

Valeriano Vasconcelos Gume

Manutenção da Via Permanente, Como um Pressuposto Para Prevenção da Ocorrência dos Garrotes: Estudo de Caso da linha de Ressano Garcia (CFM – SUL)

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil

Com Habilitações de Construções e Manutenção de Vias de Comunicação

Universidade Pedagógica de Maputo

Faculdade de Engenharia e Tecnologia

Maputo, 2023

Valeriano Vasconcelos gume

Manutenção da Via Permanente, Como um Pressuposto Para Prevenção da Ocorrência dos Garrotes: Estudo de Caso da linha de Ressano Garcia (CFM – SUL)

Monografia a ser apresentada a Faculdade de Engenharia e Tecnologia, para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil Com Habilitações de Construções e Manutenção de Vias de Comunicação.

Supervisor: Eng.^a Teodósia Checane

Universidade Pedagógica de Maputo
Faculdade de Engenharia e Tecnologia

Maputo, 2023

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	V
DEDICATÓRIA.....	VI
DECLARAÇÃO DE HONRA	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XI
LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS	XII
RESUMO	XIII
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Introdução.....	1
1.2. Problemática	1
1.3 Problema.....	2
1.4 Objecto	2
1.5 Objectivo	2
1.5.1 Objectivo geral.....	2
1.5.2 Objectivos específicos.....	2
1.6 Hipótese	3
1.7 Perguntas da investigação.....	3
1.8 Delimitação do tema.....	3
1.9 Justificativas	3
1.10 Estrutura do trabalho	4
CAPÍTULO 2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Linha Férrea.....	5
2.1.1 Infra-Estrutura	5
2.1.2 Teorias principais	16
2.1.3 Parâmetros geométricos de via e suas anomalias	19
2.1.4 Esforços Actuantes nos carris.....	24
2.2 Garrotes	26
2.3 Acidentes Ferroviários.....	28
2.3.1 Tipos de Acidentes ferroviários mais comuns.....	29

2.3.2 Critérios de descarrilamento	31
2.3.3 Classificação dos Acidentes Ferroviários	34
2.3.4 Custos e prejuízos do descarrilamento	35
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	36
3.1 Abordagem da Investigação	36
3.2 Tipo de pesquisa	36
3.3 Técnicas/instrumentos para a recolha de dados	37
3.4 Gestão e análise de dados	38
3.5 Variáveis de investigação	38
CAPÍTULO 4 - CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	40
4.1 Descrição e localização do troço em estudo	40
4.2 Características técnicas do troço em estudo	40
4.3 Organização das áreas de Manutenção	41
4.4 Precauções	42
4.5 Inspeção ao troço	42
4.5.1. Elementos gerais	42
CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	45
5.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5.1.1 Actividades realizadas na linha em estudo	45
5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
5.3 Proposta de Melhoramento de Manutenção de Via	49
5.3.1 Manutenção Produtiva Total	49
5.3.2 Resultados esperados	51
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	56
6.1 Conclusões	56
CAPÍTULO 7 - RECOMENDACÕES	57
7.1 Recomendações	57
7.2 Sugestões para futuros trabalhos	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	61

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me deu energia e benefícios para concluir todo esse trabalho.

Agradeço a minha esposa que me incentivou todos os anos que estive na faculdade.

Aos meus pais que foram o pioneiro desta formação.

Aos meus colegas de serviço que participaram de forma incansável na pesquisa.

Aos meus irmãos, que mesmo longe me apoiaram indiretamente contribuíram para que esse trabalho se realizasse.

Enfim, agradeço a todas pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida.

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a minha mãe, pelo exemplo de coragem e simplicidade em suas metas, e com muita carinho me ensinou o caminho da justiça, e a meus queridos filhos Agda, Apolinária e Valeriano que foram umas das fontes para a minha inspiração e a tos meus colegas do curso que contribuíram para o meu crescimento aprendizagem.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Valeriano Vasconcelos Gume, declaro por minha honra que a presente monografia é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: _____

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Comparação entre tipos de Travessas (Fonte: Hong, 2011).....	14
Tabela 2 - Especificações Técnicas da linha de RG (Fonte: SVO, 2022).....	40
Tabela 3 - Resumo do efectivo da linha de RG (Fonte: SVO, 2022).....	41
Tabela 4 - Velocidade máxima nas zonas propensas a garrotes (Fonte: SVO, 2022).....	42
Tabela 5: Parâmetros para formulação do Check-list (Fonte: Autor, 2022)	52
Tabela 6: resultados do cálculo do risco de garrotes (Fonte: Autor, 2022).....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Corte esquemático da linha férrea (Fonte: Brina, 1979).....	5
Figura 2:Desenho esquemático do carril (Fonte: Coimbra, 2008)	9
Figura 3:Representação das travessas (Dormentes) e carris (Trilho) (Fonte: Neto, 2012)	11
Figura 4:Travessa de Madeira (Fonte: Rosa, 2012, 237)	11
Figura 5: Travessa de betão protendido (Fonte: Rosa, 2012, 244).....	12
Figura 6: Travessa Misto (Fonte: Brina, 1988, 37)	12
Figura 7:Travessa Polibloco ou Bi-bloco (Fonte: Brina, 1988, 39)	13
Figura 8: Travessa Metálica (Fonte: Brina, 1983).....	13
Figura 9:Travessa de material sintético (Fonte: Rosa, 2012, p. 245)	14
Figura 10: Desenho Esquemático de um AMV (Fonte: Rosa, 2012, p.278).....	16
Figura 11:Desenho esquemático de Bitola (Fonte: Coimbra, 2008)	19
Figura 12: Desenho esquemático do Alargamento da bitola (Fonte: Silva, 2006).....	20
Figura 13: Desenho esquemático do Estreitamento da bitola (Fonte: Silva, 2006)	20
Figura 14: Desnívelamento longitudinal (Desenho esquemático) (Fonte: Coimbra, 2008).....	21
Figura 15: Desnívelamento Transversal (Fonte: Coimbra 2008)	21
Figura 16:Desalinhamento (Desenho Esquemático em planta) (Fonte: Rodrigues 2005)	22
Figura 17: Empeno ou Torção (Fonte: Rodrigues, 2005).....	23
Figura 18: Desenho esquemático da Superelevação (Fonte: Coimbra, 2005).....	23
Figura 19:Configuração de carregamento em um trilho. Adaptado de Zerbst et al. (2009a)...	25
Figura 20:Exemplos de flambagem lateral de linha férrea (Fonte:).....	26
Figura 21:Vista Superior da Via Férrea (Fonte:).....	27
Figura 22:Plano Vertical (Fonte:).....	27
Figura 23:dilatação térmica linear (Fonte:)	28
Figura 24 - Descarrilamento (Fonte: Franzão, 2018)	29

Figura 25 - Descarrilamento com adorno (Fonte: Franzão, 2018)	30
Figura 26 - descarrilamento com tombamento (Fonte: Franzão, 2018)	30
Figura 27 - Forças de Contacto Para o Critério de Nadal (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong, 2011).....	32
Figura 28 - Parâmetros Considerados na Equação 13 (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong, 2011).....	33
Figura 29 - Aumento da Dimensão da Bitola (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong 2011).....	34
Figura 30 - Instabilidade Lateral do Veículo (Fonte: Almeida (2006) apud Hong 2011).....	34
Figura 31: Linha de RG e suas estações (Fonte: Cardno IT Transport, 2015).....	40
Figura 32: Juntas sem parafusos corroídos e incompletos (Fonte: Autor, 2022)	43
Figura 33: Vista de garrote de via no troco Movene - Chanculo (Fonte: Autor, 2022)	43
Figura 34: Trabalhos de reificação da linha no troco Moamba - Sicongene (Fonte: Autor, 2022).....	44
Figura 35: Zona estável, com circulação normal dos veículos ferroviários, porem com a vegetação (Fonte: Autor, 2022)	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Planos de actividade e as respectivas execuções (Fonte: Autor, 2022)	45
Gráfico 2: Plano de revisão do material circulante (Fonte: Autor, 2022)	46
Gráfico 3: Fluxo de carga (Fonte: Autor, 2022)	46
Gráfico 4: Cargas com maior fluxo (Fonte: Autor, 2022)	47
Gráfico 5: Descarrilamentos (Fonte: Autor, 2022)	47

LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS

CFM-SUL	Caminhos de Ferro de Moçambique – Direcção Executiva Sul
ASCE	American Society of Civil Engineers
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BLS	Barra Longa Soldada
AMV	Aparelho de Mudança de Via
ASTM	American Society for Testing Materials
UIC	União Internacional dos Caminhos-de-ferro
LRG	Linha de Ressano Garcia
SVO	Serviços de Via e Obras
SOG	Serviços de Oficinas Gerais
STF	Serviços de Transporte Ferroviário
AAR	Associação Americana de Ferrovias
DRM	Departamento de Revisão de Material

RESUMO

A confiabilidade e segurança dos equipamentos ou sistemas, são as principais preocupações na gestão da manutenção. Visto que a manutenção proporciona maior disponibilidade e vida útil dos equipamentos, que se traduz em ganhos financeiros para a organização (CFM), principalmente quando o equipamento é considerado um gargalo ou um recurso com capacidade restrita. Deste modo, a presente monografia consiste em apresentar propostas para a melhoria da segurança e circulação ferroviária, tendo como base a aplicação da Manutenção como forma de encontrar soluções para prevenção dos acidentes ferroviários, causados pelo surgimento de garrotes na linha férrea. Para se alcançar os resultados, foram analisados os planos e os relatórios de manutenção, mapas de descarrilamentos, tabelas de restrições, observação, entrevista e uma pesquisa bibliográfica, com objectivo de reunir informações sobre o assunto na busca de melhores métodos para a solução do problema em estudo. Daí que com a utilização desta ferramenta espera-se que haja melhoria no que tange as ocorrências dos garrotes, o que proporcionará maior rentabilidade, segurança, conforto e disponibilidade dos veículos para o tráfego de pessoas e bens.

Palavras-chave: Manutenção, Garrotes, Acidentes Ferroviários.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

A Empresa Portos e Caminhos-de-Ferro de Moçambique, E.P - constitui pessoa colectiva de direito público, que detém a capacidade de exploração no domínio da indústria do transporte ferroviário e portuário, satisfazendo as necessidades de mobilidade e deslocação das populações e bens, contribuindo para o equilíbrio e melhoramento da balança de pagamentos do País, para além de funcionar como geradora de emprego (CFM, 2018).

Neste contexto, o transporte ferroviário é um dos pilares do desenvolvimento socioeconómico de um país e, para mantê-lo competitivo e rentável, deve garantir-se a sua disponibilidade e segurança, que é possível com a manutenção adequada das linhas e dos equipamentos, boa gestão do material circulante e operação.

A ocorrência de garrote de via é um dos fenómenos mais temidos na actividade de manutenção de linha férrea. Impactos com acidentes ferroviários, comboios parados sobre a via e restrições de velocidades são exemplos das consequências desse problema de difícil compreensão e ainda muito pouco entendido na engenharia ferroviária. Contudo, existem técnicas de prevenção que podem ser implementadas nas empresas de operações ferroviárias para minimizar a ocorrência, propagação e a gravidade desse fenómeno. Actualmente um dos grandes desafios dos caminhos de Ferro de Moçambique – Sul é a manutenção das linhas férreas, pois apesar dos trabalhos frequentes de manutenção, estas apresentam-se em situações que comprometem a segurança das circulações, por encontrarem-se vulneráveis a ocorrência de garrotes, resultantes de elevado índice de dilatação térmica, provocado por altas temperaturas, tensões longitudinais actuantes sobre os carris, resultantes das circulações dos veículos ferroviários.

1.2. Problemática

A insuficiência de manutenção e a ocorrência dos acidentes ferroviários, causam perdas de recursos e destruição da superestrutura da via-férrea, colocando em risco os bens (tratando-se de comboio de mercadoria), vidas humanas (tratando-se de comboio de passageiro) e/ou danos ambientais (para o caso de transporte de produtos tóxicos ou perigosos) o que afecta directamente na economia nacional e no bem-estar de diversas comunidades.

Devido a elevadas temperaturas, condições de relevo e elevado fluxo de circulação dos comboios, os carris sofrem desgaste, o que proporciona ao surgimento dos garrotes, facto este que origina descarrilamentos que contribuem na destruição da linha e na perda do material circulante. Actualmente, a manutenção tem sido a prática mais relevante da malha ferroviário, pois a linha apresenta-se em situações que comprometem a segurança das circulações, como é o caso dos defeitos de nivelamento e alinhamento (responsáveis pela instabilidade das travessas), surgimento de garrotes, balastro colmatado, travessas partidas, fissuras nos carris, etc.

De notar que, atingidos determinados limites, os defeitos tornam-se irreversíveis e a linha fica incapaz de suportar grandes exigências, velocidades elevadas ou mesmo moderadas.

1.3 Problema

Quais são os métodos de manutenção da linha que podem otimizar a circulação ferroviária (prevenir a ocorrência dos garrotes) na linha de Ressano Garcia (CFM-SUL)?

1.4 Objecto

Prevenção da ocorrência dos garrotes na linha de Ressano Garcia (CFM-SUL), pela melhoria da manutenção.

1.5 Objectivo

1.5.1 Objectivo geral

- Propor soluções de manutenção da linha de Ressano Garcia, como um pressuposto para prevenção da ocorrência dos garrotes.

1.5.2 Objectivos específicos

- Descrever a linha de Ressano Garcia (CFM-SUL);
- Analisar os planos e relatórios das manutenções que são feitas actualmente na linha de Ressano Garcia;
- Identificar as principais causas da ocorrência dos garrotes na linha de Ressano Garcia;
- Apresentar propostas de método de manutenção na linha de Ressano Garcia.

1.6 Hipótese

- Se melhorar os métodos de manutenção de via da linha de Ressano Garcia usados actualmente, poder-se-á esperar melhores resultados em termos de segurança e confiabilidade da circulação.

1.7 Perguntas da investigação

- Quais são os métodos de manutenção utilizados actualmente na linha de Ressano Garcia?
- Que tipo de manutenção deve ser aplicada para garantir a segurança e confiabilidade na linha de Ressano Garcia?
- Quais são as causas da ocorrência dos garrotes e como mitiga-los?

1.8 Delimitação do tema

Este trabalho compreende a manutenção da via permanente, como um pressuposto para prevenção da Ocorrência dos Garrotes na linha de Ressano Garcia (CFM – SUL).

1.9 Justificativas

O tema em estudo tem relevância no âmbito da segurança e confiabilidade ferroviária, pois propõe analisar todos principais factores relevantes que possam pôr em causa a circulação dos veículos ferroviários e estabelecer um padrão de conformidade nas manutenções realizadas ao longo da linha de Ressano Garcia. O tema é também importante na medida em que alerta as empresas ferroviárias a tomarem conta das manutenções na via permanente de forma criteriosa, pois a ausência de segurança e confiabilidade nestes itens põe em causa o funcionamento das operações e descredibiliza as empresas nos planos de negócios e productividade, aumentando o nível de insegurança da circulação e elevando os prejuízos da empresa, que podem ser manifestados através de quebras contratuais com os clientes, ocasionados pelas perdas financeiras advindas de elevado índice de acidentes, maior tempo de transito e/ou demora no fornecimento das mercadorias.

Actualmente, os técnicos de manutenção de via estão em constante busca de soluções tecnicamente viáveis que permitam a redução da destruição da linha férrea, como estratégia de redução dos custos de manutenção correctivas. Devido ao aumento do fluxo de acidentes e

interrupções na linha de Ressano, surge a necessidade da análise dos garrotes de forma a identificar os agentes causadores dos defeitos e/ou falhas, para a optimização do tráfego, garantindo deste modo maior segurança e confiabilidade ferroviária.

1.10 Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído de seis capítulos.

Capítulo I: Reservado a introdução, problemática, problema, objecto, objectivos, hipóteses, perguntas de investigação e justificativas do tema.

Capítulo II: Nesse capítulo dá-se a revisão bibliográfica, os conceitos básicos, teorias importantes envolvidas na linha férrea: Carris, garrotes, acidentes ferroviários, evolução histórica da manutenção, de modo a ter uma visão geral do objecto de estudo para que se possa fazer uma análise coesiva das causas das ocorrências dos garrotes.

Capítulo III: Este capítulo é reservado para metodologias de resolução do problema, onde apresentar-se-ão os dados recolhidos nas entrevistas, nos relatórios de manutenção, nas tabelas de restrições e nos mapas de circulação na linha de Ressano Garcia.

Capítulo IV: Este capítulo constitui-se da base teórica deste trabalho, onde dá-se o marco teórico da Linha de Ressano, o seu estado actual com a respectiva descrição.

Capítulo V: Reservado para apresentação, análise e discussão dos resultados, na base dos gráficos, quadros, figuras e a parte de transcrições de entrevista, fazendo o confronto com a revisão bibliográfica.

Capítulo VI: Constitui o último capítulo e é destinado as conclusões que são dadas em função dos objectivos da investigação e dos resultados obtidos, e as recomendações para aplicações práticas e pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Linha Férrea

Linha Férrea é o conjunto de construções, instalações e equipamentos destinados ao tráfego de veículos ferroviários. Inclui a infra-estrutura e a superestrutura, esta última também denominada Via Permanente.

Segundo Rosa (2012), Linha férrea é um sistema de transporte em que os veículos (motores ou rebocados) se deslocam com rodas metálicas sobre duas vigas contínuas longitudinais, também metálicas, denominados carris. Por outro lado, Ferreira (2010), entende linha férrea como o conjunto de elementos que servem de suporte e encaminhamento dos comboios, podendo distinguir-se em duas partes fundamentais: a Infra-estrutura e a superestrutura.

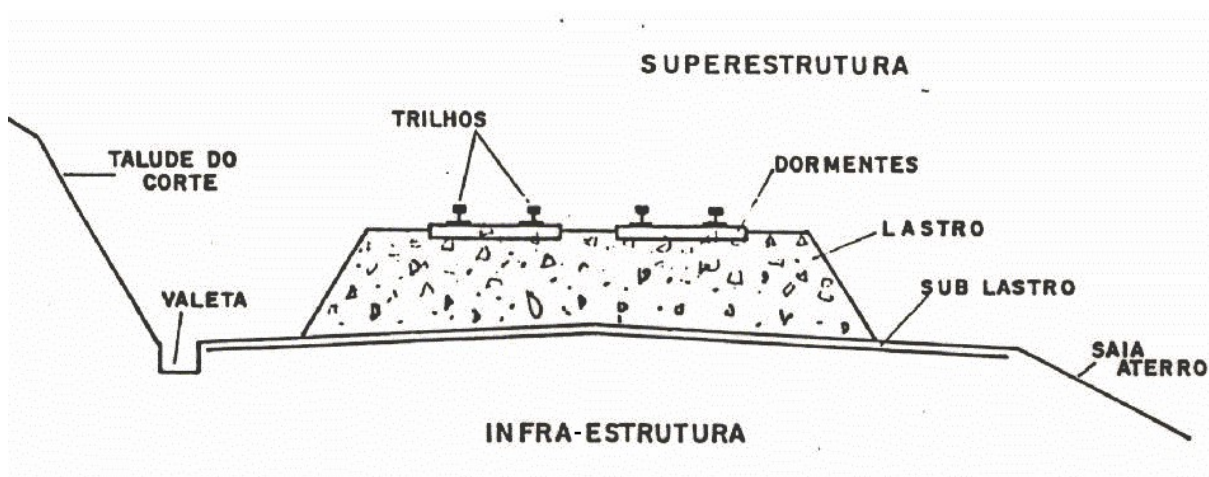


Figura 1: Corte esquemático da linha férrea (Fonte: Brina, 1979).

2.1.1 Infra-Estrutura

Conjunto de obras destinadas a formar a plataforma da via e suportar a superestrutura da linha férrea.

A **infra-estrutura** da linha férrea é um complexo de obras destinadas a formar a plataforma da estrada e suportar a superestrutura, mantendo o traçado da linha em condições de tráfego. É composta das obras de aterros, de cortes, de drenagem, de pontes, de viadutos, de túneis, etc. (Sucena, 2002, p.75).

Segundo Júnior (2008), a infra-estrutura da linha férrea,

“É todo conjunto de obras implantadas ao longo de uma faixa de terreno, destinadas ao estabelecimento e à protecção do caminho de rolamento de uma via de comunicação terrestre, seja rodovia ou ferrovia. Sua principal função é servir de base para superestrutura, recebendo e dissipando as cargas provenientes da superestrutura nas camadas de balastro e sub-balastro”.

A função da Infra-estrutura é a de servir de base para a superestrutura e o seu desempenho, sobre tudo das camadas finais de terraplanagem, é vital para a existência de uma geometria da via estável e, portanto menos susceptível a descarrilamentos (Castello Branco *et al.*, 2002, p. 156).

❖ **Constituição da Infra-estrutura**

A Infra-estrutura Ferroviária é composta pelas Obras de Terraplenagem, Obras de Arte Corrente e Obras de Arte Especiais, situadas, normalmente, abaixo do greide de terraplenagem (Neto, 2012).

I. Obras de Terraplenagem

- Cortes: em caixão e em meia encosta;
- Aterros.

II. Obras de Arte Corrente

São assim chamadas por que podem obedecer a projectos padronizados.

a) Superficiais:

- Sarjetas;
- Valetas: de protecção de crista ou de contorno; laterais ou de captação (montante) e de derivação (jusante);
- Descidas de água ou rápidos;
- Bueiros: abertos; fechados (tubulares ou celulares); de greide;

- Pontilhões.

b) Profundas

- Drenos longitudinais de corte;
- Espinhas de peixe;
- Colchão drenante; etc.

III. Obras de Arte Especiais

Segundo Rosa (2012),

“São as pontes, viadutos e túneis, que, pelas suas proporções e características peculiares que requerem projectos específicos e que não se repetem ao longo da estrada. Somente alguns bueiros, denominados de bueiros de grotta ou talvegue, quando possuem dimensões muito grandes podem ser considerados obras de arte especiais”.

- **Pontes, pontilhões e viadutos:** com estrutura metálica; em betão armado ou protendido;
- **Túneis:** escavados ou falsos;
- **Contenções de talude:** muros, grelha; cortinas; etc.

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

❖ Superestrutura

Segundo Pedroni (2008), A superestrutura ferroviária é composta por cinco elementos distintos que interagem de forma a passar as forças exercidas pelas rodas (rodados) para a infra-estrutura ferroviária e também servirem de pista de rolamento e guia para o material circulante que por ela circula. Por outro lado, Júnior (2008), afirma que a superestrutura da linha férrea tem a função de receber e distribuir os impactos directos das cargas oriundas da circulação do material circulante, garantindo a estabilidade longitudinal, lateral e vertical do plano de rolamento dos veículos e a segurança.

Neto (2012), acrescenta afirmando que,

"A superestrutura é construída de modo a poder ser restaurada sempre que seu desgaste atingir o limite de tolerância definido pelas normas de segurança e de comodidade de circulação dos veículos ferroviários, podendo mesmo vir a ser substituída em seus principais componentes, quando assim o exigir a intensidade do tráfego ou o aumento de peso do material circulante."

A **superestrutura** da linha férrea tem a função de receber e distribuir os impactos directos das cargas oriundas da circulação dos veículos ferroviários, garantindo a estabilidade longitudinal, lateral e vertical do plano de rolamento dos veículos e a segurança (Castello Branco *et al.* 2002, p.202).

❖ **Constituição da superestrutura**

A superestrutura é composto por: Carris, travessas, elementos de fixação, balastro, sub-balastro e aparelho de mudança de via.

a. Carris

São elementos responsáveis pelo contacto entre as rodas dos veículos ferroviários e a via permanente. Também são utilizados para transmitir as tensões causadas pelo peso destes veículos nas travessas. Os carris são presos as travessas com auxílio de placas de apoio e fixações.

Segundo Brina (1987), O carril é uma viga longa de aço com forma ou perfil especial que constituem a superfície de rolamento plana e de nível que recebe as rodas do material circulante.

Os carris usados em Moçambique são da norma UIC, ASCE e RR.

❖ **Constituição do carril**

O Carril é dividido segundo suas partes e funcionalidades e é composto de Boleto, Alma e Patim.

- **Boleto ou cabeça do carril:** Parte responsável pelo contacto entre a roda ferroviário e o carril (mesa de rolamento);
- **Alma:** Parte responsável pela ligação entre o boleto e o patim;
- **Patim:** É a base do carril, responsável pelo contacto entre o carril e a placa de apoio, responsável por passar a tensão dos carris para as placas.

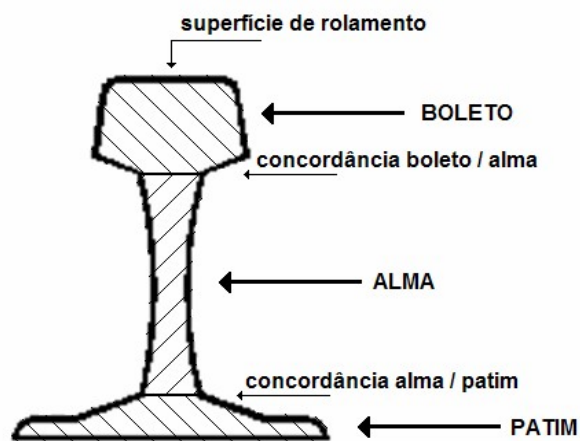


Figura 2:Desenho esquemático do carril (Fonte: Coimbra, 2008)

- **Composição do Aço para os carris**

Os carris são confeccionados geralmente em aço, com sessão transversal padronizada e com dureza, tenacidade, elasticidade e resistência à flexão, conforme normas técnicas, entre as quais AREMA, ASTM, ASCE, UIC, DIN, etc. Ou segundo especificações técnicas do cliente. De acordo com o material constituinte, os carris podem ser divididos em dois grupos principais, quais sejam: carris de aço carbono e carris especiais (Coimbra, 2008).

Segundo Brina (1979, 47),

*"A maioria dos carris fabricados em todo o mundo é de **aço carbono**. O processo de fundição é realizado em alto-forno, dando origem a uma liga de ferro com alto teor de carbono, duro, frágil e não maleável. A dureza do carril é uma propriedade importante, para que o mesmo possa suportar o desgaste provocado pelo atrito das rodas dos veículos, principalmente nas curvas".*

- **Classificação dos Carris**

O critério da ASTM (American Society for Testing Materials) estabelece o seguinte critério de classificação, para os carris:

- a) **Carril nº 1** – isento de qualquer defeito;
- b) **Carril X** – aquele que no Ensaio de Entalhe e Fractura, apresentou trincas esfoliações, cavidades, matéria estranha incrustada ou estrutura brilhante e de granulação fina;
- c) **Carril nº 2** – carril que não contém imperfeições de superfície em tal número ou de carácter tal que no julgamento do inspector encarregado, não o tornam impróprio para o uso.

b. Travessas

Segundo Brina (1979), a travessa é o elemento da superestrutura ferroviária que tem por função, receber e transmitir ao balastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos, servindo de suporte dos carris, permitindo sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles (bitola).

Para cumprir essa finalidade, Neto (2012) cita algumas especificações necessárias as travessas:

- i. Suas dimensões, no comprimento e na largura, forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no balastro não ultrapasse os limites relativos a este material;
- ii. Sua espessura lhe dê a necessária rigidez, permitindo entretanto alguma elasticidade;
- iii. Tenha suficiente resistência aos esforços solicitantes;
- iv. Tenha durabilidade;
- v. Permita, com relativa facilidade, o nivelamento do balastro (socaria), na sua base;
- vi. Oponha-se, eficazmente, aos deslocamentos longitudinais e transversais da via;
- vii. Permita uma boa fixação do carril, isto é, uma fixação firme, sem ser, excessivamente, rígida.

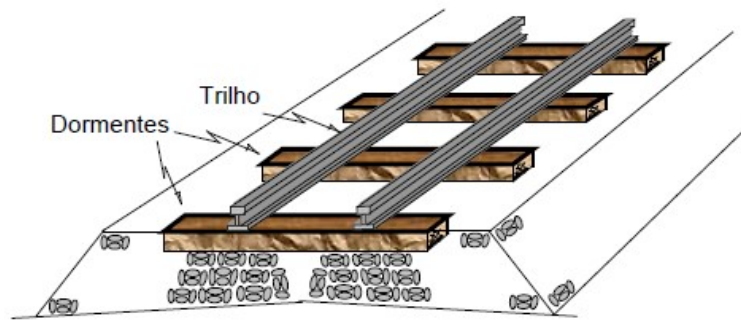


Figura 3: Representação das travessas (Dormentes) e carris (Trilho) (Fonte: Neto, 2012)

▪ Tipos de Travessas

Os materiais empregados para confecção das travessas são madeira, betão, aço e sintético.

I. Travessa de Madeira

Segundo Brina (1979, 21), as travessas de madeira são as que reúnem as melhores características e qualidades exigidas, sendo desta forma um dos principais materiais utilizados. Por outro lado, 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. Daí que, para a utilização deste tipo de travessa, em determinadas situações, utiliza-se madeira de menor qualidade, as quais são tratadas quimicamente através de processos específicos.



Figura 4: Travessa de Madeira (Fonte: Rosa, 2012, 237)

II. Travessa de (Betão)

Brina (1988, 35), explica que as travessas em betão foram desenvolvidas em função da escassez da madeira, para evitar desta forma o desflorestamento. Segundo o autor, as travessas de betão foram inicialmente usadas de forma a imitar a secção das travessas de madeira, o que acarretou em patologias como trincas ou fissuras, em virtude do choque e vibração transmitida a travessa, levando a grande decomposição deste elemento.

Brina (1988), ainda complementa que após a manifestação dos problemas com as travessas de betão de mesmo formato que os de madeira, surgiram, principalmente na Europa, outros tipos de travessas de betão a saber:

- Betão protendido;
- Misto (betão e aço);
- Polibloco ou Bi-bloco.

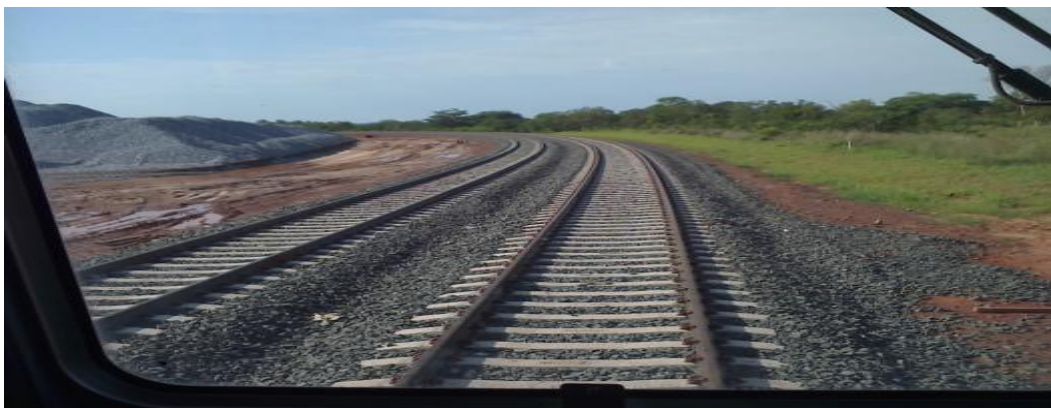


Figura 5: Travessa de betão protendido (Fonte: Rosa, 2012, 244)

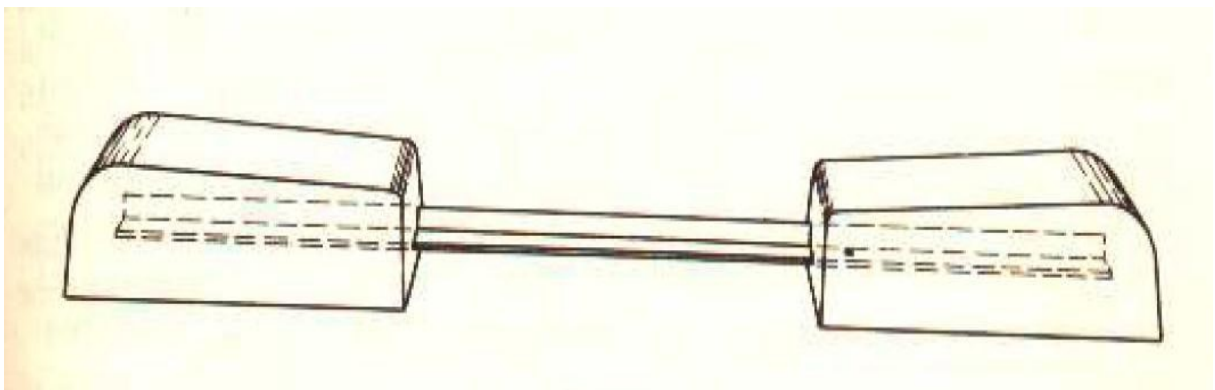


Figura 6: Travessa Misto (Fonte: Brina, 1988, 37)

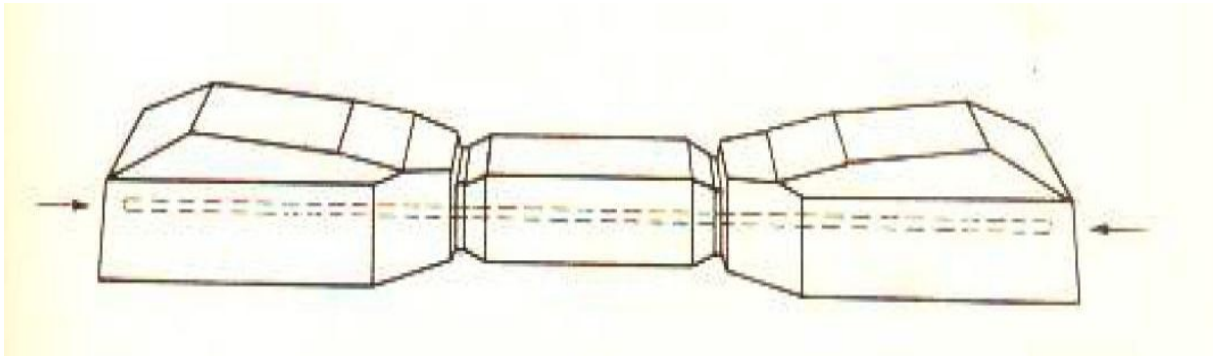


Figura 7: Travessa Polibloco ou Bi-bloco (Fonte: Brina, 1988, 39)

III. Travessa metálica

Segundo Brina (1983, 33)

“Em essência, consiste numa chapa laminada, em forma de U invertido, curvada e, suas extremidades a fim de formar garras que se afundam no balastro e se opõem ao deslocamento transversal da linha férrea. A travessa metálica é relativamente leve (70 kg) e fácil de ser assentado. Essa sua leveza leva a desvantagem de esse tipo de travessa não ser recomendado para linhas de tráfego pesado. Além disso, dificulta a sinalização da via por ser um bom condutor de electricidade e ainda faz mais barulho que as travessas de madeira durante a passagem dos comboios”

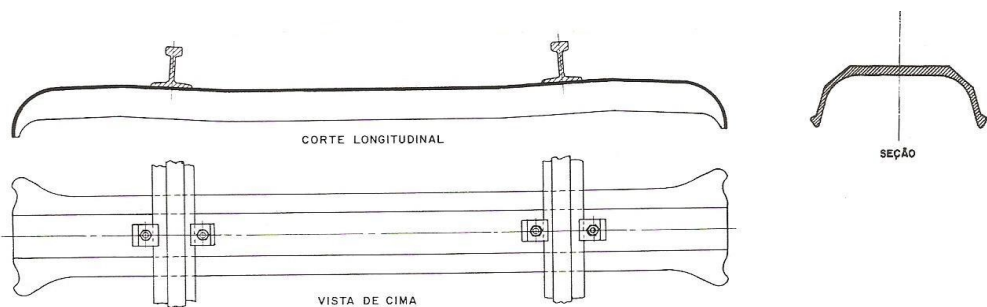


Figura 8: Travessa Metálica (Fonte: Brina, 1983)

IV. Travessas de material sintético (Plástico)

Segundo Rosa (2012, 245),

“Podem ser confeccionados a partir de material reciclado ou a partir do petróleo, pois são como um plástico. Possuem o mesmo formato das travessas de madeira e podem ser

usados de modo conjunto na mesma linha. Sua produção e aplicação ainda está em escala inicial”.



Figura 9: Travessa de material sintético (Fonte: Rosa, 2012, p. 245)

▪ Comparações entre os tipos de travessas

De forma resumida sobre os tipos de travessas, segue-se a comparação dos mesmos, na tabela abaixo.

Tabela 1: Comparação entre tipos de Travessas (Fonte: Hong, 2011)

Material	Forma	Características físicas			Esforços - solicitações			Economia			Perspectiva de utilização
		Elasticidade	Isolamento elétrico	Aptidão da fixação	Verticais	Horizontais		Custo inicial	Duração		
						Laterais	Longitudinais		Vida útil	Acidentes	
Madeira	monobloco paralelepípedo	Muito boa	Bom	sujeito a afrouxamentos	Adequado em terrenos bons	Bom, pelo seu atrito com o lastro	Depende da fixação	pequeno	muito variável, de 10 a 30 anos	bastante resistentes	É a mais usada. Não será abandonada
Concreto	Armado	Muito ruim, ocasionando uma rigidez inadequada na via	Regular. Necessita de elementos isolantes	Muito boa para a maioria dos sistemas de fixação	Ruim a regular.	Bom, pelo seu peso e atrito com o lastro	Bom, pelo seu peso e atrito com o lastro. Mas depende da fixação	maior que a madeira	pequena, 5 a 20 anos	se destroi muito	uso restrito
	Tensionado				Bom, mas transmite m fortes esforços	Bom, pela sua forma. Mas depende da fixação	maior que a madeira	elevada, 40 a 50 anos	se destroi pouco	muito utilizada. Deve ser o futuro	
Metálicos	Aço	Média. Não amortizam os golpes e transmitem vibrações	Muito ruim. Necessita de elementos isolantes	Muito boa para alguns sistemas	Regular	Bom, pela sua forma.	Bom, pela sua forma. Mas depende da fixação	muito elevado	Boa, uns 40 anos	Se destroi pouco	pouco utilizada
	Fundidos	De dois cantos			Regular a ruim				Elevado, 40 a 50	se destroi muito	não utilizada
Sintéticos	monobloco paralelepípedo	Aceitável	Bom	Bom	Em estudo	Em estudo	Médio	muito elevado	Em estudo	Em estudo	material novo

c. Sub-balastro

É o elemento da superestrutura, intimamente, ligado à infra-estrutura e tem as seguintes funções:

- a. Aumentar a capacidade de suporte da plataforma, permitindo elevar a taxa de trabalho no terreno, ao serem transmitidas as cargas através do balastro, reduzindo desta forma a sua superfície de apoio e sua altura, com conseqüente economia de material;
- b. Evitar a penetração do balastro na plataforma;
- c. Aumentar a resistência do leito, à erosão e à penetração da água, concorrendo pois, para uma melhor drenagem da via;
- d. Permitir relativa elasticidade ao apoio do balastro, para que a via permanente não seja, excessivamente rígida (Neto, 2012).

d. Balastro

É o elemento da superestrutura, situado entre as travessas e o sub-balastro e tem como funções especiais:

- a. Distribuir, convenientemente, sobre a plataforma (sub-balastro), os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho compatível com a capacidade de carga da mesma;
- b. Formar um suporte, até certo ponto, elástico, atenuando as trepidações resultantes da passagem dos veículos;
- c. Sobrepondo-se à plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme, para as travessas e carris;
- d. Impedir os deslocamentos das travessas quer no sentido longitudinal, quer no sentido transversal;
- e. Facilitar a drenagem da superestrutura (Neto, 2012).

- **Acessórios de fixação**

Os acessórios de fixação são os elementos de aço que tem por função fixar os carris nas travessas (Rosa, 2012).

Os dois tipos são:

I. Fixação elástica

II. Fixação rígida

a. No caso de fixação elástica, o carril pode se mover na direcção longitudinal;

b. A fixação rígida não permite o deslocamento do carril na direcção longitudinal.

- ❖ **Aparelhos de Mudança de Via**

Os **Aparelhos de Mudança de Via**, ou simplesmente AMV, são dispositivos que permitem ao material circulante a passagem de uma linha principal para outra secundária, ou vice-versa. O AMV inclui a chave, composta de agulhas, carris de encosto, acessórios e a crossima, com as pernas de cruzamento e contra-carris e os carris de ligação (Schramm, 1977, p.159), conforme ilustrado na figura abaixo.

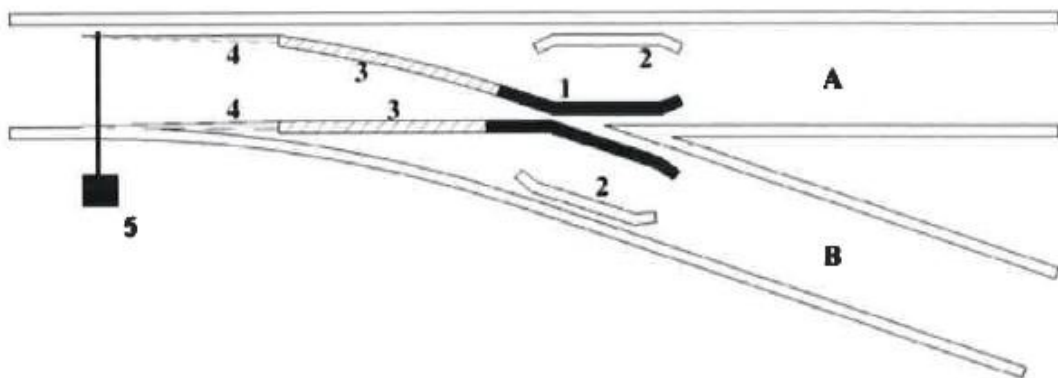


Figura 10: Desenho Esquemático de um AMV (Fonte: Rosa, 2012, p.278)

2.1.2 Teorias principais

- **Manutenção**

Segundo Tavares, (1996) *apud* Henriques (2006, p.15), “manutenção é o conjunto das acções necessárias para que um item (equipamento, obra ou instalação) seja conservado ou

restaurado, de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada”. O Slack (2000) *apud* Souza (2008, p.4) definiu manutenção como o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas.

▪ **Tipos de Manutenção**

Os tipos de manutenção são caracterizados pela forma como é feita a intervenção no sistema.

Neste trabalho, serão descritas cinco práticas básicas de manutenção, consideradas como principais por diversos autores. São elas: manutenção correctiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e manutenção produtiva total.

a) Manutenção Correctiva

De acordo com Slack et al (2002, p.625) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”.

Segundo Rodrigues (2012, pág. 10), Esta actividade só,

“Ocorre quando se detecta a avaria ou o deficiente funcionamento do material. Assim, a intervenção é realizada sem planeamento. O domínio de actuação é principalmente ao nível da geometria da via. Conclui-se que o grande objectivo é recolocar a via em bom estado, de modo a retardar o processo de deterioração, assegurar a segurança dos comboios e a protecção do material. Paralelamente a estes trabalhos também podem ser corrigidos alguns defeitos do material”.

O objectivo desta manutenção é manter a condição de integridade operacional e a viabilidade do sistema após a ocorrência da falha, ou seja, é uma prática reactiva de manutenção. Porém, para Zaions (2003), pode ser efectuada por intermédio de conserto das partes que sofreram a falha ou desempenharam funções diferentes daquela esperada, podendo ser reparos, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento.

b) Manutenção Preventiva

É a Manutenção feita em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um equipamento. Segundo Slack et al (2002), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de

falhas de manutenção por meio de (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”.

- c) O objectivo final da manutenção preventiva é obter a utilização máxima do equipamento nas tarefas de produção, com a correspondente redução do tempo de máquina parada e custos da manutenção (Zaions, 2003). **Manutenção preditiva**

É a actuação realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática, afirma Pinto e Xavier (2001) apud Silva (2004, p.31), ou seja, o planeamento tem o objectivo de elaborar planos de manutenção para efectuar inspecções periódicas nos equipamentos, estas inspecções que podem utilizar equipamentos que analisem vibrações, ruídos, temperatura, entre outros. Por sua vez, Silva (2004, p.31), define-a sendo a execução no momento adequado, antes que o equipamento quebre.

Neste caso,

“Usa-se dado colectados ao longo do tempo, que tornam possível o conhecimento do estado de degradação do equipamento, e com base nisto pode-se inferir sobre o seu desempenho futuro. Ou seja, de acordo com os valores obtidos na medição de alguns parâmetros, planeja-se ou posterga-se a manutenção. Existem algumas ferramentas utilizadas na ferrovia que auxiliam no monitoramento de alguns parâmetros pertinentes à manutenção preditiva”, Henriques (2006, p.18).

d) Manutenção Detectiva

O termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e tem como objectivo aumentar a confiabilidade dos equipamentos, com base nos sistemas de protecção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação (Souza, 2008), por outro lado, Pinto & Xavier (2001) apud Silva (2004, p.31), afirma que é a actuação efetuada em sistemas de protecção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, afirma.

e) Manutenção Produtiva Total

Segundo JIPM (2002) apud Moraes (2004, p.33),

Consiste num esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo *Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as actividades de pequenos grupos.*

2.1.3 Parâmetros geométricos de via e suas anomalias

A seguir são descritos os parâmetros que definem a qualidade da geometria da via e as suas anomalias:

a. Bitola

Este parâmetro define a base de uma ferrovia. E em função dele são especificados os demais componentes da superestrutura (dimensões das travessas e a altura de balastro), da Infraestrutura (largura da plataforma e obras de artes) e do material circulante.

Segundo Rodrigues (2001, 40), denomina-se **bitola** a distância entre as faces internas dos carris que compõem uma via, medida a alguns milímetros (entre 12 mm e 16 mm) abaixo do plano de rodagem, plano constituído pela face superior dos carris, conforme ilustra a figura 11.



Figura 11: Desenho esquemático de Bitola (Fonte: Coimbra, 2008)

Segundo Lima (1998, 42), as anomalias na bitola são classificadas em dois tipos:

- **Alargamento da bitola (*Wide Gauge*):** quando o valor medido é maior do que o valor limite máximo. As razões causadoras deste tipo de anomalia estão vinculadas aos seguintes factores: travessas em condições ruins; grupos de travessas defeituosos;

travessas laqueadas; desgaste da placa de apoio das travessas e *tirefonds* frouxos; desgaste lateral do boleto do carril; orifícios dos *tirefonds* desgastados; falta ou folga de parafusos nas juntas e juntas quebradas;

- **Estreitamento de bitola** (*Narrow Gauge*): quando o valor do parâmetro medido é menor do que o valor limite mínimo. Ocorre geralmente quando existem travessas empenadas, deformação do lado interno do carril, placas de apoio quebradas e travessas defeituosas.

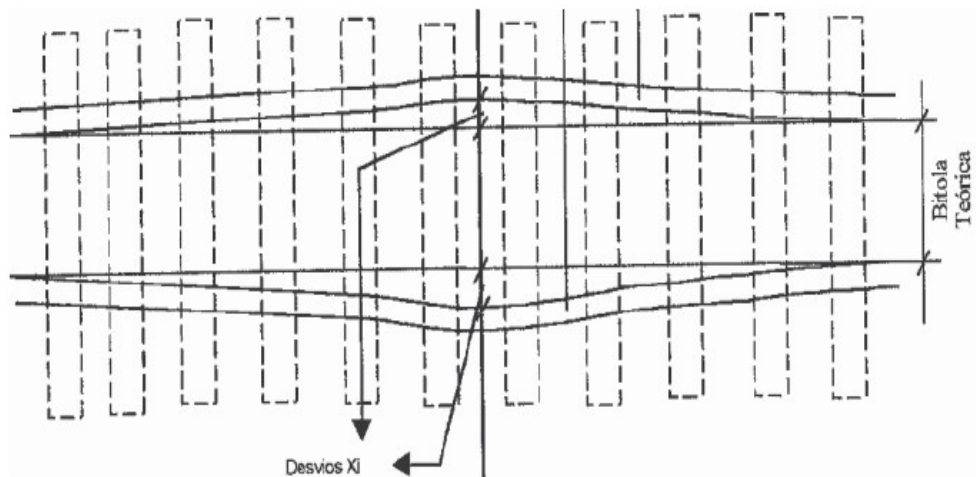


Figura 12: Desenho esquemático do Alargamento da bitola (Fonte: Silva, 2006)

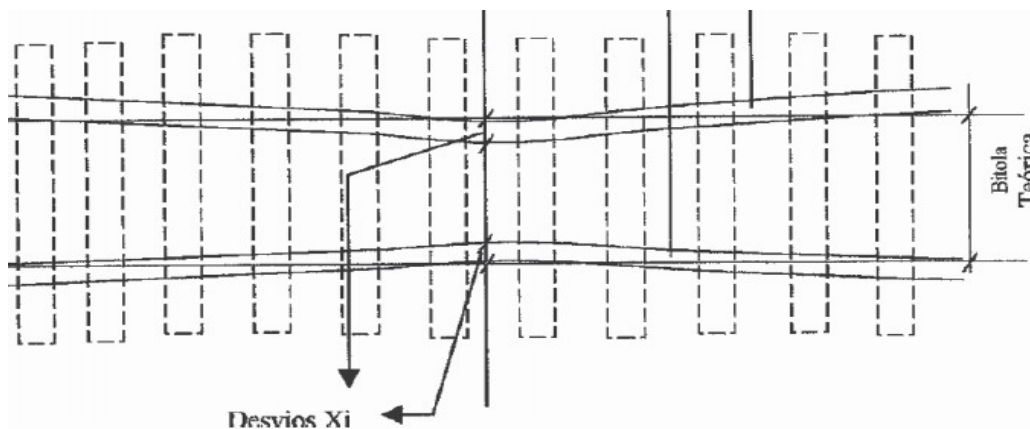


Figura 13: Desenho esquemático do Estreitamento da bitola (Fonte: Silva, 2006)

b. Nivelamento Longitudinal

Consiste em comparar o nivelamento da linha férrea em relação ao seu plano horizontal original medindo a deformação vertical (y) de um ponto qualquer (C) na superfície de

rolamento de um carril em relação ao segmento de recta (AB), conforme desenho esquemático mostrado na Figura 14.

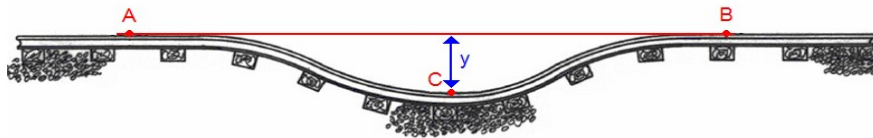


Figura 14: Desnivelamento longitudinal (Desenho esquemático) (Fonte: Coimbra, 2008)

O **desnivelamento longitudinal** (Figura 14), é considerado quando o valor de (y) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos por cada ferrovia.

As principais causas desta anomalia, segundo Lima (1998, 39), são: lastro laqueado; carril corrugado; problemas de drenagem; grupo de dormentes defeituosos e juntas desniveladas.

Essas irregularidades são responsáveis principalmente pela ocorrência do movimento de galope nos veículos em movimento. O desnivelamento longitudinal gera desconforto e, se ultrapassar certos limites, pode acarretar desengate de veículos e fraccionamento do comboio com consequências que podem ser críticas (Rodrigues, 2005, 11).

c. Nivelamento Transversal

Consiste em comparar o nivelamento da superfície de rolamento de um carril em relação ao outro medindo a deformação vertical (y) conforme é ilustrado na figura 15.

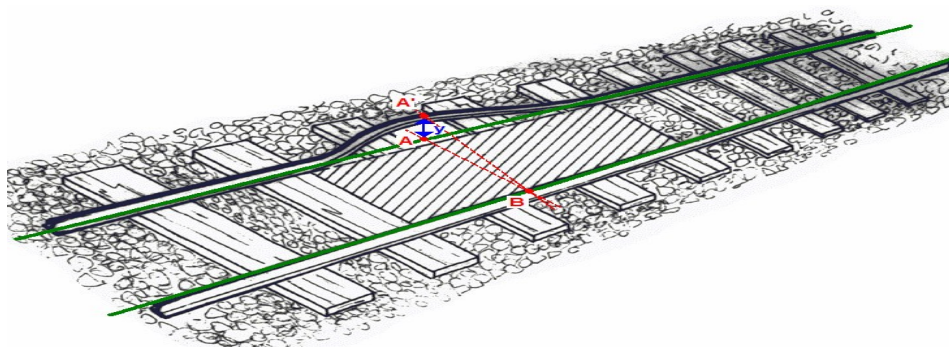


Figura 15: Desnivelamento Transversal (Fonte: Coimbra 2008)

O **desnívelamento transversal** (Figura 15) é considerado quando o valor (y) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos por cada ferrovia. Este tipo de anomalia ocorre muitas vezes, em virtude dos vazios (laqueados) observados entre a superfície inferior da travessa e a brita (Rodrigues, 2005, p.12).

d. Alinhamento

Consiste em comparar o alinhamento da linha férrea com o seu eixo central original medindo a distância horizontal (x) que um ponto qualquer (C), situado na lateral da cabeça de um carril, tem em relação ao segmento de recta (AB), conforme apresentado na Figura 16.

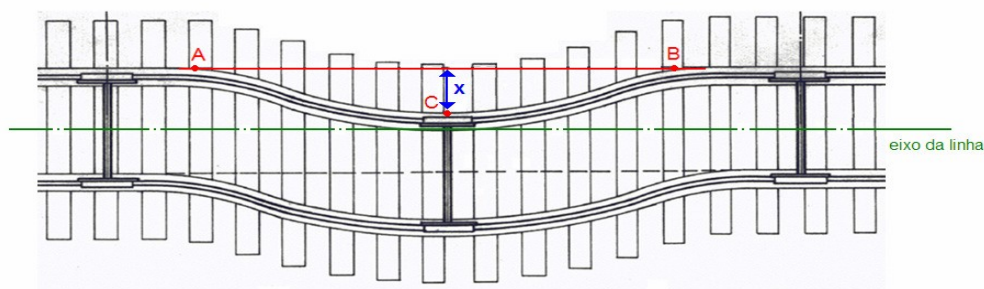


Figura 16:Desalinhamento (Desenho Esquemático em planta) (Fonte: Rodrigues 2005)

O **desalinhamento** (Figura 16) é considerado quando o valor (x) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos por cada ferrovia.

As principais causas deste tipo de anomalia são: travessas laqueadas, ombro de balastro insuficiente, desgaste ou quebra de placas de apoio e quebra ou deformação dos carris (Lima, 1998, p.38).

e. Empeno

Considerando quatro pontos sobre a superfície de rolamento dos carris, dois em cada carril, formando um rectângulo ABCD, define-se como **empeno** (ou torção) a distância vertical (y) dos pontos (B') ou (D') ao plano formado pelo rectângulo ABCD como ilustrado na figura 17.

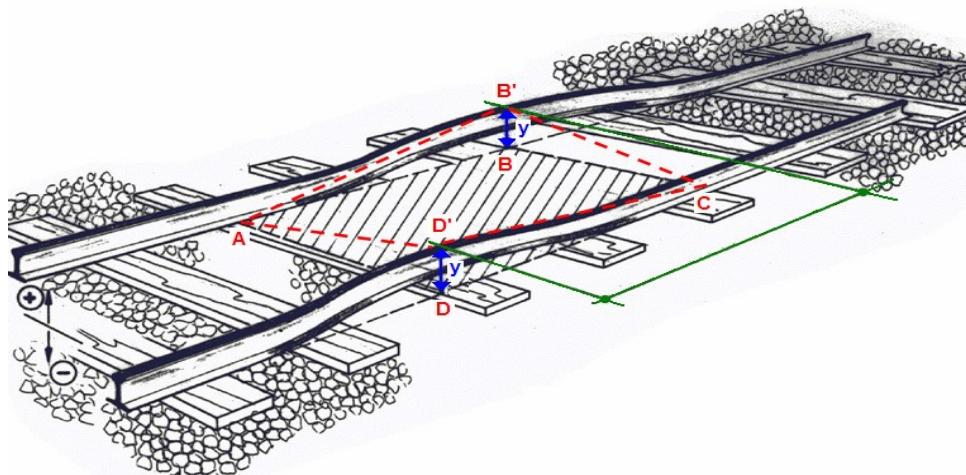


Figura 17: Empeno ou Torção (Fonte: Rodrigues, 2005)

Esta anomalia causa o movimento de torção no material circulante. Suas causas são as mesmas do desnivelamento longitudinal e transversal, sendo observada com mais frequência em vias que possuem maiores quantidades de juntas consecutivas e alternadas nos carris, e as principais consequências são o descarrilamento e tombamento do material circulante (Lima, 1998, p.41).

f. Superelevação

Segundo Castello Branco *et al.* (2002, p.21) a **Superelevação** é a maior altura do carril externo em relação ao interno com a finalidade de equilibrar o efeito da força centrífuga que tende a jogar o material circulante para o lado de fora da curva, conforme mostra a Figura 18.

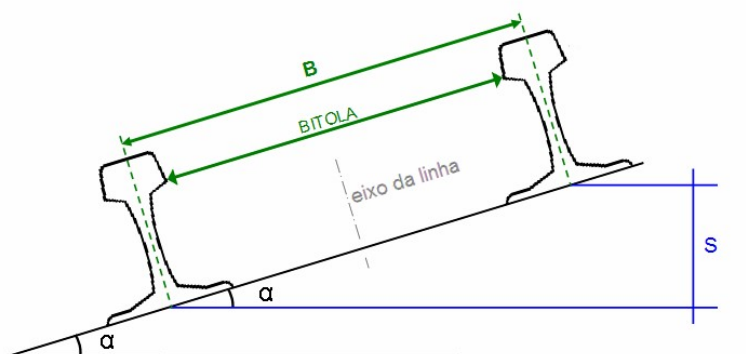


Figura 18: Desenho esquemático da Superelevação (Fonte: Coimbra, 2005)

Não é considerada propriamente uma anomalia de via. Entretanto, Brina (1979, p.127) cita que a velocidade máxima de projecto de uma via é prevista para comboios de passageiros e

esta mesma via é utilizada por veículos mais lentos, como comboios de carga e veículos de manutenção. Como a velocidade desses veículos é menor, aparece o risco de tombamento para dentro da curva e de excesso de desgaste do carril interno.

- **Durabilidade dos Carris e Limite de Uso**

É importante para o gerenciamento de manutenção de uma linha, estabelecer critérios que definam as tolerâncias para o desgaste dos carris, sem afectar a segurança de circulação na via, estabelecendo assim, seu Limite de Utilização, já que isto afecta criticamente a economia da exploração ferroviária, em vista do custo directo do material e da mão-de-obra empregada para sua substituição.

- **Os critérios mais usados são:**

- 1. Desgaste Vertical do Boleto ou cabeça do carril:**

- Linhas principais: <12 mm;
- Linhas secundárias: 12 a 15 mm.

- 2. Desgaste Lateral do Boleto ou cabeça do carril:**

- Ângulo de Desgaste: máximo de 32° a 34°.

- 3. Perda de Peso:**

- Perfis até 45kgf/m: até 10%;
- Perfis maiores que 45 kgf/m: no máximo 15 a 20 %.

- 4. Perda de Área do Boleto ou cabeça do carril:**

- Limite de Desgaste: 25% da área.

2.1.4 Esforços Actuantes nos carris

Os carris ferroviários estão submetidos a altos níveis de tensão decorrentes tanto dos processos de fabricação e assentamento da via, quanto da pressão cíclica de contacto com as rodas, dos esforços de flexão e dos efeitos da temperatura que, quando combinados, podem agravar o nível de tensões principalmente na região do boleto, levando o componente ao colapso (Roldo, 1998).

Os esforços actuantes nos carris podem ser classificados em verticais, longitudinais e transversais. Os verticais compreendem a carga devida ao peso sobre as rodas e os movimentos de trepidação. Dentre os esforços longitudinais há a restrição da dilatação térmica dos carris, os esforços devido à flexão, o atrito entre a roda e o carril e a frenagem. Já os esforços transversais envolvem as forças centrífugas que ocorrem nas curvas (Moreira, 2015).

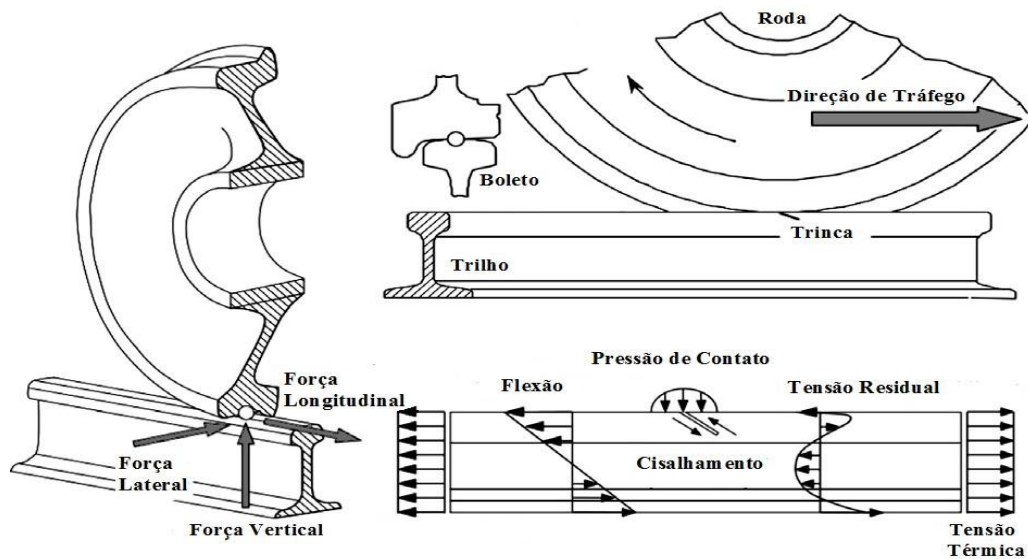


Figura 19:Configuração de carregamento em um trilho. Adaptado de Zerbst et al. (2009a).

As tensões causadas por estes esforços podem ser divididas em tensões térmicas, tensões residuais, tensões do carregamento axial e tensões de contato entre roda e carril.

Os carregamentos axiais geram tensões de flexão e de cisalhamento nos carris, as quais podem ser significativamente aumentadas por efeitos dinâmicos, irregularidades na geometria dos carris, bem como na geometria das rodas, e também por irregularidades estruturais da via (Zerbst *et al.*, 2005; 2009a).

As tensões térmicas nos carris são desenvolvidas devido à diferença entre a temperatura de serviço e a temperatura neutra do carril, sendo esta última a temperatura na qual a via foi instalada e para a qual a força longitudinal actuante no carril é zero. Para temperaturas de serviço maiores que a temperatura neutra, tensões compressivas são criadas, podendo causar garrotes de via e ocasionar o descarrilamento do comboio. Em temperaturas abaixo da temperatura neutra, surgem tensões térmicas trativas que actuam como componentes adicionais de carga estática juntamente com as cargas transmitidas pelas rodas e as tensões residuais (Zerbst *et al.*, 2009b). Em locais onde ocorrem variações consideráveis de

temperatura, a mudança das tensões térmicas actuantes, ora compressivas, ora trativas, operam como um carregamento cíclico, causando a fadiga do material.

2.2 Garrotes

De acordo com a QR (2005), garrote pode ser definida como sendo um súbito desalinhamento da linha férrea, causado pela temperatura e/ou caminhamento do carril induzindo tensões.

O garrote acontece quando o aumento na temperatura do carril fica acima do ponto onde a temperatura livre das forças longitudinais existentes no carril é suficiente para superar a resistência lateral da linha, resultando na deformação lateral da via, conforme ilustra a figura 20.



Figura 20:Exemplos de flambagem lateral de linha férrea (Fonte:)

O garrote de via ocorre principalmente no plano horizontal, contudo, há registro de ocorrências no plano vertical. Se o carril é perfeitamente recto e contínuo, nenhum garrote irá acontecer, contudo, um pequeno desalinhamento poderá desencadeá-la. A temperatura, o mecanismo de carregamento e o desalinhamento são responsáveis pela força lateral na direção Y (figura 21). Essa força é basicamente oposta à resistência lateral da travessa movendo-se no balastro, conforme mostrado na figura 21 a seguir.

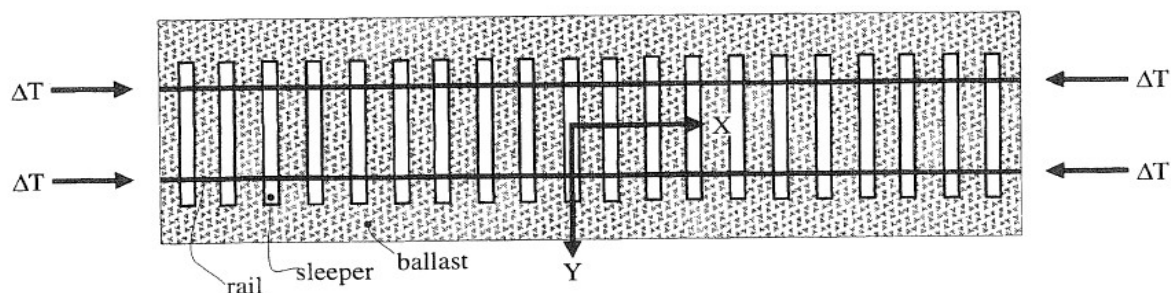


Figura 21: Vista Superior da Via Férrea (Fonte:)

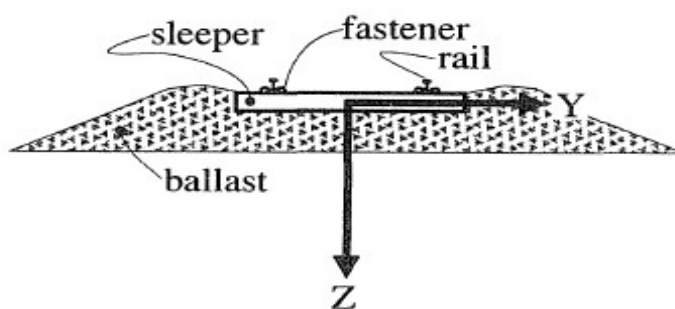


Figura 22: Plano Vertical (Fonte:)

Segundo Roa (1988), algumas ferrovias desenvolveram um sistema de prevenção de Garrote de carril. Esse sistema é um método de priorização baseado em experiências empíricas, no qual identifica áreas de fraqueza na estrutura da linha ferroviária através de levantamentos de dados referente a parâmetros específicos da linha, tais como:

- Temperatura e comprimento do carril;
- Medidas para estabelecer o perfil do balastro;
- Raio de curvas;
- Presença de fixação rígida;
- Abertura das juntas;
- Perfil do carril;
- Tipos de travessas e fixação;
- Tipo de balastro;

Os parâmetros após levantados em campo, recebem um peso específicos de acordo com sua relevância em relação a resistência ao aparecimento de garrotes e, em seguida, seções homogêneas de carril são classificadas e priorizadas.

Quando a temperatura varia na via, os carris tendem a sofrer alteração no comprimento. Estas dilatações ou contracção são permitidos na tecnologia de implantação de carris curtos sendo absorvido nas juntas. Tais discontinuidades, entretanto, provocam impactos das rodas nos carris que resultam em dispendiosa manutenção e considerável desconforto do passageiro. Os BLS simplesmente impedem que o carril se movimente nas variações de temperatura, tornando desnecessário as folgas (Vilela, 2019).

Nos corpos sólidos a dilatação ocorre em todas as direcções, mas, esta dilatação pode ser predominante apenas numa direcção e, quando isto acontece temos uma dilatação térmica linear ou, simplesmente dilatação linear.

Dilatação térmica linear: quando a dilatação é predominante numa direcção, conforme a figura :



Figura 23:dilatação térmica linear (Fonte:)

2.3Acidentes Ferroviários

Incidente: Anormal funcionamento indesejável do sistema ferroviário, que não causa perdas humanas e/ou materiais, mas que carece ser estudado no sentido de serem tomadas medidas para não tornar a acontecer.

Acidente: É um evento inesperado e indesejável que causa danos pessoais, materiais (danos ao património), danos financeiros e que ocorre de modo não intencional.

Acidente Ferroviário: Ocorrência que, com a participação directa de comboio ou veículo ferroviário, provoca danos às pessoas, a obras-de-arte, ao meio ambiente, ao veículo, as instalações fixas e animais (no caso de animais, desde que ocorra a paralisação do tráfego) Ribeiro et al (2011).

2.3.1 Tipos de Acidentes ferroviários mais comuns

Dentre vários acidentes que ocorrem na via, destaca-se o descarrilamento.

Descarrilamento: Acidente em que uma ou mais rodas do veículo ferroviário saltam do carril.

O descarrilamento pode ser definido, como o incidente no qual a roda perde a sustentação provida pelo carril, podendo ser classificado como interno (quando a roda se movimenta para dentro da região determinada pelos carris) ou externo (quando a roda se movimenta para fora da região determinada pelos carris). É ainda possível classificar o descarrilamento quanto ao impacto, ou seja, se ocorreu em apenas um rodado, se ocorreu em um truque ou se ocorreu no vagão inteiro (Iwnicky apud Hong, 2011).



Figura 24 - Descarrilamento (Fonte: Franzão, 2018)

Manifesta-se basicamente de 3 formas diferentes:

- 1.Descarrilamento simples;
- 2.Descarrilamento com adornamento;
- 3.Descarrilamento com tombamento.

- **Semi-Tombamento - Adornamento**

Adornamento ou tombamento parcial – é a ocorrência do descarrilamento ferroviária que, por motivos diversos, resulte na inclinação lateral parcial do veículo ferroviário (locomotiva, vagão, etc.) – menor que 90 graus em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário, em que o veículo não possui nenhum tipo de apoio, inclinado por gravidade (Franzão, 2018).



Figura 25 - Descarrilamento com adornamento (Fonte: Franzão, 2018)

▪ **Tombamento**

É a ocorrência que por motivos diversos, resulta na inclinação lateral total do veículo ferroviário (locomotiva, vagão, etc.) em relação à posição normal do veículo no eixo ferroviário. Quando há um tombamento, também há danos à via permanente, e o tempo de liberação da linha varia muito de acordo com a quantidade de vagões tombados e manutenção da via (Franzão, 2018).



Figura 26 - descarrilamento com tombamento (Fonte: Franzão, 2018)

Este evento pode ser causado por diversos factores ou combinação de factores.

Wagner (2004) dividiu os causadores do descarrilamento nos seguintes grupos:

- Falha de projecto, componente ou manutenção;
- Falha de carregamento, fluidos transportados que podem causar desbalanceamento ou incertezas não consideradas no carregamento;
- Dinâmica de interacção entre a via e o veículo;
- Dinâmica do comboio como impacto, vibrações e forças não previstos;

- Factores humanos como erro de operação;
- Combinação destes factores.

Os factores humanos podem ser divididos em falha de operação e falha de manutenção. Já a falha de operação (como por exemplo, no balanceamento e distribuição dos fluidos transportados). As falhas de carregamento e as dinâmicas do comboio como impacto, vibrações e forças não previstos podem ser agrupados nas falhas de projectos (deficiência na determinação de variáveis) ou manutenção já que estas falhas devem ser previstas durante o projecto do sistema (considerando as possíveis incertezas nos parâmetros) e evitadas durante a manutenção através do controle e verificação de alterações, portanto a classificação quanto às causas pode também ser resumida em:

- Critério de descarrilamento;
- Dinâmica de interacção entre o veículo e a via, falha de projecto; e
- Manutenção de componentes e a combinação destes factores.

2.3.2 Critérios de descarrilamento

Segundo Iwnicky (cit. in Hong, 2011), os descarrilamentos caracterizam-se por falha de parâmetros do contacto roda - carril, e são:

- Descarrilamento por sobreposição do verdugo da roda sobre o carril, que é um critério relacionado ao descarrilamento externo;
- Descarrilamento por dimensão indevida da bitola e rolamento do carril, que é um critério relacionado ao descarrilamento interno;
- Descarrilamento por Aumento da Dimensão da Bitola, que é um critério relacionado ao descarrilamento interno;
- Descarrilamento por instabilidade lateral do veículo, que está relacionado tanto ao descarrilamento interno quanto externo.

1) Sobreposição do verdugo da Roda sobre o Carril

O descarrilamento por sobreposição do verdugo é um critério que considera a razão entre a força horizontal e a força vertical. Estas forças surgem devido ao contacto que ocorre entre a roda e o carril (Hong, 2011).

A elevada força lateral é atribuída ao grande ângulo de ataque e distribuição irregular das massas do truque. Este fenómeno é determinado principalmente pelo raio de curvatura, o perfil da roda e carril, as características da suspensão do truque e da velocidade do veículo. A

definição para que ocorra a sobreposição do verdugo baseado no critério de Nadal é estabelecida através da relação L/V, ou seja, a relação entre a força lateral e a força vertical (Hong, 2011).

O critério de **Nadal** é equacionado a seguir baseado na relação L/V:

- Considerando a figura 29 que representa as forças L (força horizontal de contacto), V (força vertical de contacto), F3 (força de reacção normal a superfície de contacto) e F2 (força de reacção tangente a superfície de contacto).
- Estas forças são equacionadas nas equações (9) e (10):

$$F_3 = V \cos \delta + L \sin \delta = V (\cos \delta) + \frac{L}{V} \sin \delta \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2 = V \sin \delta - L \cos \delta = V (\sin \delta - \frac{L}{V} \cos \delta) \text{ quando } (V \sin \delta - L \cos \delta) < \mu \\ F_2 = \mu * F_3 \text{ quando } (V \sin \delta - L \cos \delta) \geq \mu * F_3 \end{array} \right. \quad (10)$$

$$F_2 = \mu * F_3 \quad \text{quando } (V \sin \delta - L \cos \delta) \geq \mu * F_3$$

Assim, é obtida a equação (11) para a relação L/V:

$$\frac{L}{V} = \frac{\tan \delta - \frac{F_2}{F_3}}{1 + \frac{F_2}{F_3} \tan \delta} \quad (11)$$

A relação de Nadal foi proposta considerando a relação F2/F3=μ, obtendo-se assim a expressão (12)

$$\frac{L}{V} = \frac{\tan \delta - \mu}{1 + \mu \tan \delta} \quad (12)$$

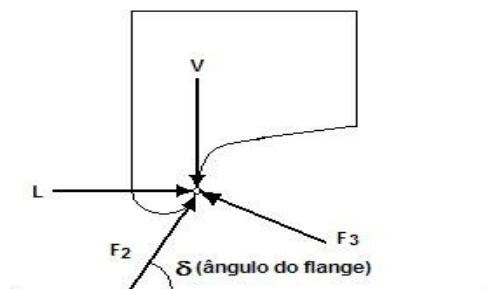


Figura 27 - Forças de Contacto Para o Critério de Nadal (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong, 2011)

2) Dimensão indevida da bitola e rolamento do carril

Segundo Hong (2011), os descarrilamentos por bitola indevida e rotação do carril ocorrem devido às deflexões do carril ou à distância indevida entre os carris quando comparado à bitola. Isso pode ser causado pelas forças laterais que ocorrem ou por erros de projecto e/ou manutenção.

O critério da dimensão da bitola está apresentado na equação (13)

$$G \geq B + W + f_w \quad (13)$$

Sendo G , B , W e f_w apresentados na Figura 30

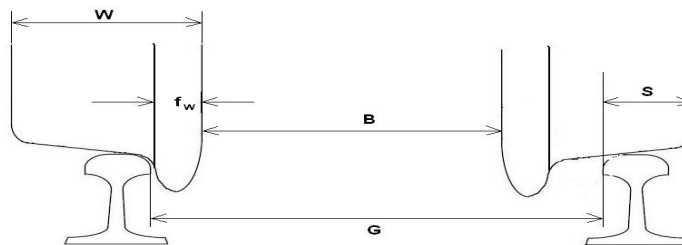


Figura 28 - Parâmetros Considerados na Equação 13 (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong, 2011)

Neste caso, é atribuída uma dimensão de segurança S para que este critério não seja atendido e não provoque descarrilamento. Esta dimensão é expressa pela equação (14).

$$(B + W + f_w) - G > S \quad (14)$$

3) Descarrilamento por Aumento da Dimensão da Bitola

Este descarrilamento é causado pelo aumento gradual desta distância devido à falha de componentes de via (podendo ser relacionados com a qualidade das travessas, falha nas fixações e desgaste do carril). Este aumento da bitola é causado principalmente pela baixa resistência dos elementos de via. A figura 31 ilustra este tipo de aumento da distância da bitola (Hong, 2011).

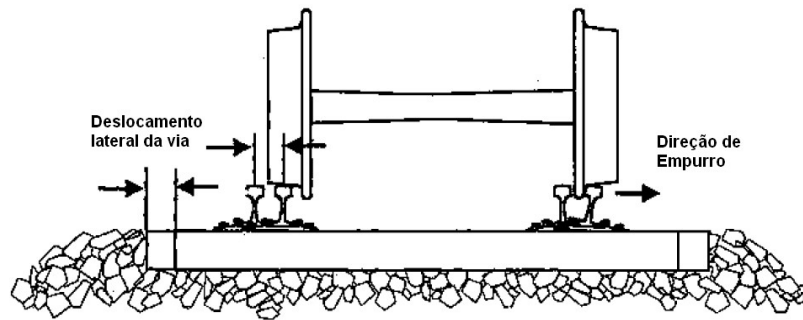


Figura 29 - Aumento da Dimensão da Bitola (Fonte: Iwnicky (2006) apud Hong 2011)

4) Instabilidade Lateral do Veículo

A instabilidade lateral do veículo é causada pelo desalinhamento do eixo em relação à via, e devido ao perfil cônico da roda, este movimento acaba seguindo um perfil senoidal, desta forma, caso seja elevado, pode causar o descarrilamento. Este fenómeno também é conhecido como *hunting*, caracterizado pela variação em torno da linha central de equilíbrio (Hong 2011).

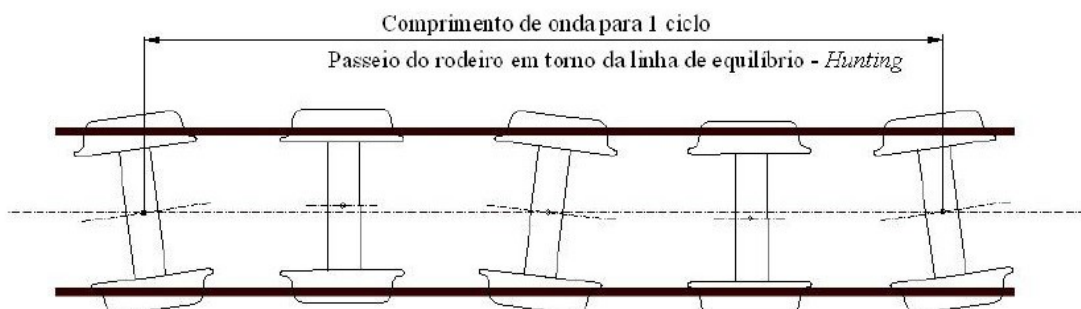


Figura 30 - Instabilidade Lateral do Veículo (Fonte: Almeida (2006) apud Hong 2011)

Tal fenómeno normalmente ocorre em veículos leves e depende de parâmetros de via e do veículo, como por exemplo, a massa do veículo, momento de inércia do rodado, rigidez da suspensão primária, raio de rolamento das rodas, conicidade, bitola da via e rigidez do contacto (Hong 2011).

2.3.3 Classificação dos Acidentes Ferroviários

De acordo com a ABNT NBR 15868, os acidentes podem ser classificados segundo a sua natureza, causa e gravidade.

- **Natureza e Causas**

Quanto a natureza podem ser: descarrilamentos, colisão, choque, atropelamento, entre outros.

As causas podem ser pela operação, via permanente, material circulante, sinalização, falhas humanas (actos de vandalismo e/ou casos fortuitos) e/ou falhas de manutenção, entre outros.

- **Gravidade**

Quanto a gravidade, os acidentes podem ser simples ou graves.

Simple: Quando não resultam em mortes e paralisação do tráfego.

Graves: Quando resultam em morte ou lesão corporal grave que cause incapacidade temporária ou permanente à ocupação habitual de qualquer pessoa, interrupção do tráfego ferroviário, danos ambientais e outros danos de impacto à população atingida.

Alguns acidentes ferroviários são causados por:

- Colisão entre comboios, automóveis (em passagens de nível) e ou edificações (após descarrilamento);
- Incêndio;
- Colapso estrutural de pontes, túneis, via permanente (erosão do solo, deslizamentos de terra etc.);
- Fadiga estrutural de carris, rodas e demais equipamentos;
- Falhas de equipamentos de sinalização;
- Falha humana.

2.3.4 Custos e prejuízos do descarrilamento

Segundo Magalhães (2013), os prejuízos podem variar, na prática, desde custos directos mínimos nas circunstâncias mais simples, até valores substanciais na desobstrução, reparação e reposição das grandes avarias em instalações, equipamentos, veículos, linhas e demais sistemas. Além desses custos directos, a rigor, outros aspectos precisariam ser considerados, por mais intangíveis que pareçam, podendo-se destacar:

- Custos com avaria ou perda de carga, no caso de não haver cobertura de seguro;
- Elevação de franquias ou prémios de seguros, decorrente de grandes descarrilamentos;
- Redução da vida útil de componentes como rolamentos, rodas, motores de tracção, carris, travessas, etc.

Pode-se enquadrar as indemnizações em geral, ou pesadas multas por impactos causados ao meio ambiente, entre outros aspectos relacionados a litígios e demandas judiciais.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

3.1 Abordagem da Investigação

A investigação quanto à abordagem classifica-se em mista, pois apresenta uma abordagem quantitativa, visto que os resultados podem ser quantificados, e qualitativos por preocupar-se, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica da sua ocorrência. A natureza assenta-se em aplicada, pois gera conhecimentos dirigidos para a solução de problemas específicos.

Quanto aos procedimentos classifica-se em bibliográfico, pois é feita partindo do levantamento de referências teóricas já publicadas por meio de livros, artigos científicos, e electrónicos. Documental, pois, baseia-se no tratamento analítico de tabelas estatísticas, relatórios, documentos oficiais e fotografias. Pesquisa de campo por basear-se na colecta de dados junto a pessoas, com recurso a diferentes tipos de pesquisa (pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa participante, etc.).

a. População do Estudo

De acordo com Fortin (1999), uma população é uma colecção de elementos de sujeitos que partilham características comuns.

Face a isto, a população é constituída por superestrutura da via permanente da linha de Ressano Garcia. A escolha desta população baseou-se por esta apresentar um fenómeno preocupante, que é a ocorrência dos Garrotes de via originado pela dilatação do aço com a subida das temperaturas.

3.2 Tipo de pesquisa

Será realizado estudo de caso com abordagem qualitativa. O estudo de caso é um subtipo de pesquisa descritiva, onde se aprofunda sobre uma família ou organização com fins de compreender melhor sobre um dado fenómeno (Fortin, 2003).

Para a realização deste projecto será utilizada a pesquisa aplicada, com a finalidade de dar resposta ao problema de pesquisa, a qual irá tomar em consideração o Estudo de caso onde se irá buscar de forma exaustiva o aprofundamento do assunto no local de estudo. O estudo de caso contribui para compreender melhor os fenómenos individuais, e os processos

organizacionais. É uma ferramenta utilizada para entendermos a forma e os motivos que levam a uma determinada decisão. *Conforme Yin (2001)*, o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de colectas e análise de dados.

Será realizada a pesquisa descritiva com o objectivo de “descrever com exaustão factos e fenómenos de determinada realidade” (Triviños, 1987). Devido a elevadas temperaturas, condições de relevo e elevado fluxo de circulação dos comboios, os carris sofrem desgaste, o que proporciona ao surgimento dos garrotes, facto este que origina descarrilamentos que contribuem na destruição da linha e na perda do material circulante.

3.3 Técnicas/instrumentos para a recolha de dados

Fortin (1999) diz que a recolha de dados, como etapa fundamental de um trabalho de investigação, requer a elaboração de um instrumento apropriado que vá ao encontro dos objectivos inicialmente traçados e às características da população.

Quanto aos instrumentos de recolha de dados para esta pesquisa, destaca-se a observação sistemática e a entrevista semi-estruturada.

A escolha da observação como instrumento de recolha de dados deve-se ao facto de além de ver e ouvir, pode se examinar factos ligados a pesquisa, o que permite a participação real do pesquisador no local da pesquisa e aprofundar mais acerca do problema, proporcionando uma visão ampla acerca do fenómeno.

Relativamente a observação sistemática, *Gil (2008)*, afirma que este instrumento de recolha de dados consiste na descrição precisa dos fenómenos, onde o pesquisador possui a mínima noção dos aspectos significativos que o seu grupo alvo apresenta para alcançar os seus objectivos, e esta ocorre no campo de estudo.

Com a entrevista semi-estruturada para a recolha de dados serão elaborados guiões de entrevista. A escolha destes instrumentos vai facilitar ea unificar a forma de recolha da informação e permitir que os informantes expressem suas opiniões sobre o assunto em estudo.

“E a entrevista semi-estruturada trata-se de um conjunto de questões sistematicamente articuladas, que se destinam a levantar informações escritas por parte do sujeito pesquisado, com vista a conhecer a opinião do mesmo sobre o assunto em estudo” (Silvestre, 2007, p.125).

3.4 Gestão e análise de dados

A fase do tratamento do material leva o pesquisador à teorização sobre os dados, produzindo o confronto entre a abordagem teórica anterior e o que a investigação de campo aponta de singular como contribuição.

Após a colecta de dados, a fase seguinte da pesquisa é a de análise e interpretação. Estes dois processos, apesar de conceitualmente distintos, aparecem sempre estreitamente relacionados:

A análise tem como objectivo organizar e resumir os dados de tal forma que possibilitem o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação tem como objectivo a procura do sentido mais amplo das respostas, o que é feito mediante sua ligação a outros conhecimentos anteriormente obtidos (*Gil, 1999*).

A análise de dados é o processo de formação de sentido além dos dados, e esta formação se dá consolidando, limitando e interpretando o que as pessoas disseram e o que o pesquisador viu e leu, isto é, o processo de formação de significado. A análise dos dados é um processo complexo que envolve retrocessos entre dados pouco concretos e conceitos abstractos, entre raciocínio indutivo e dedutivo, e entre descrição e interpretação. Estes significados ou entendimentos constituem a constatação de um estudo.

3.5 Variáveis de investigação

Em função do papel que uma variável tem numa investigação, é necessário perceber o seu conceito, de acordo com Fortin (2003) variáveis são "Qualidades, propriedades ou características de objectos, de pessoas ou de situações que são estudadas numa investigação". Elas podem ser designadas, em primeiro lugar, como variáveis independentes, variáveis dependentes, variáveis atributo e variáveis estranhas em função do papel que tem numa investigação.

Neste estudo a variável dependente é o Surgimento de Garrotes.

Para *Fortin (2003)*, variável independente é uma variável manipulada pelo investigador com a finalidade de estudar os seus efeitos na variável dependente. As variáveis independentes que podemos observar no estudo são:

- Melhoria dos métodos de manutenção;
- Segurança;
- Disponibilidade e Confiabilidade.

3.6. Disseminação do Estudo

Para a Disseminação dos Resultados da Pesquisa, será entregue o relatório da pesquisa a Universidade Pedagógica de Maputo para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia de Construção Civil com Habilitações de Construções e Manutenção de Vias de Comunicação e para a consulta pela comunidade académica.

CAPÍTULO 4 - CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

4.1 Descrição e localização do trecho em estudo

Os CFM-SUL, são compostos por três linhas que garantem a circulação dos comboios de passageiros e de diversas mercadorias, nas províncias de Maputo e Gaza, cuja manutenção das mesmas é feita por grupos de manutenção, divididos em secções de via ao longo das linhas, e subdivididos em distritos de via e partidos de via.

A linha de Ressano Garcia, tem uma extensão de 88 km e liga o porto de Maputo em Moçambique com a república de África do Sul através de Ressano Garcia, e com a rede TFR em Komatipoort. Ela possui via dupla de Maputo a Matola Gare em 20 km, e a restante parte da linha é em via única, com velocidade máxima de 60 km/h.



Figura 31: Linha de RG e suas estações (Fonte: Cardno IT Transport, 2015)

4.2. Características técnicas do trecho em estudo

A tabela abaixo ilustra as especificações técnicas do trecho em estudo.

Tabela 2 - Especificações Técnicas da linha de RG (Fonte: SVO, 2022).

Especificações	Linha de Ressano Garcia
Extensão (Km)	88km
Tipo de Carris	45 kg/m ASCE, 45 RR 91 e UIC 45 e 54
Tipo de travessas via corrente	Betão Mono Bloco
Tipo de travessas nos AMV	Madeira Especial e Betão
Tipo de juntas	Soldadas
Tipo de isoladores	T0, T6, T11, T14 e T17
Tipo de pregação	Pandrois
Capacidade da linha tons/eixo	20
Velocidade máxima da linha	60 Km/h
Velocidade máxima nos AMV	20km/h para vias secundárias e 30 Km/h para vias principais.

4.3 Organização das áreas de Manutenção

As áreas de manutenção na LRG estão divididas em secções.

Tabela 3 - Resumo do efectivo da linha de RG (Fonte: SVO, 2022).

Efectivo de Manutenção da LRG	
Secções	Número de Efectivo
9ª Secção (Machava - Minério)	84
2ª Secção (Moamba)	107
Total	191

O efectivo de manutenção da linha de Ressano Garcia – Machava, está assim constituído:

Área da soldadura - 43 afectos;

Área de pontes – 24;

Na área administrativa 12; e

Os restantes 112 correspondem aos assentadores de via, capatazes e técnicos de via.

4.4 Precauções

A tabela abaixo ilustra as precauções nas zonas críticas na LRG.

Tabela 4 - Velocidade máxima nas zonas propensas a garrotes (Fonte: SVO, 2022).

Item	Do km	ao km	Velocidade	Observação
1	59+000	61+000	10 km/h	Moamba-Secongene
2	71+000	72+000	10 km/h	Movene - Chanculo
3	80+000	82+000	10 km/h	Incomati-Mussone

4.5 Inspeção ao troço

4.5.1. Elementos gerais

A maior preocupação do modal ferroviário é o melhoramento do seu desempenho, através da redução do tempo de viagem e de escoamento de carga, com incremento de maiores velocidades e boas condições de segurança, o que é condicionado pelo estado da via. Assim sendo, apresenta-se o estado deficiente de alguns elementos na linha em estudo:

- Travessas de madeira em estado de degradação;
- Juntas eclissadas, em alguns (muitos) casos sem parafusos completos;
- Marcas de patinagem nos carris;
- Algumas extensões de linha desprovidas de balastro e soterradas;
- Elementos de fixação corroídos;
- Balastro provida de impurezas ou colmatado;
- Balastro de dimensões irregulares;
- Desenvolvimento da vegetação ao longo da via.

As figuras abaixo, ilustram o estado actual da linha, nos segmentos críticos (Carris, Travessas, Fixações e pontos com garrotes).



Figura 32: Juntas sem parafusos corroídos e incompletos (Fonte: Autor, 2022)



Figura 33: Vista de garrote de via no trecho Movene - Chanculo (Fonte: Autor, 2022) desalinhamento de via



Figura 34: Trabalhos de retificação da linha no trecho Moamba - Secongene (Fonte: Autor, 2022)



Figura 35: Zona estável com circulação normal dos veículos ferroviários, porém com a vegetação (Fonte: Autor, 2022)

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1.1 Actividades realizadas na linha em estudo

De acordo com os planos de manutenção fornecidos pelo SVO, durante os anos 2015 à 2020, foram realizadas as seguintes actividades:

- Substituição das peças de AMV's;
- Conservação da linha;
- Substituição das BLS e travessas;
- Nivelamento, alinhamento e ataque na linha;
- Substituição das talas de junção;
- Repregação;

Abaixo são feitas as demonstrações de planos de actividades e as respectivas execuções.

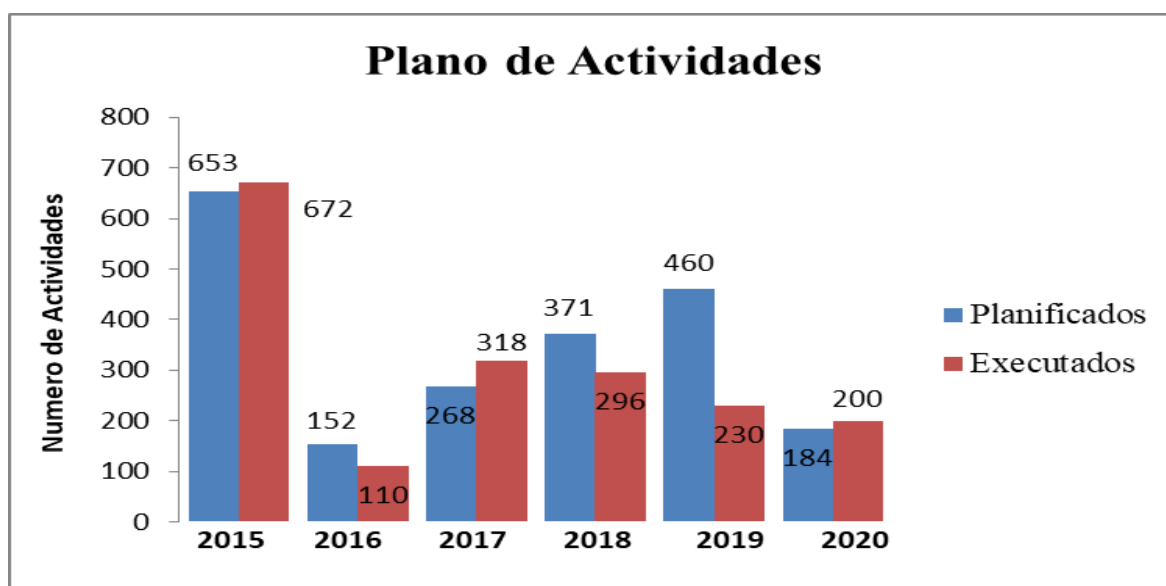


Gráfico 1: Planos de actividade e as respectivas execuções (Fonte: Autor, 2022)

De notar que nos anos 2015, 2017 e 2020, foram executadas actividades acima do planificado, resultado das alterações dos planos, situações pontuais que surgiram durante a realização dos trabalhos, descarrilamentos e acidentes. Nos restantes anos que houve incumprimento dos planos, segundo as entrevistas, foi resultado dos desvios de pessoas para outras actividades pontuais tais como: reposição da linha após descarrilamento, destorcimento de linha na

formação de garrotes e trabalhos de emergência, demora e/ou falta de disponibilidade de material a tempo útil para a realização dos trabalhos.

5.1.2. Planos de Revisão do Material Circulante

De acordo com os planos de manutenção fornecidos pelo DRM, foram registadas as seguintes actividades, conforme ilustrados no gráfico abaixo. (Para mais detalhes vede o anexo I)

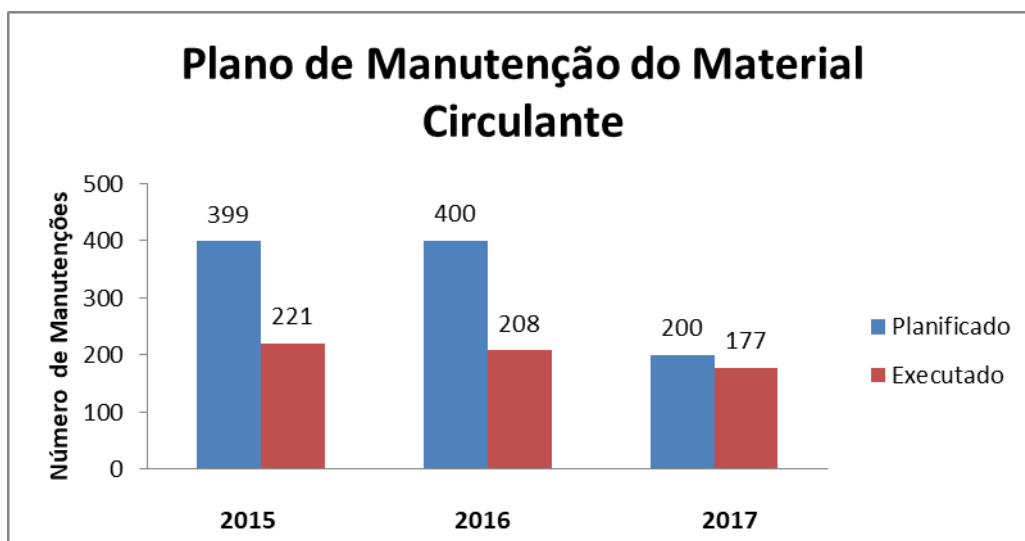


Gráfico 2: Plano de revisão do material circulante (Fonte: Autor 2022)

5.1.3 Fluxo de Cargas na Linha

De acordo com os dados fornecidos pelo STF, durante os anos 2015 à 2017, foram registados os seguintes dados em toneladas para os dois sentidos de circulação. (Vede anexo II).

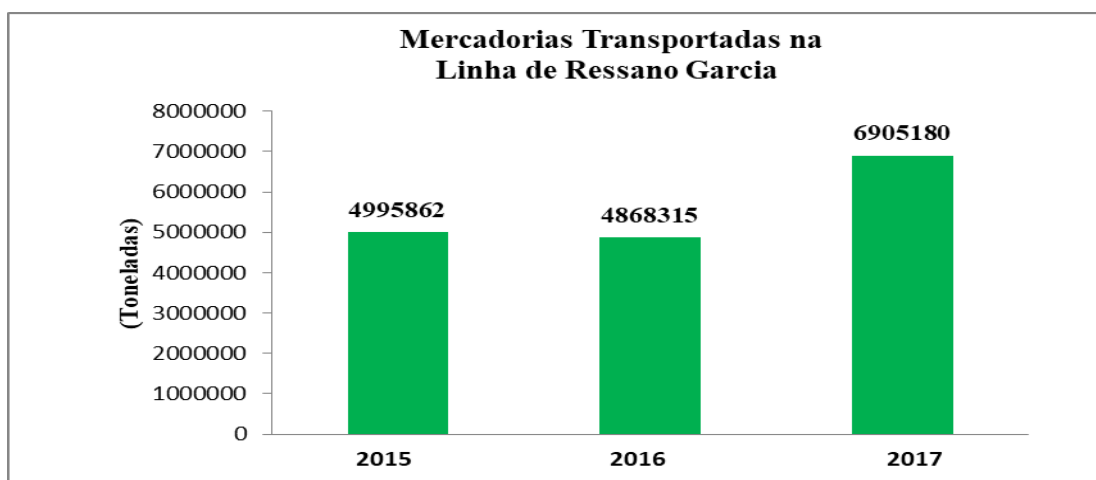


Gráfico 3: Fluxo de carga (Fonte: Autor 2022)

5.1.4 Cargas com maior fluxo

De acordo com os dados fornecido pelo STF, durante os anos 2013 à 2017, foram registadas as seguintes movimentações de cargas. (para mais detalhes vede o anexo II).

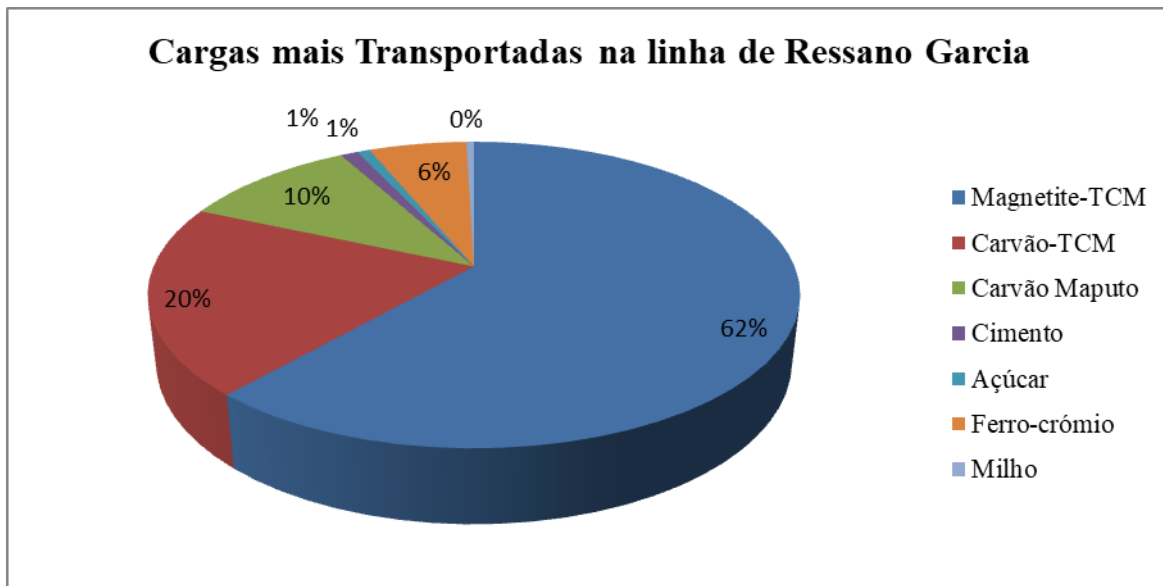


Gráfico 4: Cargas com maior fluxo (Fonte: Autor 2022)

5.1.5 Descarrilamentos

De acordo com os relatórios fornecidos pelos SVO, foram registados durante os anos 2015 à 2020, os seguintes descarrilamentos (para mais detalhes Vede anexo III).

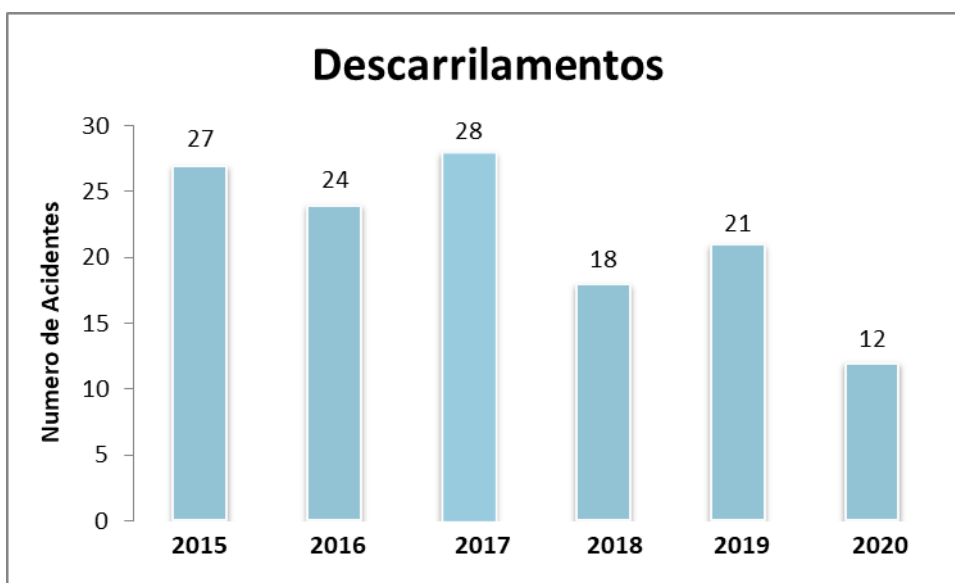


Gráfico 5: Descarrilamentos (Fonte: Autor, 2022)

No ano 2015 os 27 acidentes ferroviários (descarrilamentos) na LRG, 22,22% foram causados por garrotes e 77,78% resultaram de outros. No ano 2016, 16,67% dos acidentes foram originados por garrotes, e

No ano 2017, houve um aumento de 4,76% reactivamente ao ano anterior. No ano 2018 houve um registo de 22,22% dos acidentes causados por garrotes,

Sendo que em 2019, o aumento percentual das causas por garrotes foi de 1,59%.

Relativamente ao ano 2020, 33,33% dos acidentes foram registados na 2ª secção nos troços Moamba – Incomati, e 66,67% tiveram outras causas fora garrotes.

5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Do estudo realizado na linha de Ressano Garcia, e como forma de propor uma solução de melhorias de manutenção da via permanente, com vista a aumentar a segurança na circulação dos comboios, foi notório a existência de vários factores que contribuem para a ocorrência de garrotes tais como:

i) carris com marca de patinagem,

ii) falta de pregação,

iii) insuficiência de balastro, e

vi) falta de isoladores que carecem de melhorias.

De acordo com a pesquisa realizada no ano de 2015, é notório que na Via e Obras foram executados 2,91% acima dos trabalhos programados, em 2016 conseguiu-se executar 88%, em 2017 executaram 18,7% acima dos trabalhos programados, em 2018 conseguiram 79,8% dos trabalhos programados, 2019 conseguiram 50% das actividades programadas e em 2020 executaram 8,7% acima das actividades programadas.

No que tange as Oficinas de Revisão, conseguiu-se no ano de 2015 executar 55,4% dos trabalhos programados,

Em 2016 conseguiu-se executar 52%, e

Em 2017 conseguiu-se 88.5% dos trabalhos programados.

Estes resultados mostram claramente os problemas enfrentados na LRG assim como na malha ferroviária, no que diz respeito ao cumprimento dos planos de manutenção, facto que é originado pela execução dos trabalhos programados e não programados (imprevistos) em paralelo pelas mesmas equipas de manutenção, tais imprevistos são resultados de trabalhos pontuais como acidentes, falta de material, equipamento e efectivo para sua realização.

Importa frisar que, de acordo com os resultados obtidos, pode se concluir que para maior fluxo de carga, há necessidade de um elevado índice de execução dos trabalhos de manutenção tanto no SVO, assim como no SOG, obedecendo-se os critérios de boas práticas, pois em caso de incumprimento, poder-se-á registar maior ocorrência de descarrilamentos por ocorrência de garrotes na via, como ilustrado no gráfico 5.

5.3 Proposta de Melhoramento de Manutenção de Via

5.3.1 Manutenção Produtiva Total

Vários autores abordam sobre a política da Manutenção Produtiva Total (MPT), conhecida nos meios onde é aplicado por TPM (*Total Productive Maintenance*).

Segundo JIPM (2002) apud Moraes (2004, 33),

Esta manutenção consiste em um conjunto de estratégias e procedimentos que visa garantir o pleno funcionamento das máquinas em um processo produtivo, para que a produção não seja interrompida e que não haja perda de qualidade no produto final, a saber:

5.3.1.1 Pilares do MPT

De acordo com JIPM (2002) apud Moraes (2004, 40), 8 pilares sustentam a MPT.

1. **Pilar da Melhoria Focada ou Específica:** utiliza-se o conceito de Manutenção Correctiva que e efectuada apos a ocorrência do garrote na via;
2. **Pilar da Manutenção Autónoma:** baseia-se no treinamento teórico e prático do pessoal da manutenção de via no espírito de trabalho em equipa para a melhoria sem quebra contínua das rotinas de produção e manutenção na ocorrência de garrotes na via;

3. **Manutenção Planejada:** refere-se a manutenção preventiva que é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de ocorrência de garrotes na via, visando a melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade além da redução dos custos de manutenção;
4. **Treinamento e educação:** refere-se a aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes;
5. **Gestão antecipada:** baseia-se nos conceitos de Prevenção da Manutenção onde todo o histórico de manutenções de correctiva de garrotes na via
6. **Manutenção produtiva:** permite garantir uma qualidade de serviços desejados, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão de ocorrência de garrotes na via, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção correctiva;
7. **Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** dependente da actuação dos demais pilares, esse pilar tem o enfoque na melhoria contínua das condições de trabalho e na redução dos riscos de segurança e ambientais;
8. **Melhoria dos processos administrativos:** também conhecido como MPT de escritório, utiliza-se dos conceitos de organização (burocracia) e eliminação de desperdícios nas rotinas administrativas, que de alguma maneira acabam interferindo na eficiência das manutenções de via.

5.3.1.2 Três metas da MPT

De acordo com Slack et al (2008), A MPT visa estabelecer boas práticas de manutenção por meio de cumprimento das “cinco metas da MPT”.

1. **Geometria de via parâmetros de via** Analisar todas os parâmetros de via que concorrem, eficácia das circulações.
2. **Realizar manutenção autónoma:** Delegar ao pessoal da operação (maquinistas e factores) parte das actividades de manutenção nesse caso olheiro da via durante a viagem. Da mesma forma que o pessoal da manutenção deve fazer inspeções da via rotineira principalmente em trechos de fácil ocorrência de garrotes.
3. **Planificar a manutenção:** Todas as actividades de manutenção devem ter uma abordagem elaborada. Isto deve incluir as responsabilidades do pessoal de manutenção e operação, os padrões da manutenção preditiva e o nível de manutenção preventiva de forma a estabelecer os parâmetros de via.

5.3.1.3 Etapas de implantação do sistema MPT

Segundo Moraes (2004), para que haja uma boa implantação deve seguir-se as seguintes etapas:

1. Manifestação ao nível, mas alto da empresa sobre a decisão de introduzir o MPT;
2. Campanha de divulgação e treinamento para introdução do MPT;
3. Estrutura para implantação do MPT;
4. Estabelecimento de directrizes básicas e metas para o MPT;
5. Elaboração do plano director para implantação do MPT;
6. Início do programa de MPT;
7. Melhoria individualizada no rendimento operacional;
8. Estruturação para a manutenção espontânea;
9. Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção de via;
10. Treinamento para melhoria do nível de capacitação da operação e da manutenção;
11. Estruturação do controle da fase inicial de operação;
12. Execução total da MPT e elevação do nível geral.

5.3.2 Resultados esperados

Com a implementação da MPT na linha de Ressano Garcia, espera-se os seguintes resultados:

- Aumento da segurança, confiabilidade, disponibilidade, melhoria do desempenho operacional e qualidade do serviço de transporte;
- Melhoria do trabalho em equipa e redução dos custos de manutenção;
- Redução dos trabalhos não programados (Imprevistos);
- Maior motivação do pessoal envolvido na manutenção.

5.3.3 Ferramentas e passos a usar para prevenção e controlo dos garrotes

- a) **Primeiro Passo:** Parâmetros e definição dos pesos atribuídos para formulação do Check-list

Através de informações extraídas sobre garrote de via, além de parâmetros técnicos e empíricos de via permanente, elaborou-se a tabela 5 composta pelos parâmetros que foram mapeados para construção do check-list de garrote, além do factor de risco (peso) atribuído a cada um dos itens, tais factores foram usados para o cálculo do risco de garrote.

Tabela 5: Parâmetros para formulação do Check-list (Fonte: Autor, 2022)

Parâmetro	Condição	Factor de Risco
Raio de Curva	Até 250 m	9
	De 250 a 500 m	6
	500 m ou mais	3
	Tangente	0
Rampa	3 % ou mais 9	0
	2 a 3 %	6
	1 a 2 %	3
	Menos de 1 %	0
Último alívio de tensão	Menos de 1 ano	-3
	De 1 a 3 anos	3
	Mais de 3 anos	6
Mês da substituição de carril	Maio a Setembro	18
	Outubro a Abril	0
Mês da Soldadura	Maio a Setembro	6
	Outubro a Abril	0
Desalinhamento	Mais de 15 mm	6
	Até 15 mm	0
Deslocamento de travessas	Sim	18
	Não	0
Tipo de Travessas	Madeira	6
	Betão	0
Tipo de Fixação	Rígida	9
	Mista	6
	Elástica	0
Condição da Fixação	Ruim	9
	Boa	0
Balastro no Meio das travessas	Inexistente	0
	Parcial	-3
	Completo	-6

Balastro no topo das travessas	Inexistente	9
	Parcial	6
	Completo	0
Amplitude Máxima da temperatura nos últimos 2 anos	45	18
	Interpolar a Zero	0

b) Segundo Passo: Escolha dos Troços

O estudo foi realizado em toda extensão da linha de Ressano Garcia, com maior foco nos troços do km 59+000 a 61+000 (Moamba-Secongene), 71+000 a 72+000 (Movene - Chanculo) e km 80+000 a 82+000 (incomati-Mussone) totalizando uma extensão de aproximadamente 5 km.

c) Terceiro Passo: Prospecção em campo dos dados

Dentre os parâmetros escolhidos pela equipe de trabalho, há aqueles cujos inputs já existe no sistema de informações dos SVO, contudo, existem parâmetros que tiveram de ser prospectados em campo, onde foram mapeadas características qualitativas da via, tais como:

- Tipo de Travessas (madeira / Betão);
- Tipo de Fixação (Rígida / Elástica / Mista);
- Condição da Fixação (Ruim / Boa);
- Balastro entre Travessas (Completo / Parcial / Inexistente);
- Perfil do Balastro (Completo / Parcial / Inexistente);
- Marca de dilatação de carril (Sim / Não);
- Indício de Garrote / Desalinhamento (Sim / Não).

d) Quarto Passo: Levantamento de dados do sistema.

Para a realização deste trabalho foram usados basicamente 2 tipos de detecção: Prospecção de Travessas e Carril, Ronda a pé e os *inputs* extraídos para qualificação, tais como:

- Mês da última substituição de carril;
- Mês da soldadura;
- Tempo do último alívio de tensão (dias);
- Tempo da última troca de travessas (dias);
- Tempo do último ataque pesado (dias);

- Amplitude térmica máxima nos últimos 2 anos;
- Desalinhamento (mm);
- Raio de curva;
- Inclinação de rampa;
- Geométrico (Bitola, Nivelamento Transversal, Empeno).

e) Quinto Passo: Cálculo do Risco de Garrote

Diante das informações quantitativas e qualitativas (campo/sistema), o último passo, é a classificação dos parâmetros em relação ao factor de risco que ele representa nas condições levantadas. Após a classificação, é realizada a soma dos valores de cada factor de risco atribuído aos parâmetros e, finalmente, é obtido resultado do risco total que (recta ou curva) possui em relação a ocorrência de garrote lateral de carril.

$$R = P_1 \times F_1 + P_2 \times F_2 + \dots + P_n \times F_n$$

Onde:

R = Risco de Garrote

P = Valor do Parâmetro n

F = Factor de Risco (peso) do Parâmetro n.

A partir da análise da tabela abaixo, é possível constatar que da geometria de via (curvas e tangentes) analisados, o menor valor de risco obtido é de 18,2 e o maior de 129,2. A média do risco de garrote é de 61,2 para um desvio padrão de 22,3. O resultado do risco de garrote é classificado como o mais crítico, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6: resultados do cálculo do risco de garrotes (Fonte: Autor, 2022)

ITEM	PARÂMETRO	CONDIÇÃO	FACTOR DE RISCO
1	Raio de curva	229	9
2	Rampa (%)	0	0
3	Tipo de travessas (Madeira/Betão)	M	6
4	Tipo de fixação (Elástica/Rígida/Mista)	R	9

5	Condição Fixação (Bom/Ruim)	R	9
6	Retensor (S/N)	S	9
7	Balastro entre travessas (Completo/Parcial/Inexistente)	I	9
8	Balastro nos topos (Completo/Parcial/Inexistente)	I	9
9	Marcas de dilatação de carril (S/N)	S	18
10	Indícios de garrotes - Desalinhamento (S/N)	S	18
11	Mês da substituição de carris	9	18
12	Mês da soldadura	6	6
13	Tempo do último alívio de tensão	450	3
14	Tempo da última troca de travessas	2223	0
15	Tempo da Último ataque pesado	876	0
16	Amplitude máxima dos últimos 2 anos	23	9
17	Desalinhamento (mm)	16	6
18	TQI Geométrico	689	9
	Risco de garrote (soma)		129

Percebe-se ainda que, pela análise da tabela acima, uma curva classificada como o de maior risco em relação a ocorrência de garrote lateral de carril, atingiu esse patamar muito impulsionado pela condição de indícios de garrote e desalinhamento (carril “Topado” na junta) identificada em campo, além de indícios de patinagem do carril. Isso pode ser explicado substancialmente pela alta taxa de travessas inservível (44 %), pelas condições ruins de fixação, fixação rígida e insuficiência de balastro, o que resulta em uma baixa resistência lateral da grade.

Outro factor relevante, é a ponderação pelo mês de aplicação do carril. As barras longas soldadas (BLS) foram aplicadas em Setembro (fim do período de frio), provavelmente abaixo da faixa de temperatura neutra, resultando em um elevado acúmulo de tensões nos períodos de alta temperatura.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

6.1 Conclusões

De acordo com os objectivos e resultados obtidos do presente trabalho, conclui-se que existe dependência significativa entre a segurança, confiabilidade, disponibilidade e a manutenção da via permanente.

Com base nos planos de manutenção analisados, foi possível a verificação do incumprimento dos mesmos devido à ineficiência da gestão de manutenção, o que acaba comprometendo a qualidade dos serviços prestados pelos CFM.

Com base no gráfico 5, foi possível verificar que as causas mais frequentes dos descarrilamentos estão relacionados com o surgimento dos garrotes de via, causados por elevadas temperaturas, falta de equipamentos e controlo da dilatação térmica do carril, desnivelamento e desalinhamento da via.

De acordo com o modelo de manutenção proposto para melhoria de manutenção da via, prevê-se a redução dos acidentes, falhas e defeitos durante a circulação das composições, garantindo deste modo o aumento da segurança operacional, com o envolvimento de todos colaboradores da empresa.

CAPÍTULO 7 - RECOMENDACÕES

7.1 Recomendações

Considerando que a proposta é da aplicação prática, recomenda-se:

- Montagem dos aparelhos de dilatação térmica nas áreas mais crítica (Zonas rochosas e nas entradas ou saídas das pontes);
- Aquisição de stock dos elementos de fixação.

7.2 Sugestões para futuros trabalhos

Para futuros trabalhos, sugere-se:

- A realização do mesmo estudo em toda malha dos CFM-SUL;
- Analisar a dureza, maleabilidade e resistência dos actuais carris.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRINA, H. L. *Estradas de Ferro vol. 1 – Via permanente. Rio de Janeiro: Contribuição ao ensino da Engenharia de Transporte no campo específico da ferrovia.* Editora UFMG. 1988.
- CACHO, M. *Manutenção e Conservação em Vias-Férreas: O caso da via Alfarelos – Figueira – da - Foz. Tese para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.* Coimbra. 2009.
- CARDNO IT TRANSPORTS. *Feasibility study for the rehabilitation and management of Ressano – Garcia railway line in Mozambique.* Inglaterra. 2015. Tradução Nossa.
- ESTEVES, Luís. *Curso de preparação de técnicos de via: modulo v, aparelho de via.* Maputo. 2013.
- FORTIN, M. *O processo de Investigação: Da Concepção á Realização.* Loures. Lusociência – Edições Técnicas Científicas, Lda. 1999.
- FRANZÃO, Alexandre António. *Análise estatística das ocorrências de acidentes ferroviários na região centro-sudeste paulista, causas e consequências. Trabalho de conclusão de curso apresentado à faculdade de matemática, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em estatística.* Uberlândia, mg. Uberlândia. 2018.
- GUEIRAL, Manuel. *Sinalização e controlo de Tráfego. Curso de especialização em engenharia ferroviária. Instituto Superior de Transportes e Comunicações.* Moçambique: Maputo. 2012.
- HENRIQUES, César de Freitas. *Manutenção de via permanente com foco na produção. Monografia (submetida ao corpo docente do programa de engenharia de transportes do ime – instituto militar de engenharia – como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de especialista em transporte ferroviário de cargas) - Instituto Militar de Engenharia.* Rio de Janeiro. 2006. Acedido em Abril de 2021.
- HONG, William. *Aplicação do método de análise de risco ao estudo do descarrilamento, Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.*

Departamento de Engenharia Mecatrónica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo. 2011.
Acedido em Setembro de 2022.

KARDEC, Alan; Nascif, Júlio. *Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro. qualimark: petrobras. 2009.* Acedido em Novembro de 2022.

KERETCH, Edegar Maurício. *Acidentes ferroviários motivados por desgaste na ponta de agulha do AMV. Campinas: São Paulo. 2017.*

LAKATOS, E. M. e Marconi, M. A. *Fundamentos de metodologia científica. Editora Atlas. São Paulo. 2003.*

LEAL, D. *Gestão da Conservação em Vias-Férreas. Tese para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Coimbra. Coimbra. 2008.*

MIRSHAWKA, V, Olmedo, N, L. *Manutenção combate aos custos da não-eficácia - A vez do Brasil. São Paulo: Makron Books. 1993.*

MOUBRAY, John. *Reliability-Centered Maintenance – RCM II. 2001.* Tradução nossa.

MONCHY, F. *A Função Manutenção - Formação para a Gerência da Manutenção Industrial, São Paulo, Editora Durban Ltda. 1987.*

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. *Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística. Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo curso de Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. ECA da Universidade de Taubaté. 2004.* Acedido em Julho de 2022.

PORTOS E CAMINHOS-DE-FERRO DE MOÇAMBIQUE (CFM). 2018^a. Missão, Visão e objectivos. <http://www.cfm.co.mz/index.php/pt/sobre-o-cfm/os-cfm/organizacao>. Acedido em Julho de 2021.

OTANI, M. Machado, W, V. *A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Vol.4. 2008.*

REGULAMENTO DO SERVIÇO DE VIA E OBRAS. *Direcção dos Portos Caminhos de Ferro e Transportes, Lourenço Marques. 1975*

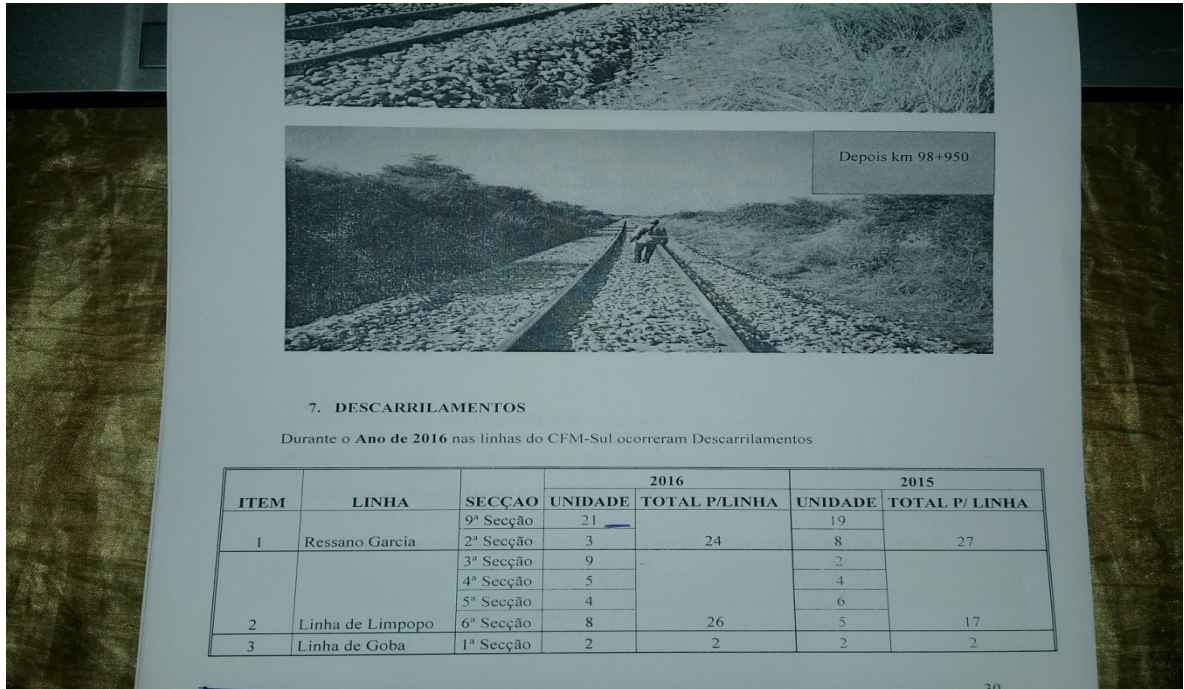
- RODRIGUES, Daniela Dias. *Manutenção e conservação de vias-férreas: análise de casos práticos. Dissertação (apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana)*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. 2012. Acedido em Fevereiro de 2022. http://files.isec.pt/documentos/servicos/biblio/teses/tese_mest_daniela-rodrigues.pdf.
- ROSA, Rodrigo de Alvarenga. *A linha férrea. Curso de especialização em engenharia ferroviária. Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Moçambique*. Maputo. 2012.
- SANTOS, Luís. *Engenharia de Manutenção. Curso de especialização em engenharia ferroviária. Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Moçambique*. Maputo. 2012.
- SLACK, N, Chambers, S, Johnston, R. *Administração da produção*. São Paulo: atlas. 2008.
- VALE. *Manual Técnico da Via Permanente: Revisão*. 2009.
- ZATIONS, Douglas R. *Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em confiabilidade em Uma Planta de Celulose e Papel. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)*. PPGEF, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

981000	B. Baixas	9	981001	3	Carga geral													RL	1		
			981008	4	Carga geral														RL	1	
			981011	5	Carga geral															RL	1
			981013	6	Carga geral															RL	1
			981015	2	Carga geral															RL	1
			981018	1	Carga geral															RL	1
			981019	4	Carga geral															RL	1
			981023	3	Carga geral															RL	1
			981026	2	Carga geral															RL	1
982000	B. Baixas	8	982034	6	Escolta													RL	1		
			982043	2	Carga geral														RL	1	
			982047	2	Carga geral														RL	1	
			982048	5	Escolta															RL	1
			982051	1	Carga geral															RL	1
			982054	1	Carga geral															RL	1
			982055	3	Carga geral															RL	1
			982063	4	Carga geral															RL	1
982300	B. Baixas	8	982304	2	Carga geral													RL	1		
			982313	6	Carga geral														RL	1	
			982315	2	Carga geral															RL	1
			982318	1	Carga geral															RL	1
			982323	3	Carga geral															RL	1
			982324	6	Carga geral															RL	1
			982325	9	Carga geral															RL	1
			982328	8	Carga geral															RL	1
982500	B. Baixas	7	982523	1	Carga geral													RL	1		
			982525	7	Carga geral														RL	1	
			982526	0	Carga geral															RL	1
			982529	9	Carga geral															RL	1
			982534	1	Carga geral															RL	1
			982538	3	Carga geral															RL	1
			982542	2	Carga geral															RL	1
983000	B. Baixas	44	983137	7	Carga geral													RL	1		
			983141	6	Carga geral														RL	1	
			983142	9	Carga geral														RL	1	
			983146	1	Carga geral															RL	1
			983148	7	Carga geral															RL	1
			983151	3	Carga geral															RL	1
			983153	9	Escolta															RL	1
			983156	8	Carga geral															RL	1
			983162	3	Carga geral															RL	1
			983166	5	Carga geral															RL	1
			983169	4	Carga geral															RL	1
			983171	7	Carga geral															RL	1
			983188	5	Carga geral															RL	1
			983205	9	Carga geral															RL	1
			983208	8	Escolta															RL	1
			983209	1	Carga geral															RL	1
			983210	1	Carga geral															RL	1

Anexo II

CFM-SUL					
Tráfego Internacional de Mercadorias da linha de Ressano Garcia (2013-2017)					
Descrição	2013	2014	2015	2016	2017
TOTAL GERAL NOS DOIS SENTIDOS	4,340,771	5,375,345	4,995,862	4,868,315	6,905,180
Tráfego com TCM	3,229,461	4,095,297	3,302,347	3,905,075	4,945,876
Carga geral	1,111,310	1,280,048	1,693,515	963,240	1,959,304
Descendente	4,320,889	5,342,898	4,984,831	4,825,556	6,789,420
Trafego da TCM (Total)	3,229,461	4,095,297	3,302,347	3,905,075	4,945,876
Carvão-TCM	1,192,560	1,153,853	88,971	791,705	1,553,705
Magnetite	2,036,901	2,941,444	3,213,376	3,113,370	3,392,171
Carga geral (Total)	1,091,428	1,247,601	1,682,484	920,481	1,843,544
Açúcar	29,643	50,755	17,615	0	78,921
Gas	531	74	0	0	0
Milho	30,715	32,560	29,215	2,400	2,153
Cimento	54,272	42,124	8,414	62,052	78,812
Carvão-Maputo	722,372	528,963	742,662	137,246	353,919
Magnetite- Maputo	0	3,507	39,005	0	288,043
Ferro cromo	43,970	141,474	200,722	380,065	657,727
Contentores	74,927	216,591	101,784	38,434	37,874
Klinker	0	1,496	0	0	0
Fosfato	129,100	225,697	542,783	273,706	326,021
Trigo	2,262	0	0	0	2,901
Manganês	2,959	4,360	284	22,342	14,758
Amónia	677	0	0	0	0
Viaturas	0	0	0	4,236	2415
Ascendente	19,882	32,447	11,031	42,759	115,760
Carga geral (Total)	19,882	32,447	11,031	42,759	115,760
Bagaço	0	0	600	0	0
Combustível	0	0	1,297	1,324	20,579
Jet	0	0	0	1,594	78,755
Paletes	850	1,900	90	215	345
Contentores	8,022	23,558	9,044	7,876	5,828
Melaço	11,010	6,989	0	0	0
Trigo	0	0	0	2,018	0
Milho	0	0	0	29,732	10,253

Anexo III



MATRIZ DE REGISTO DE DESCARRILAMENTOS DP 1ª Linha - Excel Product Activation File...

Data de ocorrência	Hora de Ocorrência	Nº de Comboio	Tipo de Comboio	Natureza do Acidente	Causa do Acidente	Local				
						Linha	Estação	Troço	Locomotiva	Vagões
22.09.2020	6:30	184	Mercadoria	Descarrilamento		Linha de Ressano Garcia	Moamba	AMV nº 06	701, 711, 712	12
23.03.2020	10:55	186	Mercadoria	Descarrilamento	defeito de via	Linha de Ressano Garcia		km 52+400 ao km 51+900	702/714	Nº 60596430
04.04.2020	1:05		Mercadoria	Descarrilamento	Defeito de material circulante		Machava-Mineiro		2+985 km	
28.10.2020	19:35			Descarrilamento						
16.08.2020	9:35	1301	Mercadoria	Descarrilamento	Defeito do material circulante	Linha 500	Cais do Minerio			
22.06.2020	10:05	019	Comboio de Via	Descarrilamento	Fractura de Carril	Desvio 119	Machava		Locomotiva	19 Vagões
22.06.2020	05:00	181	Mercadoria	Descarrilamento	Fractura de Carril	Descendente Minerio			D 69	Nº 9830501
17.11.2020	11:30	029	Comboio de Via	Descarrilamento	Defeito de Via	S Agulha 27	Machava		D-711	
28.02.2020	12:00	186	Mercadoria	Descarrilamento	Defeito da Via	Linha 500	Matola	AMV		
02.02.2020	12:10		Mercadoria	Descarrilamento		Desvio 34 Cimentos de Moçambique	Matola			Nº 9702493, 9704653
12.01.2020	13:00		Mercadoria	Descarrilamento	Defeito de Via (bitola)	Desvio 34 Cimentos de Moçambique	Matola		D-606	
06.01.2020	11:45	244	Mercadoria	Descarrilamento	Vagão Mai estivado	Linhas 13 e 14	Machava	AMV	D-301	9701944