. Petrópolis, Editora Vozes, 1975.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; INFORME INFRA-ESTRUTURA 1999. *Ferrovias: Privatização e Regulação*. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: jun. 2004.

BRANCO FILHO, G.; *Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade*, 2 ed. Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2000.

BRINA, H. L.;

- CHIAVENATO, I.; *Teoria Geral da Administração*, 5 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999.
- CHIAVERINI, V.; *Aços e Ferros Fundidos*, 5 ed. São Paulo, Associação Brasileira de Metais, 1987.
- COPPEAD/CNT. *Diagnóstico e Plano de Ação – O Caminho para o Transporte no Brasil*, Rio de Janeiro, 1v, 2002.
- CUNHA, P. M. da; “Manutenção Preditiva”, *Soldagem e Inspeção*, n. 6. pp.23-26, Set. 2000.
- DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Desenvolvido pelo SERPRO. Apresenta informações sobre todos os modais de transportes. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br>>. Acesso em: 7 mai. 2006.
- ESVELD, C.; *Comparison Between Theoretical and Actual Transfer Functions of Track Maintenance Machines*, Dissertation of Ph.D., Warsaw Technical University, Warsaw, Poland, 1978. Disponível em: <[http://www.rail.tudelft.nl/Publications/Esveld\\_dissertatie.pdf](http://www.rail.tudelft.nl/Publications/Esveld_dissertatie.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2006.
- ESVELD, C.; *Modern Railway Track*, 2 ed. Netherlands, MRT-Productions, 2001.
- FACHIN, O.; *Fundamentos de metodologia*, 3. ed. São Paulo, Saraiva, 2001.
- FIORENTINI, D.; GERALDI, C. G. e PEREIRA, E. M.; *Cartografias do trabalho docente*, 1 ed. Campinas, Mercado de Letras, 1998.
- FREIRE, A.; *Inovação: novos Produtos e Negócios para Portugal*, 1 ed. Portugal, Verbo, 2000.
- GEIPOT/MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *Anuário Estatístico dos Transportes*. Brasília, 1 v, 2001.
- GIL, A. C.; *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4. ed. São Paulo, Atlas, 2002.
- GÜELL, A. M.; VILA, M.; *El Arte de Innovar en la Empresa*, 1 ed. Barcelona, Ediciones Del Bronce, 2001.
- KINCHELOE, J.; *A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-*

*moderno*, 1 ed. Porto Alegre, Artes Médicas, 1997.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.; *Metodologia do trabalho científico*, 2 ed. São Paulo, Atlas, 1995.

LOILIER, T.; TELLIER, A.; *Gestion de L'Innovation*. Éditions managemente Société, Paris, 1999.

MAGALHÃES, P. C. B.; "Contato Roda-Trilho". In: *Tratado de Estradas de Ferro - Material Rodante*, v. 1, 1 ed. Rio de Janeiro, Reflexus, pp. 81-111, 2000.

MAGEL, E.; "Optimizing wheel, rail profiles", *Railway Track and Structures*, New York, Jul. 1999.

MACHADO, C. F.; *Contribuição ao Estudo de Disponibilidade e Manutenção de Sistemas Metro-Ferrovíarios de Transportes: Caso do Metrô do Rio De Janeiro*, Dissertação de M.Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1996.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C.; "Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos", *Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 22, pp. 35-42, Jul./Dez. 2003.

MARU, M. M.; *Estudo do Desgaste e Atrito de um Par Metálico sob deslizamento Lubrificado*, Tese de D.Sc., EP/USP, São Paulo, SP, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3132/tde-07052003-130638/>>. Acesso em: 17 jun. 2006.

MEDEIROS, V. A. de. (1980), *Curso de Formação de Monitores da Via Permanente*, Rio de Janeiro Rede Ferroviária Federal S.A.

METÁLICA. Desenvolvido por Met@lica, 2003. Fornece informações sobre fabricação de perfis metálicos. Disponível em [www.metlica.com.br](http://www.metlica.com.br). Acesso em: 28 mai. 2006.

METRÔ. Desenvolvido pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2005. Apresenta informações sobre o Metrô da Cidade de São Paulo. Disponível em: <<http://metro.sp.gov.br>>. Acesso em: 7 mai. 2006.

METRÔ RIO. Desenvolvido pelo Metrô Rio, 2005. Apresenta informações sobre o Metrô da

Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.metrorio.com.br](http://www.metrorio.com.br)>. Acesso em: 7 mai. 2006.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Contém informações sobre o setor de transportes no Brasil. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 22 jun.2005.

MIRSHAWKA, V.; *Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos*, 1 ed. São Paulo, Makron, McGraw-Hill, 1991.

MONCHY, F.; *Função Manutenção: Formação Para a Gerência da Manutenção Industrial*, 1 ed. São Paulo, Durban, 1989.

MONTAÑA, J.; *Innovación: El reto empresarial del siglo XXI*. In: GÜELL, A. M.;VILA, M.(coord), *El arte de innovar en la empresa*. Barcelona, Ediciones del Bronce, 2001.

MRS. MRS Logística S.A. Desenvolvido pela MRS, 2004. Apresenta informações sobre a ferrovia. Disponível em: <<http://www.mrs.com.br>>. Acesso em: 09 mar. 2006.

NADLER, D. A.; GERSTEIN, M. S.; SHAW, R. B.; *Arquitetura Organizacional: A Chave para a Mudança Empresarial*, 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1993.

NEPOMUCENO, L. X.; *Técnicas de Manutenção Preditiva*, v. 1, 1 ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1989a.

NEPOMUCENO, L. X.; *Técnicas de Manutenção Preditiva*, v. 2, 1 ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1989b.

OLIVEIRA, E. R. P. de (2006), *Manual de Treinamento de Manutenção de Via Permanente*, Rio de Janeiro, Engenharia de Manutenção do Metrô Rio.

OLIVEIRA, E. R. P. de e SANTOS, J. C. dos; "Vida Útil de Trilhos de Rolamento em Metrôs - Procedimento de Avaliação". *1<sup>st</sup> World Congress of Maintenance*, TT - 011, Salvador, Bahia, Brasil, 15-19 Setembro 2002.

PICANÇO, J. R. S.; *Análise da Produtividade na Manutenção Industrial*, Dissertação de M.Sc., Escola de Administração, UFBA, Salvador, BA, Brasil, 2003. Disponível em: <[http://www.adm.ufba.br/joao\\_roberto.pdf](http://www.adm.ufba.br/joao_roberto.pdf)>. Acesso em: 7 Mai. 2006.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. DE A. N.; *Manutenção - Função Estratégica*, 2 ed. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001.

PINTO, A. K.; FLORES FILHO, J.; SEIXAS, E. de S.; *Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho*, 1 ed. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2002.

PORTO, T. G. (2004), *Ferrovias*, São Paulo, EPEC/USP. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/d/ptr0540/apostila.htm>>. Acesso em: 28 mai. 2006.

RATTON NETO, H. X.; *Padrões para Manutenção da Via Permanente*, Dissertação de M.Sc., IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1985.

RFFSA - REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A.. *Norma ITV-8-R. Instrução Técnica de Via - Desgaste de Trilhos*, Rio de Janeiro, RJ, 1968, 3p.

RFFSA - REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A., 1978, Normas e Instruções Gerais de Via Permanente, RFFSA, Rio de Janeiro.

RFFSA - REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A.. *Estudos e Relatórios Técnicos*. v. 3, Rio de Janeiro, RJ, 1979, 259 p.

RFFSA - REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A.. *Normas e Instruções Gerais de Via Permanente – Defeitos de Trilhos*. 9 v. Rio de Janeiro, RJ, 1990, 71 p.

RFFSA - REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A.. *Norma IVR-15. Reemprego de Trilhos*. Rio de Janeiro, RJ, 1991.

RICCIO, E. L. ; HOLANDA, V. B.; “A utilização da pesquisa-ação para perceber e implementar sistemas de informações empresariais”. In: *13th Asian Pacific Conference On International Accounting Issues*, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.tecsi.fea.usp.br/riccio/tac/pdf/art-pesacao.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2007.

RIESSBERGER, K.; “Key Elements in the Maintenance of High Speed Track”, *Boletín de la Asociación del Congreso Panamericano de Ferrocarriles*, v. 64, n. 321, pp. 87-95, Abr. 1991.

RIESSBERGER, K.; *Measuring Cars - Solved and Unsolved Problems*. Institut Für Eisenbahnwesen der Technischen Universität Graz, Alemenha, 1995.

RIVES, F. O.; PITA, A. L.; PUENTE, M. J. M.; *Tratado de ferrocarriles I via*, 1 ed. Madri, Rueda, 1977.

RODRIGUES, C. A.; *Contribuição ao Planejamento da Manutenção Preditiva da Superestrutura Ferroviária*, Tese de D.Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

RODRIGUES, C. A.; “Métodos de Manutenção da Via Permanente”. In: *Tratado de Estradas de Ferro - Material Rodante*, v. 1, 1 ed. Rio de Janeiro, Reflexus, pp. 199-213, 2002.

RODRIGUES, C.A., GRANJA, L.Z., 1996, “Manutenção da Via Permanente Ferroviária - Proposta de uma Metodologia”, In: IX Congresso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Havana, Cuba.

RODRIGUES, M.; *Manutenção Industrial em Curitiba e Cidades Circunvizinhas: Um*



SILVA, L. F. M.; *Fundamentos Teórico-Experimentais da Mecânica dos Pavimentos Ferroviários e Esboço de um Sistema de Gerência Aplicado à Via Permanente*, Tese de D.Sc., PEC/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

SILVA, P.R.T.; *Caracterização de Trilhos Ferroviários Quanto à Tenacidade, à Fratura e Comportamento em Fadiga*, Dissertação de M. Sc., PPGEM/UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995.

STOPATTO, S.; *Via Permanente Ferroviária: conceitos e aplicações*, 1 ed. São Paulo, T.A. Queiroz/USP, 1987.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X.; *Indicadores da Qualidade e do Desempenho*, 1 ed. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1996.

TAVARES, L. A.; *Administração Moderna da Manutenção*, 1 ed. Rio de Janeiro, Novo Pólo, 1999.

THIOLLENT, M.; *Metodologia da pesquisa-ação*, 2 ed. São Paulo, Cortez, 1986.

XAVIER, J. DE A. N.; "Manutenção Classe Mundial". *Congresso Brasileiro de Manutenção*, Salvador, Brasil, Setembro 1998. Disponível em: <[http://paginas.terra.com.br/servicos/vibra/vibra/tc\\_manut.doc](http://paginas.terra.com.br/servicos/vibra/vibra/tc_manut.doc)>. Acesso em: 8 mai. 2006.

YIN, R. K.; *Estudo de Caso: planejamento e método*, 1 ed. Porto Alegre, Bookman, 2005.

## ANEXO 1 - MARCOS TECNOLÓGICOS DA FERROVIA

- 1776 - Trilhos de madeira são substituídos por trilhos de ferro, nas minas de carvão de Shropshire, Inglaterra.
- 1801 - Autorização do governo inglês para exploração da primeira ferrovia de carga: a Surrey Iron Railway.
- 1803 - Início da operação na Surrey Iron Railway, ligando Wandsworth a Croyden, Inglaterra, com tração animal.
- 1804 - Richard Trevithick testa o emprego de locomotiva a vapor para substituir a tração animal, sem sucesso, pois essa máquina mostrou-se incapaz de subir pequenas rampas por falta de peso para produzir aderência.
- 1807 - Início da operação da primeira ferrovia de passageiros: a Oystermouth Railway, na Inglaterra, com tração animal.
- 1812 - Emprego de locomotiva a vapor, com rodas e um dos trilhos dentados (semelhantemente a uma cremalheira), na Middleton Railway, Inglaterra, para superação dos problemas de aderência.
- 1825 - Abertura ao tráfego da Stockton e Darlington Railway, Inglaterra, onde foi empregada uma locomotiva a vapor com razoáveis condições de tração e aderência, projetada por George Stephenson.
- 1830 - A Liverpool e Withstable Railway, Inglaterra, substitui toda a tração animal por locomotivas a vapor.
- 1841 - Utilização pela primeira vez da sinalização semafórica na South Eastern Railway, e do telégrafo elétrico na North Midland Railway, ambas da Inglaterra, para controle do tráfego ferroviário.
- 1844 - Início do processo de unificação das bitolas na Inglaterra, com a adoção do padrão de 1.435mm.
- 1863 - Abertura ao tráfego do primeiro metrô, em Londres, operado pela Metropolitan Railway, entre as estações de Bishop's Road e Farringdon Street.
- 1869 - George Westinghouse recebe a patente de seu freio a ar, que iria diminuir sobremaneira os acidentes ferroviários derivados de problemas de frenagem.
- 1873 - Inventado, nos EUA, pelo ex-escravo Eli Janney, o sistema de engate automático, eliminando grandemente os graves acidentes que normalmente ocorriam com manobreadores no engate e desengate de vagões e carros de passageiro.
- 1881 - George Westinghouse aperfeiçoa o sistema de bloqueio elétrico da sinalização, que aumenta tremendamente a segurança das estradas de ferro.
- 1882 - Primeira utilização do telefone no despacho de trens, pela New York West Shore & Buffalo Railroad, EUA.

- 1883 - Inauguração da primeira ferrovia eletrificada: a Volk's Electric Railway, Inglaterra. Entrada em operação do primeiro trem de passageiros de longa distância de luxo: o Expresso do Oriente.
- 1884 - Entrada em serviço do primeiro carro de passageiros com ar condicionado, nos EUA.
- 1889 - Apresentação, em Paris, do primeiro aparelho de mudança de via com acionamento hidráulico.
- 1890 - Entrada em serviço do primeiro sistema de metrô eletrificado, em Londres.
- 1892 - Uniformização da bitola na Great Western Railway, Grã-Bretanha.
- 1900 - Introdução do sistema de areeiros para melhoria da aderência roda x trilho, na Inglaterra. Eletrificação da linha Paris-Juvissey, na França, com terceiro trilho.
- 1906 - Inauguração do túnel ferroviário e Simplon, nos Alpes, com comprimento de 19.73m.
- 1925 - A primeira locomotiva diesel-elétrica dos EUA circula na Central Railroad of New Jersey.
- 1930 - Trem alemão bate o recorde de velocidade: 230km/h.
- 1949 - Primeira aplicação, na França, da tecnologia do trilho continuamente soldado.
- 1955 - Alcançada na França a velocidade de 330km/h, com um trem tracionado por locomotiva elétrica.
- 1964 - Inauguração da Tokaido Shinkansen (trem-bala japonês).
- 1981 - Trem de grande velocidade francês atinge a velocidade de 380km/h.
- 1994 - Inauguração do túnel do canal da Mancha, ligando a Inglaterra à França.

## **ANEXO 2 - CRONOLOGIA DO SETOR FERROVIÁRIO BRASILEIRO**

- 1828 - Promulgada, no Brasil, a Lei José Clemente, que autoriza a construção de estradas no país, por empresários nacionais ou estrangeiros.
- 1835 - Promulgação, no Brasil, da Lei Feijó, que autoriza a concessão de ferrovias unindo o Rio de Janeiro às províncias de Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Sul.
- 1845 - Inauguração da primeira ferrovia do Brasil, com 14,5km, ao fundo da baía da Guanabara, atualmente município de Magé, Rio de Janeiro, um empreendimento de Irineu Evangelista de Souza, que futuramente seria o Barão de Mauá.
- 1858 - Inauguração da segunda estrada de ferro do Brasil, a Recife and São Francisco Railway Company, entre Recife e Cabo, em Pernambuco. Essa ferrovia marca também o início da instalação da primeira empresa inglesa no país. Conclusão do primeiro segmento, entre o Rio de Janeiro e Queimados, na Baixada Fluminense, daquela que seria por muitos anos a mais importante ferrovia do Brasil: a E. F. D. Pedro II, mais tarde E. F. Central do Brasil.
- 1873 - Promulgação, no Brasil, da Lei 2450, de 24 de setembro, que concede garantia de juros ou, alternativamente, subvenção quilométrica relativamente ao capital empregado nas construções de ferrovias.
- 1878 - Promulgação, no Brasil, do Decreto 6995, de 10 de agosto, complementando a legislação concessional anterior e estabelecendo a arbitragem na solução de conflitos entre governo e ferrovias.
- 1882 - Realização do I Congresso de Estradas de Ferro no Brasil, que contou com a presença do imperador D. Pedro II em todas as suas treze sessões.
- 1890 - Início do resgate de ferrovias privadas pelo governo brasileiro, com a encampação da E. F. São Paulo e Rio de Janeiro, posteriormente incorporada à E. F. Central do Brasil.
- 1903 - Entrada em funcionamento do primeiro laboratório para testes de materiais de construção do Brasil, iniciativa da E. F. Central do Brasil.
- 1904 - Introdução no Brasil, pela Cia. Paulista de Estradas de Ferro - CPEF, da técnica de plantio de eucalipto, de origem australiana, para fornecimento de lenha às locomotivas a vapor.
- 1905 - Passagem ao controle do governo de São Paulo da E. F. Sorocabana, em dificuldades financeiras.
- 1912 - Inauguração da E. F. Madeira–Mamoré, tida como um dos mais difíceis empreendimentos do Brasil.
- 1921 - Criação, pela E. F. Santos a Jundiaí (antiga São Paulo Railway) da primeira Caixa de Aposentadoria e Pensões do setor privado no Brasil.

- 1922 - Entrada em vigor, no Brasil, do Regulamento para Segurança, Polícia e Tráfego das Estradas de Ferro, substituindo o anterior, que datava de 1857. Eletrificação do trecho Campinas–Jundiaí, da ferrovia Paulista, evento pioneiro no Brasil.
- 1926 - Criada, no Brasil, a Contadoria Geral dos Transportes, destinada a organizar o tráfego mútuo entre as cerca de 150 diferentes estradas de ferro operando no país.
- 1930 - Eletrificadas as linhas de subúrbio do Rio de Janeiro, operadas pela E. F. Central do Brasil.
- 1942 - Criação da Cia. Vale do Rio Doce, que absorveu E. F. Vitória a Minas–EFVM, que se tornaria em pouco tempo a mais importante ferrovia do país.
- 1945 - Edição no Brasil do Decreto 7632, de 12 de junho, criando as taxas de melhoramento e renovação patrimonial das ferrovias, através de alíquota de 10% sobre os fretes.
- 1950 - Promulgação no Brasil da Lei 1272-A, de 12 de dezembro, criando o Fundo Ferroviário Nacional. Criada a Comissão Mista Brasil–Estados Unidos para o Desenvolvimento Econômico, que lançaria as bases para a reformulação do setor ferroviário brasileiro.
- 1952 - Ocorrência do maior acidente ferroviário do Brasil, no subúrbio de Anchieta, Rio de Janeiro, resultado do choque de um trem de subúrbio com um trem cargueiro, derivado de um trilho partido, resultando em cerca de 90 mortos e 200 feridos.
- 1956 - Promulgação da Lei 2975, de 27 de novembro, concedendo à RFFSA a participação de 10% do imposto único sobre combustíveis líquidos e gasosos – IUCLG.
- 1957 - Inaugurada a E. F. Amapá, na bitola internacional (1.435mm) e única no Brasil, destinada ao escoamento de manganês na Serra do Navio, no então território e hoje estado do Amapá. Criação no Brasil da Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA, resultado da aglutinação de quase duas dezenas de ferrovias controladas pelo governo federal.
- 1962 - Promulgada no Brasil a Lei 4102, de 20 de julho, criando o Fundo Nacional de Investimentos Ferroviários – FNIF, composto por uma alíquota de 3% da receita tributária da União e das taxas de melhoramentos, estas últimas fruto do DL 7.632, de 1945, ratificado pelo Decreto 55.651, de 29 de janeiro de 1965.
- 1967 - Promulgado no Brasil o DL 343, de 28 de dezembro, que destina a alíquota de 8% do imposto sobre combustíveis à RFFSA.
- 1969 - Assinado o primeiro contrato-programa entre o governo francês e a SNCF. Editado no Brasil o DL 615, de 09 de setembro de 1969, que estabeleceu o Fundo Federal de Desenvolvimento Ferroviário, essencialmente composto pela participação da RFFSA no IUCLG (8%) e por 5% do imposto de importação.

- 1970 - Iniciado no Brasil o programa de capacitação da RFFSA para o transporte de minério de ferro, apoiado pelo Bird.
- 1971 - Criação da Ferrovia Paulista S. A. - FEPASA, pela aglutinação de cinco ferrovias estaduais (Paulista, Sorocabana, Mogiana, Araraquarense e São Paulo – Minas).
- 1974 - Criação no Brasil do Fundo Nacional de Desenvolvimento, canalizador de recursos anteriormente vinculados a aplicações setoriais. Criada no Brasil a empresa de Engenharia Ferroviária - Engefer, destinada a implantação de empreendimentos ferroviários no país.
- 1978 - Dado início à implantação da E. F. Trombetas, objetivando o transporte de bauxita no estado do Pará, Brasil.
- 1979 - Inaugurada a E. F. Jari, destinada a dar suporte à produção de celulose no estado do Pará, Brasil. Erradicados cerca de 8.000km de linhas férreas no Brasil, processo iniciado no início da década de 60.
- 1984 - Criada, por cisão da RFFSA e absorção da Engefer, a Cia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU, através do DL 2178, que concomitantemente transfere as dívidas da RFFSA para o tesouro nacional.
- 1985 - Inauguração da E. F. Carajás - EFC, no Norte do Brasil, pela Cia. Vale do Rio Doce, destinada a escoar minério de ferro do estado do Pará.
- 1987 - Dado início à construção, no Brasil, da Ferrovia Norte – Sul, interligando os estados de Goiás, Tocantins, Maranhão e Pará.
- 1991 - Iniciados os trabalhos de construção da Ferroeste, entre Guarapuava e Cascavel, estado do Paraná, Brasil.
- 1992 - Dado início à construção do trecho inicial da Ferronorte, interligando os estados de São Paulo e Mato grosso do Sul, Brasil.
- 1996 - Privatizadas, no Brasil, as malhas centro-leste, sudeste e oeste da RFFSA, sendo as novas concessionárias a Ferrovia Centro Atlântica – FCA, MRS Logística e Ferrovia Novoeste, respectivamente.
- 1997 - Privatizadas, no Brasil, as malhas sul e Tereza Cristina da RFFSA, sendo as novas concessionárias a Ferrovia Sul-Atlântica (atualmente América Latina Logística-ALL) e Ferrovia Teresa Cristina-FTC, respectivamente. Privatizado um trecho da ferrovia estadual do Paraná (Ferroeste), assumido pela Ferrovia Paraná - Ferropar.
- 1998 - Privatizadas, no Brasil, as malhas nordeste e paulista da RFFSA, sendo as novas concessionárias a Cia. Ferroviária do Nordeste - CFN e Ferrovia Bandeirantes - Ferroban, respectivamente.

### ANEXO 3 - EVOLUÇÃO DO SISTEMA FERROVIÁRIO NACIONAL ATÉ 1987 (ANTP, 2006)

ATÉ 1957 Ferrovia	DE 1958 A 1968	DE 1969 A 1974		DE 1975 A 1984	DE 1985 A 1987	
		Sistema Regional	Divisão Operacional			
Rede de Viação Cearense*	Rede de Viação Cearense	Sistema Regional Nordeste RFFSA	2ª Divisão Cearense	Incorporada à Superintendência Regional 1 Recife R RFFSA  Criação em 1979 da SR-7 Salvador	Superintendência Regional 1 RFFSA	
Rede Ferroviária do Nordeste* (1)	Rede Ferroviária do Nordeste		3ª Divisão Nordeste		Superintendência Regional 1 Recife RFFSA	CBTU Metrorec
Viação Férrea Federal leste Brasileiro*	Viação Férrea federal leste Brasileiro		4ª Divisão Leste		Superintendência Regional 7 Salvador RFFSA	
rede Mineira de Viação*	Viação Férrea centro-Oeste (3)	Sistema Regional Centro RFFSA	5ª Divisão Centro Oeste (4)	Transformada em Superintendência Regional 2 Belo Horizonte RFFSA	Superintendência Regional 2 Belo Horizonte RFFSA	Superintendência de Trens Urbanos Demetrô
E.F. Leopoldina*	E.F. Leopoldina		7ª Divisão Leopoldina	Transformada em 1975 em 8ª Divisão especial de Subúrbios do Grande Rio RFFSA (5)	CBTU Administração Central	Superintendência de Trens Urbanos do Rio de Janeiro
E.F. Central do Brasil* (2)	E.F. Central do Brasil		6ª Divisão Central			
E.F. Santos a Jundiá	E.F. Santos a Jundiá	Sistema Regional Centro Sul RFFSA	9ª Divisão Santos a Jundiá	Transformada em Superintendência Regional 4 São Paulo RFFSA	CBTU Administração Central	Superintendência de Trens Urbanos de São Paulo
E.F. Sorocabana	E.F. Sorocabana	Incorporada em 1971 à FEPASA		FEPASA	FEPASA	
E.F. Campos do Jordão	E.F. Campos do Jordão	E.F. Campos do Jordão		E.F. Campos do Jordão	E.F. Campos do Jordão	
Viação Férrea do Rio Grande do Sul	Viação Férrea do Rio Grande do Sul**	Sistema Regional Sul RFFSA	13ª Divisão Rio Grande do Sul	Transformada em Superintendência Regional 6 Porto Alegre RFFSA	Criação em 1985 da TRENSURB	
R. Viação Paraná S.C.*	R. Viação Paraná S.C.*		11ª Divisão Paraná - Santa Catarina	Transformada em Superintendência Regional 5 Curitiba RFFSA		
E.F. Votorantin	E.F. Votorantin	Serviço Intermunicipal de Passageiros desativado em 1969				
E.F. de Bragança						
E.F. Ilhéus						

\* incorporada em 1957 à RFFSA

\*\* incorporada em 1961 à RFFSA

(1) Inclui os sistemas diesel de Recife, João Pessoa, Maceió e Natal

(2) Inclui os sistemas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte

(3) Incorporou em 1965 a Rede Mineira de Viação

(4) Incorporou os sistemas da E.F. central do Brasil – Belo Horizonte e da Viação Férrea Centro Oeste

(5) Criação da 14ª Divisão Centro Norte

(6) Companhia brasileira de Trens Urbanos, criada em 1984

### ANEXO 4 - EVOLUÇÃO DO SISTEMA FERROVIÁRIO NACIONAL A PARTIR DE 1988 (ANTP, 2006)

DE 1988 a 1994			DE 1995 A 1997		A PARTIR DE 1997						
Companhia Brasileira de Trens Urbanos CBTU Administração Central	Superintendência de Trens Urbanos de Fortaleza		CBTU Administração Central	Superintendência de Trens Urbanos de Fortaleza		CBTU Administração Central	Superintendência de Trens Urbanos de Fortaleza				
	Superintendência de Trens Urbanos de Recife	Gerência Trens Urbanos J. Pessoa		Superintendência de Trens Urbanos de Recife	Gerência Trens Urbanos J. Pessoa		Superintendência de Trens Urbanos de Recife	Gerência Trens Urbanos J. Pessoa	Superintendência de Trens Urbanos de Recife	Gerência Trens Urbanos Maceió	Superintendência de Trens Urbanos de Recife
		Gerência Trens Urbanos Maceió			Gerência Trens Urbanos Maceió			Gerência Trens Urbanos Maceió			
		Gerência Trens Urbanos Natal			Gerência Trens Urbanos Natal			Gerência Trens Urbanos Natal			
	Superintendência de Trens Urbanos de Salvador			Superintendência de Trens Urbanos de Salvador	Superintendência de Trens Urbanos de Salvador		Superintendência de Trens Urbanos de Salvador	Superintendência de Trens Urbanos de Salvador			
	Superintendência Regional 2 Belo Horizonte RFFSA (6)	Superintendência de Trens Urbanos de Belo Horizonte Demetrô			Superintendência de Trens Urbanos de Belo Horizonte Demetrô			Superintendência de Trens Urbanos de Belo Horizonte Demetrô			
	Superintendência de Trens Urbanos do Rio de Janeiro				1994 – Companhia Fluminense de Trens Urbanos Flumitrens			Companhia Fluminense de Trens Urbanos Flumitrens			
Superintendência de Trens Urbanos de São Paulo		1993/1994 Companhia Paulista de Trens Metropolitanos		Companhia Paulista de Trens Metropolitanos CPTM		Companhia Paulista de Trens Metropolitanos CPTM					
FEPASA		CPTM		Companhia Fluminense de Trens Urbanos Flumitrens		Supervia (1)					
E.F. Campos do Jordão TRENSURB			E.F. Campos do Jordão TRENSURB		E.F. Campos do Jordão TRENSURB						

(1) A Supervia assumiu em 1998 a operação da malha até então operada pela Flumitrens, à exceção da ligação São Gonçalo-Niterói, que continuou com a empresa estadual.



## **ANEXO 5 - ESPECIFICAÇÕES DOS TRILHOS**

O tipo de trilho é específico a partir das definições das condicionantes anteriormente descritas, com os objetivos de suportar as cargas a ele previstas, ser resistente ao desgaste e a fadiga e apresentar boa soldabilidade.

As normas da ABNT apresentam os seguintes tipos de trilhos: TR-37; TR-45; TR-50; TR-57 e TR-68. Eles podem ser produzidos em aço-carbono, aço-liga Cr-Mn-Si ou em aço Niobrás, conforme as necessidades de uso.

Os trilhos fabricados no Brasil obedecem aos requisitos

Tabela 3 - Características das seções dos trilhos para ferrovias.

Características			Tipo de Trilho				
			TR 37	TR 45	TR 50	TR57	TR 68
Área calculada da seção (cm <sup>2</sup> )	Boleto	Área	19,87	20,58	24,51	25,22	31,35
		% do total	42,00	36,20	38,20	34,80	36,40
	Alma	Alma	9,94	13,68	14,52	19,63	23,35
		% do total	21,00	24,00	22,60	27,10	27,10
	Patim	Área	17,48	22,64	25,16	27,68	31,42
		% do total	37,00	39,80	39,20	38,10	36,50
Área total		47,29	56,90	64,19	72,58	86,12	
Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )			951,50	1610,80	2039,50	2730,50	3950,10
Módulo de resistência (cm <sup>3</sup> )	Boleto		149,10	205,6	247,40	294,80	391,60
	Patim		162,90	249,70	291,70	360,70	463,80

Tabela 4 - Tolerâncias para as dimensões dos trilhos.

		Afastamento permitidos (mm)
COMPRIMENTO		± 10,0
Largura do patim (em cada aba ou no total da largura)		± 1,6
Altura	TR 37, TR 45, TR 50 E TR 57	± 0,7
	TR 68	± 0,8
Esquadria das extremidades		0,8
Diâmetros dos furos		±0,8
Localização dos furos		0,8
Largura do boleto	TR 37, TR 45, TR 50 E TR 57	±0,5
	TR 68	± 0,8
Espessura da alma		+ 1,0 e - 0,5

Tabela 5 - Composição química e propriedades mecânicas dos trilhos de aço-liga.

Elemento	Composição química (%)		Propriedades Mecânicas (valores mínimos)	
	Aço Cr-Mn-Si	Aço Niobras 200		
C	0,65-0,80	0,60-0,80	Limite de resistência	980 N/mm <sup>2</sup>
Mn	0,80-1,30	0,90-1,50		
P	0,030 max	0,030 max.		
S	0,035 max.	0,035 max.		
Si	0,30-0,90	0,50-1,10	Alongamento em 50 mm	8%
Cr	0,70-1,20	-		
Nb	-	0,10-0,06		

## ANEXO 6 - TABELAS PARA PROJETOS DE SISTEMA RODA-TRILHO DE FERROVIAS HEAVY-HAUL ( CASTELO BRANCO E FERREIRA, 2002)

Tabela 1: Carga por eixo  $\geq 35$  tf e terreno com predomínio de curvas de raio  $< 875$  m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Trilho <i>premium</i> ; jacaré tangencial de ponta móvel.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta com mola.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta com mola.
Dormentação	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 49 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 49 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 49 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica com palmilha elastomérica sob a placa de apoio.	Elástica com palmilha elastomérica sob a placa de apoio.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.
Lastro	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 30 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 2 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 2 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 2 mm.
Roda – perfil	Projeto específico.	Projeto específico.	Projeto específico.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1000 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1000 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1000 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 3 meses.	A cada 4 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .
Trilho – metalurgia	<i>Premium</i> em tangente; super <i>premium</i> em curva.	<i>Premium</i> em tangente; super <i>premium</i> em curva.	<i>Premium</i> em tangente; super <i>premium</i> em curva.
Trilho – perfil	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.
Truque	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.
Via - inspeção da Geometria	A cada 3 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 4 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 2: Carga por eixo de 30 a 34 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &lt; 875m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta com mola.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> de ponta fixa.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> de ponta fixa.
Dormentação	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.
Lastro	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 25 cm; altura de sublastro de 10 cm; ombro de lastro de 30 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 2 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.
Roda – perfil	Projeto específico.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 3 meses.	A cada 4 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .
Trilho – metalurgia	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.
Trilho – perfil	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.
Truque	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.
Via - inspeção da Geometria	A cada 3 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 4 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 3: Carga por eixo de 25 a 29 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &lt; 875m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Jacaré tangencial de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.
Dormentação	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.
Lastro	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 10 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.
Roda – perfil	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas; diferencial entre curva e tangente para tratamento das juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas; diferencial entre curva e tangente para tratamento das juntas.	Periódico, para remoção de corrugações, de defeitos superficiais, e de fluxo de metal nas juntas; diferencial entre curva e tangente para tratamento das juntas.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 4 meses.	A cada 4 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .
Trilho – metalurgia	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono.	Aço-carbono.
Trilho – perfil	TR-66 ou UIC-60.	TR-66 ou UIC-60.	TR-66 ou UIC-60.
Truque	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.	Radial ou de três peças otimizado.
Via - inspeção da Geometria	A cada 3 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 4 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 4: Carga por eixo de 20 a 25 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &lt; 875m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Jacaré tangencial de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.
Dormentação	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.	Elástica em curva; elástica ou rígida em tangente.
Lastro	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 30 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.
Roda – perfil	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 6 meses.	A cada 8 meses.	A cada 8 a 10 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .
Trilho – metalurgia	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono.	Aço-carbono.
Trilho – perfil	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.
Truque	De três peças otimizado.	De três peças otimizado.	De três peças otimizado.
Via - inspeção da Geometria	A cada 6 a 8 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 8 a 10 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 8 a 10 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 5: Carga por eixo &gt; 35 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &gt; 875 m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta móvel.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta de mola.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta de mola.
Dormentação	Madeira <i>premium</i> e espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco e espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira <i>premium</i> com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.
Lastro	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 35 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.
Roda – perfil	Projeto especial.	Projeto especial.	Projeto especial.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1.000 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1.000 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1.000 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.	Periódico, para remoção de corrugações e de defeitos superficiais.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 3 meses.	A cada 4 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .
Trilho – metalurgia	<i>Premium</i> .	<i>Premium</i> .	<i>Premium</i> .
Trilho – perfil	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.	TR-68 ou UIC-60.
Truque	De três peças com suspensão otimizada.	De três peças com suspensão otimizada.	De três peças com suspensão otimizada ou padrão.
Via - inspeção da Geometria	A cada 3 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 4 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 6: Carga por eixo &gt; 30 a 34 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &gt; 875 m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> tangencial de ponta de mola.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> de ponta fixa.	Trilho <i>premium</i> ; jacaré <i>premium</i> de ponta de fixa.
Dormentação	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.
Lastro	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 20 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 25 cm; altura de sublastro de 10cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 3mm.
Roda – perfil	Projeto especial.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 1.000 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições frequentes para assegurar utilização ótima.	Medições frequentes para assegurar utilização ótima.	Medições frequentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Periódico e preventivo para restaurar contorno do contato, com monitoração manual.	Periódico e preventivo para restaurar contorno do contato, com monitoração manual.	Periódico e preventivo para restaurar contorno do contato, com monitoração manual.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 4 meses.	A cada 4 a 6 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Canto da bitola: $\mu < 0,25$ a $0,30$ ; topo do boleto: $\mu < 0,35$ a $0,40$ ( $\Delta\mu = 0,10$ a $0,15$ entre trilhos externo e interno).	Em curvas selecionadas.
Trilho – lubrificação em tangente (coef. de atrito $\mu$ )	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	Topo do boleto: $\mu > 0,35$ .	
Trilho – metalurgia	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono.
Trilho – perfil	TR-66 ou UIC-60.	TR-66 ou UIC-60.	TR-66 ou UIC-60.
Truque	De três peças com suspensão otimizada ou de três peças padrão.	De três peças com suspensão otimizada ou de três peças padrão.	De três peças com suspensão otimizada ou de três peças padrão.
Via - inspeção da Geometria	A cada 4 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 4 a 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.



Tabela 7: Carga por eixo &gt; 25 a 29 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &gt; 875 m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Jacaré tangencial de ponta de fixa.	Jacaré de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.
Dormentação	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.	Madeira com espaçamento de 50 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 60 cm.
Fixação	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.
Lastro	Altura de lastro de 30 cm; altura de sublastro de 10 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.
Roda – perfil	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 900 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.
Trilho – esmerilhamento	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 4 meses.	A cada 4 a 6 meses.	A cada 6 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva (coef. de atrito $\mu$ )	Em curvas selecionadas.	Em curvas selecionadas.	Em curvas selecionadas.
Trilho – metalurgia	Aço-carbono em tangente; <i>premium</i> em curva.	Aço-carbono.	Aço-carbono.
Trilho – perfil	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.
Truque	De três peças com suspensão otimizada ou de três peças padrão.	De três peças padrão.	De três peças padrão.
Via - inspeção da Geometria	A cada 6 a 8 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 a 8 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 6 a 8 meses, com medição do perfil do trilho.

Tabela 8: Carga por eixo &gt; 20 a 24 tf e terreno com predomínio de curvas de raio &gt; 875 m

Elemento do sistema roda-trilho	Tonelagem bruta anual transportada (milhões)		
	> 50	30 a 49	20 a 29
AMVs	Jacaré de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.	Jacaré de ponta fixa.
Dormentação	Madeira com espaçamento de 61 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 68 cm.	Madeira com espaçamento de 61 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 68 cm.	Madeira com espaçamento de 61 cm; ou concreto monobloco com espaçamento de 68 cm.
Fixação	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.	Elástica ou rígida.
Lastro	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.	Altura de lastro de 25 cm; ombro de lastro de 25 cm.
Roda – desgaste da região central da banda	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.	Limitar a existência de desgaste que produza concavidade superior a 4 mm.
Roda – perfil	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.	AAR 1B ou equivalente.
Roda – tipo	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.	AAR classe C, tratada termicamente, com diâmetro de 830 mm, ou equivalente.
Trilho – desgaste	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	Medições freqüentes para assegurar utilização ótima.	
Trilho – esmerilhamento	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.	Manutenção de perfil apropriado, com monitoração manual.
Trilho - inspeção de defeitos internos com ultra-som	A cada 6 meses.	A cada 8 meses.	A cada 12 meses.
Trilho – lubrificação em trecho de curva	Em curvas selecionadas.	Em curvas selecionadas.	Em curvas selecionadas.
Trilho – metalurgia	Aço-carbono.	Aço-carbono.	Aço-carbono.
Trilho – perfil	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.	TR-57 ou UIC-54.
Truque	De três peças padrão.	De três peças padrão.	De três peças padrão.
Via - inspeção da Geometria	A cada 6 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 8 meses, com medição do perfil do trilho.	A cada 12 meses, com medição do perfil do trilho.

## ANEXO 7 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS BÁSICAS DOS DORMENTES

MATERIAL	CAUSAS DE SUA APARIÇÃO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			FORMATO	ECONOMIA			COMPORTAMENTO FACE AOS ESFORÇOS			PERSPECTIVA DE USO					
		ELASTICIDADE	ISOLAMENTO ELÉTRICO	FIXAÇÕES		CUSTO INICIAL	DURAÇÃO		VERTICAIS	HORIZONTAIS							
							VIDA ÚTIL	ACIDENTES		TRANSVERSAL	LONGITUDINAL						
Madeira	Abundância de florestas no aparecimento das estradas de ferro	Grande Boa em relação aos esforços dinâmicos	Bom	Desapertam soltando-se com facilidade	Paralelepípedo (monobloco)	Baixo	Média de 10 a 15 anos (tratado)	Destroem-se poucos	Adequados para terrenos macios	Boa aderência ao lastro	Depende da fixação	Muito tempo					
Concreto	Argamassa	Apodrecimento da madeira	Pequena. Menor que os de madeira, dando lugar a uma via rígida	Regular Precisam de elementos isolantes	Permitem o uso de fixações elásticas de muito boa qualidade e duração	Monobloco e de dois blocos (bi-bloco)	Baixo	5 anos ou menos	Destroem-se muitos	Ruim	Bom devido ao seu peso e fixação	Bom devido ao seu peso e aderência	Não se utiliza				
	Armado	Ruptura dos de argamassa de concreto											Acima da madeira	5 a 20 anos	Destroem-se muitos	Ruim ou regular (projeto)	Uso restrito ao bi-bloco
	Protendido	Fissura dos de argamassa de concreto											Pós-tensionado	Maior que o da madeira	40 a 50 anos	Destroem-se poucos	Bom transmitem fortes tensões
Metálicas	Ferro		Apodrecimento da madeira e quebras dos de argamassa	Média Não amortecem choques e transmitem vibrações	Muito ruim É difícil de conseguir mesmo com elementos especiais	Problemas de fadiga e trinca no local da fixação	De uma só peça Formato característico	Depende da conjuntura Normalmente elevado	Depende do clima 40 anos	Destroem-se poucos	Regular	Bom devido ao seu formato		Bom devido à sua forma depende da fixação	Pouco usado		
	Fundido	Corrosão dos de ferro				Duas peças côncavas		40 a 50 anos	Destroem-se muitos	Regular a ruim			Boa utilização				

## **ANEXO 8 - GLOSSÁRIO DE TERMOS FERROVIÁRIOS (DNIT, 2006)**

**ACABAMENTO DO LASTRO:** (composição do lastro): - Conjunto de operações finais para dar à superfície do lastro superior, a sua forma definitiva.

**ACESSÓRIO DE VIA:** Denominação dada ao aparelho de mudança de via, girador, pará-choques e a outros pertences metálicos da via, tais como placas de apoio, talas de junção, grampos, etc.

**ADERÊNCIA:** Resistência que se opõe ao escorregamento. É o atrito entre a roda e o trilho que impede a patinação das rodas motoras e permite o deslocamento do trem.

**AGULHA:** Conjunto de peças móveis e paralelas entre si, partes integrantes do aparelho de mudança de via ou chave, e cujo deslocamento leva o trem ou veículo a passar de uma via para outra.

**ALINHADORA-NIVELADORA SOCADORA:** Equipamento mecânico motorizado que efetua o alinhamento e o nivelamento da via, simultaneamente com a soca do lastro.

**ALINHADORA-NIVELADORA:** Equipamento mecânico motorizado que efetua o alinhamento e o nivelamento da via.

**ALINHAMENTO:** Consiste nas operações necessárias à colocação das filas de trilhos em conformidade com a projeção horizontal do eixo da linha em planta.

**ALMA:** Parte do trilho, compreendida entre o boleto e o patim.

**ANCORAGEM DO TRILHO (retenção do trilho):** Aplicação de dispositivo destinado a impedir o caminhamento do trilho.

**APARELHO DE MUDANÇA DE VIA (AMV):** Conjunto de peças colocadas nas concordâncias de duas linhas para permitir a passagem dos veículos ferroviários de uma para outra. Também denominado de "CHAVE", compõe-se das seguintes partes principais: agulhas, contraagulha ou "encosto da agulha", aparelho de manobra, trilhos de enlace ou de ligação, "coração" ou "jacaré", calços, coxins e contratrihos.

**ASSENTADOR DE TRILHO:** Guindaste ou outro equipamento utilizado para o assentamento do trilho na via.

**ASSENTAMENTO:** Efeito ou a ação de assentar o trilho na via.

**ATERRO:** Massa prismóide de terra que se coloca sobre o terreno natural visando alcançar determinada altura com a face superior da massa. Na ferrovia ou rodovia, essa face superior constitui a plataforma ou leito da estrada.

**AUTOMOTRIZ:** Veículo autopropulsionado, destinado ao transporte de passageiros, geralmente empregado para viagens a curtas distâncias, podendo, todavia, rebocar um ou mais carros.

**BARRA DE BITOLA (régua de bitola):** Peça com a qual se marca ou controla a bitola da via, inclusive, às vezes, a gola do contratriho.

**BARRA DE TRILHO:** Tamanho em que os trilhos são fornecidos. Normalmente em comprimento de 12, 18 e 24 metros.

**BASE DO LASTRO:** Superfície inferior do lastro que se apóia no sublastro ou na plataforma.

**BASE DO SUB-LASTRO:** Superfície inferior do sub-lastro que se apoia na plataforma.

**BITOLA ESTREITA:** Aquela inferior a 1,435m.

**BITOLA LARGA:** Aquela superior a 1,435 m. No Brasil, é a bitola de 1,600 m.

**BITOLA MÉTRICA:** Aquela igual a 1,000 m.

**BITOLA MISTA:** Via férrea com três ou mais trilhos, para permitir a passagem de veículos com bitolas diferentes.

**BITOLA Standard (internacional):** Aquela igual a 1,435 m, oficialmente adotada pela Conferência Internacional de Berna, em 1907.

**BITOLA:** Distância entre as faces internas dos boletos dos trilhos, tomada na linha normal a essas faces, 16 mm abaixo do plano constituído pela superfície superior do boleto.

**BOLETO:** Parte superior do trilho, sobre a qual deslizam as rodas dos veículos.

**BRITA:** Denominação dada as pedras quebradas nas dimensões determinadas pelas normas técnicas.

**CABEÇA DO TRILHO (BOLETO):** Parte superior do trilho, sobre a qual deslizam as rodas dos veículos.

**CALÇAMENTO DA VIA:** Primeira nivelção da via, para permitir a circulação dos trens com segurança relativa e evitar a deformação dos trilhos.

superfície do lastro superior, a sua forma definitiva.

**COMPOSIÇÃO:** Conjunto de carros e/ou vagões de um trem, formado segundo critérios de capacidade, tonelagem, tipos de mercadorias, etc.

**CONSERVA CÍCLICA PROGRAMADA (CCP):** Conservação da linha, executada de acordo com ciclos pré-determinados, obedecendo à uma programação anual (Calendário Programa), estabelecida com base num minucioso levantamento (Prospecção) das necessidades e disponibilidades de pessoal, material e serviços, indispensáveis para garantir um bom padrão de conserva até novo ciclo.

**CONTRATRILHO:** Peça de trilho curvo nas extremidades, colocado paralelamente ao trilho da linha, para impedir a roda de descarrilar (nas passagens de nível, pontes, cruzamentos) ou, ainda, evitar que o friso da roda se choque com a ponta do jacaré ou da agulha (nas chaves). Trilhos de comprimento adequado, colocados junto aos trilhos externos e de um lado e outro do coração do AMV, tendo por finalidade "puxar" o rodeiro para fora, evitando que os frisos das rodas se choquem contra a ponta do coração. Trilho ou outro perfil metálico, assentado na parte interna da linha, destinado a guiar a roda e, ainda a protegê-la de impactos nas passagens de nível.

**CORREÇÃO DE BITOLA:** São operações necessárias à ajustagem da distância entre as duas filas de trilhos à medida padrão, mediante retirada da fixação antiga, tarugamento dos furos velhos, marcação da distância correta (bitola), nova furação e fixação completa.

**CORTE:** Escavação feita no terreno natural para preparo do leito da ferrovia, rodovia ou arruamentos e sua colocação em nível preestabelecido. Nas ferrovias ou rodovias, em geral, o corte antecede ou sucede ao aterro que se constrói com as retiradas dos cortes adjacentes.

**COXINS:** Chapas colocadas sob as agulhas do AMV, e mantidas sempre lubrificadas, pois sobre elas deslizam as agulhas, quando movimentadas.

**DORMENTADORA:** Máquina destinada a aplicar ou retirar dormente sob os trilhos assentados na via férrea.

**DORMENTE:** Peça de madeira, concreto, concreto protendido ou ferro, onde os trilhos são apoiados e fixados e que transmitem ao lastro parte dos esforços e vibrações produzidos pelos trens.

**DORMENTE DE CONCRETO:** Feitos em concreto armado. Podem ser de concreto protendido, bi-bloco (concreto e aço) e polibloco.

**DORMENTE DE MADEIRA:** Feitos de madeira, atendem a especificações em que são fixadas as qualidades da madeira, dimensões, tolerância, etc.

**DORMENTE ESPECIAL:** Dormente serrado em dimensões especiais, utilizado normalmente em pontes e aparelhos de mudança de via.

**DORMENTE FALQUEJADO:** É aquele produzido a golpes de machado e serrado apenas nos topos.

**DORMENTE MISTO/DORMENTE MONOBLOCO/DORMENTE MONOLÍTICO/DORMENTE TRATADO:** É aquele tratado com preservativos que visam o prolongamento de sua vida útil.

**DRENAGEM:** Escoamento das águas superficiais e subterrâneas, ou abaixamento do nível do lençol freático, visando manter seca e sólida a infra-estrutura da linha.

**EIXO DA VIA FÉRREA:** Lugar geométrico dos centros da via.

**ENCAIXAR A LINHA:** Operações necessárias ao preenchimento, com lastro dos vazios existentes na grade formada pelos dormentes e trilhos.

**ENCARRILADEIRA:** Aparelho utilizado para auxiliar a reposição sobre os trilhos de veículos descarrilado.

**ENDURECIMENTO DO TRILHO:** Tratamento térmico do boleto nas pontas do trilho, para aumentar-lhe a resistência à abrasão.

**ESPAÇAMENTO DE DORMENTE:** Distância de eixo a eixo ou de centro a centro de dois dormentes contíguos de uma mesma via.

**ESTRUTURA DA VIA PERMANENTE:** Conjunto de obras destinadas a formar a via permanente da linha férrea.

**FERROVIA (estrada de ferro):** Sistema de transporte sobre trilhos, constituído de via férrea e outras instalações fixas, material rodante, equipamento de tráfego e tudo mais necessário à condução segura e eficiente de passageiros e carga.

**FIXAÇÃO COM PLACA DE APOIO:** Fixação feita com a interposição, entre o trilho e o dormente, da placa de apoio.

**FIXAÇÃO DA VIA:** Manutenção da posição, em planta, da superfície de rolamento da via, mediante ancoragem do dormente no lastro.

**FIXAÇÃO DUPLAMENTE ELÁSTICA:** Aquela em que o trilho é fixado por dispositivo duplamente elástico, que permite ao trilho pequeno deslocamento em sentido vertical e pequena rotação em sentido transversal, assim reduzindo a intensidade das vibrações na fixação.

**FIXAÇÃO ELÁSTICA:** Aquela em que o dispositivo de fixação é simplesmente elástico, sendo rígido o apoio do patim.

**FIXAÇÃO RETENSORA:** Aquela capaz de impedir o caminhamento das fiadas de trilhos.

**FIXAÇÃO RÍGIDA:** Aquela em que o trilho é fixado ao dormente por prego de linha ou tirefão, com ou sem interposição de placa de apoio, formando conjunto rígido.

**FIXAÇÃO:** Dispositivo para fixar os trilhos, mantendo a bitola da via e impedindo e/ou reduzindo o caminhamento dos mesmos.

**GRAMPO ANTI-RACHANTE:** Dispositivo aplicável por cravamento no topo de dormente de madeira, para evitar ou restringir o seu fendilhamento.

**GRAMPO ELÁSTICO:** Peça usada na fixação elástica para prender o trilho ao dormente, à semelhança do prego de linha.

GRAMPO: Acessório de fixação dos trilhos.

GREIDE DA VIA: Conjunto de posição altimétricas dos pontos da superfície de rolamento da via férrea.

GUARDA-TRILHO: Trilho que é assentado, juntamente com os contratrilhos, em passagem de nível, para proteger os trilhos da via principal de danos que lhes possam causar os veículos rodoviários e tornar mais seguro o trânsito destes veículos ao cruzarem a via férrea.

HEADWAY: Intervalo entre trens.

HOMENS HORA (HH): Soma das horas consumidas pelo total de homens que executam determinado serviço.

INCLINAÇÃO DO TRILHO: Inclinação que é dada ao trilho, em relação ao plano vertical e para o interior da via (pela placa de apoio ou pela entalhação do dormente).

INFRA-ESTRUTURA: Parte inferior da estrutura. Nas pontes e viadutos, são os encontros e os pilares, considerando-se o vigaumento como superestrutura. Na via permanente, a infraestrutura é tudo que fica da plataforma para baixo, formando o trilho, dormente e lastro a superestrutura. Conjunto de obras destinadas a formar a plataforma da ferrovia e suportar a superestrutura da via permanente.

JACARÉ (coração): Peça do AMV que permite às rodas dos veículos, movendo-se em uma via, passar para os trilhos de outra. É a parte principal do AMV e que praticamente o caracteriza. Pode ser constituído de uma só peça de aço fundido ou de trilhos comuns cortados, usinados e aparafusados e cravados a uma chapa de aço que se assenta no lastro.

JUNTA ALTERNADA: Aquela que se situa aproximadamente a meia distância das juntas consecutivas dos trilhos da fiada oposta. Também calculada a sua distância em três vezes a bitola.

JUNTA APOIADA: Aquela em que os topos dos trilhos se apóiam completamente sobre dormente.

JUNTA ARRIADA: Aquela com desnível para baixo.

JUNTA COM RESSALTO: Aquela com desnível entre os topos dos trilhos consecutivos.

JUNTA CONTÍNUA (junta de bainha): Aquela cuja extremidade superior encosta na face inferior do boleto e cuja extremidade inferior possui aba que envolve o patim.

JUNTA DE CANTONEIRA: Aquela cuja aba superpõe-se à face superior do patim.

JUNTA DE DILATAÇÃO: Dispositivo especial que permite a expansão e a contração das barras de trilhos em consequência de variações de temperatura.

JUNTA DE TRANSIÇÃO (junta de conexão): Tala especial para a junção de trilhos de pesos diferentes.

JUNTA DESENCONTRADA: Aquela que se situa em local diferente da junta da fiada oposta.

JUNTA EM BALANÇO: Aquela em que os topos dos trilhos não são apoiados sobre dormente.

JUNTA ISOLADA: Aquela que é preparada para impedir a passagem de corrente elétrica entre



os dois trilhos consecutivos.

**JUNTA LAQUEADA:** Aquela que apresentando nivelamento aparente, desnivela-se rapidamente com a passagem da carga móvel e volta em seguida à posição primitiva.

**JUNTA LEVANTADA:** Aquela com desnível para cima.

**JUNTA LISA:** Aquela que não possui aba e se ajusta ao canal do trilho.

**JUNTA LIVRE:** Aquela que possui folga adequada para permitir a livre dilatação dos trilhos.

**JUNTA PARALELA:** Aquela que fronteia a junta da fiada oposta.

**JUNTA SECA:** Emenda de emergência que se faz por ocasião de acidentes com os trilhos.

**JUNTA SIMÉTRICA:** Tala reforçada em ambas as extremidades e cujo eixo de simetria longitudinal passa próximo à linha que passa pelos centros da furação.

**JUNTA SOLDADA:** Conexão de trilhos ou barras de trilhos obtida por soldagem, após a remoção das talas.

**JUNTA TOPADA:** Aquela cuja folga desapareceu.

**JUNTA:** Conexão de dois trilhos ou duas barras de trilhos consecutivas, obtida pelo ajustamento e fixação das talas de junção.

**LASTRAMENTO CORRIDO:** Operação em que o lastro de mesmo material é assentado em longa extensão de via, sem solução de continuidade.

**LASTRAMENTO PARCIAL:** Operação em que o lastro de mesmo material é assentado em trechos limitados da via.

**LASTRAMENTO:** Colocação de lastro e sua soca, com alinhamento e nivelamento da via.

**LASTRO (Trem de):** Trem em serviço da estrada no transporte de pedras britadas, cascalho ou saibro para lastro das linhas e também outros materiais de via.

**LASTRO DE PEDRA:** Aquele constituído de pedras britadas ou quebradas, ou de seixos rolados.

**LASTRO INFERIOR:** Aquele compreendido entre a face inferior do dormente e a superfície da plataforma ou o coroamento de sub-lastro.

**LASTRO PADRÃO:** Aquele em que o material é homogêneo e composto de pedras britadas, com dimensões máxima e mínima fixadas por normas técnicas.

**LASTRO SUJO OU CONTAMINADO:** Aquele que perdeu a permeabilidade necessária.

**LASTRO SUPERIOR:** Aquele acima da face inferior dos dormentes.

**LASTRO:** Parte da superestrutura ferroviária, que distribui uniformemente na plataforma os esforços da via férrea transmitidos através dos dormentes, impedindo o deslocamento dos mesmos, oferecendo suficiente elasticidade à via, reduzindo impactos e garantindo-lhe eficiente drenagem e aeração.

**LEVANTE DO LASTRO (alçamento do lastro):** Colocação de camada do material de lastro sob o dormente, com objetivo de estabelecer ou restabelecer o greide da via.

**LINHA (linha férrea):** Conjunto de trilhos assentados sobre dormentes, em duas filas,

separadas por determinada distância, mais acessórios de fixação, aparelhos de mudança de via (chave etc.) e desvios, onde circulam os veículos e locomotivas, podendo ainda, num sentido mais amplo, incluir os edifícios, pontes, viadutos, etc., - Via férrea ou conjunto de vias férreas adjacentes, em que se opera o tráfego ferroviário.

**LINHA CORRIDA:** Aquela que liga dois pátios de estação a estação, sobre a qual circulam os trens de horário e cujo uso obedece a bloqueio.

**LINHA DE BITOLA:** Linha teórica ao longo da face interna do boleto, paralela ao eixo de trilho e situada a dezesseis milímetros (16mm) abaixo do plano que tangencia as superfícies superiores dos boletos.

**LINHA DE DESVIO:** Linha acessória, ligada à linha principal por aparelhos de mudança de via ou chaves, seja diretamente, seja através de outras linhas acessórias.

**LINHA DE PÁTIO:** Aquela que faz a conservação das vias de pátio, inclusive dos aparelhos de mudança de via.

**LINHA DE PLATAFORMA:** Linha situada junto à plataforma da estação, sobre a qual circulam os trens de passageiros.

**LINHA PRINCIPAL:** Linha atravessando pátios e ligando estações, na qual os trens são operados por horários e licenças em conjunto, ou cuja utilização é governada por sinais de bloqueio, sinais de travamento sincronizado ou qualquer outra modalidade de controle.

**LINHA SIMPLES (OU SINGELA):** Ocorre quando há uma só via onde os trens transitam nos dois sentidos, com cruzamentos feitos em desvios.

**LINHA TRONCO:** Trecho principal das linhas de uma via férrea do qual derivam os ramais ou linhas secundárias. A linha de um sistema ferroviário que, em virtude de suas características de circulação, é de maior importância relativa que as demais linhas do sistema.

**LINHAS SECUNDÁRIAS:** Linhas ou desvios adjacentes a uma linha ou linhas principais.

**LOCOMOTIVA:** Veículo impulsionado por qualquer tipo de energia, ou uma combinação de tais veículos, operados por um único dispositivo de controle, utilizado para tração de trens no trecho e em manobras de pátios.

**LOCOMOTIVA A VAPOR:** Locomotiva acionada por intermédio de cilindro, êmbolo, bielas e manivelas, com o vapor produzido na caldeira da locomotiva.

**LOCOMOTIVA DIESEL:** Acionada com motor ou motores diesel, com transmissão elétrica (diesel-elétrica) ou hidráulica (diesel-hidráulica).

**LOCOMOTIVA ELÉTRICA:** Acionada com energia produzida em fonte central e recebida pelo contato do pantógrafo da locomotiva com o fio trolley (locomotiva diretamente elétrica).

**LOCOMOTIVA ESCOTEIRA:** Locomotiva que viaja desacompanhada de carros e vagões no percurso desde a sua saída do depósito até o ponto de formação de trem especial requisitado ou, em viagem de regresso, desde o ponto terminal do trem especial até o mesmo depósito.

**LUBRIFICAÇÃO DE JUNTA:** Consiste nas operações de retirada dos parafusos para liberação

das talas, sua lubrificação com óleo na parte de contacto com o trilho, remontagem e aperto, incluindo eventual substituição de peças danificadas (parafusos, arruelas, talas).

**LUBRIFICADOR DE TRILHO:** Equipamento mecânico e munido de substância oleosa adequada e instalado na via férrea para promover, por meio do friso da roda, a lubrificação da face interna do boleto dos trilhos.

**MADEIRA BRANCA:** Aquela de menor peso por metro cúbico (leve), pouca resistência e durabilidade, em comparação com as madeiras de lei.

**MADEIRA DE LEI:** Aquela que, para determinado tipo de construção, apresenta as características ideais de resistência mecânica e durabilidade, combinadas, conforme o caso, com as de beleza e cor. Em geral, são assim compreendidas as madeiras pesadas, isto é, as de peso específico superior a meia tonelada por metro cúbico.

**MÁQUINA DE VIA PERMANENTE:** Máquina usada nos trabalhos mecanizados de via permanente.

**MATERIAL METÁLICO:** Trilhos, seus acessórios e os demais materiais metálicos utilizados na via.

**MATERIAL RODANTE:** Compõem-se de material de tração, carros de passageiros, vagões para mercadorias, animais, bagagens, etc.

**NIVELADORA:** Equipamento que efetua o nivelamento da via.

**NIVELAMENTO CONTÍNUO:** Consiste nas operações de colocação da superfície de rolamento da linha na devida posição em perfil.

**NIVELAMENTO DA VIA FÉRREA:** Colocação ou reposição da superfície de rolamento da via na devida posição em perfil.

**NIVELAMENTO DE JUNTA:** Consiste na operação de altear isoladamente as juntas, com socaria dos dormentes de junta e guarda, visando colocá-las no mesmo plano da fila dos trilhos, correspondente à rampa do trecho onde são executados os trabalhos.

**OBRA DE ARTE:** Constam de: bueiros, pontilhões, pontes, viadutos, passagens superiores e inferiores, túneis, galerias, muros de arrimo, revestimento, etc.

**OFICINA DE VIA PERMANENTE:** Oficina em que se executam a constituição, reconstrução, montagem, reparação e renovação de equipamentos, ferramentas e utensílios da via permanente.

**PARAFUSO DE TALA DE JUNÇÃO:** Parafuso de porca, com cabeça saliente e colo de ancoragem empregado na fixação das talas aos trilhos.

**PARAFUSO DUPLO DE DORMENTE:** Parafuso especial empregado na fixação do trilho ao dormente de aço.

**PARAFUSO:** Acessório de fixação das talas de junção aos trilhos.

**PASSAGEM (Cruzamento):** Ponto em que ruas ou estradas de rodagem cruzam com as linhas de uma ferrovia. As passagens podem ser: de nível, superior, inferior.

**PASSAGEM DE NÍVEL (PN):** Cruzamento de uma ou mais linhas com uma rodovia principal ou secundária, no mesmo nível.

**PATIM (Sapata ou Patim do Trilho):** Base do trilho constituída pela mesa mais larga do duplo T através da qual é apoiado e fixado. Parte do trilho que assenta sobre o dormente.

**PÁTIO DA ESTAÇÃO:** Terreno da estação onde são depositadas as mercadorias que não exigem armazenamento obrigado e procedidas as operações de carga e descarga dos veículos. **Pátio de manobra:** Local onde se acham dispostas as diversas linhas utilizadas para composição de trens, cruzamentos, desvios, etc.

**PEDRA DE LASTRO:** Pedra com granulometria apropriada para lastreamento de via férrea.

**PERFIL DO LASTRO (perfil do sublastro):** Seção reta, em um ponto do eixo da via permanente, abrangendo o lastro ou o sub-lastro, ou ambos e indicando a superelevação nas curvas.

**PERFIL:** Projeção vertical do terreno, que contém o eixo da via caracterizando suas posições altimétricas.

**PESO DO TRILHO:** Peso, em quilograma, de um metro de trilho (kg/m).

**PLACA AMORTECEDORA (coxim):** Placa interposta entre o patim do trilho e a placa de apoio ou entre o patim do trilho e o dormente, para absorção das vibrações decorrentes dos esforços dinâmicos.

**PLACA DE APOIO:** Placa metálica padronizada interposta e fixada entre o patim do trilho e o dormente de madeira, para melhor distribuição dos esforços e melhor fixação do trilho ao dormente.

**PLACA ELÁSTICA:** Placa pequena que firma elasticamente o patim do trilho ao dormente.

**PLANO HORIZONTAL DO TRILHO:** Plano paralelo à superfície inferior do patim e que contém o eixo do trilho.

**PLANO TRANSVERSAL DO TRILHO:** Plano ortogonal ao eixo longitudinal do trilho.

**PLANO VERTICAL DO TRILHO:** Plano ortogonal à superfície inferior do patim e que contém o eixo longitudinal do trilho.

**PLATAFORMA (Veículo):** Peças principais: estrado, rodeiros ou truques, caixas de graxa, molas, engates, pára-choque e caixa (ou caixas).

**PLATAFORMA DA ESTAÇÃO:** Piso junto à via férrea destinado a facilitar a movimentação de pessoas nas operações de embarque ou desembarque ou de coisas, nas operações de carga ou descarga.

**PLATAFORMA DA LINHA (leito, subgreide):** Superfície superior da infra-estrutura.

**PLATAFORMA DO CORTE:** Superfície de solo limitada pela linhas dos pés do talude.

**PLATAFORMA:** Abrigo construído na estação, ao longo da linha principal, para embarque e desembarque de passageiros e serviço de bagagem e encomendas. **Plataforma de carga:** alpendre destinado aos serviços de carga e descarga de mercadorias

**PREGO DE LINHA (grampo):** Prego prismático, de ferro, com cabeça, cravado no dormente

para fixação do trilho.

**PREGO DE LINHA:** Prego robusto, de seção geralmente quadrada, tendo uma das extremidades em gume e a outra com cabeça apropriada à fixação do trilho ao dormente de madeira, com ou sem placa de apoio.

**QUEBRA DE BITOLA:** Mudança de bitola da via férrea.

**RAMAL:** Trecho de linha que se destaca da linha tronco (principal) da estrada. Linha férrea que se deriva de um tronco ferroviário.

**RAMPA:** Trecho da via férrea que não é em nível.

**RECONDICIONAMENTO DO TRILHO:** Retirada, por processo mecânico, de todas as deformações permanentes do trilho.

**REDE FERROVIÁRIA:** 1) Conjunto de estradas de ferro que se acham ligadas entre si, formando um todo. 2) Nome dado a uma ferrovia formada pela junção de outras estradas.

**REFORÇO DE VIA:** Aumento de capacidade suporte da via, através de medidas tais como: aumento de peso de trilho; e/ou aumento de taxa de dormentação; e/ou aumento de espessura

**SINALIZAÇÃO** (Instalação de -): Aparelhamento empregado para controlar o movimento de trens - Licenciamento de trens: Ordem para circulação de trens. que indica linha desimpedida (linha franca, linha livre etc.), dada pelo agente, autorizando a partida do trem. A licença é previamente pedida, por meio de um dos sistemas abaixo, à estação seguinte, sob o controle e instruções do Movimento.

- **SELETIVO** (centro): Aparelho de que dispõe a repartição do movimento para se comunicar com estações, a fim de controlar a circulação de trens. É usado em substituição ao telégrafo. A comunicação entre as próprias estações, com o fim de ser obtida autorização para a partida de trens é feito por intermédio do telégrafo ou staff elétrico.

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE CONTRÔLE DE TRENS (ACT)**: Permite, através do painel sinóptico, a visualização do estado das vias de circulação, a posição dos trens nessas vias e, através do console de operações, atuar sobre o sistema, controlando assim o fluxo de trens e fazendo o planejamento da circulação.

**SISTEMA DE CONTROLE DE TRÁFEGO CENTRALIZADO (CTC)**: Sistema automático de sinais de bloqueio, controlado por um centro, compreendendo uma série de bloqueios consecutivos nos quais a circulação de um trem é autorizada através de sinais, cujas indicações cancelam a superioridade de trens autorizada através de sinais, em sentidos opostos ou de trens subseqüentes no mesmo sentido em uma só via.

**SOCA** (socadora): Operação que é efetuada para adensar o material do lastro sob o dormente.

**SOCA AUTOMÁTICA**: Aquela que é efetuada por equipamento mecanizado automatizado, apenas controlado por operado.

**SOCA MANUAL**: Aquela que é feita com a soca (ferramenta).

**SOCA MECÂNICA**: Aquela que é feita por meio de martelete operado individualmente.

**SOCA PARA LASTRO**: Ferramenta com uma extremidade pontiaguda e outra com formato especial e apropriada para compressão do lastro sob o dormente, por percussão.

**SOCADORA DE DUPLA CABEÇA OU DUPLO CHASSIS**: Máquina que soca, simultaneamente, dois dormentes.

**SOCADORA MÚLTIPLA**: Máquina que transfere a operação de soca de um dormente para outro sem a interferência do operador.

**SOCADORA**: Máquina que soca o lastro, não dispendo de macacos de nivelamento a ela acoplados.

**SOLDADORA**: Máquina usada para soldar trilhos ou barras de trilhos.

**SOLDAGEM DE TRILHO** (soldadura de trilho): Operação feita na via ou em estaleiro, que consista em unir um trilho a outro, topo a topo, com emprego de processo adequado de solda.

**SUB-LASTRO**: Parte inferior do lastro, em contato direto com plataforma da linha e constituída de material mais econômico que o da parte superior, porém capaz de oferecer suficiente condições de drenagem e ter capacidade de suporte para as pressões que lhe forem

transmitidas.

**SUPERELEVAÇÃO:** Inclinação transversal dada à via, para contrabalançar os efeitos da força centrífuga.

**SUPERESTRUTURA:** Parte superior da estrutura da via que suporta diretamente os esforços dos veículos e os transmite à infra-estrutura. Abrange o conjunto: via permanente, estações, edifícios, oficinas, linhas de manobra, depósitos de carros e locomotivas, reservatórios de líquidos e combustíveis, etc.

**TALA DE JUNÇÃO (TJ):** Peça de aço ajustada e fixada, aos pares, por meio de parafusos, porcas e arruelas, na junta dos trilhos para assegurar continuidade da superfície teórica de rolamento da via.

**TALUDE DO CORTE (rampa do corte):** Superfície lateral do corte que se estende da plataforma à crista.

**TALUDE:** A face inclinada de um corte ou aterro. Superfície inclinada de um aterro, de um corte ou de lastro.

**TANGENTE:** Qualquer trecho reto de uma estrada de ferro. Trecho de via, com projeção horizontal em reta.

**TARA:** Peso de um veículo vazio. A tara mais a carga útil dão o peso bruto.

**TAXA DE DORMENTAÇÃO:** Quantidade de dormentes por quilômetro de via.

**TENAZ PARA TRILHOS:** Tenaz (ferramenta usada na movimentação de trilhos) de braços longos, usada na suspensão e/ou transporte manual de trilho.

**TERMINAL:** 1) Ponto onde termina a linha; 2) Conjunto de equipamentos e edifícios situados nas pontas das linhas de uma estrada de ferro (início ou término da linha) ou mesmo em pontos intermediários, ocupados para o trânsito de passageiros, e reagrupamento de cargas e também formação

**TIREFÃO (tirefond):** Parafuso especial, empregado para fixar no dormente de madeira o trilho, a placa de apoio ou ambos, simultaneamente.

**TIREFONADEIRA:** Equipamento que aparafusa ou desaparafusa tirefão, podendo, também aparafusar e desaparafusar porcas de parafuso de tala de junção.

**TIREFOND:** Parafuso especial, empregado para fixar no dormente de madeira o trilho, a placa de apoio ou ambos, simultaneamente.

**TREM UNIDADE:** Conjunto de dois ou mais carros de passageiros, tendo pelo menos um carro motor ligado a carro (s) reboque (s), formando uma unidade distinta. Podem ser dotados de tração elétrica, diesel hidráulica, diesel elétrica, etc.

**TREM:** Trem Comboio: série de carros e vagões rebocados por locomotiva.

**TREM:** Qualquer veículo automotriz ferroviário, uma locomotiva ou várias locomotivas acopladas, com ou sem vagões e ou carros de passageiros, em condições normais de circulação e com indicação de "trem completo".

**TRIÂNGULO:** Três linhas ligadas em forma de triângulo por meio de chaves, permitindo a inversão de trens ou veículos.

**TRILHO (TR):** Barras de aço, de formato especial, assentada em fila dupla sobre dormente, nas quais circulam as rodas dos carros e locomotivas. Perfilado metálico da seção transversal semelhante ao duplo T, com características de viga, que suporta e guia as rodas do veículo ferroviário e constitui a superfície de rolamento da via.

**TRILHO "DECAUVILLE":** Trilho "Vignole" muito leve empregado em via férrea para vagoneta.

**TRILHO "VIGNOLE":** Trilho com boleto, alma e patim.

**TRILHO DE DUPLO BOLETO:** Trilho (praticamente em desuso) desprovido de patim e possuindo dois boletos ligados pela alma, um deles se apoiando em peça especial (penela) onde o trilho é fixado com cunha.

**TRILHO DE PERFIL PADRÃO:** Aquele que é fabricado com seção transversal e peso padronizado (ver PB-12 E P-1/DNEF).

**TRILHO DE REEMPREGO:** Aquele que é retirado de uma férrea para ser assentado em outra com tráfego menos pesado ou denso.

**TRILHO DE TRILHO:** Face da extremidade do trilho.

**TRILHOS DE LIGAÇÃO:** São os trilhos que fazem a ligação do talão das agulhas, ao "coração" do AMV.

**VAGÃO:** Veículo destinado ao transporte de cargas. Os veículos para o transporte de passageiros são mais comumente chamados de "carros", incluindo-se os "dormitórios", "restaurantes" etc. Os vagões de Mercadorias podem ser fechados ou abertos. Os abertos podem ser dos tipos: pranchas, gôndolas com fueiros ou de bordas, plataformas, etc. As estradas possuem vagões de tipos especiais para certas mercadorias: tanques, frigoríficos, vagões rebaixados, vagões para minérios e carros-box para condução de animais de raça, etc. Na parte externa, os vagões trazem inscrita a lotação respectiva (peso útil), bem como o seu peso normal (tara).

**VAGONETE:** Espécie de trole usado nos trabalhos de terra. É provido de estrado e caixa, sem tampa, onde se carregam terra e outros materiais.

**VALETA:** Vala de pequena seção transversal que coleta e escoas águas superficiais.

**VARIANTE:** Alteração apreciável introduzida no traçado existente ou projetado. Trecho de linha construído posteriormente, para encurtamento, retificação, melhoria de condições técnicas (rampas, curvas etc), ou desafogo de parte do traçado. Destaca-se em certo ponto da linha primitiva, para retomá-la mais adiante. Há variantes que são construídas apenas em caráter provisório.

**VELOCIDADE COMERCIAL DO TREM:** A que corresponde à média do tempo gasto para percorrer a distância entre dois pontos, inclusive o tempo de parada nas estações intermediárias.



**VELOCIDADE DE REGIME DE UMA LOCOMOTIVA:** Velocidade média, normal, que ela pode manter desenvolvendo o seu esforço médio de tração.

**VELOCIDADE LIMITADA:** Velocidade máxima permitida em um determinado trecho.

**VELOCIDADE MÁXIMA AUTORIZADA:** Velocidade máxima permitida, indicada no horário ou nas instruções especiais.

**VELOCIDADE REDUZIDA:** Velocidade determinada para casos especiais. Geralmente inferior a 30 Km/h.

**VELOCIDADE RESTRITA:** Uma velocidade que permita parar dentro da metade do campo de visão. OBS: quando o Sistema de Bloqueio Automático/CTC ou as Regra de Travamento Sincronizado exigirem a circulação com VELOCIDADE RESTRITA, tal circulação será levada a efeito de modo a permitir a parada do trem dentro da metade do campo de visão bem como a parada antes de uma chave virada em posição contrária.

**VIA FÉRREA (via):** Duas ou mais fiadas de trilhos assentados e fixadas paralelamente sobre dormentes, de acordo com as bitolas, constituindo a superfície de rolamento.

**VIA FÉRREA ABERTA:** Aquela cuja distância entre as faces dos boletos excede a bitola da via.

**VIA FÉRREA ACESSÓRIA:** Desvio de qualquer natureza, pera, triângulo da reversão, ramais de serviço ou particulares e, de modo geral, qualquer via não integrante da via principal.

**VIA FÉRREA ARRIADA:** Aquela cuja superfície de rolamento de um dos trilhos ou de ambos acha-se muito abaixo do greide da via.

**VIA FÉRREA CHOQUEADA (golpeada):** Aquela que por defeito de nivelamento e alinhamento, causa fortes abalos aos trens em marcha.

**VIA FÉRREA DEFORMADA:** Aquela cuja superfície de rolamento está fora de posição em perfil.

**VIA FÉRREA DESNIVELADA:** Aquela cuja superfície de rolamento está fora de posição em perfil.

**VIA FÉRREA DUPLA:** Aquela que é formada de duas vias férreas, geralmente paralelas.

**VIA FÉRREA ELÁSTICA:** Aquela em que o trilho (ou barra de trilho) é fixado ao dormente por fixação duplamente elástica.

**VIA FÉRREA ENSARILHADA:** Aquela em que a fuga da via se apresenta com sinuosidade.

**VIA FÉRREA LAQUEADA:** Aquela que aparentando nivelam

**VIA FÉRREA PRINCIPAL:** Aquela que liga estações e transpõe pátios e em que os trens, em ordem de marcha, circulam com horários, licença ou sinais de bloqueio.

**VIA FÉRREA RÍGIDA (VIA FÉRREA CRAVADA, OU VIA FÉRREA CLÁSSICA):** Aquela em que o trilho (ou barra de trilho) se solidariza ao dormente diretamente por grampo ou tirefão.

**VIA FÉRREA SEMI-ELÁSTICA:** Aquela em que o trilho (ou a barra do trilho) se fixa ao dormente por fixação simplesmente elástica.

**VIA FÉRREA SINGELA:** Aquela que é formada por uma única via.

**VIA PERMANENTE:** Abrange toda a linha férrea, os edifícios, as linhas telegráficas, etc.

**VIA SINGELA:** Movimentação de trem onde a viagem de ida e volta é realizada pela mesma via.

**VIADUTOS:** Obra de arte de grande altura, que transpõe vales ou grotas, em substituição a aterros de elevado volume, cuja feitura não seja técnica ou economicamente aconselhável.

**VOLUME DO LASTRO:** Quantidade do material de lastro em metros cúbicos por metro de via.

## **ANEXO 9 - NORMAS DA ABNT RELATIVAS À VIA PERMANENTE**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7189: Cargas móveis para o projeto estrutural de obras ferroviárias. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7511: dormente de madeira para via férrea. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7640: defeitos de trilhos utilizados para via férrea. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7650: trilho. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7590: trilho "Vignole". Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7599: trilho com defeito. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7914: projeto de lastro para via férrea. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11693: trilho "Vignole" e acessórios - reaproveitamento. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12198: dormente. Rio de Janeiro, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12206: trilho "Vignole" e acessórios escolha. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12320: trilho "Vignole". Forma e dimensão. Rio de Janeiro, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12399: trilho "Vignole". Tolerâncias dimensionais. Rio de Janeiro, 1979.

## ANEXO 10 - ABREVIATURAS DAS ESTAÇÕES (METRÔ RIO, 2006)

Abreviatura	Estação
<b>Linha 1</b>	
SCP	Siqueira Campos
CAV	Cardeal Arcoverde
BTF	Botafogo
FLA	Flamengo
LMC	Largo do Machado
CTC	Catete
GLR	Glória
CNL	Cinelândia
CRC	Carioca
URG-CTR	Uruguaiana
PVG	Presidente Vargas
CTR	Central
POZ	Praça Onze
ESA	Estácio
AFP	Afonso Pena
SFX	São Francisco Xavier
SPN	Sãens Pena
<b>Linha 2</b>	
SCR	São Cristóvão
MRC	Maracanã
TRG	Triagem
MGR	Maria da Graça
DCT	Del Castilho
INH	Inhaúma
ERN	Engenho da Rainha
TCL	Tomás Coelho
VCV	Vicente de Carvalho
IRJ	Irajá
CLG	Colégio
CNT	Coelho neto
AFB	Acari / Fazenda Botafogo
ERP	Engenheiro Rubens Paiva
PVN	Pavuna

**ANEXO 11 - CARACTERÍSTICAS DA VIA PERMANENTE DO METRÔ RIO**  
(METRÔ RIO, 2002)

Linha 1 – CAV / SPN – Via Dupla .....	13 Km
Linha 2 – ESA / PVN – Via Dupla .....	35 Km
Centro de Manutenção – Via Singela .....	14 Km
Pátio de MGR – Via Singela .....	2 Km
Bitola .....	1,60 m
Raio Horizontal Mínimo .....	250 m
Rampa Máxima .....	4%
Raio de Curva Vertical Mínimo .....	2.000 m
Superelevação Máxima .....	170 mm
Inclinação do trilho .....	1:40
Trilhos em Via Corrida e AMV AREA .....	TR 57
Trilhos em Curvas de Raios < 400 m .....	Niobrás 200
Trilhos em AMV UIC .....	UIC 60
Fixações em Vias Principais – Dormentes Bi-bloco .....	AP
Fixações em Vias Principais – BTF/CAV – e Viadutos VCV/PVN - Dormente Bloco Independente .....	S-75
Fixações no Pátio do CM - Placas de Apoio PA 57.....	C / .RN
Fixações em AMV UIC – CAV – PVN – IRJ/CLG – CLG/CNT .....	Placa K C/.SKL 12
Fixações em AMV UIC – Demais Trechos .....	Placa K C/SKL 3
Fixações em AMV AREA .....	Tirefão
Dormentes – BTF/CAV e Viadutos VCV/PVN.....	Concreto Bloco Independente
Dormentes – Demais Trechos .....	Bi-bloco de Concreto
Dormentes – AMV – CAV – PVN – IRJ/CLG – CLG/CNT .....	Concreto Monobloco
Dormentes – Jacaré Móvel – CAV .....	Concreto Monobloco
Dormentes – AMV – Demais Trechos .....	Madeira
Dormentes do CM .....	Madeira
Espaçamento dos Dormentes sobre Concreto .....	0,75 m
Espaçamento dos Dormentes sobre Lastro .....	0,60 m

AMV – Linha 1 – 1:14 .....	4
AMV – Linha 1 – 1:9 .....	21
AMV – Linha 2 – 1:14 .....	6
AMV – Linha 2 – 1:9 .....	29
AMV – Linha 2 – AREA Nº 8 – Pátio de MGR .....	5
AMV – Pátio do CM – AREA Nº 8 .....	54
Cruzamento – Linha 2 – 1:4,444..ESA e PVN .....	2
Jacaré – CAV .....	Móvel
Jacaré – Demais Trechos .....	Fixo
Aparelhos de Dilatação – Linha 2 .....	38
Lubrificador de trilho / Flange – Portec mod. MC STD – Linha 1 .....	24
Lubrificador de trilho / Flange – Portec mod. MC STD – Linha 2 .....	31



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)