**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUI**

**JÚLIO CÉZAR OLIVEIRA**

# ESTRUTURA DE VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA E SUAS PATOLOGIAS

**Ijuí**

**2018**

**JÚLIO CÉZAR OLIVEIRA**

# ESTRUTURA DE VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA E SUAS PATOLOGIAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Orientador(a): Prof.º Me. José Antonio Santana Echeverria**

**Ijuí /RS**

**2018**

**JÚLIO CÉZAR OLIVEIRA**

# ESTRUTURA DE VIA PERMANENTE FERROVIÁRIA E SUAS PATOLOGIAS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 12 de julho de 2018

Prof. Me. José A. S. Echeverria

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Orientador

Prof.ª. Me. Lia Geovana Sala

Coordenador do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. José Antonio Santana Echeverria (UNIJUÍ)

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Me. Carlos A. S. P. Wayhs (UNIJUÍ)

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

# AGRADECIMENTOS

A conclusão desta graduação representa uma série de significados para mim, é com certeza o encerramento de um ciclo que não seria possível sem que eu mesmo acreditasse neste ciclo, mas também não seria possível sem que Deus o permitisse, agradeço primeiramente a ele, por me conceder forças e a vida, para que fosse possível.

Agradeço aos meus pais, que ao longo da vida nunca deixaram de estar presentes, e nos mais simples gestos, nunca me deixaram faltar amor.

Agradeço ao meu irmão que sempre esteve presente em minha vida.

Agradeço a minha namorada Fernanda Dhein, pela paciência, pelo incentivo e por estar comigo mesmo em momentos que eu mesmo a privei da minha companhia em consequência desta graduação, entendendo meus anseios, e minhas necessidades, deixo aqui o meu muito obrigado!

Agradeço aos amigos que torceram por mim, e sempre me incentivaram.

Agradeço em especial ao Mestre José Echeverria, que com Maestria sempre nos conduziu, a mim e a meus colegas de graduação, ao conhecimento pleno de suas disciplinas e pele incentivo na elaboração deste trabalho, buscando esclarecer as dúvidas e até mesmo contatos no segmento para qual este trabalho foi desenvolvido. Agradeço inclusive pela amizade galgada durante estes anos.

Agradeço a colega de profissão Carine Molz, colaboradora da empresa Rumo Logística, a qual encarecidamente e sem hesitar me auxiliou repassando materiais técnicos da empresa Rumo.

E um agradecimento a todos os nossos mestres, que nos auxiliaram para a formação do conhecimento e desenvolvimento pessoal. Saio com toda a certeza desta graduação uma pessoa melhor graças aos conhecimentos repassados.

*“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”*

*(Friedrich Nietzsche)*

## RESUMO

OLIVEIRA, J. C. **Estrutura de via permanente ferroviária e suas patologias**. 2018. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

As ferrovias brasileiras, desde suas origens, com a primeira estrada férrea datada por volta dos anos de 1860, desenvolveram, e ainda desenvolvem, um papel importante para o avanço das regiões por onde cruzam. A estrutura de gestão deste modal de transporte passou por grandes mudanças desde a ascensão das rodovias, o que ocasionou a perda de espaço e a atenção das autoridades acerca deste segmento de movimentação de bens e serviços. Por longo período se tornou um modal de baixos investimentos, ocorrendo desta forma a degradação de grande parte das vias existentes no país. Porém, a partir do final do XX, o sistema voltou a receber incentivos com o início da "desestatização" ou privatização da malha ferroviária, gerando desta forma significativos avanços em pesquisas e investimento. Diante desta ótica de desenvolvimento, o presente projeto objetiva reunir conhecimento técnico referente as estruturas das vias permanentes ferroviárias, buscando esclarecer quais componentes que a compõem, bem como obter informação relacionada aos tipos de patologias que as mesmas estão sujeitas durante sua vida útil, e que podem acarretar em baixo desempenho ou funcionalidade, o que se torna insatisfatórios às empresas detentoras das atuais concessões. Podendo observar que as patologias que mais acometem as ferrovias são as oriundas do tráfego e diretamente ligada aos trilhos, sendo estas que geram maiores encargos no momento da manutenção das mesmas.



**Palavras-chave:** Via permanente. Patologias. Ferrovias. Transporte.

# ABSTRACT

OLIVEIRA, J. C. **Estrutura de via permanentes ferroviárias e suas patologias**. 2018. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

From the outset, Brazilian railroads, with the first railroad dating back to the 1860s, have developed and still play an important role in advancing the regions through which they cross. The management structure of this mode of transportation has undergone great changes since the rise of highways, which has caused the loss of space and the attention of the authorities on this segment of goods and services movement. For a long time it has become a modality of low investments, thus causing the degradation of most of the existing roads in the country. However, from the end of the twentieth, the system began to receive incentives with the beginning of the "privatization" or privatization of the rail network, thus generating significant advances in research and investment. In view of this development perspective, the present project aims to gather technical knowledge regarding the structures of the permanent railways, seeking to clarify which components are part of it, as well as to obtain information related to the types of pathologies they are subject to during their useful life, and may result in poor performance or functionality, which is unsatisfactory to the companies holding the current concessions. It can be observed that the pathologies that most affect the railroads are the ones originating from the traffic and directly linked to the rails, which are the ones that generate higher charges at the time of maintenance.

Keywords: Permanent route. Pathologies. Railways. Transport

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conjunto da Estrutura da Via Permanente. ..... 17
Figura 3:Dormentes. ..... 23
Figura 4:Dormentes de Aço. ..... 24
Figura 2: Estrutura do Trilho rodoviário. ..... 26
Figura 5: Aparelho de Mudança de Via. ..... 28
Figura 6: AMV com Derivação Lateral. ..... 29
Figura 7: AMV Simétrico. ..... 29
Figura 8: AMV Assimétrico Convexo ..... 29
Figura 9: AMV Assimétrico Côncavo. ..... 30
Figura 10: AMV Híbrido. ..... 30
Figura 11: Bitola da Via. ..... 32
Figura 12: Linha de Bitola /Linha Teórica. ..... 33
Figura 13: Superelevação. ..... 35
Figura 14: Alargamento de bitola. ..... 37
Figura 15: Estreitamento de bitola ..... 38
Figura 16:Empeno ou torção da via. ..... 39
Figura 17: Empeno ou Torção. ..... 39
Figura 18: " Variação do Nivelamento Transversal - Base Curta" ..... 41
Figura 19: "Nivelamento Transversal - Base Curta". ..... 41
Figura 20: Desnivelamento Longitudinal de Via. ..... 42
Figura 21: Desalinhamento de Via. ..... 43
Figura 22: Direções das Terminologias. ..... 44
Figura 23: Corte Transversal - Vazio/Bolsa ..... 45
Figura 24: Trinca transversal nos furos das juntas. ..... 47
Figura 25: Trinca em solda Aluminotérmica. ..... 48
Figura 26:Trinca em solda Elétrica. ..... 48
Figura 27: Trinca de Patinagem de Roda. ..... 49
Figura 28: Trinca Horizontal no Boleto. ..... 49
Figura 29: Trinca no Filete (Separação Boleto-alma). ..... 50
Figura 30: HSW - Trinca Horizontal da Alma ..... 50
Figura 31: Trinca Vertical na Alma em Junta/Fora da Junta ..... 51
Figura 32: Trinca de Fragmentação. ..... 52

Figura 33: TDF - Fratura por trinca transversal do Patim. ..... 52
Figura 34: Separação Alma e Patim. ..... 53
Figura 35: Defeito Vertical no Boleto. ..... 53
Figura 36: Defeito de Patinagem. ..... 54
Figura 37: Desgaste Combinado Superfície do Boleto. ..... 55
Figura 38: Desgaste Ondulatório. ..... 55
Figura 39: Método de Escolha da Manutenção. ..... 59
Figura 40: Elementos do Processo de Inspeção. ..... 61

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nomes de Patologias de Trinca ..... 46

# LISTA DE SIGLAS

| | |
|---|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AMV | Aparelho de Mudança de Via |
| BHJ | Trinca nos furos na junta |
| BHO | Trinca nos furos fora da junta |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte |
| DWF | Trinca em Solda Aluminotérmica |
| DWP | Trinca em Solda elétrica |
| EBF | Trinca de Patinagem de roda |
| HSH | Trinca horizontal no boleto |
| HWS | Trinca no filete |
| INC | Inclusão |
| PRJ | Trinca vertical na alma em junta |
| PRO | Trinca vertical na alma fora da junta |
| SWO/HSW | Trinca na alma |
| TDC | Trinca Composta |
| TDD | Trinca de Fragmentação |
| TDT/TDF | Trinca Transversal no Patim |
| VSH | Trinca Vertical no boleto |
| WFS | Separação Alma Patim |

# SUMÁRIO


**1 INTRODUÇÃO ..... 13**

1.1 CONTEXTO ..... 15

1.2 PROBLEMA ..... 15

**1.2.1 Objetivo da Pesquisa ..... 15**

**1.2.2 Delimitação ..... 16**

**2 REVISÃO DA LITERATURA ..... 17**

2.1 ESTRUTURA DA VIA FÉRREA ..... 17

2.2 ELEMENTOS DA INFRAESTRUTURA ..... 17

2.3 ELEMENTOS DA SUPERESTRUTURA ..... 19

**2.3.1 Sublastro ..... 19**

**2.3.2 Lastro ..... 20**

**2.3.3 Dormentes ..... 22**

**2.3.4 Trilhos ..... 25**

**2.3.5 Elementos de Fixação ..... 27**

**2.3.6 Aparelho de Mudança de Via - AMV ..... 28**

2.4 GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE ..... 32

**2.4.1 Bitola ..... 32**

**2.4.2 Superelevação ..... 34**

2.5 PATOLOGIAS EM VIAS FERROVIÁRIAS ..... 35

**2.5.1 Arrastamento dos Trilho ..... 35**

**2.5.2 Variação da Bitola ..... 36**

**2.5.3 Alargamento de Bitola ..... 37**

**2.5.4 Estreitamento da Bitola ..... 37**

**2.5.5 Defeitos de Empeno e Torção ..... 38**

**2.5.6 Defeitos de Nivelamento ..... 40**

**2.5.7 Nivelamento Transversal (Base Curta e Base Longa) ..... 40**

**2.5.8 Nivelamento Longitudinal ..... 42**

**2.5.9 Defeito de Alinhamento ..... 42**

**2.5.10 Defeitos em Trilhos ..... 43**

**2.5.11 Defeitos Gerais em Trilhos ..... 45**

**2.5.12 Defeitos de Laminação ..... 46**

**2.5.13 Defeitos de Serviço ..... 54**

**3 MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO FERROVIÁRIA ..... 57**

3.1 MANUTENÇÃO ..... 57

3.2 INSPEÇÃO DE VIA ..... 60

**4 CONCLUSÃO ..... 63**

4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... 64

**REFERÊNCIAS ..... 65**

# 1 INTRODUÇÃO

Atrelado ao desenvolvimento econômico tem-se claramente o aumento da demanda de bens e serviços. Como base de sustento da cadeia econômica, tem-se o transporte. O território nacional possui grandes centros de geração de desenvolvimento e por ser um país e grande extensão territorial, estes se fazerem distantes uns dos outros, nos forçando a utilizar o transporte terrestre como principal meio para que produtos de diversos segmentos alcancem seus destinos, exigindo desta forma cada vez um maior volume de tráfego e uma maior eficiência de transporte, não podendo deixar de lado a qualidade. (LACERDA, 2005)

No Brasil, o modal rodoviário é principal responsável pelo transporte de bens e serviços, o qual se mescla com a utilização para outros fins, como principalmente o deslocamento de passageiros. Este conjunto provoca fluxos intensos de veículos, tanto de grande como pequeno porte, constituindo desta forma uma série de fatores desfavoráveis ao deslocamento por vias pavimentadas. Dentre os fatores críticos pode-se destacar o desgaste das vias, alto custo de manutenção, lentidão no tráfego de veículo e muitas vezes acidentes, ocasionado a perda de valores, e também não menos frequente depara-se com o pior, como graves acidentes que trazem danos físicos irreparáveis aos usuários deste modal. (CNT, 2013)

Esta discussão acerca do transporte brasileiro é muito antiga, já em 1835 houveram as primeiras manifestações em relação a este segmento, que mesmo numa época de escassos recursos, já se evidenciava que o transporte era a base para o desenvolvimento, diante das dificuldades de expansão das lavouras e comercialização do café, que estavam diretamente ligadas ao transporte. (WALKER, 2005).

Para Walker (2005), a primeira ferrovia inaugurada no Brasil, em meados de 1854, no Rio de Janeiro, implantada pelo conterrâneo, nascido em Jaguarão, Rio Grande do Sul, Irineu Evangelista de Souza, conhecido como o Barão de Mauá (1813-1889), o sistema ferroviário brasileiro passou por diversas transformações, tanto em sua expansão, quanto por sua forma de gestão, passando de carro chefe do desenvolvimento nacional para um modelo menos notório de desenvolvimento.

Uma série de fatores históricos, segundo Walker (2005), como a queda de produção do café, a crise de 29, a instalação da indústria automobilistas nos anos 50, a má gestão das empresas ferroviária, aliados com o desleixo do Estado, contribuíram para que o transporte sobre trilhos fosse perdendo aos poucos as competitividade, que se agravou com a instalação e forte incentivo à rede rodoviária.

Lima (2005), ressalva que embora tenha-se investido pouco entre os anos 70 e 80, ao final dos anos 90 iniciaram-se as privatizações, ou como alguns autores citam, as desestatizações, uma vez que as ferrovias continuaram sendo do Estado, porém concedido o uso as empresas privadas que exploram a malha ferroviária em determinados pontos, mas não possuem o patrimônio. Este modelo de administração trouxe maiores investimentos, visto que quanto melhor a qualidade da ferrovia, melhor a qualidade do transporte, o que faz com que a rentabilidade destas empresas se torne satisfatória, desta forma e consequentemente são feitos maiores investimentos no setor.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, após o processo de desestatização, a malha ferroviária brasileira cresceu cerca de 26%, o que ocasionou um aumento de 68% de produção de transporte entre 1996 e 2001, porém ainda vemos um déficit grande no transporte de modo geral.

Ainda que o avanço da tecnologia e a maneira de gerir as empresas ferroviárias tenham se desenvolvido ao longo dos últimos anos, após a desestatização das mesmas, é evidente que ainda faltam muitos investimentos a serem feitos em vista da grande extensão territorial brasileira. Não só expandir, mas manter as ferrovias em pleno estado de conservação, para que se obtenha retorno satisfatório, ou se tenha uma larga escala de desenvolvimento do transporte é uma ação que exige interesse, dedicação e principalmente conhecimento técnico sobre o tema. (FIGUEIREDO, 2005).

Para Bastos (2005), o desenvolvimento econômico do Estado bem como da sociedade de um modo geral são necessários investimentos nas áreas de infraestrutura, se justifica desta forma o interesse no incremento do conhecimento neste segmento de ferrovias. Buscar acrescentar especificamente o grau de conhecimento na área de manutenção, pois tendo como ponto de partida, a degradação intensa, em função dos volumes de tráfego, e muitas vezes o abandono das malhas, se faz necessária a inspeção constante bem como a manutenção, tanto preventiva, quando a

manutenção corretiva, para que o transporte seja eficiente, aumentando a viabilidade econômica do negócio em questão, e buscando melhor competitividade aos produtos transportados.

## 1.1 CONTEXTO

O tema escolhido refere-se as patologias decorrentes da utilização de vias férreas. Tais patologias podem ser oriundas das intempéries ou relativas ao desgaste pela ação do tráfego. Ainda, dentro deste contexto são estudados os métodos utilizados na recuperação das mesmas, buscando definir o momento em que cada tipo de manutenção, preventiva ou corretiva, deverá ser aplicada, de acordo com a necessidade da via.

## 1.2 PROBLEMA

A funcionalidade da estrada férrea, o volume de tráfego e qualidade do transporte está diretamente ligada a manutenção da via permanente ferroviária.

Para que se possa ter o tráfego satisfatório das vias é necessário um conjunto de ações que promovam a eficiência desta estrada férrea.

A partir deste conceito, conhecer as patologias que acometem as vias férreas tem papel fundamental para que se possa criar mecanismos de inspeção e a partir destas proporcionar o tipo de manutenção adequada para cada caso. Qualquer imprevisto, decorrente de defeitos nas vias permanentes ferroviárias, geram prejuízos e aumento de custos às empresas detentoras dos contratos de concessões ferroviárias. Por esta ótica fica claro que para o bom desempenho das funções pertencentes as vias, a análise das anomalias, o amparo e preservação destas, é de suma importância para que seja mantida a viabilidade econômica do uso deste sistema, tão antigo, mas também tão atual na cadeia de transporte.

### 1.2.1 Objetivo da Pesquisa

A pesquisa tem como objetivo apresentar de um modo geral a composição da estrutura de uma ferrovia, identificando os principais elementos de uma via permanente ferroviária, bem como a importância de identificar as patologias atreladas ao tráfego, para garantir a segurança e o nível de serviço adequado da via.

Os objetivos específicos são:

a) Familiarizar-se com o sistema ferroviário brasileiro, buscando informações relevantes, históricos, políticos e técnicos;
b) Avaliar os principais componentes que compõem a estrutura de uma via permanente ferroviária;
c) Analisar os principais tipos de patologias existentes decorrentes do desgaste da estrutura ferroviária.

### 1.2.2 Delimitação

A pesquisa delimita-se a análise das composições de uma via permanente ferroviária, levando-se em consideração a infraestrutura e a superestrutura, bem como os problemas físicos decorrentes do uso das ferrovias.

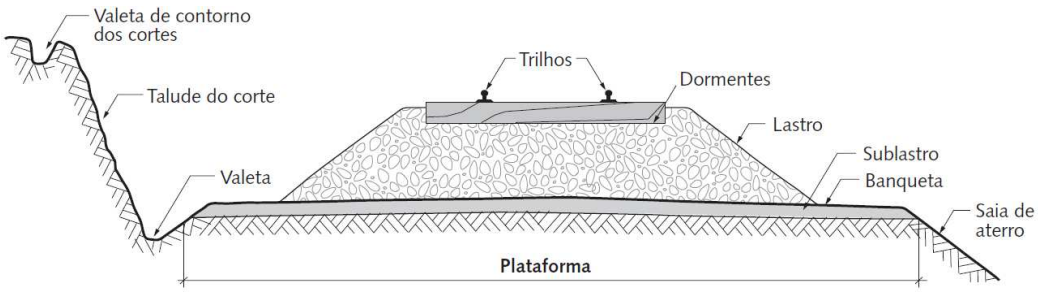
# 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão definidos, por meio de revisão literária, os elementos que compõem uma via férrea, juntamente com a seus conceitos dentro deste segmento, com a finalidade dar sustento teórico para o melhor entendimento sobre este sistema e suas patologias.

## 2.1 ESTRUTURA DA VIA FÉRREA

Segundo Nabais (2014, p.25), a estrada de ferro é um sistema de transporte terrestre, autoguiado, onde o veículo rodante se desloca com rodas de aço, sobre vigas contínuas longitudinais, também de aço, as quais são denominadas de trilhos. Ele afirma ainda, que a ferrovia é composta basicamente por dois subsistemas, o rodante e o da via permanente. O rodante se caracteriza por deste fazer parte, os veículos tratores e rebocados, sendo para que os subsistemas de via permanente fazem parte a infraestrutura e a superestrutura, sendo composto conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Conjunto da Estrutura da Via Permanente.




Fonte: Manual Básico de Engenharia Ferroviária

## 2.2 ELEMENTOS DA INFRAESTRUTURA

Conforme Brina (1988, p.5) para o desenvolvimento das infraestruturas das estradas, são necessários os serviços de terraplenagem juntamente com o emprego e técnicas de trabalho realizadas abaixo do greide de terraplenagem, sendo que a superfície final do terraplenagem se denomina leito ou plataforma da estrada.

Segundo Borges Neto (2015), da Universidade Federal do Paraná, a infraestrutura é composta em:

**a) Obras de Terraplenagem**

a.1) Cortes: em caixão e em meia encosta;

a.2) Aterros.

**b) Obras de Arte Corrente**

São assim chamadas por que podem obedecer a projetos padronizados.

**b.1) Superficiais:**

b.1.1) Sarjetas;

b.1.2) Valetas: de proteção de crista ou de contorno; laterais ou de captação (montante) e de derivação (jusante);

b.1.3) Descidas d'água ou rápidos;

b.1.4) Bacias de dissipação;

b.1.5) Bueiros: abertos; fechados (tubulares ou celulares); de greide;

b.1.6) Pontilhões;

**b.2) Profundas:**

b.2.1) Drenos longitudinais de corte;

b.2.2) Espinhas de peixe;

b.2.3) Colchão drenante; etc.

b.3) Sub-horizontais: drenos sub-horizontais de taludes;

**c) Obras de Arte Especiais**

Devem ser objeto de projetos específicos.

c.1) Pontes, pontilhões e viadutos: com estrutura metálica; em concreto armado ou protendido;

c.2) Túneis: escavados ou falsos;

c.3) Contenções de talude: muros grelhas; cortinas; etc.;

c.4) Passagens: superiores; inferiores; travessias (linhas de telecomunicação); condutores de energia em baixa ou alta tensão; tubulações de líquidos ou gases;

Para Brina (1988, p.5) a superestrutura da estrada de ferro é formada pela via permanente, que é construída de forma que se possa renová-la quando seu nível de serviço já não satisfaz as necessidades básicas de segurança e conforto de rodagem dos veículos. Para a superestrutura o

autor define quatro elementos principais, que são: lastro, dormentes, os trilhos e o sublastro, sendo os trilhos a superfície de apoio diretamente ligados aos veículos rodantes.

Nabais (2014, p.25) define a superestrutura como um segmento da via permanente que recebe todos os esforços diretos, sendo composta por trilhos, acessórios de fixação, aparelhos de mudança de via, dormente, o lastro e o sublastro, o quais estão sujeitos às ações de deterioração vinculadas ao uso e as intempéries.

Para Nabais (2014) a superestrutura pode ser classificada como rígida, que ocorre quando os dormentes são assentados sobre lajes de concreto ou quando os trilhos são fixados diretamente sobre uma viga, e ainda pode ser caracterizada como elástica, que ocorre quando utiliza-se o lastro para distribuir sobre a plataforma as cargas provenientes do material rodante, o que garante a elasticidade e ainda fazendo com que a carga transmitida pelos trilhos seja suportada pelos dormente e pelo lastro.

## 2.3 ELEMENTOS DA SUPERESTRUTURA

Abaixo serão definidos os conceitos dos elementos que constituem a superestrutura da via permanente.

### 2.3.1 Sublastro

Nabais (2014, p.230) observa o Sublastro como sendo a camada superior da infraestrutura e que a mesma dispõe de características especiais em relação a construção da superestrutura em geral, e por isto tem como função as seguintes propriedades:

> Aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo elevar a taxa de trabalho no terreno ao serem transmitidas as cargas através do lastro, reduzindo, dessa forma, sua superfície de poio e sua altura, com consequente economia de material;
>
> Evitar a penetração do lastro na plataforma;
>
> Aumentar a resistência do leito à erosão e à penetração da água, concorrendo, por, para uma melhor drenagem da via;
>
> Permitir relativa elasticidade ao apoio do lastro para que a via permanente não seja excessivamente rígida. (NABAIS, 2014, p. 230).

Brina (1988, p.9) considera o lastro como sendo um componente da ferrovia de custo elevado, desta forma recomenda que o sublastro seja executado com material mais barato e preferencialmente encontrado nas proximidades, afim de melhorar o padrão e viabilizar economicamente a manutenção da mesma.

Para utilização do sublastro, Brina (1988) recomenda que este tenha espessura suficiente para distribuir as pressões recebidas e transmiti-las a plataforma de forma que a carga seja compatível com o suporte da mesma, geralmente, segundo o autor, uma espessura de 20 cm é o suficiente.

Nabais (2014, p.230), lembra que este componente da via deve possuir as seguintes especificações:

> Índice de grupo (IG) igual a 0;
>
> Limite de liquidez (LL) máximo de 35;
>
> Índice de plasticidade (IP) máximo de 36;
>
> Classificação pela tabela da Highway Research Board (HRB), grupo A;
>
> Expansão máxima de 1%;
>
> Índice de suporte Califórnia (CBR) mínimo de 30.

Nabais (2014, p.230) ainda complementa que se o material necessário não for encontrado nas proximidades das ferrovias, pode-se misturar em usina de solos, dois solos naturais e um solo argiloso com areia ou agregado miúdo, desde que este processo não aumente excessivamente o custo do sublastro, ou ainda melhorar o solo com cimento, seguindo as especificações do DNIT.

### 2.3.2 Lastro

Segundo a Vale (2009, p.95), o lastro ferroviário é um componente da superestrutura que se constitui de uma camada de material granular, estabelecendo-se acima do sublastro e abaixo dos dormentes.

Para Brina (1988, p.10), o lastro tem como função os seguintes atributos:

> Distribuir sobre a plataforma os esforços advindos das cargas dos veículos rodantes, produzindo uma taxa de trabalho menor na plataforma;

> Formar um suporte, até certo limite, elástico, diminuindo as trepidações resultantes da rodagem dos veículos;
>
> Diminuir as irregularidades das plataformas, formando uma superfície continua e uniforme para mantes os dormente e trilhos alinhados.
>
> Impedir o deslocamento dos dormentes, independentemente se no sentido transversal como longitudinal;
>
> Melhorar a drenagem da via permanente;

Brina (1988) considera que para o lastro desempenhar suas funções de forma satisfatória, este deve apresentar as seguintes qualidades:

- Ter capacidade de resistir aos esforços transmitidos pelos dormentes;
- Possuir elasticidade restrita, para abrandar os choques;
- Ter dimensões que seja possível a interposição entre os dormentes e abaixo destes, preenchendo as irregularidades da plataforma e permitir o perfeito nivelamento dos trilhos;
- Ser resistente aos efeitos do tempo e intempéries;
- Não produzir pó, afim de evitar possível patologia ao material rodante. (BRINA, 1988, p. 10).

O lastro desta forma deverá ser constituído, segundo a Vale (2009, p.96), por materiais que possuam característica mínimas que possam suprir as necessidades da via, sendo que os materiais que melhor atendem estas propriedades são:

> [...]as pedras britadas oriundas de rochas sãs, duras, compactas de estrutura não lamelar ou xistosa, de elevada resistência à compressão e elevada massa específica aparente. As rochas que melhor atendem a estas características são o granito, o basalto, o diorito, o gnaisse e o quartzito, dos quais se formam os lastros de pedra britada. Materiais como seixos, cascalhos, rochas lateríticas e escória de alto forno também são utilizados como matéria-prima para a formação de lastros ferroviários após processos de britagem e graduação granulométrica.
>
> Os agregados para formação de lastro ferroviário devem apresentar elevada massa específica aparente, da ordem de 2,4 t/m3, e alta resistência à compressão, acima de 1.100 Kgf/cm2. A caracterização do material para lastro ferroviário, compreendendo todos os ensaios necessários, deverá ocorrer obrigatoriamente para todo novo fornecedor, nova jazida ou alteração do material recebido usualmente. (Vale, 2009, p.96).

Conforme Brina (1988, p.10), os materiais mais utilizados são:

- **Terra:** Por ser mais barato, porém é o prior, pois a água satura facilmente, gerando o desnivelamento, o que pode acarretar acidentes aos veículos;
- **Areia:** Tem qualidade de ser pouco compressível, porém é facilmente levada pela água.
- **Cascalho:** É ótimo para lastro, principalmente quebrado. Para a utilização deste ele deve ser lavado para separa-lo das impurezas.
- **Escórias:** Provenientes de usinas metalúrgicas, tem dureza e resistência sendo utilizadas nas linhas próximas das usinas.
- **Pedra-britada:** É o melhor tipo de lastro, por ser resistente, não é alterado pelos efeitos das intempéries, permite o perfeito nivelamento. É limitadamente elástico e não produz poeira.

### 2.3.3 Dormentes

Brina (1988, p.21), comenta que o dormente é um componente da superestrutura que tem como função receber e transferir ao lastro as cargas oriundas dos veículos rodantes, dar suporte para os trilhos, e ainda manter a bitola invariável, ou seja, mantem a distância entre os trilhos uniforme.

A Vale (2009, p.71) cita que os dormentes devem suportar os trilhos, absorvendo as cargas provenientes da rodagem dos veículos ferroviários de forma a manter a estabilidade da via nos planos, tanto vertical quanto no horizontal de modo a conservar a conformação geométrica especificada do Aparelho de Mudança de Via – AMV.

Brina (1988) lista alguns requisitos que estes devem seguir, para que os dormentes cumpram esta função.

a) Que as dimensões, tanto no comprimento quanto na largura, forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse certo limite;
b) Que a sua espessura lhe dê a necessária rigidez, permitindo, entretanto, alguma elasticidade;
c) Que tenha suficiente resistência ao esforço;

d) Que tenha durabilidade;
e) Que permita, com relativa facilidade, o nivelamento do lastro (socaria) na sua base;
f) Que se oponha eficazmente aos deslocamentos longitudinais e transversais da via;
g) Que permita uma boa fixação do trilho, isto é, uma fixação firme, sem ser excessivamente rígida.

Quanto aos tipos de dormentes, o autor ainda comenta, que usualmente são feitos de três tipos de materiais, madeira, aço e concreto. A Vale (2009, p.72) ainda inclui nesta lista os dormentes de materiais alternativos, conforme ilustra Figura 2, onde seguem respectivamente da esquerda para a direita dormentes de madeira, concreto, aço e plástico.

Figura 2:Dormentes.

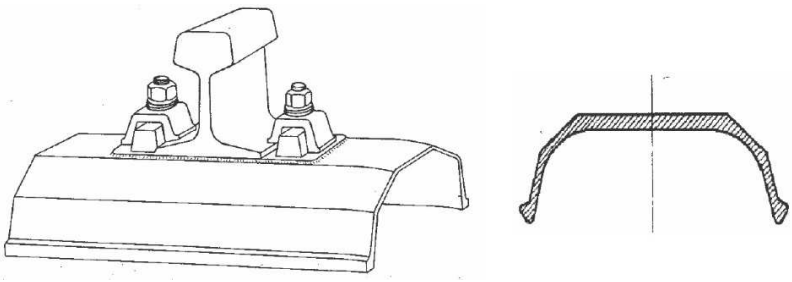
Fonte: Manual Técnico de Manutenção de Via Permanente – VALE (2009, p.72).

Para Brina (1988, p.21) os dormentes de madeira são os que reúnem as melhores característica e qualidades exigidas para os dormentes, sendo desta forma um dos principais materiais utilizados. Em contrapartida, a madeira é um material ecológico que muitas vezes, por depender de uma madeira de alta qualidade se torna um material escasso e oneroso, uma vez que há uma grande deficiência dos reflorestamentos. Desta forma, para a utilização deste tipo de dormente, em determinadas situações, utiliza-se madeira de menor qualidade, as quais são tratadas quimicamente através de processos específicos.

Já a Vale (2009, p.86) considera que os dormentes de madeira estão suscetíveis ao apodrecimento, perda de capacidade de retenção da fixação pela degradação ou por furações em excesso, ainda por trincas ou rachaduras, empeno, e pelo armazenamento impróprio.

Dormentes de aço, segundo Brina (1988, p.33), foram pensados de várias formas, mas o que mais diferem uns dos outros é a forma como são fixados aos trilhos, ou pequenos detalhes de conformação. Em sua grande maioria são perfis U laminados, como demonstra a Figura 3, sendo instalados de forma invertida, dotados de extremidades curvadas, com intuito de formar garras que afundam no lastro afim de se opor ao movimento transversal da via. Estes são, entretanto, leves, de fácil instalação, mas que por conterem esta característica de leveza, podem muitas vezes serem prejudiciais às vias de tráfego pesado. Dormentes de aço apresentam inconvenientes como: serem barulhentos, condutores de eletricidade, ter maior dificuldade de fixação dos trilhos em relação aos de madeira e também possuem a necessidade de cuidados especiais, pois com as furações dos mesmos os tornam enfraquecidos, originando fissuras que podem inutilizá-los

Figura 3:Dormentes de Aço.



Fonte: Estradas de Ferro –Helvécio Lapertosa Brina (1988, p.34).

Os dormentes em aço apesar de suas qualidades, também são passíveis de anomalias, segundo a Vale (2009, p.86), pode ocorrer fratura ou ruptura da seção transversal bem como deformações na região dos “ombros”, nas abas e também na região de apoio dos trilhos, desta forma podendo acarretar o comprometimento da dimensão correta da bitola da via, além de estarem sujeitos a corrosão.

Brina (1988, p.35), explica que os dormentes em concreto foram desenvolvidos em função da escassez da madeira, para evitar desta forma o desflorestamento. Segundo o autor, os dormentes de concreto foram inicialmente usados de forma a imitar a secção dos dormentes de madeira, o que

acarretou em patologias como trincas ou fissuras, em virtude do choque e vibração transmitida ao dormente, levando a grande decomposição deste elemento.

Brina (1988), ainda complementa que após a manifestação dos problemas com dormentes de concreto de mesmo formato que os de madeira, surgiram, principalmente na Europa, outros tipos de dormentes de concreto;

- Concreto protendido
- Misto (concreto e aço)
- Polibloco ou Bi-bloco

As patologias dos dormentes de concreto possíveis, conforme a Vale (2009, p.86), são trincas, fraturas ou ruptura de sua seção transversal, trincas ou fraturas nas regiões de fixação, o que pode comprometer a colocação destes, bem como o desgaste na região dos apoios, o que pode comprometer a acomodação dos patins dos trilhos, o que compromete diretamente a bitola da via.

Ainda, segundo a Vale (2009), os dormentes em concreto bi-bloco podem sofrer fraturas ou rupturas em seus perfis metálicos, trincas ou fraturas nas fixações do próprio dormente ou ainda fraturas nos blocos o que pode comprometer as ferragens e assim como os de monobloco podem sofrer desgaste na região dos patins.

### 2.3.4 Trilhos

São chamados os perfis fixados sobre os dormentes. É por estes perfis que os veículos rodantes se deslocam, através de suas rodas metálicas, tendo o trilho a função de guiar o veículo.

Para a Vale (2009, p.15), o trilho é o elemento mais importante empregado na superestrutura, pois este é considerado o principal item de suporte dos veículos ferroviários, sendo que detém o maior custo entre os elementos que compõem a via permanente.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT (BRASIL, 2015), para satisfazer as suas funções, os trilhos devem possuir, dureza, tenacidade, elasticidade e resistência a flexão. O mesmo órgão ainda observa que na maioria dos países, os trilhos são fabricados em aço-carbono, porém podem sofrer alterações em seu processo de fabricação,

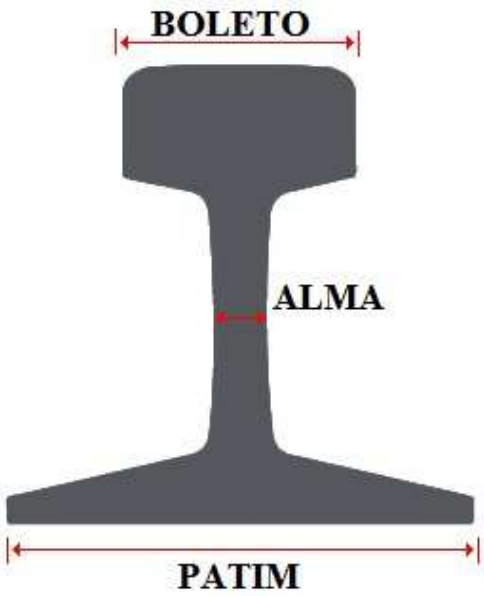
recebendo em sua composição “aço-liga” ou podem ainda receber tratamento térmico, o que acarreta em um aumento da vida útil ou de dureza superficial, respectivamente.

Ainda segundo o DNIT (2015), pode ocorrer o emprego de contratrilhos, nas situações abaixo.

- Em pontilhões e passagem inferior de vão superior a 6m;
- Em pontes e viadutos;
- Onde existam pilares de passagem superior situado a menos de três metros de fiada de trilho mais próxima;
- Onde exista obra considerada de importância suficiente a proteger e está a menos de três metros da fiada de trilho mais próxima.

Brina (1988, p.46) afirma que ocorreu umas série de experimentos e testes até que se chegasse ao tipo de trilho utilizado atualmente, sendo constituídos de boleto (cabeça), alma e o patim, sendo este último o elemento pelo qual o trilho é assentado sobre o dormente, conforme ilustra Figura 4.

Figura 4: Estrutura do Trilho rodoviário.




Fonte: Próprio autor (2018).

A fabricação dos trilhos, segundo Brina (1988, p.48), se dá em comprimentos padrão de 12 ou 18 metros, sendo que este tem tolerâncias de ± 3 mm para comprimento e 0,5 mm para a seção transversal.

A Rumo (2017a) determina três conceitos aos trilhos conforme demonstrado abaixo.

> Trilho curto, aquele que quando as folgas nas juntas são suficientes para permitir a dilatação e contração dos mesmos, isto é, nos trilhos curtos, os trilhos adjacentes não exercem, entre si, pressões através dos topos e das talas.
>
> Trilho longo, aquele cuja folgas citadas anteriormente, ou são inexistentes ou são insuficientes para permitir a dilatação dos mesmos. Assim sendo, sempre ocorrerão esforços transmitidos entre si por trilhos sucessivos da mesma fila.
>
> Trilho contínuo, aquele que atendendo às condições de trilho longo, possui um comprimento tal, que em sua parte central existe uma extensão fixa que não se movimenta, e em estado de tensão máxima. (RUMO, 2017a, p. 51).

### 2.3.5 Elementos de Fixação

Segundo manual da Vale (2009, p.101), os fixadores são acessórios utilizados para, em conjuntos com outros elementos, a fixação dos trilhos aos dormentes, e a própria fixação entre trilho-trilho. São acessórios fundamentais para que os trilhos sejam mantidos em posição adequada, segundo a bitola da via.

Estes podem ser distintos em dois grupos, os fixadores elásticos e os fixadores rígidos, conforme definição dada pela Vale (2009), a seguir.

Elementos de fixação elástica:

> São elementos que tem a capacidade de manter a pressão de contato ao trilho constante, garantindo a sua fixação e o retensionamento da via, além de absorver as vibrações e impactos inerentes à ação do tráfego ferroviário.
>
> São componentes de sistemas de fixação elástica:
>
> - Placas de apoio
> - Placa de ângulo (Sistema Vossloh para dormente de concreto)
> - Tirefonds
> - Arruelas duplas de pressão
> - Grampos

- Garras tipo K ou GEO
- Parafusos (utilizados nos sistemas de fixação tipo K, GEO ou Vossloh)
- Shoulder (utilizado em dormentes de aço ou concreto)
- Almofadas Isolantes (utilizados em dormentes de aço).
- Tie Pad (utilizados em dormentes de concreto) Isoladores / Toe Insulator / Side Post Insulator – (utilizado em alguns sistemas de Fixação para isolamento do contato do grampo com o trilho e do trilho com o shoulder). (VALE, 2009, p. 101).

Elementos de fixação rígida:

São elementos que possuem a capacidade de fixar o trilho sem absorver as vibrações e impactos inerentes à ação do tráfego ferroviário. Também possui limitações no que se refere ao impedimento do deslocamento longitudinal dos trilhos. Em função disso há a necessidade de se aplicar retensores em vias com sistema de fixação rígida.

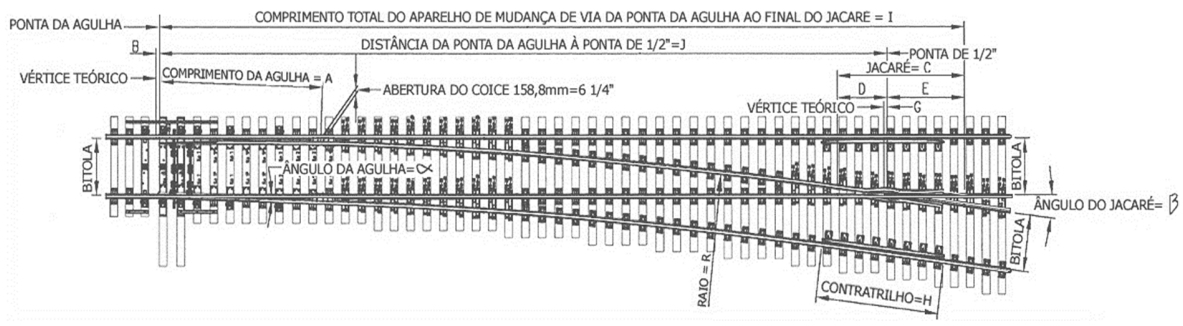
São componentes de sistemas de fixação rígida:

- Placas de apoio
- Tirefonds
- Pregos (VALE, 2009, p. 102).

### 2.3.6 Aparelho de Mudança de Via - AMV

"Aparelho de mudança de via é o conjunto de peças destinadas a possibilitar a passagem dos veículos ferroviários de uma via para outra, compreendendo principalmente: chave, jacaré, contratrilhos, aparelho de manobra e trilhos de ligação.". (VALE, 2009, p.122). A Figura 5 ilustra de forma esquemática a composição de um Aparelho de Mudança de Via – AMV.

Figura 5: Aparelho de Mudança de Via.

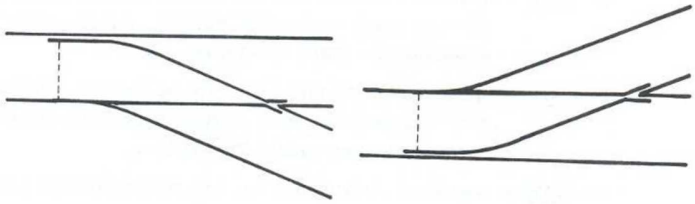



Fonte: http://www.hewittequipamentos.com.br/?page_id=84. Acessado em 21/05/2017

Ainda conforme a Vale (2009, p.126), os AMVs podem ser pode ser de vários tipos conforme descrito abaixo:

**AMV com derivação lateral:** AMV com uma das linhas em tangente e outra derivando para a esquerda ou direita (Figura 5).

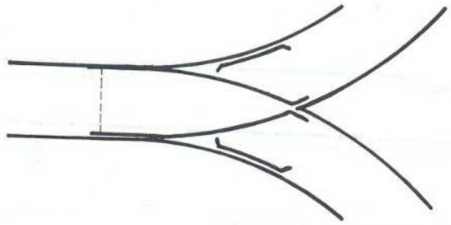
Figura 6: AMV com Derivação Lateral.



Fonte: VALE (2009, p.126).

**AMV simétrico:** AMV com ambas as linhas derivando segundo o mesmo ângulo em relação à tangente de entrada (Figura 7).

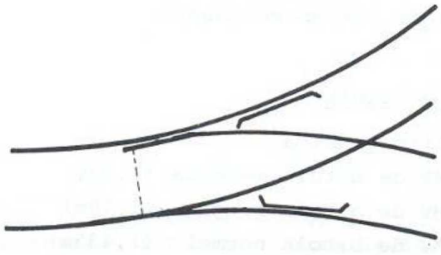
Figura 7: AMV Simétrico.



Fonte: VALE (2009, p.126).

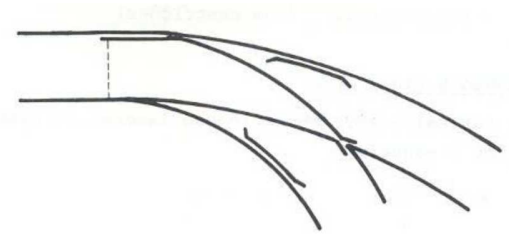
**AMV assimétrico**: AMV com as linhas derivando em ângulos diferenciado em relação a tangente de entrada (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8: AMV Assimétrico Convexo.



Fonte: VALE (2009, p.126).

Figura 9: AMV Assimétrico Côncavo.



Fonte: VALE (2009, p.126).

**AMV híbrido:** AMV onde são aplicados componentes que atendem as normas UIC e outros componentes que atendem as normas AREMA (Figura 10).

Figura 10: AMV Híbrido.

Fonte: VALE (2009, p.128).

O DNIT (2015), em sua instrução de serviço ferroviário – ISF-215, especifica as principais partes de um AMV, conforme serão transcritos abaixo:

**Chave:** Pode ser chamada de grade de agulhas, é composta pela agulha, trilhos de encosto e acessórios. São montados de forma a permitir o encaminhamento do veículo de uma linha férrea para uma outra linha.

**Agulhas:** São peças construídas normalmente de trilhos e trabalhadas, são instaladas paralelamente entre si, destinada a guiar as rodas dos veículos ao transporem a chave.

**Contra-agulha ou "encosto da agulha":** É o trilho de encosto da agulha. Normalmente são trilhos usinados, adaptados para servir de encosto da agulha.

**Aparelho de manobra:** É o aparelho que permite fazer direcionamento ou o movimento das agulhas para outra via, podendo ser elétrico ou manual.

**Trilho de enlace ou de ligação:** São trilhos que fazem a ligação da chave, ao "coração" do AMV.

**Coice:** Conjunto de peças com função de articular a agulha com o trilho de ligação.

**Coração ou Jacaré:** É o principal componente do AMV, seu papel é possibilitar o cruzamento do veículo rodante entre os trilhos de uma via, para os trilhos de outra. Este pode ser de dois tipos, feitos de trilhos usinados, cortados e aparafusados ou feitos em aço fundido, constituindo desta forma uma só peça.

**Calços:** São peças de ferro fundido, sendo aparafusadas entre os trilhos e contratrilhos, ou ainda entre a agulha e contra-agulha. Este elemento tem como função manter o afastamento dos componentes citados, de forma que não altere as distancias sempre constantes.

**Coxins:** São as placas instaladas sob as agulhas, é sobre estas placas que as agulhas deslizam quando solicitadas, devendo sempre estarem lubrificadas.

**Contratrilhos:** São trilhos de comprimento apropriado, colocados paralelamente ao trilho da linha, também aos trilhos externos e de um lado e de outro do "coração" do aparelho de mudança de via, com o intuito de "puxar" o rodeiro para fora, evitando que os frisos das rodas se choquem contra a ponta do jacaré ou da agulha.

Uma questão importante, apontada pelo manual técnico da Vale, é a velocidade de circulação dos veículos sobre os Aparelho de Mudança de Via. Segundo a Vale (2009, p.123), a velocidade varia, sendo que para circulação no sentido normal (reto), está limitada a Velocidade Máxima Autorizada – VMA, da via a qual o AMV está inserido.

Para a velocidade do veículo pela linha desviada, de um AMV, haverá variação em relação as características geométricas do Aparelho de Mudança de Via e ainda pelo raio de curvatura do trilho de ligação.

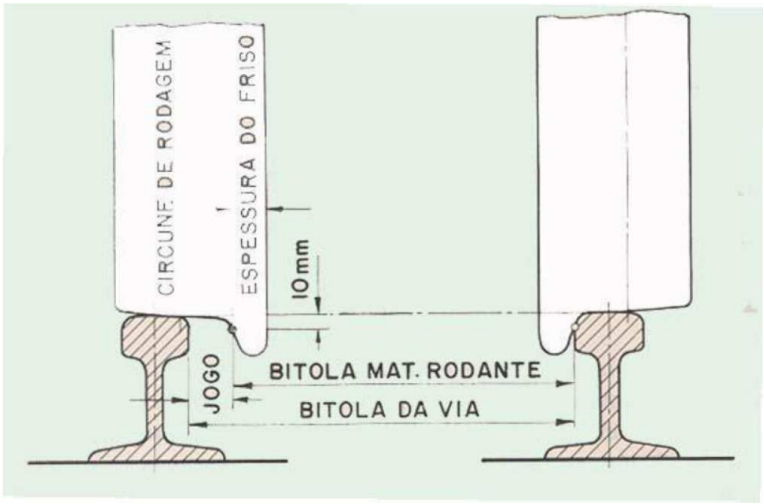
## 2.4 GEOMETRIA DA VIA PERMANENTE

A estrada de ferro, além de seus componentes gerais de superestrutura e infraestrutura, é um sistema que necessita de extremo cuidado com suas geometrias, visto que para o bom desempenho e segurança das vias, é de grande importância que estas estejam conservadas dentro dos limites de dimensões para as quais foram projetadas. Abaixo serão descritos os principais fatores geométricos que interferem na qualidade de uma via permanente ferroviária.

### 2.4.1 Bitola

Para a Rumo (2017, p.4), "denomina-se 'bitola' a distância entre as faces internas das duas filas de trilhos.", conforme demonstrado na Figura 11.

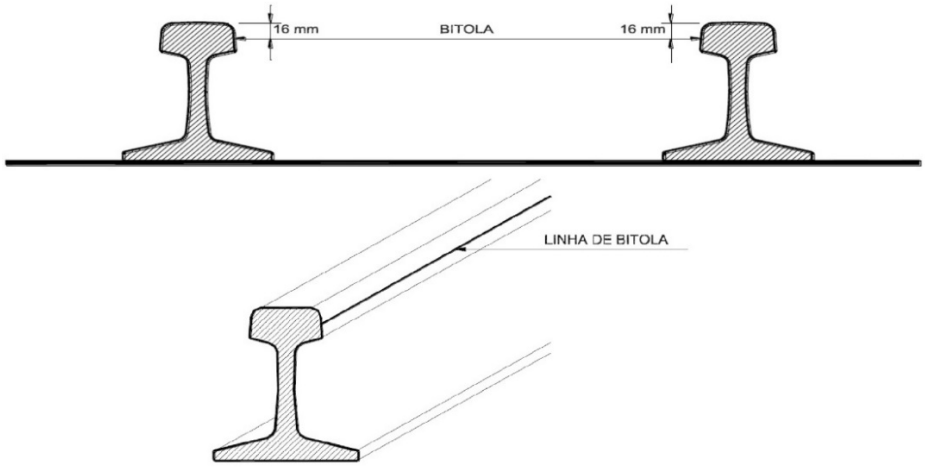
Figura 11: Bitola da Via.




Fonte: Apostila:" Conceitos Técnicos de Via Permanente" – Rumo Logística.

Para a obtenção da medida de bitola utilizada na via permanente, é necessário utilizar uma "linha teórica", segundo especifica a Rumo (2017, p.4), esta linha se situa a 16mm de distância, logo abaixo da parte superior do boleto do trilho, como demonstrado na Figura 12.

Figura 12: Linha de Bitola /Linha Teórica.




Fonte: Apostila:" Conceitos Técnicos de Via Permanente" – Rumo Logística.

De acordo com Brina (1988, p.6), em 1907, na "Conferência Internacional de Berna", foi adotada como "bitola internacional" a medida de 1,435, porém não há nenhuma justificativa de ordem técnica para tal, o que se faz crer que esta medida teria sido adotada por se tratar da mesma utilizada no primeiros trechos ferroviários no passado, pelo fato das antigas "Diligências" ou Carruagens possuírem esta mesma medida entre as rodas.

A Rumo (2017, p.5), salienta que no Brasil existem várias bitolas, segundo medidas abaixo:

- 1,60m → Bitola Larga
- 1,435m → Bitola Internacional (Universal)
- 1,00m → Bitola Métrica
- 0,76 m
- 0,60m

Apesar de existirem variadas medidas para as bitolas, a empresa Rumo (2017) aponta que pelo "Plano Nacional de Viação" a bitola padrão é a de 1,60m, a qual se denomina "bitola larga". Entretanto a medida predominante é a "bitola estreita" ou "bitola métrica" a qual possui medida de 1,00m, sendo usual para a empresa a utilização tanto da bitola "LARGA" quanto a "MÉTRICA".

Em seu livro, Brina (1988) relaciona as vantagens e desvantagens, conforme exposto abaixo, da bitola métrica, acrescentando que apenas um estudo específico e econômico dará condições de se chegar a uma solução mais conveniente para cada situação.

- Vantagens:
    a) Curvas de menor raio;
    b) Menos largura da plataforma, terraplenos e obras;
    c) Economia de lastro, dormentes e trilhos;
    d) Material rodante mais barato;
    e) Menor resistência à tração e;
    f) Economia nas obras de arte.
- Desvantagens:
    a) Menos capacidade e tráfego;
    b) Menor velocidade e;
    c) Necessidade de baldeação nos entroncamentos com outras bitolas.

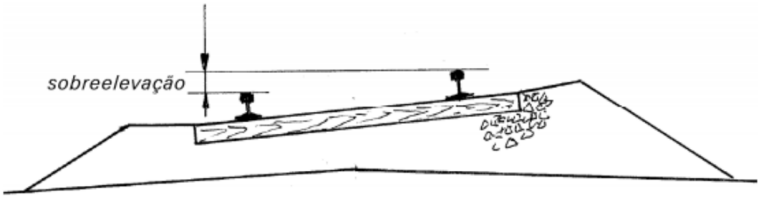
Para Nabais (2014, p.26), as demais bitolas existentes são utilizas de acordo com necessidades especiais de projeto ou econômicas, podendo ser escolhida em razão da região de implantação da via, salientando ainda, que as vantagens e desvantagens são referentes quanto à capacidade de tráfego.

### 2.4.2 Superelevação

> Em uma via ferroviária estabelecida num plano horizontal, a força centrífuga deslocará o veículo no sentido do trilho externo, provocando neste num forte atrito através dos frisos das rodas. Se a grandeza da força centrífuga exceder um certo limite, poderá provocar o descarrilamento ou tombamento do veículo.
>
> Para contrabalançar o efeito nocivo da força centrífuga, inclina-se a via ferroviária de um ângulo α, elevando o trilho externo da curva, através da inclinação do dormente de modo a criar uma componente que equilibre a força centrífuga. (RUMO, 2017a, p. 82)

Para Rodrigues (2012), se trata do nivelamento transversal, que é a diferença entre a altura existente num determinado ponto da via entre as duas linhas de trilho, conforme ilustra a Figura.

Figura 13: Superelevação.




Fonte: FERNAVE, 2003 apud RODRIGUES, 2012, p. 18.

A Vale (2009), recomenda que:

> Para as linhas de bitola métrica, a superelevação máxima não deve ultrapassar o valor de 100 mm, devido ao risco de desequilíbrio dos vagões caso haja necessidade de sua parada. Se por algum motivo isso venha a ocorrer o trecho deverá ser bloqueado até que seja feita a correção. Para linhas de bitola larga a superelevação não deve ultrapassar o valor de 160 mm. Caso isso ocorra o trecho deverá ser bloqueado até que seja feita a correção. (VALE, 2009, p. 170)

Diante da recomendação da Vale (2009), fica claro que para cada variação de bitola fica pré-definido uma medida especifica de superelevação, sendo necessário cuidados especiais para as mesmas.

## 2.5 PATOLOGIAS EM VIAS FERROVIÁRIAS

### 2.5.1 Arrastamento dos Trilho

A Rumo (2017), classifica o "Arrastamento de trilhos" como sendo o descolamento longitudinal e intermitente da estrada férrea, podendo ocorrer das seguintes formas:

- Deslocamento principalmente no sentido de tráfego dos trens;
- Em linhas de via dupla ocorre, normalmente, em apenas uma das direções;
- Em linhas de via única ocorrem nos dois sentidos, sendo imperceptível os caminhamentos destes quando as cargas dos trens forem iguais nos dois sentidos, do contrário o caminhamento ocorrer no sentido de maior carga.

Quando a fixação dos trilhos se faz superior a resistência oferecida pelo lastro, este deslocamento dos trilhos acarreta em movimentação também dos dormentes, alterando não somente distância entre os mesmos, mas também deixando-os em posição obliqua, pelo fato de duas fileiras, ou linhas dos trilhos correrem desparelhas, sendo possível identificar este fenômeno

através das marcas deixadas nos trilhos pelos parafusos ou elementos de fixação destes (Rumo, 2017).

Para a Rumo (2017), as causas são as seguintes:

a) Movimento de Reptação ou Movimento ondular vertical:

Ocasionado pelas compressão e afrouxamento da alternado no momento de passagem da roda nos trilhos.

b) Atrito do Friso das Rodas:

Tem a tendência de arrastar o trilho no sentido da marcha.

c) Ação dos freios:

Produz uma força no sentindo do movimento do trem.

d) Choque que os trilhos recebem ao passar das rodas pelas juntas:

Provocado pelo choque das rodas, ocasionando arraste no sentido da marcha.

e) O esforço Trator das Locomotivas: O atrito no trilho a empurra para trás, sendo esta a única causa de arrastamento contrário às demais. Ocorre normalmente em descidas pelo peso da locomotiva e o acionamento dos freios. Podendo ocorrer ainda em subidas, porém quando estas são de curta distâncias quando são acompanhadas anteriormente de descidas longas.
f) Dilatação dos trilhos: Produz movimentação dos trilhos independentemente da força de movimento dos trens.

### 2.5.2 Variação da Bitola

Os defeitos ou anomalias das bitolas trazem risco ao transporte e maior desgaste para os componentes da via (Rodrigues 2012). Medidas que ultrapassam os valores práticos das bitolas, sejam elas padrão, métrica ou larga, acarretam em defeitos negativos, trazendo problemas de alinhamento que resultam na redução de segurança na via. (LIMA, 1998 apud SILVA, 2006, p. 22).

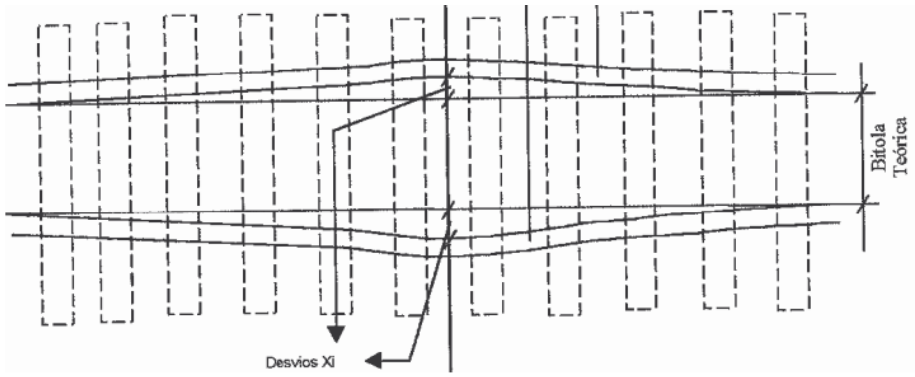
### 2.5.3 Alargamento de Bitola

"Nesta avaliação verifica-se o limite máximo admissível para o valor da bitola. Se o valor medido é superior ao estabelecido, então a linha está com alargamento como se pode verificar na "Figura 14" .(Silva, 2005 apud RODRIGUES, 2012, p. 17).

Para Lima (1998 apud SILVA, 2006, p. 23), os principais fatores que levam ao alargamento de bitola são:

- Dormente em condições ruins ou laqueados
- Desgaste da placa de apoio
- Tirefonds frouxos ou orifícios desgastados
- Desgaste lateral do boleto do trilho
- Juntas quebradas ou com folga

Figura 14: Alargamento de bitola.




Fonte: Apostila: Silva 2006 apud RODRIGUES, 2012, p. 17.

### 2.5.4 Estreitamento da Bitola

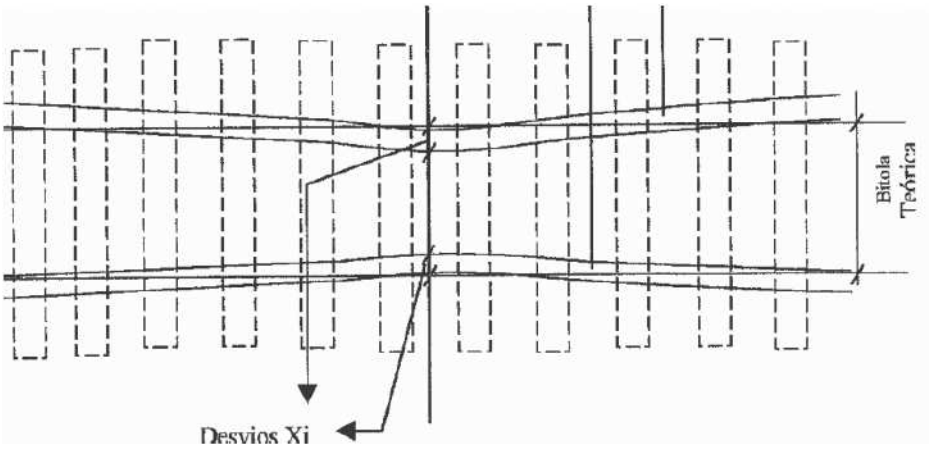
"Nesta avaliação verifica-se o limite mínimo admissível para o valor da bitola. Se o valor medido é inferior ao estabelecido, então a linha está com estreitamento como demonstra a Figura 15". (Silva, 2005 apud RODRIGUES, 2012, p. 17).

Pode ser considerado, segundo Lima (1998 apud SILVA, 2006, p. 24), que as causas prováveis de estreitamento de bitola sejam:

- Deformação no trilho

- Dormentes defeituosos
- Placas de apoio quebradas.

Figura 15: Estreitamento de bitola.




Fonte: Apostila: Silva 2006 apud RODRIGUES, 2012, p. 17.

Como mencionado anteriormente, a bitola é a distância entre as faces interna das duas linhas dos trilhos, medido a 16 mm do topo do boleto do mesmo. RODRIGUES (2012) trata a bitola como um indicador e qualidade e estado de conservação da via permanente, sendo possível perceber que a via está com problemas no momento em que a bitola não se encontra dentro dos padrões de projeto e normas para a qual foi concebida, sendo necessário adotar medidas de manutenção para que a via retorne aos seus parâmetros iniciais.

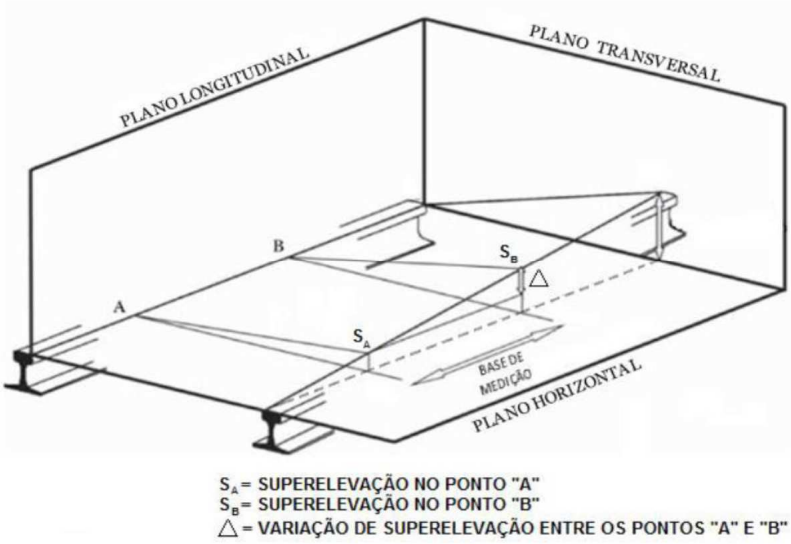
### 2.5.5 Defeitos de Empeno e Torção

O descarrilamento de trens é agravado pelo efeito de torção e empeno da via, o qual é provocado pelo efeito de desnivelamento da estrada. O efeito deste fenômeno nos vagões é o de chamado movimento “Twist”, o qual indica diferença de inclinação entre os dois truques do vagão. (SILVA, 2006, p 24).

“A avaria de empeno caracteriza-se por alterações bruscas de nivelamento transversal as quais se traduzem em irregularidades no apoio dos rodados.” (RODRIGUES, 2012, p. 21)

A Rumo (2017) complementa que [...] “o empenamento numa linha é tido como sendo a diferença entre dois pontos das respectivas variações de nivelamento entre as duas filas de trilho de uma linha ferroviária (superelevação), conforme ilustra a Figura 16.” (Rumo, 2017, p.85).

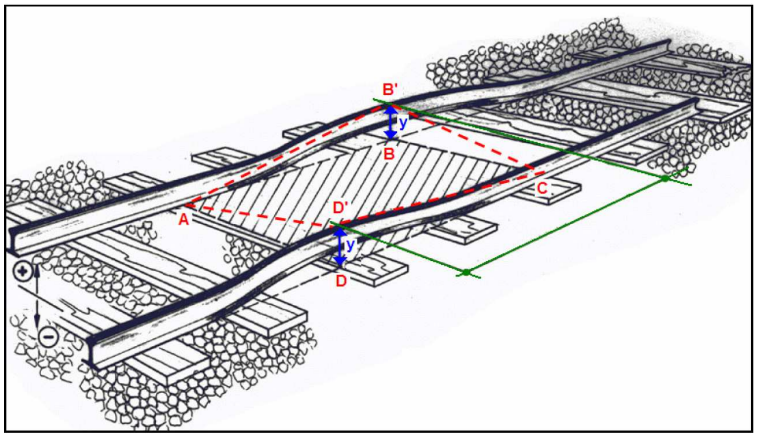
Figura 16:Empeno ou torção da via.




Fonte: RUMO – Apostila de Conceitos Técnicos de Via.

Coimbra (2008), utiliza para a caracterização do empeno ou torção, o método que emprega quatro pontos sobre os trilhos, sendo dois em cada trilho, formando uma retângulo **A B C D**, a medida vertical de Y obtida dos planos paralelos aos trilhos **B'** ou **D'**, conforme ilustra a Figura 17, que caracteriza a patologia.

Figura 17: Empeno ou Torção.




Fonte: Rodrigues (2001) apud COIMBRA, 2008, p. 74.

Esta patologia causa o descarrilamento e tombamento dos veículos rodantes, visto que o movimento de torção pode vir a acarretar tais acidentes. A anomalia é comumente observada em

ferrovias com grandes quantidades de juntas consecutivas e alternadas nos trilhos. (Coimbra, 2008, p. 74).

### 2.5.6 Defeitos de Nivelamento

O perfeito nivelamento da estrada férrea ocorre quando se tem bom material para emprego de sua construção, já o mau acondicionamento da carga nas vias causa sobre-esforços verticais que geram uma maior deterioração das vias e aceleração do desnivelamento, que ocorrem no sentido longitudinal e transversal. (Silva, 2006, p. 20).

Silva (2006) expõe os fatores preponderantes que agravam o processo de deterioração da via férrea, conforme segue abaixo.

- Dormentes Laqueados ou defeituosos;
- Trilhos corrugados;
- Bolsões de lama;
- Juntas desniveladas.

O nivelamento transversal é considerado comparando-se o nivelamento de um trilho em relação a outro trilho, quando a deformação ou diferença de nível entre os trilhos está fora da tolerância admitida pela concessionária da via, este fator se torna uma anomalia da via. (COIMBRA, 2008, p. 73).

Já o nivelamento longitudinal ocorre através da oscilação do desnível entre os dois trilhos simultaneamente ao longo de toda a via, que ocorre pelo recalque da base em função do tráfego intenso ou ainda das elevadas cargas e grandes velocidades. (Rodrigues, 2012, p. 18).

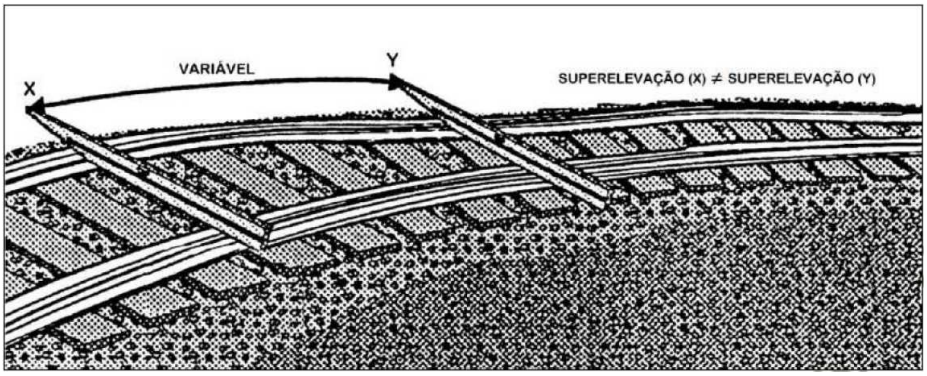
A seguir serão expostos como são identificadas as anomalias acerca dos nivelamentos.

### 2.5.7 Nivelamento Transversal (Base Curta e Base Longa)

Para mensurar o nivelamento transversal base curta (Figura 18), deve-se executar a medida em curva circular ou tangente da via, visto que nestes pontos o desnivelamento causa maior risco ao veículo, desta forma balizando um trecho de 20 metros com estacas a cada 2 metros, o resultado do nivelamento se caracteriza pela subtração do maior valor de superelevação do menor valor,

devendo este permanecer dentro de um limite determinado pela concessionária. (RUMO, 2017b, p.8).

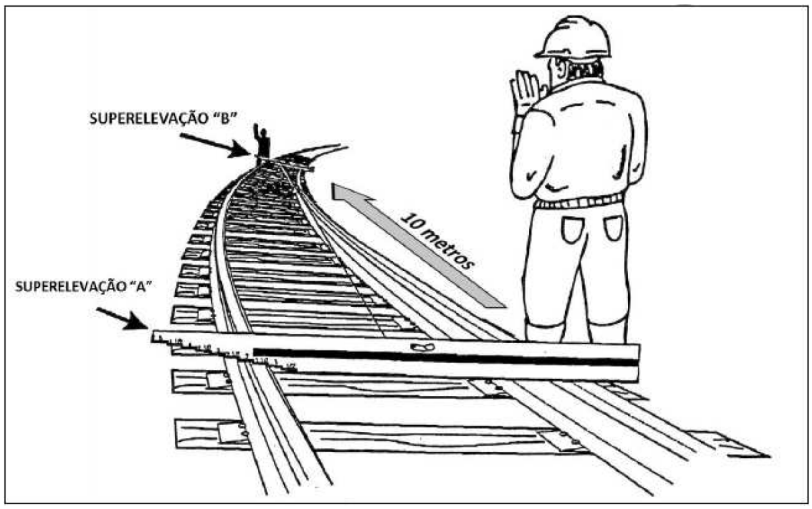
Figura 18: " Variação do Nivelamento Transversal - Base Curta".




Fonte: Rumo – Manual de Treinamento em Geometria e Trilho.

Já a medição do nivelamento transversal base longa (Figura 19) deve ser realizada nas entradas e saídas de curvas a cada 10 m, a diferença entre a subtração do menor valor do maior valor resulta no Nivelamento transversal de base curta, sendo caracterizado como patologia caso o valor das medições se encontre fora dos limites estabelecidos pela concessionária. (Rumo, 2017b, p. 7).

Figura 19: "Nivelamento Transversal - Base Curta".



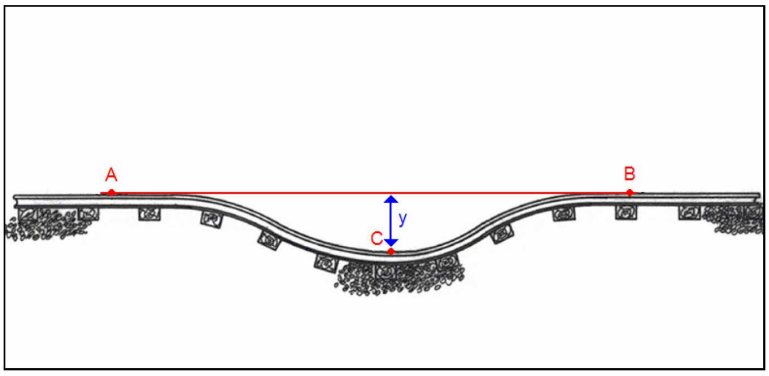

Fonte: Rumo – Manual de Treinamento em Geometria e Trilho.

### 2.5.8 Nivelamento Longitudinal

A depressão visual identificada nas filas dos trilhos (Figura 20), se caracteriza por nivelamento longitudinal. (Rumo, 2017b, p. 9).

O desnível, segundo Aguiar (2011), é a medida ao longo da via férrea, medida por meio de uma corda de 10 ou 20 metros, estendida longitudinalmente, indicando o desnível entre a plataforma e o trilho. Ou seja, "[...] o chamado desnivelamento longitudinal é caracterizado pela existência de pontos altos e baixos de ocorrência simultânea em ambas as filas de trilhos ao longo da via.". (VALE, 2009, p. 168).

Figura 20: Desnivelamento Longitudinal de Via.




Fonte: Rodrigues (2005) apud COIMBRA 2008, p. 71.

A figura acima consiste em identificar flecha ou deformação vertical de um ponto C, em relação uma reta AB, afim de comparação do nivelamento da linha férrea. (COIMBRA, 2008, p.70).

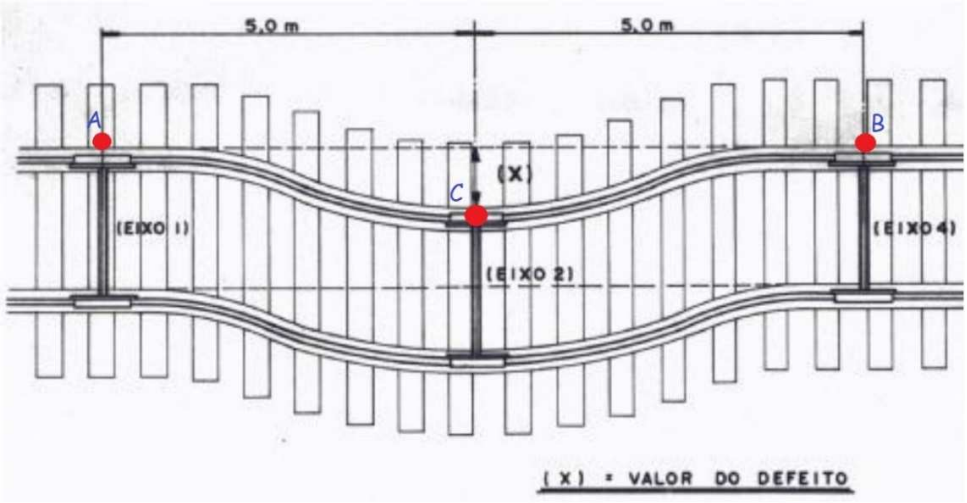
### 2.5.9 Defeito de Alinhamento

Como se sabe, o veículo rodante é guiado sobre os trilhos, o alinhamento destes são responsáveis pela qualidade do guiamento dos veículos e assegura a estabilidade dos mesmos. A existência de irregularidades quanto ao alinhamento afeta a via de forma a se reduzir a velocidade de transporte da mesma, em consequência há menos qualidade no transporte. (RODRIGUES, 2012, p. 20).

O alinhamento, no entanto, "Consiste em comparar o alinhamento da linha férrea com seu eixo central original medindo a distância horizontal (X) que um ponto qualquer (C), situado na

lateral do boleto de um trilho, tem em relação ao segmento da reta (AB) (Figura 21).” (COIMBRA, 2008, p. 73).

Figura 21: Desalinhamento de Via.




Fonte: Adaptado pelo autor de RODRIGUES 2012, p.20.

Medir o alinhamento, segundo a RUMO (2017), deve-se utilizar uma corda de 10 metros medindo a flecha no ponto médio da corda, e ainda podendo-se medir o alinhamento em tangente ou em curvas. O autor ressalta que deve sempre ser posicionada a 16mm do topo do trilho e estar tracionada durante as aferições das medidas.

### 2.5.10 Defeitos em Trilhos

“Assunto de grande importância na operação ferroviária, por afetarem não só sua segurança como sua economia.”. (RUMO, 2017a, p. 32)

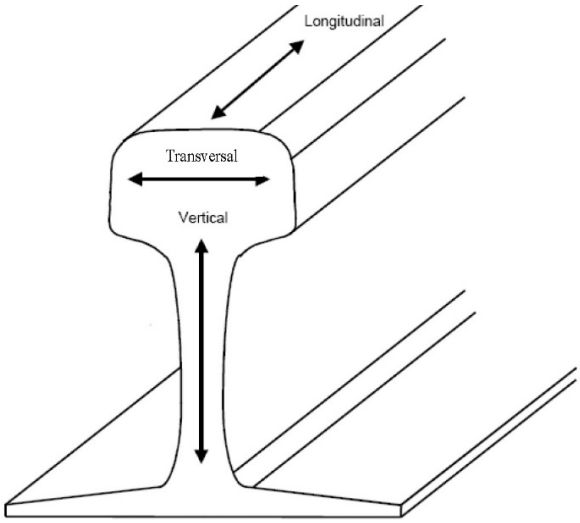
As patologias se manifestam tanto internamente quanto externamente. Defeitos que se manifestam internamente aos trilhos são de cunho metalúrgico, de modo que se desenvolvem durante o processo de manufatura do perfil do trilho, sendo que os defeitos externos são provenientes da utilização da via permanente. (COIMBA, 2008, p. 75)

Tanto a Vale (2009), quanto a Rumo (2016) recomendam entender a terminologia utilizada para a definição das patologias segundo suas direções, de acordo com o que segue abaixo e ilustrados na Figura 22.

- Direção longitudinal: ao longo do trilho;
- Direção transversal: perpendicular ao trilho;
- Direção vertical: de baixo para cima ou de cima para baixo.

A imagem abaixo ilustra de forma objetiva as terminologias citadas anteriormente.

Figura 22: Direções das Terminologias.




Fonte: Manual de Identificação de Defeitos em Trilhos – Rumo Logística (2016).

Os defeitos internos podem ser, de acordo com Vale (2009), detectados através de ultrassom, porém quando não identificados através de inspeção, manifestam-se com o tráfego e se tornam maior em decorrência do aumento de tonelagem na via e dividem-se em:

- Trinca Longitudinal;
- Trinca Vertical;
- Trinca Transversal;
- Bolha ou Vazio;
- Defeitos nas soldas.

O tráfego das rodas dos veículos aumenta os defeitos oriundos da fabricação, ocorrendo o aparecimento de destes defeitos ou até mesmo propiciando outro. (Rumo, 2016, p.17).

Defeitos externos surgem de acordo com a passagem dos trens e são visíveis, que possibilitam o acompanhamento visual de sua deterioração. (Vale, 2009, p. 29.).

### 2.5.11 Defeitos Gerais em Trilhos

Abaixo serão apresentados os defeitos de fabricação, decorrentes ou não da fabricação, ou ainda do próprio desgaste decorrente da utilização da via férrea.

#### *2.5.11.1 Vazio (Bolsa De Contratação)*

Anomalia que ocorre durante o processo implicando em um vazio interno (Figura 23), ocorrendo pela presença de um gás, diminuindo desta forma a resistência do perfil. (Rumo, 2017a, p.33)

Figura 23: Corte Transversal - Vazio/Bolsa

Fone: TM-5-628 (1991) apud COIMBRA (2008), p. 77.

#### *2.5.11.2 Segregações*

Pode ocorrer pela presença de impurezas como fósforo e enxofre, causando fissuras ou fendas. É possível a identificação visual da anomalia ou por micrografia. (Rumo, 2017a, p.33)

#### *2.5.11.3 Inclusões*

Inclusões não metálicas nos perfis provenientes da escória do forno. Se torna crítico pois são de difícil descoberta no momento da laminação, gerando enfraquecimento do perfil trilho pela quebra da homogeneidade do metal empregado, podendo ocorrer também as inclusões gasosas. (Rumo, 2017a, p.33)

A Vale (2009) cita Inclusões como sendo caracterizadas por uma massa de características diferentes, o que acarreta diminuição da resistência nos pontos prejudicados, acarretando trincas devido ao tráfego ou concentração de esforços.

### 2.5.12 Defeitos de Laminação

São defeitos provenientes da própria laminação e são perceptíveis ao "olho nu" e podem ser ondulações, pregas, rebarbas, etc. (Rumo, 2017a, p.34)

Para os defeitos de laminação foram desenvolvidos ao longo do tempo métodos de inspeção de trilhos afim de manter a qualidades destes, sendo que o processo de detecção mais utilizado é o de "*Ultrassom*". (RUMO, 2017a, p.34).

"Os defeitos nos trilhos terão sua classificação conforme seu nome original em inglês, para facilitar a consulta em "papers" e literatura internacional, bem como evitar divergências e erros de interpretação na identificação e estudo dos mesmos." (RUMO, 2017a, p. 35).

A seguir serão expostas e caracterizadas as diversas irregularidades que derivam da laminação e que utilizam o procedimento de "Ultrassom" para evidenciar suas falhas do processo fabril, porém anteriormente será apresentada a Tabela 1 com os nomes e seus respectivos significados.

Tabela 1: Nomes de Patologias de Trinca

| SIGLA | Name | Nome |
|---|---|---|
| BHJ | BOLD HOLE CRACK | Trinca nos furos na junta |
| BHO | | Trinca nos furos fora da junta |
| DWF | DEFECTIVE WELD FIELD | Trinca em Solda Aluminotérmica |
| DWP | DEFECTIVE WELD PLANT | Trinca em Solda elétrica |
| EBF | ENGINE BURN FRACTURE | Trinca de Patinagem de roda |
| HSH | HORIZONTAL SPLIT HEAD | Trinca horizontal no boleto |
| HWS | HEAD & WEB SEPARATION | Trinca no filete |
| INC | - | Inclusão |
| PRJ | - | Trinca vertical na alma em junta |
| PRO | - | Trinca vertical na alma fora da junta |
| SWO/HSW | HORIZONTAL SPLIT WEB | Trinca na alma |
| TDC | TRANSVERSE DEFECT | Trinca Composta |
| TDD | - | Trinca de Fragmentação |
| TDT/TDF | TRANSVERSE DEFECT ON FOOT ( | Trinca Transversal |

| | | |
|---|---|---|
| VSH | VERTICAL SPLIT HEAD | Trinca Vertical no boleto |

Fonte: Própria autoria.

### *2.5.12.1 BHJ E BHO – Trinca nos furos*

Para a Vale (2009), o BHJ (Figura 24) ocorre no furo da junta, o qual permanece escondido, não sedo possível a identificação visual, fazendo-se necessário o desmonte da tala para a avaliação. Para o BHO, trata dos furos fora das juntas, os quais se propagam ligando outros furos, não sendo ideal utilizar o entalamento nestes defeitos.

Figura 24: Trinca transversal nos furos das juntas.

Fonte: Rumo, 2017a, p. 39.

A Rumo (2017a) classifica estas duas siglas como BHC – Bold Hole Crack, que se trata de trincas que ocorrem devido a furação, no plano longitudinal do trilho. Estas se iniciam nos furos e se propagam diagonalmente em direção ao boleto, patim ou aos demais furos.

### *2.5.12.2 DWF – Trinca em Solda Aluminotérmica – DWP – Trinca em Solda Elétrica*

São trincas que evoluem de forma rápida, no plano transversal ou longitudinal do trilho(Figura 25), a partir de alguma anomalia interna da união entre dois trilhos por meio de solda. Podendo a Inclusão, Incrustação ou colapso de o material serem responsáveis pelo defeito. (RUMO, 2017a, p. 40).

Figura 25: Trinca em solda Aluminotérmica.

Fonte: Rumo, 2017a, p. 40.

Ao contrário do BHJ e o BHO, os defeitos DWF podem ser considerados o entalamento, visto que se torna a solução mais favorável para a união dos trilhos. (VALE, 2009, p. 33)

Já a DWP ou DWPCO, como cita a Rumo (2017a) (Figura 26) ocorre de forma que o defeito se desenvolva pelo defeito interno da solda de estaleiro, podendo a Inclusão, Incrustação ou Colapso de o material serem responsáveis pelo defeito. (RUMO, 2017a, p. 40)

Figura 26:Trinca em solda Elétrica.

Fonte: Rumo, 2017a, p. 40.

### *2.5.12.3 EBF – Trinca de Patinação de Roda*

Ocorre pelo efeito de patinação da roda, acarretando em uma trinca transversal (Figura 27) que se desenvolve no sentido da parte externa do boleto e em direção a alma do trilho. (RUMO, 2017a, p.37)

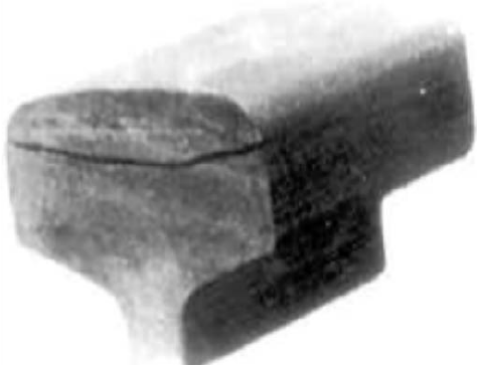
Figura 27: Trinca de Patinagem de Roda.

Fonte: Vale, 2009, p.31.

### *2.5.12.4 HSH – Trinca Horizontal no Boleto*

Fratura horizontal que ocorre longitudinalmente e paralela ao topo do boleto (Figura 28), podez atingir acima de 20 cm ao longo do trilho e ocorrer a uma distância pelo menos 1/3 da altura do boleto em relação a superfície de rolamento. Aumenta de maneira rápida ao longo do comprimento, podendo mudar a direção para o plano transversal. (RUMO, 2016, p. 37)

Figura 28: Trinca Horizontal no Boleto.

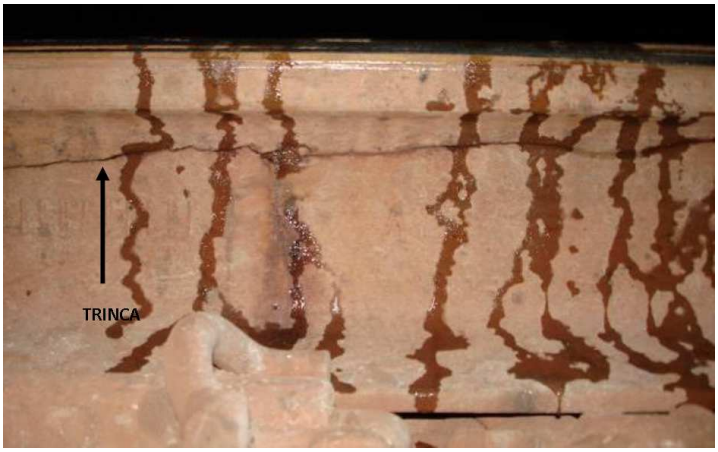


Fonte: Vale, 2009, p.31.

### *2.5.12.5 HWS – Trinca no Filete*

Classificada como uma trinca normalmente de grande comprimento, e é ocasionada principalmente pelo esforço lateral contínuo que se origina nas rodas dos veículos rodantes. É de difícil identificação a olho nu e não pode ser entalável (Figura 29). (VALE, 2009, p. 31)

Figura 29: Trinca no Filete (Separação Boleto-alma).




Fonte: Rumo, 2016, p. 33.

A trinca desencadeia no filamento entre o boleto/alma, desenvolvendo-se no plano horizontal de forma progressiva, se encaminhando para baixo em direção ao patim quando atinge aproximadamente 25 cm de extensão. (RUMO, 2016, p.32)

### *2.5.12.6 HSW – Trinca Horizontal da Alma*

Trata-se de uma trinca no meio da alma, no plano horizontal do trilho (Figura 30), que se desenvolve de modo rápido e progressivo. (VALE, 2009, p.32)

Figura 30: HSW - Trinca Horizontal da Alma

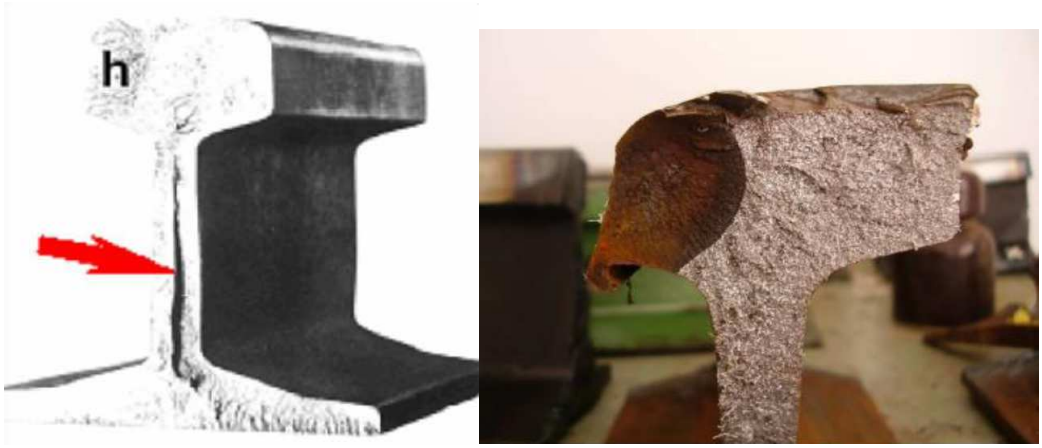
Fonte: Rumo, 2017a, p. 38.

A HSW também é caracterizada como sendo a antiga TDC, "[...] uma fratura no plano horizontal que se desenvolve de modo progressivo, rápido e longitudinalmente, no meio da alma irradiando para todas as direções do trilho." (RUMO, 2017a, p. 38)

*2.5.12.7 PRJ/PRO – Trinca Vertical na Alma em Junta/Fora da Junta*

"Caracteriza-se pela descontinuidade na altura do acordo da alma que algumas vezes pode se propagar por vários metros dos trilhos. Não é possível entalamento deste defeito, devendo a solução de substituição ser aplicada.". (Figura 31). (VALE, 2009, p.33)

Figura 31: Trinca Vertical na Alma em Junta/Fora da Junta




Fonte: Vale, 2009, p. 33 / Rumo, 2017a, p.38.

A Rumo (2017a), trata as anomalias PRJ e PRO como sendo TD, simplesmente "*Transverse Defect*, ou "*Trinca Transversal",* e completa afirmando que são as antigas: (TTF, TDFS, TDFC, PRO, PRJ e TDW), e denomina como sendo uma fratura que se desenvolve somente seção transversal, iniciando a partir de um ponto, núcleo ou imperfeição do boleto, podendo se desenvolver de forma circular. Seu crescimento é lento até atingir 20 a 25% do tamanho do boleto, acelerando sua imperfeição acima destes limites. (RUMO, 2017a, p.38.)

*2.5.12.8 TDD – Trinca de Fragmentação*

Trinca no plano transversal, progressiva, que se inicia em uma trinca interna junto ao canto de bitola do trilho externo. Possui ângulo reto em relação à superfície de rolamento, ocorre no canto do boleto (Figura 32). (VALE, 2009, p.33)

Figura 32: Trinca de Fragmentação.

Fonte: Vale, 2009, p. 33.

### *2.5.12.9 TDF – Trinca Transversal no Patim*

Se trata de uma trinca no patim do trilho, no local de origem apresenta uma pequena mancha escura no local de origem, conforme Figura 33, se desenvolvendo no plano transversal. Após 10mm a trinca se propaga de forma instantânea. É um defeito de difícil identificação através do ultrassom.

Figura 33: TDF - Fratura por trinca transversal do Patim.

Fonte: RUMO, 2017a, p. 41

### *2.5.12.10 WFS – Separação Alma Patim*

Se origina ocorrendo fratura no filamento da alma/patim, conforme Figura 34, desenvolve no plano horizontal de modo progressivo, pode atingir 25 cm de extensão e então se encaminha rapidamente para cima em direção a alma. (RUMO, 2016, p. 33)

Figura 34: Separação Alma e Patim.

Fonte: RUMO, 2017a, p. 41

### *2.5.12.11 VSH – Trinca Vertical no Boleto*

É uma descontinuidade que quando evoluída quebra o boleto, conforme ilustra a Figura 35, normalmente em uma de suas metades longitudinalmente. Fornece um alto risco de descarrilamento pela formação de um dente no trilho, gerando impacto pelo frio. (VALE, 2009, p. 30)

A Rumo (2017a) trata a VSH – Vertical Splint Head, ou Trinca Vertical no Boleto, como uma fratura no plano vertical, que se desenvolve progressivamente em sentido longitudinal, ocorrendo no centro do boleto. Pode atingir 2m ao longo do trilho, com seu crescimento ocorrendo de forma acelerada até que a trinca apareça em algum ponto da extensão do trilho.

Figura 35: Defeito Vertical no Boleto.

Fonte: VALE, 2009, p. 30 / RUMO, 2016, p. 36

### 2.5.13 Defeitos de Serviço

Abaixo serão apresentados os principais defeitos e mais recorrentes em estradas férreas em decorrência da utilização das mesmas.

#### *2.5.13.1 Patinado*

Ocorre devido a patinação (Figura 36) da roda sem aderência em um determinado ponto do trilho, na ocasião a roda gira e a locomotiva não se movimenta. Ocorre logo abaixo da marca de patinação uma fratura entre a alma e o boleto, que ocorre devido a "martensita" um aço mais duro que se forma pela ação térmica no local a patinação. (Rumo, 2016, p.20)

Figura 36: Defeito de Patinagem.

Fonte: COIMBRA, 2008, p. 83.

Conforme a figura acima, o defeito, conforme (Rumo, 2016), é edificado através de:

- Achatamento do trilho;
- Escoramento de material (aço) na superfície e lateral do boleto;
- Sinal de queima (cor azulada quando recente).

#### *2.5.13.2 Autotêmpera superficial*

É um evento provocado pela patinação das rodas das locomotivas, normalmente pelo efeito de fricção gerado pela frenagem. (Rumo, 2017a, p.34)

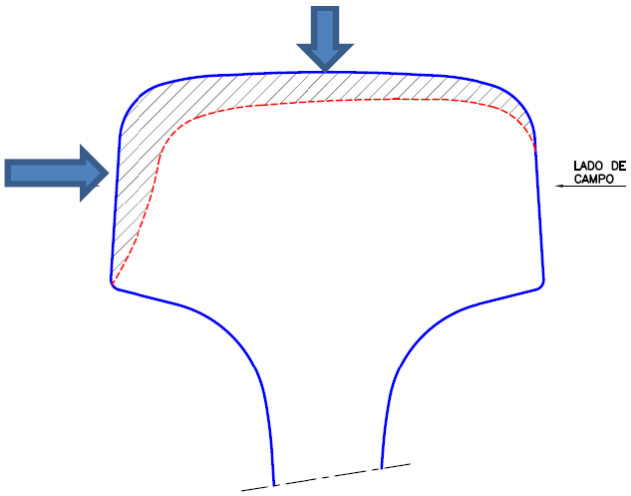
### *2.5.13.3 Desgaste da Alma e do Patim por Ação Química*

Ataque químico provocado por determinados itens transportados, os quais podem provocar a corrosão ou desgaste. Elementos como enxofre e sal, salitre e carvão provocam este desgaste. (Rumo, 2017a, p.34)

### *2.5.13.4 Desgaste por atrito*

Ocorre pelo atrito roda-trilho, principalmente em curvas, acentuando-se nas curvas devido ao atrito dos frisos das rodas, abrangendo a região conforme a Figura 37. (Rumo, 2017a, p.34)

Figura 37: Desgaste Combinado Superfície do Boleto.




Fonte: Apostila de treinamento técnico - (Rumo, 2017b, p.23)

### *2.5.13.5 Desgaste ondulatório*

O trilho adquira ondulações de frações de milímetros, atingindo até alguns milímetros, conforme Figura 38. (Rumo, 2017a, p.34)

Figura 38: Desgaste Ondulatório.

Fonte: RODRIGUES, 2012, p. 24

*2.5.13.6 Fraturas dos trilhos*

Ocorrem basicamente pelos defeitos internos como fissuras, porém pode ocorrer devido ao envelhecimento do trilho por fadiga do metal. (Rumo, 2017a, p.34)

# 3 MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO FERROVIÁRIA

O estudo deste capitulo propõe forma introdutória nortear sobre a importância e a necessidade da manter as estradas férreas em níveis de serviço adequado ao tráfego. Busca identificar as ferramentas que são utilizadas para inspecionar e como são feitos os levantamentos das patologias, já descritas no capítulo anterior, na superestrutura ferroviária.

## 3.1 MANUTENÇÃO

A manutenção, segundo Monchy (1989), embora sua obra não seja voltada às ferrovias, descreve como sendo um processo que ocorre muito antes da primeira pane (parada de emergência), ela é comtemplada já na concepção de um novo projeto, objetivando predeterminar a sua aptidão em ser conservada, a confiabilidade e sua disponibilidade operacional.

Segundo Levitt (2009 apud BARIA, 2015, p. 56), explica que "o objetivo da manutenção e da gestão da manutenção é o de maximizar a disponibilidade de um dado sistema com custos mínimos, reduzindo a probabilidade do equipamento ou sistema apresentar falha."

Conservar a via é manter a geometria desta sem que os defeitos prejudiquem o tráfego, de forma que os nivelamentos, alinhamentos e curvas, juntamente com uma plataforma bem drenada, lastro limpo e superelevação correta não causem malefícios ao tráfego (BRINA, 1988).

Para a Vale (2009), a manutenção do sistema de vias, infraestrutura e superestrutura, tem como objetivo conservar as estradas com o intuito de diminuir interdições e restrições de velocidade, podendo as tarefas de manutenção, ser distinguidas em razão das naturezas e finalidades.

Pires (2007) descreve as naturezas e finalidades da manutenção conforme abaixo:

a) **Manutenção Corretiva – (MC):** É manutenção realizada a partir do momento em que há alguma falha ou desempenho de dado sistema está em queda, sem desempenhar a função de forma satisfatória a qual o sistema está designado, podendo ocorrer de duas formas.
    - Manutenção Corretiva não Planejada: Quando não há tempo de preparação do serviço, ou seja, quando a falha já ocorreu.

- Manutenção corretiva planejada: Ocorre uma intervenção quando o sistema não está em pleno funcionamento, gerando diminuição de desempenho do sistema, havendo tempo para planejamento antes da falha propriamente dita. (PINTO, XAVIER, 2001 apud PIRES 2007, p. 12)

**b) Manutenção Preventiva – (MP):** Tomada como manutenção que é efetuada antes de um dado sistema falhar ou diminuir seu desempenho. Pode ser planejada dentro de um critério de tempo e períodos. É utilizada em decorrência de alguns fatores conforme abaixo:

- Quando não for possível a intervenção por manutenção preditiva;
- A segurança de pessoas ou do tráfego se encontra comprometida por uma falha eminente;
- Possibilidades de danos ao meio ambiente. (PINTO, XAVIER, 2001 apud PIRES 2007, p. 12)

**c) Manutenção Condicional – (PC):** Manutenção preventiva, também conhecida como "manutenção condicional", baseada no conhecimento por comparação do estado de um item através de medição periódica ou contínua de um ou mais parâmetros significativos; (VALE, 2009, p. 4)

**d) Manutenção Preditiva – (PM):** É realizada de forma sistêmica, de modo que o sistema seja analisado de forma constante, por meio de monitoramento por instrumentos ou até mesmo por métodos estatísticos, até que em dado momentos é possível "predizer" que este entrará em colapso. Este método permite garantir um serviço adequado e até mesmo diminuição de custos e manutenção corretiva. ((PINTO, XAVIER, 2001 apud PIRES, 2007, p.13) / (VALE, 2009, p. 4)

A manutenção das ferrovias aproxima-se da "Manutenção Preditiva", haja visto que para o bom desempenho destas é necessário a vistoria contínua dos muitos trechos de vias existentes, posto que a passagem contínua dos veículos rodantes, as intempéries e até mesmo o crescimento de vegetações podem danificar as ferrovias, sendo necessário por consequência a vistoria periódica deste sistema.

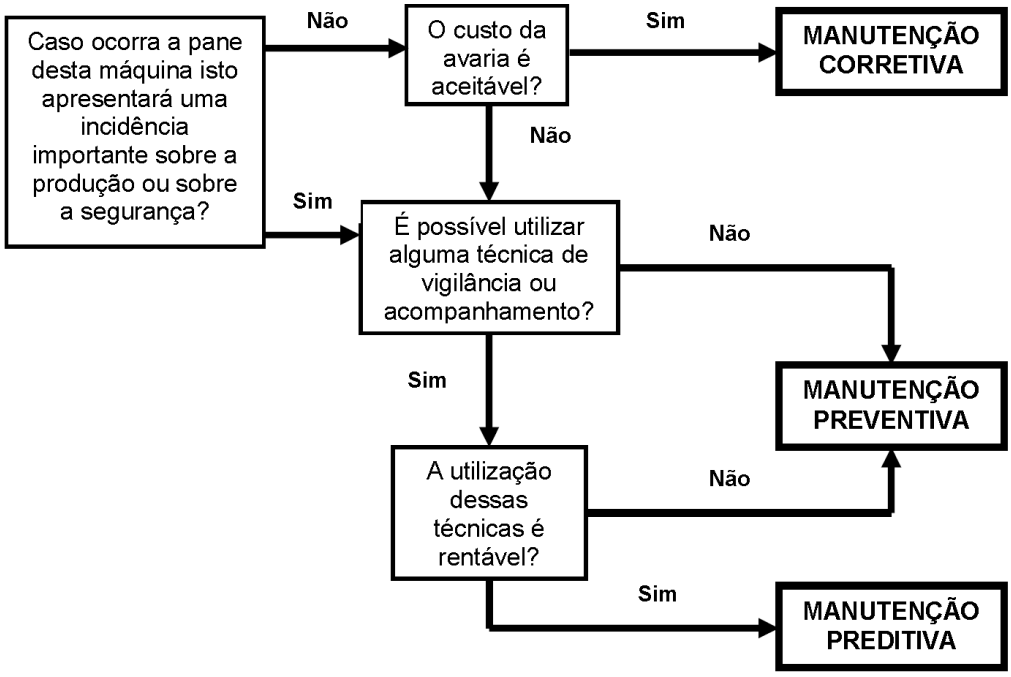
A manutenção preventiva é realizada com base no tempo, por outro lado tem-se que a manutenção preditiva é usada pela possibilidade de monitorar o estado do sistema, oportunizando

de tal maneira executar a manutenção apenas quando houver a necessidade, obtendo-se o benefício deste modelo de ação intervalos de intervenção nas vias mais prolongados e custos reduzidos. (SWANSON, 2001 apud BARIA, 2015, p. 57).

> [...] além do monitoramento sistemático, uma manutenção preditiva também deve possuir como finalidade a rotina de registros. A formação de um banco de dados em uma sequência evolutiva das características avaliadas contribui para o embasamento técnico de futuras intervenções de engenharia. Arquivos de caracterização da área, aspectos genéricos, desempenhos da operação ferroviária, relatos históricos e principalmente fotográficos, mapas de solos, descrição geomorfológica, cartas topográficas, clima, registros de nível d'água, e outros são exemplos de informações importantes a serem elencadas no banco de dados. (Cordeiro, W. R.; Guimarães, C. R.; Marques, M. E [201-?].

Na figura 39 (MIRSHAWKA, 1991) é proposto um mapa/organograma para definir qual a melhor maneira de realizar a manutenção para determinado sistema, com base na importância de cada pergunta qual ele explana.

Figura 39: Método de Escolha da Manutenção.




Fonte: MIRSHAWKA, 1991 apud PIRES, 2007, p.14.

Cabe por fim ressaltar que a manutenção é um conjunto de ações tomadas em favor da boa conservação da via, afim de manter o equilíbrio entre os aspectos econômicos e de segurança, sendo desta forma, um processo que visa constantemente alcançar excelência com finalidade de manter

um item ou restaurá-lo para um estado onde ele possa executar sua função inicial. (BEM-DAYA, 2009 apud BARIA, 2005, p.58).

## 3.2 INSPEÇÃO DE VIA

Para que se possa manter a via em estado de conservação satisfatório se faz necessário o incremento de técnicas que apurem o defeitos, para tanto o método utilizado pelas concessionárias é o método e inspeção de via, o que lhes fornece através das inspeções, relatórios técnicos discriminando os defeitos encontrados nas vias, os quais são de grande importância para tomada de decisões e definição do trabalhos que devem ser empregados. (RODRIGUES, 2012, p. 14)

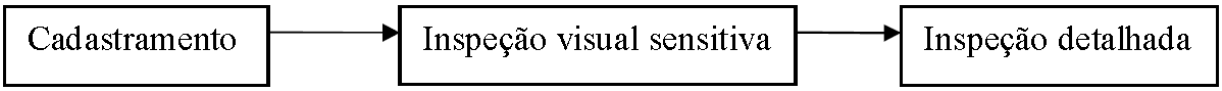
A via permanente de um modo geral, é concebida com o intuito de que a mesma, com base em parâmetros, condições e características aceitáveis, seja mantida dentro destes limites de tolerâncias a sua geometria original. O padrão de qualidade imposto para que os veículos rodem com segurança implica em necessidade de correções geométricas, o que remete a manutenção. (AMARAL, 1984 apud MUNIZ, 2002)

A Vale (2009) observa que a manutenção dos equipamentos ferroviários, como obras de arte especiais, superestrutura e infra, representa um imenso acumulo econômico, ou seja, limitações de tráfego por consequências de falhas da via geram elevados prejuízos nas atividades econômicas, e ainda o alto custo para reposição das estruturas. Desta forma fica explicita a conveniência de realizar inspeções com a finalidade de conservara-las em bom estado e reduzir riscos ao transporte.

> As inspeções são atividades técnicas que precisam de um pessoal capacitado com experiência no labor, que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso, elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que pode ser nova vistoria, de obras de manutenção, de obras de recuperação, de reforço ou de reabilitação. (VALE, 2009, p. 317).

É muito importante que o encarregado da atividade de inspeção tenha bom senso, visto que serão dos dados coletados por estes, que serão feitas as tomadas de decisões para manutenção das vias. Pode ser listado três processos da inspeção conforme segue abaixo. (VALE, 2009, p. 317)

Figura 40: Elementos do Processo de Inspeção.




Fonte: Vale, 2009, p. 317.

- Cadastramento: em virtude das particularidades do cadastramento dos equipamentos de infraestrutura, devem ser registradas todas as características especificas do equipamento.

- Inspeção visual: a inspeção visual-sensitiva é essencialmente qualitativa, ou seja, a condição do equipamento é caracterizada basicamente por classificações, se configurando em um processo expedito. A inspeção visual-sensitiva deve fornecer uma visão preliminar dos elementos essenciais dos equipamentos, de forma que seja possível obter os inputs para o processo de priorização de equipamentos com base em um modelo de análise de risco;

- Inspeção detalhada: é essencialmente quantitativa onde serão registradas as quantidades de anomalias, tendo como principal objetivo o levantamento de dados necessários às eventuais intervenções, projetos, monitoramento etc. (Vale, 2009, p. 317).

As inspeções detalhadas devem ser realizadas quando:

- A inspeção visual revelar defeitos graves na estrutura da obra;

- Em pontes que se distinguem por sua complexidade;

- Em ocasiões especiais, como antes e durante a passagem de cargas excepcionais, incêndios, choques laterais, acidentes ferroviários, etc. (Vale, 2009, p. 317.)

Ainda, segundo a Vale (2009), as inspeções dever seguir requisitos mínimos, serem planejadas afim de garantir segurança, uma inspeção confiável, ou ainda um planejamento e uma programação abordando os aspectos a seguir:

- Motivo da inspeção;
- Tipo de inspeção;
- Dimensionamento de equipe;
- Equipamentos e ferramentas necessárias;
- Mapeamento dos acessos as estruturas a serem inspecionadas;
- Existência de projetos e de relatórios de inspeções anteriores.

Em campo, o inspetor, segundo a Vale (2009), deverá pesquisar e quantificar, representar ou registrar ocorrências de natureza patológica que possam de qualquer forma provocar a

interrupção do serviço. Não menos importantes, deve definir a criticidade das patologias, com o intuito de garantir que o planejamento e ordem das manutenções sejam atendidas adequadamente.

Rodrigues (2012) explica que para identificar as anomalias da via, deve-se fazer o levantamento das necessidades da mesma através das inspeções, afim de eliminar riscos das anomalias quanto ao tráfego e distingue as inspeções em dois tipos assim como segue abaixo.

Inspeções a pé: feita se possivelmente semanalmente, servindo para vigiar em especial:

- O aparecimento de fissuras ou fraturas;
- O aperto das ligações e fixações (trilhos e dormentes);
- O funcionamento das juntas de carris e a regularidade das folgas;
- O estado das juntas isolantes;
- O estado dos aparelhos de dilatação;
- O estado geral da via na proximidade dos pontos singulares;
- As zonas onde houve trabalhos há menos de três semanas que desconsolidaram a via;
- O ataque das travessas;
- O alinhamento;
- A limpeza das valetas e dos aquedutos;
- A ameaça de desabamento de aterros e trincheiras;
- A presença de arbustos, árvores ou qualquer objeto que interfira na passagem das composições;
- O estado do pavimento e a visibilidade nas passagens de nível;
- Construções próximas do Domínio Público do Caminho-de-ferro;

Inspeção de veículos motorizados: duas ou mais vezes por ano e tem como objetivo a análise do comportamento da superestrutura e relação a passagem de cargas e velocidades reais. (FONTUL, 2011 apud RODRIGUES, 2012, p. 16).

# 4 CONCLUSÃO

Em seu desenvolvimento, o presente trabalho visou alcançar o conhecimento através da revisão bibliográfica, conforme foi exposta, com ênfase na composição da via permanente ferroviária, juntamente de suas patologias em decorrência do uso. Este é um assunto que está ligado diretamente à qualidade de transporte de bens, ou prestação de serviço por parte das concessionárias que detêm o direito de usufruir das linhas férreas, sendo de grande importância para o transporte seguro e satisfatório de cargas.

A concepção inicial do trabalho se dava em adquirir fundamento técnico referente as patologias, e ainda, as técnicas de manutenção das linhas férreas, porém, ao decorrer do estudo, percebeu-se a dificuldade de se obter literaturas específicas afim de se alcançar informação técnica acerca das manutenções das vias.

Apesar de ser um segmento de transporte que se iniciou praticamente a dois séculos no país, a inexistência literária técnica e até mesmo a falta de investimentos por parte dos governos passados em torno deste modal, obrigou as empresas deste segmento a adotarem técnicas e procedimentos adquiridos através de normas estrangeiras, como as Americanas, ou então, a desenvolverem suas próprias metodologias de obtenção de dados, parâmetros e manutenção, o que ocorreu no transcorrer dos anos até o presente momento, sendo que desta forma abre um leque atraente para novos estudos.

A partir desta ótica e dificuldade, o trabalho desenvolveu-se basicamente em admitir quais as principais estruturas de uma via permanente ferroviária e as patologias envolvidas pelo emprego de trens na mesma. Afim de obter este conhecimento, buscou-se avaliar o que as companhias que detêm as permissões de utilizar linhas férreas no país empregam e seguem para diagnosticar as falhas e/ou patologias que as ferrovias sofrem, como a Vale e a Rumo (Antiga ALL Logística), empresas que usufruem uma grande parcela da extensão de linhas férreas do país.

É possível notar que existem vários métodos referente a manutenção ou até mesmo de classificação de defeitos em via, não havendo uma norma específica para tal processo. Cada empresa utiliza meios próprios e padrões para obtenção de valores limites de desgastes da via, que

por consequência deixa uma lacuna de padronização nas vias férreas brasileiras, não havendo compatibilização entre as malhas das diversas concessionárias no Brasil.

Desta forma ao decorrer do estudo pode-se verificar que as patologias que mais incidem sobre as vias permanentes, sobre tudo na superestrutura, são as degradações dos trilhos, em virtude de estes estarem em constante contato e diretamente atrelados ao tráfego de veículos, e em função do aumento de tonelagem dos vagões bem como o aumento de velocidade destes. A trinca em trilhos trata-se de uma das patologias de maior complexidade no momento da identificação, como é o caso das trincas internas, que são diagnosticadas apenas como o exame de ultrassom e que ocasionam o início de diversas outras patologias.

Ainda se observou que a patologia de maior risco para a rodagem dos veículos motores, são as patologias que alteram a geometria da via permanente, podendo acarretar graves acidentes em consequência do descarrilamento das rodas dos mesmos. Trata-se ainda de serem os trabalhos que requerem maior atenção, por englobar a análise dos projetos, envolvendo os parâmetros iniciais para o qual a via foi projetada, afim de obedecer aos critérios mínimos para atender o tráfego e segurança dos trens.

Por fim, em relação a questão econômica, os desgastes nos trilhos, oriundos da passagem dos trens e outras anomalias presentes nos trilhos, são as patologias que acarretam maior custo no momento da troca, pois segundo a Vale (2009), o trilho é o item mais oneroso de uma ferrovia.

## 4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para estudos futuros, sugere-se um estudo de caso referente as ferramentas utilizadas no meio ferroviário para a gestão de manutenção de vias permanentes e ainda a determinação de quais métodos de manutenção são aplicadas as patologias de via permanente ferroviária, afim de obter o melhor aproveitamento e qualidade do transporte ferroviário.

# REFERÊNCIAS

AGUIAR, Lucas T. de. **Inspeção de Via Permanente: Um fator determinante no processo de Direcionamento da Manutenção Ferroviária.** 2011, 53 p., Monografia [Trabalho de Conclusão de Curso] – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora – BR. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 37 p.

BARIA, Igor. **Sistema De Gerência de Pavimentos Aplicado a Via Permanente Metroferroviária Auxiliado por um Sistema de Informações Geográficas**. 2015. 269p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de ferro.** 2ª Edição. Belo Horizonte. Editora UFMG. 1988. 216 p.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Transporte e Economia: O sistema Ferroviário Brasileiro.** 2013. Disponível em: < http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-e-economia-o-sistema-ferroviario-brasileiro-cnt >. Acesso em: mar. 2017.

COIMBRA, Marcelo do V. **Modos de Falha dos Componentes da Via Permanente Ferroviária e Seus Efeitos no Meio Ambiente.** 2008, 168 p., Dissertação [Mestrado em Engenharia e Transportes] - Instituo Militar de Engenharia. Rio de Janeiro – BR. 2008.

Cordeiro, Msc. R. W., Guimarães, DSc. C. R., Marques, DSc. M. E. **Manutenção Preditiva, de Infraestrutura Ferroviária em um Trecho da Malha de SP.** 201[?]. p. 18. Artigo. Instituto Militar de Engenharia – IME – Rio de Janeiro – BR. 201?.

Departamento Nacional De Infraestrura de Transportes - DNIT. **Especificação de Serviços: ISF 215 – Projeto de Superestrutura da Via Permanente: Aparelho de Mudança de Via**. Brasília - DF. Abril/2016.

Departamento Nacional De Infraestrura de Transportes - DNIT. **Especificação de Serviços: ISF 213 – Projeto de Superestrutura da via Permanente: Trilhos e Dormentes**. Brasília - DF. Abril/2016.

DI MARIO, Andressa B., et al. **Defeitos em Vias Permanentes.** Curitiba,2012, p 8-35.

MUNIZ DA SILVA, LUIZ FRANCISCO**. Fundamentos Teórico-experimentais da Mecânica dos Pavimentos Ferroviários e Esboço de um Sistema de Gerência Aplicado à Manutenção da Via Permanente** [Rio de Janeiro] 2002 XIII, 333p. 29,7cm (COPPE/UFRJ., D.Sc., Engenharia Civil, 2002) Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE 1. Ferrovias 2. Mecânica dos Pavimentos 3. Sistema de Gerência de Pavimentos I. COPPE/UFRJ II. Título (série).

MONCHY, François. **A Função Manutenção.** 1ª ed. São Paulo: Editora DURBAN Ltda./EBRAS – Editora Brasileira Ltda. 1989. 424 p.

NABAIS, Rui José da Silva. **Manual Básico de Engenharia Ferroviária.** Associação Brasileira de Pavimentação – ABPV. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NETO, Camilo B. **Manual Didático de Ferrovias.** 2015. 192 p. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Ferrovias/notas.htm>. Acesso em 04 de maio de 2017.

PIRES, Fernando Pessôa. **Introdução da Tecnologia LASERAIL na Manutenção da Via Permanente:** Um estudo de Caso no Metrô do Rio. 2007. 198 f. Dissertação [Mestrado em Tecnologia] – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2007.

RODRIGUES, Daniela. D. **Manutenção e Conservação de Vias Férreas: Análise de Casos Práticos.** 2012, 129 p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Civil] – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra – PT, 2012.

RUMO. **Conceitos Técnicos de Via Permanente.** Operação Sul, 2017, p.149.

RUMO. **Guia de Identificação de defeitos e fraturas em trilhos.** Engenharia de Via Permanente, 2016, p.46.

RUMO. **Manual de Treinamento em Geometria e Trilho.** Operação Sul, 2017, p.26.

SILVA, Eduardo T. F. E. **Análise da Evolução dos Defeitos de Bitola na Via Permanente da MRS para Planejamento de Intervenções Preditivas de Manutenção.** 2006, 73 p., Monografia [Especialização em Transporte Ferroviário de Carga] – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro – BR. 2006.

VALE. **Manual Técnico da Via Permanente.** Revisão 2009, p.362.

Lacerda, Guilherme N.; Gurgel, Antonio; Pessoa, André; Walker, José R. et al. **FERRO VIA: Um projeto para o Brasil.** São Paulo, 2005. Contexto Jornalismo & Assessoria. 167 p.