UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS TOLEDO DE AGUIAR

INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE NO PROCESSO DE DIRECIONAMENTO DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

LUCAS TOLEDO DE AGUIAR

INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE NO PROCESSO DE DIRECIONAMENTO DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: DSc, Marcos Martins Borges

LUCAS TOLEDO DE AGUIAR

INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE: UM FATOR DETERMINANTE NO PROCESSO DE DIRECIONAMENTO DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em dia de mês de ano.

DSc, Marcos Martins Borges Universidade Federal de Juiz de Fora MSc, Vitor Mainenti Leal Lopes Universidade Federal de Juiz de Fora

BANCA EXAMINADORA

Anderson de Oliveira Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Eveline e Adilson, pela torcida e pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À minha namorada Isis, pelo carinho, dedicação e companheirismo demonstrados em todos esses anos, sem os quais não teria conseguido.

À minha tia Neli, pela força e pelo suporte incessante, nos momentos mais delicados e difíceis dessa trajetória.

Aos velhos amigos, Lima, Roberto e Renhe, por todos os momentos que vivemos antes e durante a faculdade, e que certamente ainda viveremos.

Aos novos amigos, Giuseppe e Thiago, por terem compartilhado os melhores e os piores momentos no decorrer do curso e por se mostrarem companheiros para a vida inteira.

À minha madrinha Eriméa, pelas orações e pelo acompanhamento desde os primeiros passos até aqui.

À minha prima Luciana, por se mostrar uma segunda mãe em diversos momentos.

Á Fabiana, pelos ensinamentos dedicados e pela oportunidade oferecida.

Ao Alexandro, pela confiança demonstrada e pela compreensão nessa fase final.

RESUMO

O trabalho em questão vai mostrar o processo de direcionamento das manutenções ferroviárias como fator determinante do aumento de produtividade no transporte de cargas, através da determinação dos locais críticos para manutenção. Analisando as inspeções realizadas na modalidade de transporte e comparando-as com as definições teóricas, visa-se comprovar a importância da superestrutura ferroviária no que diz respeito à segurança e propor soluções que garantam a disponibilidade da linha férrea. Com intuito de reduzir os impactos causados pela baixa confiabilidade da via permanente, por razões de desgastes naturais e fadiga, o estudo vai mostrar a importância da manutenção no processo de operação ferroviária. De maneira integrada, a análise dos defeitos causados na linha férrea e a realização dos processos de correção são fatores determinantes para um processo logístico de qualidade, com baixo índice de intervenção para manutenção e alta produtividade. De acordo com as características de cada trecho ferroviário é possível analisar os efeitos causados pelo alto volume de circulação de trens e, através dos processos de manutenção integrada, garantir que as condições sejam seguras e eficientes. Contudo, a garantia da alta disponibilidade da via permanente para utilização da operação ferroviária está ligada diretamente à qualidade da manutenção realizada na malha ferroviária.

Palavras-chave: manutenção, inspeção, disponibilidade.

ABSTRACT

The objective of this project is to show the maintenance directing process of railway as a determinant of productivity increase in cargo transportation by determining the critical locations for maintenance. Analyzing the inspections performed in the transportation mode and comparing them with theoretical definitions, aims to testify the importance of the railway superstructure related to safety, and propose solutions to ensure the availability of railway line. In order to reduce the impacts caused by low reliability of the permanent way, for reasons of natural wear and fatigue, the project will show the importance of maintaining the railway operations process. In an integrated way, the analysis of defects caused on railroad and the achievement of correction processes are crucial for quality in a logistics process, with low rates of intervention for maintenance and high productivity. According to the characteristics of each railway section we can analyze the effects caused by high volume of trains and through the processes of integrated maintenance, ensure safe and effective conditions. However, the garantee of high availability of the permanent railway operation is linked directly to the quality of maintenance performed on the railroad.

Keywords: maintenance, inspection, availability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos da via permanente	19
Figura 2 – Dimensões de dormentes de madeira	21
Figura 3 – Dormente de concreto armado	21
Figura 4 – Dormente bi-bloco	21
Figura 5 – Dormente monobloco de concreto protendido	22
Figura 6 – Perfil Vignole	23
Figura 7 – Traçado da linha em planta	24
Figura 8 – Bitola	25
Figura 9 – Superelevação	26
Figura 10 – Superelevação teórica (modelo esquemático)	27
Figura 11 – Carro controle (TrackSTAR)	29
Figura 12 – Equipamento Laserail.	30
Figura 13 – Perfil do Trilho	30
Figura 14 – Bitola aberta sem carga	31
Figura 15 – Bitola fechada sem carga	32
Figura 16 – Variação de bitola	32
Figura 17 – Desalinhamento em tangente	33
Figura 18 – Desnivelamento longitudinal	34
Figura 19 – Desnivelamento transversal (Superelevação)	34
Figura 20 – Desnivelamento transversal (Empeno)	35
Figura 21 – Perda de área do boleto (head loss)	35
Figura 22 – Ângulo de face do boleto (GFA)	36
Figura 23 – Mapa ferroviário da região sudeste	39
Figura 24 – Bitola aberta s/ carga (mm) X Tempo (mês)	48
Figura 25 – Empeno (mm) X Tempo (mês)	49
Figura 26 – Desgaste de Trilhos (% head loss) x Tempo (mês)	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relatório de Exceções (31ª Inspeção)	40
Quadro 2 – Média de bitola aberta s/ carga	42
Quadro 3 – Média de bitola aberta carregada	42
Quadro 4 – Média de empeno	44
Quadro 5 – Média de superelevação	44
Quadro 6 – Média de desgaste dos trilhos (lado direito)	45
Quadro 7 – Média de desgaste dos trilhos (lado esquerdo)	46
Ouadro 8 – Média de desgaste dos trilhos (MARSTINS COSTA – MORSING)	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Dormentes	22
Tabala 1 - Limites de Ditale e Commettie	27
Tabela 1 – Limites de Bitola e Geometria	3/
Tabela 2 – Limites de Desgaste de Trilhos	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

FRA – Federal Railroad Association

GFA – Gauge Face Angle

GRMS – Gauge Restraint Measurement System

NBR – Normas Brasileiras

PPCM – Planejamento, Programação e Controle de Manutenção

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2		
1.3		
1.4	FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES	15
1.5		
1.6		
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	
2.	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	MALHA FERROVIÁRIA	17
2.2	SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA	18
2.2.	.1 Sublastro	18
2.2.	.2 LASTRO	19
2.2.	.3 Dormentes	19
2.2.	.4 Trilhos	22
2.3	GEOMETRIA DE VIA PERMANENTE	23
2.3.	.1 TANGENTES E CURVAS	23
2.3.	.2 Bitola	24
2.3.	.3 Superelevação	24
3.	DIRECIONAMENTO DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA	28
3.1	EQUIPAMENTO DE INSPEÇÃO	28
3.2	PARÂMETROS DE MEDIÇÃO	30
3.2.	.1 Parâmetros de Bitola	30
3.2.	.2 PARÂMETROS DE GEOMETRIA	32
3.2.	.3 PARÂMETROS DE DESGASTE DE TRILHOS	34
3.2.	.4 LIMITES DE TOLERÂNCIA DOS PARÂMETROS	35
3.3	COLETA DE DADOS	36
3.3.	.1 Inspeção de via permanente	37

3.3.2	CASO PRÁTICO	38
3.4	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	40
3.4.1	Análise de Bitola	40
3.4.2	Análise de Geometria	42
3.4.3	Análise de desgaste dos trilhos	44
4. I	RESULTADOS	47
4.1	RESULTADOS ALCANÇADOS	47
5. (CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REF	TERÊNCIAS	51
ANE	EXO 1 – TERMO DE AUTENTICIDADE	53

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O mundo dispõe de diversos meios de transporte. Os mais utilizados são o rodoviário, o ferroviário, o aéreo, o fluvial e o marítimo. A viabilidade de utilização dessas diversas modalidades depende das características e exigências do material a ser transportado, da distância a ser percorrida, do tempo máximo em que este material suporta manter-se em trânsito e outros fatores.

O transporte ferroviário, modalidade de transporte abordada nesse estudo, deu seus primeiros passos quando em 1803, o engenheiro inglês Richard Trevithick construiu um veículo a vapor similar a uma locomotiva, que pesava 5 toneladas e atingia uma velocidade de 5 km/h. Porém, o verdadeiro criador da tração a vapor em estrada de ferro foi o também engenheiro inglês George Stephenson, que compreendeu o princípio de aderência de rodas lisas sobre uma superfície também lisa, os trilhos de ferro.

A partir de 1840, houve uma expansão explosiva da construção ferroviária na Inglaterra, fundamental para o crescimento tecnológico que consolidou esse país como potência econômica mundial. A distribuição de mercadorias foi facilitada, pois os trens transportavam cargas pesadas a longas distâncias e por fretes reduzidos, já que possuíam uma capacidade de carga maior do que as existentes até então.

O sucesso dessa modalidade na Inglaterra despertou o interesse do governo imperial brasileiro, que a partir de então passou a incentivar a construção de ferrovias por todo o país. E foi no período entre as duas grandes guerras mundiais que ocorreu o desenvolvimento da tração a diesel, prenunciando-se a substituição da locomotiva a vapor.

A expansão do capitalismo iniciada nesse período mantém sua força até os dias atuais, exigindo cada vez mais dessa modalidade de transporte. Com a eminente retomada de crescimento do mercado brasileiro pós crise, surge a necessidade se transportar grandes volumes de cargas com maior eficiência. Um fator determinante dessa eficiência é qualidade da linha através da qual se está circulando, já que esta, entre outros fatores, determina a velocidade máxima autorizada para a circulação das composições ferroviárias. E a partir dessa premissa introduz-se um estudo sobre o processo de direcionamento das manutenções em via permanente que garante a condição geométrica ideal, realizado pelas equipes de manutenção da MRS Logística SA.

1.2 JUSTIFICATIVA

O alto custo de manutenção de estruturas ferroviárias é um fator que limita os investimentos aplicados nesse processo, podendo ser considerada inviável no curto prazo a substituição integral de componentes dessa estrutura. Porém através da determinação dos locais críticos e possível priorizar trechos onde o desgaste e as condições adversas se apresentem de maneira mais severa.

Para que as condições seguras de circulação sejam mantidas e que não seja necessário reduzir a velocidade máxima autorizada, é preciso que os processos de manutenção sejam realizados de maneira eficiente e de acordo com as determinações prévias.

Esse estudo se baseou na análise de trechos específicos da MRS Logística S.A e na determinação do locais para a realização desses procedimentos de manutenção, como forma de garantir que a linha esteja sempre em bom estado e que o ciclo produtivo da empresa seja cada vez mais eficiente.

Assim sendo é possível reduzir de forma significativa os custos com manutenção de via permanente, além de prever tendências para a realização de futuras intervenções.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta teoricamente conceitos relacionados a estrutura das linhas férreas existentes no Brasil, em especial no trecho sob concessão da MRS Logística SA, que liga os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Por esses estados escoam grande parte da produção de mineiro extraído no país, além de produtos siderúrgicos e componentes agrícolas. Dado o alto volume transportado por essa empresa e as projeções de crescimento para os próximos anos, surge a necessidade de realização de procedimentos de manutenção, cada vez mais eficazes, que além de manterem as especificações técnicas dos ativos envolvidos, aparecem como forma de garantir a eficiência do transporte. Realizando um estudo nos pontos considerados chaves, por essa companhia, foi possível inferir o real papel dos procedimentos de manutenção no macro-processo de logística ferroviária.

1.4 FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

A determinação dos locais críticos para a manutenção, através da análise das inspeções realizadas no trecho, garante a disponibilidade da malha ferroviária?

- Garante de maneira expressiva, pois evita interdições desnecessárias e melhora a confiabilidade da via permanente.
- Não garante total disponibilidade, pois eventuais falhas poderão ocorrer dependendo da qualidade dos serviços realizados.

Baseado em dados históricos, coletados durantes as inspeções na via permanente, é possível mapear e determinar os locais que necessitam de intervenção em diversos períodos, desde prazos menores, no curto prazo, até grandes previsões, no longo prazo.

1.5 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

Pretende-se com esse estudo determinar a importância do direcionamento dos serviços de manutenção para o aumento da produtividade do transporte de cargas da MRS Logística S.A. Para isso serão abordados os principais aspectos relacionados à geometria de superestrutura ferroviária e manutenção de via permanente, a fim de se definir os principais parâmetros que influenciam direta ou indiretamente na circulação das composições ferroviárias.

1.6 ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO

O presente estudo foi baseado no Manual de Normas e Instruções de Via Permanente da Rede Ferroviária Federal e nos manuais da FRA (Federal Railroad Administration) que definem os principais aspectos técnicos a serem levados em consideração na estruturação ou reestruturação dos módulos de via permanente. Foram apresentados os principais componentes ferroviários que estão diretamente relacionados aos procedimentos em questão, para alinhamento dos termos e conhecimento geral do processo. Após serem apresentados os principais processos de detecção de defeitos de cunho geométrico e os procedimentos para tratamento desses defeitos, foram coletados dados amostrais dos equipamentos para comprovação da eficiência do procedimento. Isso foi feito através da análise dos dados gerados em inspeções ferroviárias em comparação com os parâmetros pré-estabelecidos. O

trecho especificado foi percorrido pelo equipamento de inspeção para que os dados fossem coletados e posteriormente trabalhados.

O foco do estudo foi dado em trechos específicos da malha ferroviária pertencente a Rede Ferroviária Federal sob concessão por tempo determinado da MRS Logística S.A. Esta malha possui aproximadamente 1700 km de extensão e se estende por três estados distintos, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Para fins de análise dos procedimentos de inspeção da via permanente foram selecionados os trechos considerados críticos para tal requisito além dos potenciais trechos definidos pela base histórica. Esses trechos estão localizados principalmente no estado do Rio de Janeiro, onde se encontra o trecho da malha ferroviária denominado Serra do Mar.

Na montagem final do relatório foram abordados temas ferroviários de maneira geral, além do tema direcionamento da manutenção de forma específica, fazendo a análise dos materiais utilizados no processo e da eficiência que este proporciona, comparando-o com o modelo prático e destacando os benefícios produtivos que ele pode gerar.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo conta com a descrição do trabalho em linhas gerais, de modo a explicitar o assunto e dimensiona-lo no tempo e no espaço. Com as considerações iniciais sobre o tema e o objetivo, é possível definir os principais aspectos do estudo, que são seguidos pelas justificativas e o escopo do trabalho. Com a definição da metodologia é possível determinar os passos a serem seguidos, além de como buscar respostas para comprovação das hipóteses.

No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica, que baseada em publicações acerca do tema, expõe os mais diversos tipos de literaturas relacionadas ao conteúdo. De maneira específica, os aspectos e características das ferrovias brasileiras além dos conhecimentos já publicados sobre geometria de via permanente.

O desenvolvimento do assunto foi realizado no terceiro capítulo para que no quarto fossem apresentados os resultados e que no quinto e último fosse possível discutir sobre as conclusões alcançadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MALHA FERROVIÁRIA

De acordo com o site do Departamento de Infra-Estrutura de Transporte (DNIT, 2008) o volume de investimentos federais em malhas ferroviárias foi reduzido drasticamente entre os anos de 1980 e 1992, o que comprova o fato de as ferrovias atuais não suportarem o volume de carga proposto para o transporte. Na tentativa de recuperar o tempo perdido, foram investidos 9,5 bilhões de reais na malha ferroviária brasileira entre 1997 e 2005, sendo 3,1 bilhões de reais apenas no último ano (CASTRO, 2010).

Nesses investimentos estão incluídos os procedimentos de manutenção que garantem a segurança, a eficiência e confiabilidade da via permanente. Com o aumento da confiabilidade do módulo de via permanente, é possível elevar a velocidade máxima permitida por trecho, melhorando os fluxos de produção que escoam pela malha ferroviária. Além disso, esses procedimentos visam garantir um menor desgaste dos demais componentes envolvidos no processo, como trilhos e rodeiros. Através da realização de manutenção preventiva é possível garantir um aumento significativo na eficiência do transporte. Segundo Machado (2006), os defeitos de geometria em trilhos são considerados como um dois maiores problemas em superestrutura ferroviária e por isso devem ser tratados de maneira correta.

"O monitoramento dos parâmetros da geometria da via exige, antes de tudo, que se conheça a realidade do trecho estudado e todas as suas peculiaridades. A partir daí pode-se definir uma análise correta da qualidade dos componentes da superestrutura e da própria condição dos parâmetros geométricos. Cada um destes fatores está relacionado a um valor de tolerância definido de acordo com o trecho em questão de modo a garantir a qualidade da circulação, melhorar o planejamento da manutenção, diagnosticar o nível de degradação da via e dimensionar os serviços de correção geométrica dos trechos mais críticos." (SILVA, 2006)

Com a finalidade de garantir um procedimento adequado, é preciso conhecer os parâmetros de geometria da via permanente e os processos relacionados à manutenção de superestrutura ferroviária. Alguns desses parâmetros são: concordância em planta com curva de transição; superelevação e velocidade limite em curvas; raio mínimo; sobrecarga em curvas; superlargura; concordância vertical (AMARAL, 1957).

2.2 SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA

O apoio e a superfície de rolamento para os veículos ferroviários são compostos basicamente por três elementos, o lastro, os dormentes e os trilhos, que em conjunto formam a via permanente. Constituída pela via permanente, a superestrutura ferroviária está sujeita a ação de desgaste das rodas dos veículos e do meio envolvido (intempéries). Quando esse desgaste ultrapassa níveis de tolerância exigidos para manutenção da segurança do transporte, a superestrutura pode ser reparada ou até substituída (BRINA, 1979).

Além dos três elementos citados, o sublastro, mesmo estando intimamente ligado às camadas finais da infra-estrutura, pode ser incluído como parte da superestrutura.

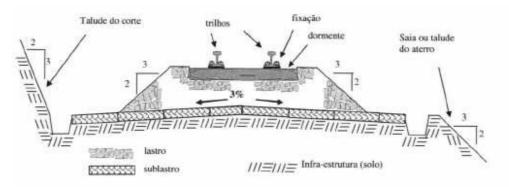


Figura 1 – Elementos da via permanente Fonte: Magalhães, 2007 (Adaptado)

A cerca dos elementos acima citados, é possível destacar algumas características, finalidades e importâncias de cada um deles.

2.2.1 Sublastro

Para Paiva (1999), o sublastro é empregado para evitar a penetração do lastro no solo e a contaminação deste por material decorrente do leito. Além disso, desempenha função importante quando as condições de tráfego forem muito severas ou quando a altura do lastro superar 40 centímetros, já que, por razões econômicas é mais viável utilizar o sublastro do que estender o lastro.

2.2.2 Lastro

Já o lastro, é o elemento da superestrutura ferroviária situado entre os dormentes e o sublastro, e pode ser composto por diversos materiais, tais quais terra, areia, cascalho, escórias e pedra britada. Este último material é o mais usado na composição dos lastros atuais, devido a sua resistência e principalmente a sua permeabilidade, que propicia o fácil nivelamento da linha através da socaria de lastro. Sua principal função é distribuir convenientemente sobre a plataforma (sublastro), os esforços resultantes das cargas dos veículos que ali trafegam, além de facilitar a drenagem da superestrutura (BRINA, 1979).

Uma característica fundamental do lastro, a qualidade. Atualmente as empresas ferroviárias possuem normas bem claras quanto às especificações técnicas do lastro empregado em sua malha, porém tais normas relacionam o lastro empregado às condições de suporte da via, assim como é citado por diversos autores que correlacionam a altura de lastro com a pressão máxima admissível no subleito ferroviário (MACÊDO, 2009).

2.2.3 Dormentes

Os dormentes por sua vez, servem como suporte para os trilhos além de permitirem sua fixação, de modo em que a distância entre os trilhos (bitola) seja invariável. Sua principal função, porém, é receber e transmitir ao lastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos. Para cumprir essa função é necessário que os dormentes possuam algumas características indispensáveis, como durabilidade, dimensões ideais para o apoio dos trilhos, facilidade de manuseio em caso de desnivelamento e rigidez que permita alguma elasticidade. Além disso, os dormentes devem garantir a estabilidade vertical, horizontal e longitudinal da via, amortecendo parcialmente as vibrações a que a superestrutura é submetida (PORTO, 2004).

Os principais tipos de dormentes são: madeira, aço e concreto, sendo o de madeira o de maior utilização no sistema ferroviário brasileiro. Alguns dormentes de plásticos estão sendo testados, mas ainda não possuem uma representação expressiva.

Os dormentes de madeira são mais resistentes quanto maior for a densidade da madeira utilizada, porém o custo desse material também é maior. As madeiras de lei mais utilizadas na fabricação de dormentes no Brasil são a aroeira, o ipê e o angico, que possuem grande durabilidade (15 a 20 anos) e resistência. O pinho e o eucalipto também são utilizados,

apesar de terem sua durabilidade reduzida quando comparados aos primeiros. Em ambos os casos é necessário realizar um tratamento químico nos dormentes, que estende sua vida útil diminuindo a suscetibilidade ao apodrecimento, mesmo que este fato não atue diretamente no aumento de sua resistência. O dimensionamento dos dormentes é dado de acordo com a distância entre os trilhos (bitola)

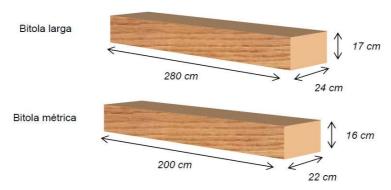


Figura 2 – Dimensões de dormentes de madeira Fonte: Porto, 2004

Após a segunda guerra mundial, passou a ser empregado o uso de dormentes de concreto armado, monobloco, não protendido, porém esse rapidamente começou a apresentar fissuras próximas a seção central do dormente, com é ilustrado na figura a seguir:

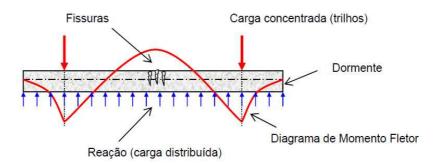


Figura 3 – Dormente de concreto armado Fonte: Porto, 2004

Atualmente, os dois tipos de dormentes de concreto usados são os bi-blocos e os protendidos monoblocos, que apesar de terem uma resistência controlada, já que são feitos exclusivamente para cada local, perdem nos demais quesitos quando comparados aos de madeira.

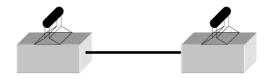


Figura 4 – Dormente Bi-bloco Fonte: Porto, 2004



Figura 5 – Dormente monobloco de concreto protendido Fonte: Porto, 2004

Por fim, os dormentes de aço consistem basicamente em uma chapa laminada, em forma de U invertido, curvada em suas extremidades a fim de formar garras que se afundam no lastro e se opõem ao deslocamento transversal da via. Por ser bom condutor de eletricidade apresenta o inconveniente de dificultar o isolamento de uma fila de trilhos em relação a outra, fechando o circuito e atrapalhando a sinalização proveniente dos dados gerados na via.

A título de comparação, a tabela a seguir mostra algumas vantagens e desvantagens de cada tipo de dormente:

Tabela 1 – Tipos de Dormentes

Tipo	Vantagens	Desvantagens
	Menor massa – Fácil manuseio	Baixa vida útil
M., J.;	Bom isolante	Ataque de fungos e insetos
Madeira	Fixação simples	Tratamento exige estoque
	Baixo nível de ruído	Oferta reduzida
	Maior massa - Resistente a esforços	Difícil manuseio
Concret	Manutenção da bitola	Frágil em descarrilamentos
0	Isolante	Substituição onerosa
	Alta vida útil	Vulnerável a altas solicitações
	Manutenção da bitola	Massa reduzida - Falta de inércia
Aço	Recondicionável	Alto nível de ruído
	Resistente a altas solicitações	Não isolante

Fonte: Porto, 2004 (Adaptado)

2.2.4 Trilhos

Com o desenvolvimento da tecnologia do aço, o trilho, elemento da superestrutura que constitui a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários, vem sofrendo grandes avanços. Com isso, se torna cada vez mais importante, visto que compõe um dos elementos que determinam os fluxos de produção suportados por cada trecho de linha férrea existentes no país.

Para Macêdo (2009), o trilho é tecnicamente o principal elemento da superestrutura ferroviária, já que é responsável por guiar os veículos ao longo da via permanente e detém o maior custo absoluto dentre todos os elementos. É composto por dois perfis metálicos paralelos que são fixados aos dormentes através de acessórios especiais, além de possuir um perfil que pode ser dividido ilustrativamente em três partes distintas, o boleto, a alma e o patim. A forma e o comprimento dos trilhos evoluíram gradativamente, de acordo com as necessidades de transporte que também aumentaram com o tempo. Nos dias de hoje o perfil básico utilizado em trilhos ferroviários é do tipo *Vignole*, definido pela NBR 7590, apresentado na ilustração s seguir:

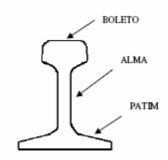


Figura 6 – Perfil Vignole Fonte: Macêdo, 2009

A geometria do perfil Vignole favorece a resistência à flexão. Um maior momento de inércia indica que a geometria da seção concentra a maior parte da massa do trilho nos pontos onde as tensões normais são maiores, otimizando o uso do material. O boleto deve ser "massudo" para que o desgaste não afete o momento de inércia da seção. A alma por sua vez deve possuir altura suficiente para resistir à flexão, entretanto é necessário conservar a espessura mínima capaz de garantir adequada resistência e rigidez transversal. Por fim, o patim não deve ser muito fino, garantindo dessa forma que a alma continue perpendicular ao dormente durante as solicitações transversais (PORTO, 2004).

2.3 GEOMETRIA DE VIA PERMANENTE

Numa visão objetiva, a geometria da linha férrea é a posição que cada fila do trilho ocupa no espaço. O perfil altimétrico da via é formado por sucessivas inclinações no sentido longitudinal da via suas respectivas concordâncias verticais. Já o perfil planimétrico é aquele formado pelas variações de ambas as filas no sentido transversal (MAGALHÃES, 2007).

O monitoramento dos parâmetros geométricos de via permanente, exige, primeiramente, que se conheçam esses parâmetros. A seguir, são apresentados em maiores detalhes cada um deles.

2.3.1 Tangentes e Curvas

Para Silva (2006), tangentes são segmentos de reta que unem duas curvas, tangenciando-as em projeção horizontal. Elas são consideradas fatores críticos no que diz respeito ao traçado da linha que formam, visto que sua variação anormal pode causar prejuízos maiores.

As curvas, por sua vez, são grandes responsáveis pelas restrições impostas à circulação de trens, dadas suas características geométricas e os efeitos físicos gerados pela passagem de composições. As ferrovias têm exigências mais severas quanto às características das curvas do que as rodovias, dada a solidariedade rodas-eixo, a aderência nas rampas e o paralelismo dos eixos, que impõe a necessidade de raios mínimos maiores do que os raios encontrados em rodovias (PORTO, 2004).

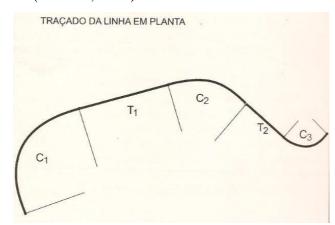


Figura 7 – Traçado da linha em planta Fonte: Magalhães, 2007

2.3.2 Bitola

Por definição, bitola é a menor distância interna entre os boletos das duas filas do trilho. Segundo Brina (1979), na Conferência Internacional de Berna, em 1907, foi oficialmente adotada como "bitola internacional" a distância de 1,435 m. Porém, hoje em dia, existem vários tamanhos de bitola pelas ferrovias do mundo inteiro, sendo predominante no Brasil as bitolas chamadas "largas" 1,60 m e as bitolas "métricas" 1,00 m. Isso depende se a ferrovia opera com rodas do padrão norte americano, onde a bitola deve ser larga, ou se opera com rodas do padrão espanhol, onde a bitola será métrica.

Para que a linha se mantenha segura é necessária a manutenção da distância entre os trilhos, que, de acordo com cada caso, possui limites mínimos e máximos de comprimento.

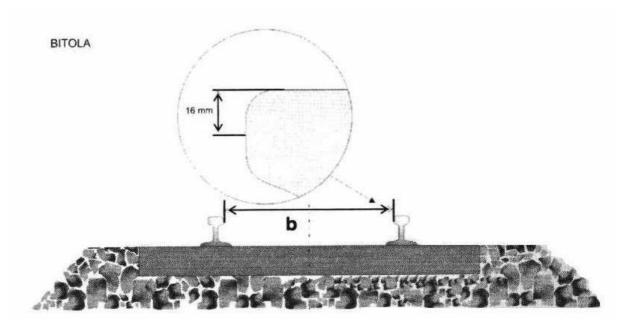


Figura 8 – Bitola Fonte: Magalhães, 2007

2.3.3 Superelevação

Magalhães (2007) afirma que "superelevação é o incremento de altura que se dá à fila externa do trilho em curvas, para que seja possível compensar a ação da força centrífuga".

Em uma via ferroviária estabelecida em um plano horizontal, a força centrífuga desloca o veículo no sentido do trilho externo, provocando neste um forte atrito através dos frisos das rodas, podendo ocorrer um tombamento do veículo caso a grandeza da força exceda

certo limite. Por isso é realizado o processo de inclinação de um dos lados da via, com finalidade de contrabalancear o efeito nocivo da força (BRINA, 1979).

Através da segunda lei de Newton, é possível afirmar que a força centrífuga varia diretamente com a massa do veículo e com o quadrado de sua velocidade, porém varia inversamente com o raio da curva. Em trechos com várias curvas, a velocidade máxima de projeto será determinada levando-se em conta a curva de menor raio, ou a mais "fechada".

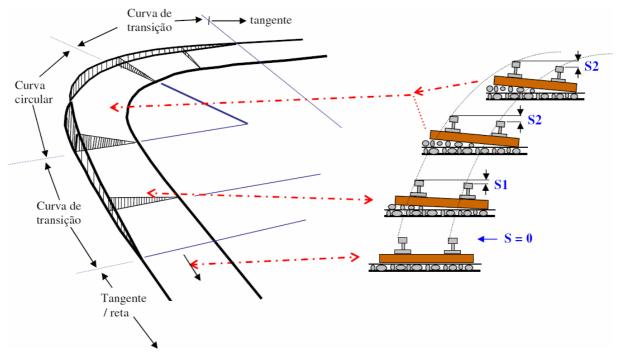


Figura 9 – Superelevação Fonte: Silva, 2006

2.3.3.1 Determinação da Superelevação de Equilíbrio (Teórica)

Considerando que a superelevação é inserida para anular os efeitos da força centrífuga em curva, a determinação do seu valor pleno deve ser produzida forçando-se a igualdade entre a componente força centrífuga que atua no sentido externo da curva e a componente do peso no sentido interno. Essas componentes atuam segundo definições de um plano inclinado, conforme a figura a seguir.

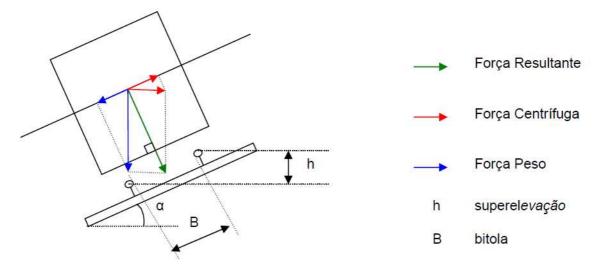


Figura 10 – Superelevação teórica (modelo esquemático) Fonte: Porto, 2004

$$P' = Fc'$$

P sen
$$(\alpha)$$
 = Fc cos (α) \longrightarrow Considerando α pequeno \longrightarrow cos (α) = 1

P sen
$$(\alpha)$$
 = Fc

P sen
$$(\alpha) = mv2 / R$$

sen
$$(\alpha) = h / B$$

$$P.(h/B) = mv2/R$$

$$P = ma \longrightarrow a = g (gravidade) \longrightarrow m = (P / g)$$

P.
$$(h/B) = (P/g) \cdot (v2/R)$$

 $g = 9.81 \text{ m/s} 2 \text{ e v (m/s)} = v \text{ (km/h)} / 3.6$

$$h=B\ V2\ /\ 127\ R$$

Todavia, nem sempre a superelevação teórica pode ser implementada, visto que a velocidade de circulação dos trens não é constante, sobretudo em curvas. Além disso, demais fatores podem atuar de modo a não garantir a perfeita estabilidade de circulação da composição. Os critérios empíricos e racionais da superelevação prática, a determinação da velocidade máxima autorizada e os processos de correção da linha, serão abordados de maneira específica no decorrer deste estudo.

3. DIRECIONAMENTO DA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Para a realização de manutenção em ferrovia especificamente em via permanente, é necessário determinar o quanto seus componentes estão gastos e qual o limite ideal para sua substituição ou reparo. Para isso é preciso verificar cada quilômetro das estradas de ferro a fim de identificar falhas que possam comprometer sua função básica, ou até mesmo detectar prováveis indícios de futuros problemas. Devido ao alto fluxo de circulação dos trens na malha da MRS, seria impensável nos dias atuais realizar essa verificação de forma manual, devido a extensão do trecho e ao provável índice de falha gerado pela inspeção a olho humano. Por isso a inspeção de via permanente, nos dias atuais, é realizada em sua maioria através de carros controle, que desempenham essa função com muito mais agilidade, precisão e segurança.

3.1 EQUIPAMENTO DE INSPEÇÃO

Assim como em algumas ferrovias pelo mundo, na MRS Logística S.A o controle e o monitoramento dos parâmetros de via permanente são realizados através de uma ferramenta de inspeção denominada TrackSTAR, ou Track Evaluation Vehicle. Essa ferramenta consiste em um veículo rodo-ferroviário, auto-propulsor, que tem como principal objetivo realizar medições referentes à geometria da linha férrea e ao desgaste de seus trilhos, conforme figura a seguir:



Figura 11 – Carro-controle (TrackSTAR) Fonte: March, 2006

Esse veículo se locomove sobre os trilhos e é capaz de captar informações sobre as condições reais da via permanente, através de um sistema sem contato denominado *Laserail*, que projeta feixes de laser sobre os trilhos criando um padrão geométrico computadorizado.

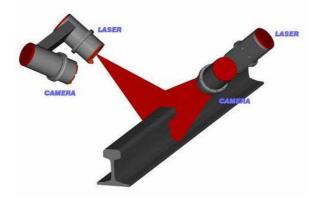


Figura 12 – Equipamento Laserail Fonte: MRS Logística, 2010



Figura 13 – Perfil do Trilho Fonte: http://www.kldlabs.com/rail.html

Além disso, para medição das condições geométricas é utilizado o sistema GRMS (*Gauge Restraint Measurement System*), que por meio de ensaios não destrutivos aplica cargas horizontais e verticais nos trilhos simulando a força que uma composição ferroviária faz durante seu percurso. Todo esse processo é realizado simultaneamente à circulação do veículo na linha férrea a uma velocidade que pode chegar até 50 Km/h.

No interior do veículo estão lotados os sistemas que convertem a informação proveniente da inspeção em números, gráficos e perfis. Essa informação é armazenada em um banco de dados e dividida de acordo com as necessidades e particularidades de cada trecho. Na MRS Logística S.A. a malha ferroviária é dividida em coordenações de aproximadamente 100 Km cada, com intuito de facilitar o controle e a realização das manutenções. Sendo assim o equipamento de inspeção dos fatores técnicos e estruturais da via permanente se torna um balizador para determinação de como, onde e quando realizar trocas ou reformas dos componentes.

3.2 PARÂMETROS DE MEDIÇÃO

Alguns parâmetros quantitativos coletados durante a inspeção de via permanente, que guiam o planejamento da manutenção, estão relacionados a seguir. Esses parâmetros geralmente são divididos em três grupos distintos, sendo bitola, geometria e trilhos, e quando analisados em conjunto refletem com boa precisão a situação do trecho inspecionado.

3.2.1 Parâmetros de Bitola

Os parâmetros de bitola são aqueles que determinam se a distância entre os dois lados do trilho está em conformidade com o padrão de cada região. Como visto no item 2.3.2, as bitolas predominantes no Brasil, são as de 1,60 m e 1,00 m, porém na MRS Logística S.A. 100% da malha ferroviária é composta por bitola larga, ou seja, de 1,60 m. Todos os parâmetros a seguir fazem referência a este tipo de bitola.

3.2.1.1 Bitola aberta sem carga

É quando, mesmo sem a aplicação de forças laterais, ou seja, sem a presença de composições ferroviárias, a distância entre os trilhos excede o tamanho de 1,60 metros.

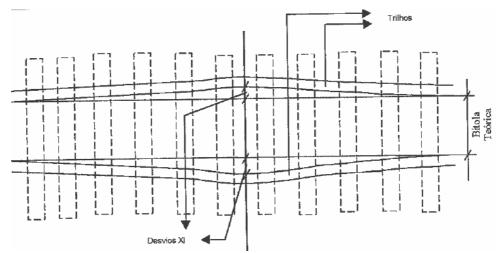


Figura 14 – Bitola aberta sem carga Fonte: Rodrigues, 2001

3.2.1.2 Bitola fechada sem carga

É quando, mesmo sem a aplicação de forças laterais, ou seja, sem a presença de composições ferroviárias, a distância entre os trilhos é inferior a 1,60 metros.

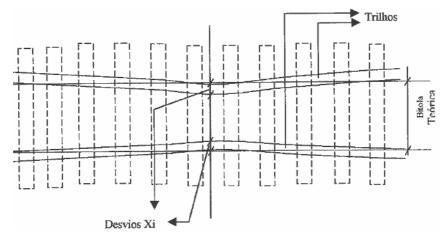


Figura 15 – Bitola fechada sem carga Fonte: Rodrigues, 2001

3.2.1.3 Bitola aberta carregada

É quando, aplicando-se força lateral, ou seja, na presença de composições ferroviárias, a distância entre os dois lados do trilho supera o tamanho de 1,60 metros. A ilustração a seguir representa uma possível variação que a distância entre os dois lados do trilhos pode sofrer no caso de aplicação de carga.

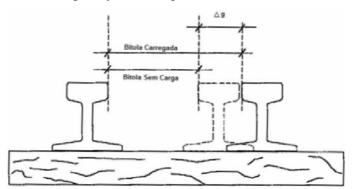


Figura 16 – Variação de bitola Fonte: Rodrigues, 2001

Intuitivamente percebe-se que a existência do parâmetro "Bitola fechada com carga" não faz sentido, visto que aplicando-se força lateral os trilhos tendem a se afastar naturalmente.

3.2.2 Parâmetros de Geometria

Em se tratando de geometria de via permanente, três parâmetros fundamentais são levados em consideração para definição do perfil geométrico adequado. Estando fora do limites de tolerância esses podem representar riscos a circulação dos trens e por isso devem ser corrigidos. São eles:

3.2.2.1 Alinhamento

É medida no plano horizontal do alinhamento da linha férrea, medida por meio de uma corda de 10 ou 20 metros. Se uma corda estendida em dois pontos laterais do boleto de um trilho, evidenciar uma flecha tal qual a da ilustração a seguir, a linha será considerada desalinhada. A linha tracejada representa o traçado de projeto e a distância X (flecha) indica a magnitude do desalinhamento, podendo ser considerada defeito caso ultrapasse os limites préestabelecidos.

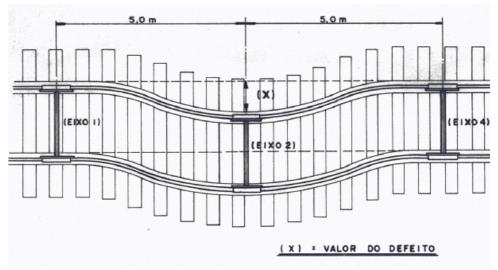


Figura 17 – Desalinhamento em tangente Fonte: Rodrigues, 2001

3.2.2.2 Nivelamento longitudinal

É a medida no plano longitudinal do nível da linha com relação a dois pontos na superfície do boleto de um trilho. A flecha gerada por uma corda de 10 ou 20 metros estendida no plano longitudinal indica o tamanho do desnivelamento no ponto determinado. A figura a seguir representa esquematicamente um ponto em desnível.

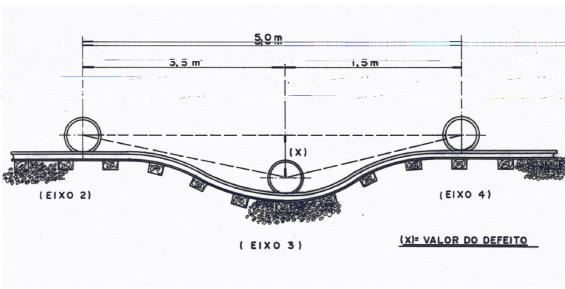


Figura 18 – Desnivelamento Longitudinal Fonte: Rodrigues, 2001

3.2.2.3 Nivelamento transversal

Esse parâmetro pode ser subdivido em dois tipos, dependo do local e da forma em que atua.

 Superelevação: em tangentes a diferença de nível entre os dois trilhos em relação ao plano horizontal é considerada defeito enquanto em curvas só será caracterizado defeito quando essa diferença exceder o limite de projeto.

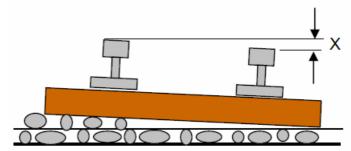


Figura 19 – Desnivelamento Transversal (Superelevação) Fonte: Duval, 2001

ii. **Empeno**: é a diferença entre duas superelevações medidas em cordas de 10 ou 20 metros. Na ilustração a seguir o cálculo e feito tomando-se a maior e a menor superelevação em qualquer ponto entre P0 e P2 não importando sua localizando. Essa diferença fornece o valor do empeno.

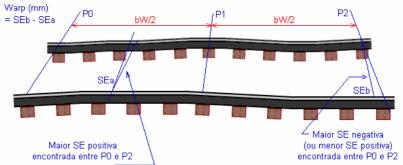


Figura 20 – Desnivelamento transversal (Empeno) Fonte: Silva, 2006

3.2.3 Parâmetros de desgaste de trilhos

Diferente dos dois parâmetros anteriores os parâmetros de medição dos trilhos estão relacionados diretamente com o desgaste do material em questão. Como o passar do tempo o aço que compõe os trilhos vai se desgastando e mudando a geometria ideal deste componente, podendo vir a se tornar fator de risco à circulação dos trens. O alto fluxo de composições ferroviárias carregadas e a geometria da linha contribuem para o aceleramento desse desgaste além dos fatores naturais que causam fadiga aos trilhos. Com isso podemos analisar três fatores relacionados ao desgaste dos trilhos que podem representar indícios da necessidade de intervenção para manutenção. São eles:

3.2.3.1 Perda de área do boleto (head loss)

É o percentual da área do boleto, medido através de uma seção transversal, onde inexiste material da composição original.



Figura 21 – Perda de área do boleto (head loss) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

3.2.3.2 Desgaste vertical (vertical wear)

É a menor distância, medida em milímetros, do ponto mais alto do boleto do trilho até sua altura original, ou seja, a representação linear da perda de boleto.

3.2.3.3 Ângulo de face do boleto (gauge face angle ou GFA)

É o ângulo formado pela parte interior do trilho desgastado com a linha vertical imaginária do perfil original de trilho.

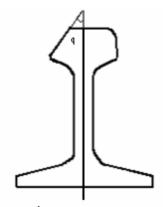


Figura 22 – Ângulo de face do boleto (GFA) Fonte: Kowaltowski e Ruschel, 1997

3.2.4 Limites de tolerância dos parâmetros

3.2.4.1 Limites de bitola e geometria

Para cada um dos parâmetros apresentados anteriormente, existem limites que determinam as máximas variações que cada um pode sofrer de acordo as classes estabelecidas para cada trecho e os tipos estruturais da linha. A FRA (Federal Railroad Administration) regulamenta que, de acordo com o MTBT (Milhões de Toneladas Brutas Transportadas) do trecho é estabelecida uma velocidade máxima de circulação e conseqüentemente limites de tolerância para os defeitos. Em suma, quanto maior a velocidade permitida, maiores são os riscos de acidente e menores são os limites de tolerância.

Na MRS Logística S.A a maior parte da malha ferroviária encontra-se situada na classe 3, com limite máximo de velocidade de aproximadamente 64 Km/h. A seguir a tabela

com todas as classes regulamentadas pela FRA e seus respectivos limites de tolerância para os parâmetros de bitola e geometria.

Tabela 2 – Limites de Bitola de Geometria

Parâmetro / Velocidade max	unid	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	vor
Parametro / Velocidade max	Km/h	0 - 16	17-40	41-64	65-96	97-128	var
Bitola aberta sem carga	mm	40,00	32,00	32,00	25,00	25,00	+
Bitola fechada sem carga	mm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	+
Bitola aberta carregada	mm	47,00	39,00	39,00	32,00	32,00	+
Alinhamento	mm	128,00	76,00	44,00	38,00	20,00	+/-
Nivelamento Longitudinal	mm	76,00	70,00	57,00	38,00	32,00	+/-
Nivelamento Transversal (Superelevação)	mm	76,00	51,00	44,00	32,00	25,00	+/-
Nivelamento Transversal (Emepno)	mm	76,00	51,00	44,00	32,00	25,00	+/-

Fonte: www.fra.dor.gov (adaptado)

3.2.4.2 Limites de desgaste dos trilhos

Já os parâmetros de trilho são baseados no Procedimento Operacional para Prospecção Anual de Trilhos da MRS Logística, PO-PCV-0001.00.01. Para o tipo e perfil de trilhos abordados nesse estudo tem-se a tabela de limites a seguir:

Tabela 3 – Limites de Desgaste de Trilhos

Parâmetro / Velocidade max	unid	Curvas		Tangente	
		Trilho Externo	Trilho Interno	Ambos	
Perda de área do boleto (Head Loss)	%	35	55	55	
Desgaste vertical (Vertical Wear)	mm	18	28	28	
Ângulo de Face do Boleto (GFA - Gauge Face Angle)	0	33	33	33	

Fonte: O Autor, 2011

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados referentes à geometria da linha e ao desgaste dos trilhos na MRS, é realizada pelo TrackSTAR, com uma freqüência média de 3 a 4 vezes ao ano, onde o carro controle percorre os quase 1700 km de ferrovia realizando as chamadas inspeções de via permanente.

3.3.1 Inspeção de via permanente

Para realização dessas inspeções são necessários no mínimo três funcionários, sendo dois capacitados a conduzir o veículo tanto no transporte rodoviário quando no ferroviário, visto que essa ferramenta acumula os dois módulos de condução. O terceiro funcionário fica a cargo de operar os sistemas informatizados que traduzem as informações obtidas através dos aparelhos de leitura em informações concretas, nos formatos de dados, gráficos e perfis. Enquanto a inspeção é realizada sobre os trilhos, os equipamentos geram os dados instantaneamente no interior do carro controle, onde são feitas análises preliminares e são apontadas possíveis irregularidades. Também de forma automática, são gerados relatórios contendo informações denominadas exceções, ou seja, os pontos onde os limites máximos ou mínimos de aceitação para determinado parâmetro foram superados. As informações contidas nos relatórios de exceções são, na maioria das vezes, imperceptíveis ao olho humano, mas podem gerar grandes prejuízos se não detectadas corretamente.

É imprescindível durante a realização da inspeção, que os funcionários responsáveis pela condução e operação do equipamento de medição, sejam acompanhados pelo coordenador / supervisor de manutenção daquele trecho, para que as análises preliminares possam unir o conhecimento técnico dos operadores com a prática de realização de manutenção dos especialistas daquele determinado local.

Através das várias telas de computadores presentes no interior do carro controle, é possível visualizar os relatórios de exceções, os gráficos de controle de cada parâmetro, o perfil dos trilhos comparados instantaneamente ao modelo de projeto, a magnitude das forças de simulação aplicadas aos trilhos em cada instante além do mapa do trecho percorrido em redes auxiliares via satélite. Toda essa informação é armazenada na forma de dados é pode ser executada posteriormente em outros ambientes, através dos *softwares* de simulação e análise que compilam os dados extraídos durante a inspeção. Dadas as particularidades das informações geradas e a forma de visualização dos gráficos e relatórios, os *softwares* de execução dos dados são específicos para o processo e compartilham a mesma interface dos *softwares* de inspeção.

3.3.2 Caso prático

Os dados a seguir foram obtidos através das três últimas inspeções do TrackSTAR, realizadas na malha ferroviária da MRS, no meses de junho de 2010 (29ª Inspeção), outubro de 2010 (30ª Inspeção) e fevereiro de 2011 (31ª Inspeção). O trecho escolhido para análise dos dados situa-se na região da Serra do Mar no estado do Rio de Janeiro, onde a manutenção de via permanente está sob comando da coordenação de Barra do Piraí, cidade que abriga a sede administrativa da equipe de manutenção. Esse trecho pode ser considerado crítico no que se refere aos parâmetros apresentados anteriormente dados alguns fatores, tais quais: a geometria sinuosa da linha e a inclinação percentual do trecho; o alto valor do MTBT (Milhões de Toneladas Brutas Transportadas) no trecho; além da circulação ferroviária em dois sentidos, que aumenta o desgaste geral dos equipamentos da via permanente. A coordenação possui aproximadamente 80 km de ferrovia divididos em 2 linhas, que geram uma extensão de 40 km para realização de manutenção. O mapa a seguir mostra em destaque o trecho abordado:



Figura 23 – Mapa ferroviário da região sudeste Fonte: http://www2.transportes.gov.br/

O carro controle (TrackSTAR) percorre então o trecho fazendo a leitura e coletando todos os dados possíveis. Ao término da inspeção é possível verificar as condições da via permanente relativas aos parâmetros pré-estabelecidos. Os parâmetros que geram as chamadas exceções são os parâmetros de bitola e geometria que apresentam determinados limites de especificação. Os locais apontados durante a inspeção como estando fora dos limites de especificação são relatados como no relatório a seguir.

Gerência Coordenação Ramal	RJ FBP Serra do Mar									
inha	1									
nspeção TS	31ª									
No	KM Inicial	Via	V/A	Tipo	Parâmetro	Max	Tamanho	Evento	Latitude	Longitude
10	92.298	1	V	GEOMETRIA	EMPE20:33	-49.48		FR-2	22,52987	43,7334
9:	92.324	1	A	GEOMETRIA	EMPE20:16	-35,74		SG-23	22,01611	43,0309
98		1	А	GEOMETRIA	EMPE20:24	-42,33		FR-5	22,01455	43,0289
9		1	А	GEOMETRIA	EMPE20:23	-34,30		CR-251	22,01333	43,0273
91		1	А	GEOMETRIA	EMPE20:32	-34,30		CR-117	22,01270	43,0260
9:		1	A	BITOLA	BITOLA_S/CA	25,84		CR-81	22,01261	43,0256
94	4 93.078	1	V	BITOLA	BITOLA_FECH	-19.81	6	CR-1	22,53358	43,7398
9:		1	V	BITOLA	BITOLA_FECH	-18.98	1		22,53358	43,7398
9:		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:38	-48.29	3		22,53360	43,7399
9:		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:38	52.98		BR-74	22,53568	43,7425
91		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:38	-35,42		BR-68	22,01040	43,0219
8!		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:38	-38,79		BR-20	22,01008	43,0216
8		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:36	38,66		CR-55	22,00951	43,0207
8		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:26	47.57		CR-105	22,53940	43,7482
81		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:21	-42,22		CR-20	22,00672	43,0163
8		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:38	35,01		CR-3	22,00331	43,0070
84		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:38	49.81		FR-71	22,54294	43,7576
8:		1	V	GEOMETRIA	SUPERELEVAC	-53.03		CR-4	22,54363	43,7585
8:		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:34	68.43		CR-20	22,54368	43,7586
8		1	V	GEOMETRIA	EMPE20:37	-52.06		SG-62	22,54388	43,7589
81		1	A	GEOMETRIA	EMPE20:38	35,50		SG-9	22,00194	43,0052
7:	95.531	1	A	GEOMETRIA	EMPE20:20	-33,60	1	CR-147	22,00172	43,0049

Quadro 1 – Relatório de exceções (31ª Inspeção) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Este relatório apresenta dados pontuais das exceções, como localização exata (Km + m), tipo e magnitude do defeito, além de situá-lo como preventivo ou corretivo. Os corretivos são aqueles que se encontram além do limite máximo para manutenção da segurança enquanto os preventivos são aqueles posicionados entre os limites de tolerância e limites máximos, ou seja, que se não tratados podem tornar-se um defeito corretivo.

Para tratamento das exceções corretivas são geradas automaticamente no sistema da empresa solicitações de trabalho contendo os dados do relatório. Essas solicitações podem ser visualizadas pelas equipes de planejamento e pelas equipes de manutenção, que definem os prazos e prioridades para tratamento dos defeitos. Já as exceções preventivas são submetidas à análise do setor de planejamento que define os setores com maior quantidade e intensidade

dessas ocorrências, podendo este caracterizar-se como setor crítico ou com probabilidades de se tornar um.

Os dados coletados com relação ao desgaste de trilhos não geram relatórios de exceções, pois seria inviável apontar o desgaste pontual em cada local além de impraticável a manutenção nesse mesmo formato. O desgaste dos trilhos não possui modo de correção, apenas substituição das barras, sejam por barras novas ou por inversão de trilhos usados. Porém, tanto os dados de geometria e bitola quanto os dados de trilhos armazenados durante a inspeção, podem ser acessados através do software Rangecam®, que possui módulos de simulação, análise e verificação das inspeções. Esse software auxilia na compilação dados além de realizar comparações com inspeções passadas, onde é possível verificar a evolução dos defeitos e desgastes, e traçar tendências para os parâmetros. Assim é possível identificar e avaliar os trechos que merecem atenção especial e que, se tratados da maneira correta, poderão gerar menor impacto à circulação dos trens no que diz respeito a sua manutenção.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Para a análise dos dados, o trecho da coordenação de Barra do Piraí foi segmentado em subdivisões distintas, baseado no cadastro dos ativos da MRS Logística. A primeira subdivisão contempla a segmentação do trecho em "PÁTIOS" ou "ENTRE PÁTIOS". Os "PÁTIOS" são locais que possibilitam o cruzamento de trens, ou seja, trechos em linha dupla, enquanto os "ENTRE PÁTIOS" não possibilitam, pois são trechos de linha singela ou única. No trecho em questão, toda malha ferroviária é composta por linha dupla, logo o que determina a existência de um "PÁTIO" é possibilidade de mudança de linha.

A segunda subdivisão é baseada no caráter geométrico da linha. Os trechos de reta são denominados "TANGENTES" e os demais "CURVAS", como mostrado no item 2.3.1. Essa subdivisão só será abordada na análise dos parâmetros de trilho.

3.4.1 Análise de Bitola

A análise de bitola leva em consideração os limites pré-estabelecidos pela FRA (*Federal Railroad Administration*) demonstrados na Tabela 2, do item 3.2.4.1. Como o trecho em questão se encontra situado na classe 3 da via permanente, os limites corretivos deste parâmetro são os associados a essa classe, enquanto os preventivos associados a uma classe

acima, ou seja, classe 4. Os defeitos considerados corretivos possuem um prazo para serem corrigidos, logo parte-se do pressuposto que estarão sanados antes que a próxima inspeção seja realizada. Enquanto isso, os preventivos são aqueles que tendem a se tornar um defeito corretivo, mas que, se tratados no momento correto, podem não se tornar. Portanto, vamos analisar a magnitude média dos defeitos preventivos e prever quando deverá ocorrer o tratamento do local, para que este não venha apresentar eventos corretivos.

Os valores a seguir, representam a abertura média da bitola dentro dos limites preventivos em cada trecho.

Severity	PREVENTIVO			
Туре	BITOLA			
Defect	BITOLA ABERTA S/ CARGA			
Average Magnitude (mm)	Railway Yard Length (KM)		Run	
Railway Yard	Railway fard Length (KW)	29 ^a	30 ^a	31 ^a
PÁTIO POSTO KM 64	0,560	26,6	27,2	27,2
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	1,905	29,5	28,4	26,0
PÁTIO POSTO HÉLISSON	0,175	26,7	27,0	28,5
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	4,116	27,0	28,1	28,1
PÁTIO MÁRIO BELO	0,264	27,6	28,7	29,0
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	5,434	27,4	28,7	31,2
PÁTIO POSTO KM 77	0,207	27,4	30,6	31,6
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	5,019	31,4	30,4	27,3
PÁTIO PALMEIRA DA SERRA	1,220	28,4	30,1	26,7
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	1,903	30,1	28,6	25,7
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	0,347	28,3	28,8	28,8
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	4,040	28,3	28,3	28,8
PÁTIO HUMBERTO ANTUNES	0,110	29,7	27,4	30,4
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	1,759	28,2	27,8	28,0
PÁTIO MENDES	1,296	25,2	25,5	26,5
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	2,505	30,3	31,1	31,7
PÁTIO MARTINS COSTA	0,300	30,0	30,4	27,3
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	2,515	28,4	30,1	26,7
PÁTIO MORSING	0,215	30,1	28,6	25,7
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	4,826	28,3	28,8	28,8
PÁTIO SANTANA DA BARRA	0,217	27,7	29,7	30,1
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	2,827	28,9	26,8	28,9
Total geral	41,760	28,4	28,7	28,3

Quadro 2 – Média de bitola aberta s/ carga Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Severity	PREVENTIVO			
Туре	BITOLA			
Defect	BITOLA ABERTA CARREGADA			
A			n	
Average Magnitude (mm)	Railway Yard Length (KM)	29 ^a	Run 30a	31 ^a
Railway Yard PÁTIO POSTO KM 64	0.500			
	0,560	36,1	35,5	35,9
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	1,905	33,6	35,8	35,8
PÁTIO POSTO HÉLISSON	0,175	36,7	37,1	37,2
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	4,116	34,7	35,2	36,2
PÁTIO MÁRIO BELO	0,264	33,8	36,8	37,6
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	5,434	32,1	32,7	33,5
PÁTIO POSTO KM 77	0,207	36,0	38,6	36,9
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	5,019	37,8	35,6	32,8
PATIO PALMEIRA DA SERRA	1,220	32,2	33,0	33,9
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	1,903	33,6	35,8	36,0
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	0,347	36,0	38,6	36,9
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	4,040	34,7	35,2	36,2
PÁTIO HUMBERTO ANTUNES	0,110	36,0	38,6	36,9
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	1,759	36,1	35,5	35,9
PÁTIO MENDES	1,296	32,1	32,7	33,5
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	2,505	36,1	35,6	32,8
PÁTIO MARTINS COSTA	0,300	32,1	32,7	35,6
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	2,515	36,1	35,5	35,9
PÁTIO MORSING	0,215	36,0	38,6	37,2
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	4,826	33,6	35,8	38,5
PÁTIO SANTANA DA BARRA	0,217	38,5	35,6	34,2
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	2,827	34,6	38,1	35,5
Total geral	41,760	34,9	35,9	35,7

Quadro 3 – Média de bitola aberta carregada Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Os quadros listados fornecem as informações necessárias para realização da análise de bitola do trecho, apontando os piores pátios e entre pátios de acordo com cada parâmetro.

Para o primeiro parâmetro, bitola aberta sem carga, dois trechos apresentaram na 31^a inspeção valores médios próximos aos limites de segurança determinados para a classe 3, que é de 32,00 mm de abertura. São eles: pátio POSTO KM 77, de 207 m de extensão; entre pátio POSTO MENDES – MARTINS COSTA, de 2505 m de extensão.

No que se refere à bitola aberta carregada, o entre pátio MORSING – SANTANA DA BARRA apresentou uma média de 38,50 mm de abertura da bitola carregada, o que representa um índice próximo ao limite máximo aceitável que é de 39,00 mm. Um fator que pode contribuir para o agravamento deste problema é a ruim fixação dos trilhos junto aos dormentes ou até mesmo o desgaste do material que os une. Quando isso ocorre os trilhos aparentemente não apresentam variação de bitola sem carga, porém quando submetidos às forças laterais exercidas pelas composições ferroviárias tendem a se afastar, gerando risco de descarrilamento das locomotivas e vagões.

O último parâmetro, bitola fechada sem carga, é o mais rígido dos três visto que não apresenta limites preventivos de manutenção. Isso acontece pois a tolerância de variação do contato roda-trilho é muito menor quando se trata de estreitamento da posição dos trilhos, visto que a parte interna das rodas, ou frisos, são mais estreitos que o restante. O limite máximo aceito para qualquer classe da via permanente é de 12,00 mm. Isso justifica o fato desse parâmetro não aceitar limites preventivos de manutenção, visto que qualquer evento com essa característica é considerado um defeito corretivo. Para o tratamento dessas ocorrências é necessária a utilização direta do relatório de exceções, sendo caracterizado trecho crítico apenas os trechos reincidentes.

3.4.2 Análise de Geometria

A análise de geometria segue os mesmos princípios da realizada para bitola, onde os limites estabelecidos estão dispostos no Quadro 3. São analisados os trechos com valores médios dos parâmetros de geometria, situados entre as classes 3 e 4. Nessa região especialmente só foram encontradas ocorrências preventivas para os parâmetros de nivelamento transversal, que são empeno e superelevação. Ambos possuem limite de 32,00 mm para classe 4 e 44,00 mm para classe 3, onde está situada a faixa para os eventos

preventivos. A seguir a magnitude média dos eventos preventivos coletados nas três últimas inspeções do trecho.

Severity	PREVENTIVO			
Туре	GEOMETRIA			
Defect	EMPENO			
Average Magnitude (mm)			Run	
Railway Yard	Railway Yard Length (KM)	29 ^a	30 ^a	31 ^a
PÁTIO POSTO KM 64	0,560	37,2	38,1	41,8
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	1,905	36,5	37,0	38,3
PÁTIO POSTO HÉLISSON	0,175	37,2	38,8	41,1
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	4,116	33,5	37,4	38,5
PÁTIO MÁRIO BELO	0,264	40,8	43,4	25,6
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	5,434	34,9	34,0	33,4
PÁTIO POSTO KM 77	0,207	32,4	32,8	33,6
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	5,019	33,0	38,1	39,0
PÁTIO PALMEIRA DA SERRA	1,220	35,6	22,8	35,0
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	1,903	32,8	32,0	32,8
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	0,347	32,0	32,2	32,2
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	4,040	34,9	36,9	37,3
PÁTIO HUMBERTO ANTUNES	0,110	37,9	38,9	40,6
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	1,759	33,5	35,6	39,8
PÁTIO MENDES	1,296	34,3	40,4	41,6
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	2,505	35,9	36,0	37,7
PÁTIO MARTINS COSTA	0,300	34,7	36,5	41,8
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	2,515	36,9	41,2	43,4
PÁTIO MORSING	0,215	33,0	38,6	42,3
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	4,826	38,4	39,5	34,8
PÁTIO SANTANA DA BARRA	0,217	35,5	35,5	36,2
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	2,827	37,2	38,0	40,1
Total geral	41,760	35,4	36,5	37,6

Quadro 4 – Média de empeno Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Severity	PREVENTIVO			
Туре	GEOMETRIA			
Defect	SUPERELEVAÇÃO			
Average Magnitude (mm)			Run	
Railway Yard	Railway Yard Length (KM)	29 ^a	30a	31 ^a
PÁTIO POSTO KM 64	0,560	37,4	37,8	41,3
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	1,905	38,9	37,7	38,6
PÁTIO POSTO HÉLISSON	0,175	36,1	38,6	40,2
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	4,116	35,2	35,6	36,7
PÁTIO MÁRIO BELO	0,264	37,4	36,3	34,5
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	5,434	38,6	38,7	39,0
PÁTIO POSTO KM 77	0,207	35,5	36,8	33,7
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	5,019	35,6	38,0	36,6
PÁTIO PALMEIRA DA SERRA	1,220	33,5	34,8	34,7
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	1,903	41,3	39,9	39,8
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	0,347	39,8	41,8	35,3
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	4,040	35,5	36,8	33,7
PÁTIO HUMBERTO ANTUNES	0,110	38,9	37,7	34,9
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	1,759	38,9	37,7	39,0
PÁTIO MENDES	1,296	33,4	38,3	36,7
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	2,505	38,9	37,7	38,6
PÁTIO MARTINS COSTA	0,300	36,1	38,6	40,2
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	2,515	37,0	40,8	43,1
PÁTIO MORSING	0,215	39,2	40,9	42,7
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	4,826	35,2	35,6	36,7
PÁTIO SANTANA DA BARRA	0,217	37,4	36,3	34,5
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	2,827	35,7	36,8	38,9
Total geral	41,760	37,1	37,9	37,7

Quadro 5 – Média de superelevação Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Em ambos os casos muitos trechos apresentam valores médios de nivelamento transversal próximos ao limite máximo estabelecido, que é 44,00 mm. Isso ocorre, em particular nessa região, devido ao grau de sinuosidade das curvas e à inclinação a que está

submetida a malha ferroviária. Além disso, o alto número de intervenções corretivas de manutenção, realizadas na região, pode impactar no aumento da gravidade desses defeitos, ou até mesmo na quantidade. Contudo, podemos destacar o entre pátio MARTINS COSTA -MORSING e o pátio MORSING como críticos nos dois parâmetros.

3.4.3 Análise de desgaste dos trilhos

Diferente das análises de bitola e geometria, a análise de desgaste dos trilhos tem por objetivo identificar os pontos críticos relativos a esses parâmetros, não para realização de manutenção no equipamento e sim para realização de substituição do mesmo. Para a primeira subdivisão do trecho, em pátios e entre pátios, será abordado apenas o parâmetro de perda percentual da área do boleto (head loss), que se mostra como um parâmetro mais abrangente. As tabelas a seguir mostram os valores percentuais desse parâmetro nas últimas três inspeções realizadas no trecho, dos lados direito e esquerdo dos trilhos medidos no sentido crescente de quilometragem.

Average Head Loss (%)			Var 30 ^a - 31 ^a			
Railway Yard	Side	29 ^a	30 ^a	31 ^a	Vai 30" - 31"	
PÁTIO POSTO KM 64	R	9%	10%	12%	2%	
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	R	8%	9%	13%	4%	
PÁTIO POSTO HÉLISSON	R	6%	8%	5%	-3%	
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	R	11%	12%	10%	-2%	
PÁTIO MÁRIO BELO	R	7%	9%	10%	1%	
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	R	8%	9%	11%	2%	
PÁTIO POSTO KM 77	R	9%	6%	9%	3%	
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	R	9%	9%	13%	4%	
PÁTIO PALMEIRA DA SERRA	R	6%	9%	11%	2%	
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	R	12%	7%	3%	-4%	
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	R	14%	13%	9%	-4%	
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	R	3%	10%	12%	2%	
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	R	9%	5%	6%	1%	
PÁTIO MENDES	R	7%	8%	9%	1%	
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	R	6%	10%	12%	2%	
PÁTIO MARTINS COSTA	R	9%	12%	14%	2%	
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	R	9%	11%	16%	5%	
PÁTIO MORSING	R	8%	8%	9%	1%	
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	R	6%	6%	7%	1%	
PÁTIO SANTANA DA BARRA	R	8%	12%	15%	3%	
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	R	10%	15%	16%	1%	
Total geral		8%	9%	11%	1%	

Quadro 6 – Média de desgaste dos trilhos (lado direito)

Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Average Head Loss (%)			Var 30 ^a - 31 ^a			
Railway Yard	Side	29 ^a 30 ^a		31 ^a	var 30° - 31°	
PÁTIO POSTO KM 64	L	9%	11%	13%	2%	
ENTREPÁTIO POSTO KM-64 - POSTO HÉLISSON	L	8%	10%	12%	2%	
PÁTIO POSTO HÉLISSON	L	8%	4%	5%	1%	
ENTREPÁTIO POSTO HÉLISSON - MÁRIO BELO	L	10%	8%	10%	2%	
PÁTIO MÁRIO BELO	L	11%	7%	8%	1%	
ENTREPÁTIO MÁRIO BELO - POSTO KM-77	L	10%	9%	11%	2%	
PÁTIO POSTO KM 77	L	10%	10%	9%	0%	
ENTREPÁTIO POSTO KM-77 - PALMEIRA DA SERRA	L	13%	10%	16%	6%	
PÁTIO PALMEIRA DA SERRA	L	13%	12%	11%	-1%	
ENTREPÁTIO PALMEIRA DA SERRA - ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	L	3%	3%	3%	0%	
PÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	L	7%	7%	9%	2%	
ENTREPÁTIO ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN - HUMBERTO ANTUNES	L	10%	10%	12%	2%	
ENTREPÁTIO HUMBERTO ANTUNES - MENDES	L	7%	5%	6%	1%	
PÁTIO MENDES	L	29%	5%	9%	4%	
ENTREPÁTIO MENDES - MARTINS COSTA	L	14%	11%	12%	2%	
PÁTIO MARTINS COSTA	L	9%	12%	14%	2%	
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING	L	6%	7%	9%	2%	
PÁTIO MORSING	L	5%	6%	9%	3%	
ENTREPÁTIO MORSING - SANTANA DA BARRA	L	6%	6%	5%	-1%	
PÁTIO SANTANA DA BARRA	L	11%	10%	13%	3%	
ENTREPÁTIO SANTANA DA BARRA - BARRA DO PIRAÍ	L	12%	15%	16%	1%	
Total geral		10%	8%	10%	2%	

Quadro 7 – Média de desgaste dos trilhos (lado esquerdo) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Esta primeira análise pode ser considerada como balizadora para saber em quais trechos o desgaste dos trilhos é mais alto e também os locais onde a variação percentual de uma inspeção à outra são maiores. Neste caso destaca-se o lado direito dos trilhos no entre pátio MARTINS COSTA – MORSING cujo percentual de desgaste atingiu o total de 16% na 31ª inspeção com uma variação relativa à inspeção anterior de 5% de desgaste.

Para a análise detalhada desse entre pátio, é necessário dividir o trecho em tangentes (T) e curvas (C), já que a segmentação dos trilhos procura seguir este critério geométrico em sua aplicação ou substituição. No quadro a seguir são relatados os desgastes percentuais do boleto dos trilhos em cada tangente e curva do entre pátio.

Média de Head Loss (%)	Side	Star	End	T/C	Run			Var 30 ^a - 31 ^a
Railway Yard					29 ^a	30 ^a	31 ^a	Var 30" - 31"
·	R	95,506	96,296	T86	13%	15%	18%	3%
		96,296	96,849	C84	12%	16%	18%	2%
		96,849	97,070	T87	13%	14%	18%	4%
		97,070	97,247	C85	7%	12%	15%	3%
ENTREPÁTIO MARTINS COSTA - MORSING		97,247	97,327	T88	6%	6%	11%	5%
		97,327	97,415	C86	6%	7%	12%	5%
		97,415	97,604	T89	6%	7%	11%	4%
		97,604	98,015	C87	10%	13%	20%	7%
		98,015	98,075	T90	12%	13%	17%	4%
Total geral					9%	11%	16%	4%

Quadro 8 – Média de desgaste dos trilhos (MARINS COSTA – MORSING) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Do mesmo modo que na análise geral, na análise específica vale ressaltar que trecho possui maior índice de desgaste e/ou maior variação entre as últimas inspeções. Naturalmente, as curvas são mais exigidas que as tangentes no que se refere ao esforço lateral gerado pelas

composições ferroviárias, uma vez que os truques de locomotivas e vagões se movem muito ligeiramente ao contornar as curvas, exercendo uma pressão muito grande no trilho externo da curva. Por isso vale ressaltar o desgaste da curva C87 entre o quilometro 97,604 ao 98,015, onde a perda média de área do boleto se encontra em 20%, com uma variação de 7% entre as duas últimas inspeções.

4. RESULTADOS

Utilizando a análise das inspeções realizadas no trecho da coordenação de Barra do Piraí, é possível direcionar as manutenções ferroviárias a serem realizadas, de acordo com a evolução ou não dos defeitos detectados. Assim temos um resultado que determina onde e quando deve ser realizada a manutenção, sendo para correção de bitola, correção geométrica ou sendo para substituição ou inversão dos trilhos.

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

Como exemplo de direcionamento para execução de correção de bitola, tem-se a evolução média da abertura de bitola sem carga no pátio POSTO HÉLISSON.

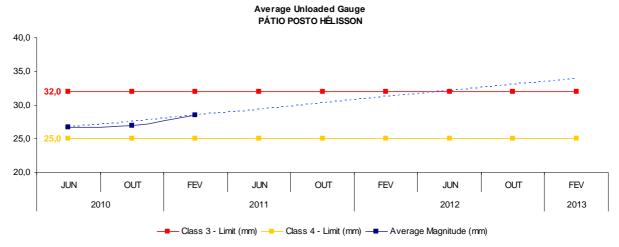


Figura 24 – Bitola aberta s/ carga (mm) X Tempo (mês) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Esse resultado mostra como é possível planejar a manutenção do trecho levando-se em consideração a evolução média dos defeitos preventivos, que ao ultrapassarem o limite de 32,00 mm tornam-se defeitos corretivos, oferecendo riscos a circulação. É possível observar que essa manutenção deve ser realizada até o mês de junho de 2012, quando a situação do pátio passa a ser considerada crítica para esse critério.

O raciocínio é análogo para evolução dos defeitos de geometria. No caso a seguir, tem-se a evolução média dos defeitos preventivos de nivelamento transversal (empeno), que possuem limite máximo de 44,00 mm para serem considerados de risco. O local escolhido para exemplificar essa evolução foi o pátio PALMEIRA DA SERRA.

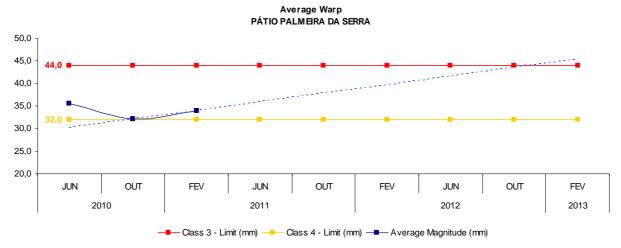


Figura 25 – Empeno (mm) X Tempo (mês) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

Neste exemplo percebe-se a realização de intervenção no trecho entre os meses de junho e outubro de 2010, o que contribuiu para redução momentânea da média de empeno. É provável que tenha sido realizada uma manutenção corretiva emergencial em parte do trecho, contribuindo para essa redução. Em situação normal a tendência de aumento do empeno médio levaria ao planejamento de intervenção próximo ao mês de outubro de 2012, quando a média dos defeitos preventivos atinge o nível máximo suportado para esse parâmetro.

Vale ressaltar a possibilidade de realização da análise para todos os trechos e sob diversas óticas, porém a título demonstração dos resultados foram selecionados os trechos que melhor demonstram a evolução citada.

O último quesito a ser demonstrado se refere à evolução no desgaste dos trilhos, que apesar de possuir uma abordagem análoga, não oferece meio de tratamento para resolução do problema, apenas substituição do componente. Como constatado na análise dos dados, o entre pátio MARTINS COSTA – MORSING foi o trecho que apresentou maior índice de desgaste na última inspeção realizada além de uma evolução considerável entre as duas últimas inspeções. Isso não restringe a demonstração dos resultados à esse trecho, mas por conveniência selecionou-se a curva C87 para demonstrar essa evolução além da tendência para realização da troca do trilho.

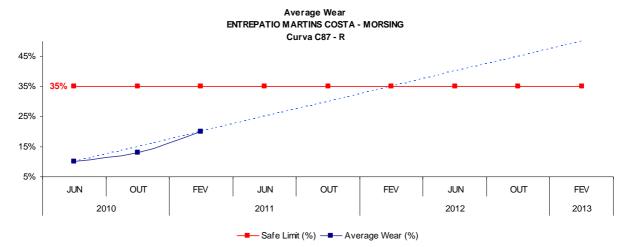


Figura 26 – Desgaste de Trilho (% head loss) X Tempo (mês) Fonte: MRS logística (PPCM), 2011

É possível notar que se trata de um caso extremo onde a evolução de desgaste aconteceu de forma excessivamente rápida. Isso pode ter acontecido devido a uma característica particular do trecho, como raio de curvatura, por exemplo. Em se tratando de um trilho posicionado do lado externo da curva, é de se esperar que o desgaste seja maior e consequentemente mereça maior atenção no que diz respeito à manutenção. Assim é possível mapear todo o trecho, segmentando-o em tangentes e curvas para prever quando será necessário realizar a troca dos trilhos ou até mesmo inverte-los quando possível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O direcionamento da manutenção ferroviária é fator determinante no aumento da produtividade do transporte ferroviário em geral. Através da realização das inspeções de via permanente é possível mapear os trechos críticos e direcionar as prioridades de manutenção, de modo a causar sempre o menor impacto à circulação dos trens. Com o aumento da previsibilidade dos serviços a serem realizados, o planejamento das manutenções é facilitado e o número de interferências na linha férrea diminui, o que favorece o planejamento das operações logísticas e o aumento de sua produtividade.

A análise de criticidade e evolução dos defeitos detectados podem ser realizadas para quaisquer trechos, desde que estes sejam submetidos ao processo de inspeção. Na visão macro do processo é possível conciliar o volume exigido de transporte às, cada vez maiores necessidades de manutenção, causadas por esse mesmo volume e pelo tempo. Tratar os prováveis problemas antes que eles ocorram é um fator que contribui para melhoria dos fluxos de transporte, já que a interrupção do trecho por eventos corretivos se torna cada vez menor.

A demonstração dos resultados obtidos através das análises dos dados de inspeção, permite que as coordenações de manutenção formulem um cronograma de execução dos serviços a serem realizados, de forma ordenada e com prioridades definidas. Assim sendo é possível que o setor de planejamento e controle de tráfego consiga dimensionar os melhores locais e horários para realização das interdições, de modo que fluxo seja minimamente prejudicado.

As inspeções ferroviárias de via permanente em conjunto com o planejamento de manutenção, podem de forma relevante, melhorar o processo logístico de transporte ferroviário, através da análise dos dados coletados e o consequente direcionamento das manutenções.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. Manual de Engenharia Ferroviária. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1957.

BRINA, H. L. Estradas de Ferro 1 – Via Permanente. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2 ed, 1979.

CASTRO, N. R. Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga. In: Pesquisa e Planejamento Econômico. Vol 32, No 2, Agosto 2002. Disponível em http://www.nemesis.org.br/artigos/a0066.pdf>. Acesso em 02 out 2010.

MACÊDO, F. B. **Estudo dos desgastes de trilhos ferroviários.** Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2009. Disponível em < http://www.ufjf.br/ep/trabalhos/tccs-2009-1/>. Acesso em 06 out 2010.

MACHADO, A. M. W. Uma contribuição à metodologia de recebimento, manutenção e desempenho do lastro ferroviário. Monografia apresentada ao curso de especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em < http://transportes.ime.eb.br/via_perman.html>. Acesso em 03 out 2010.

MAGALHÃES, P. C. B. **Programa de capacitação em geometria de linha: Ênfase em segurança e comodidade**. Juiz de Fora: MRS Logística S.A.,2007.

MARCH, L.D. Reformulação do Planejamento da Manutenção das Socadoras da MRS Logística Baseada em MCC. Monografia apresentada ao curso de especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em < http://transportes.ime.eb.br/via_perman.html>. Acesso em 03 out 2010.

PAIVA, C. E. L. **Superestrutura Ferroviária**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2 ed, 1999.

PORTO, T. G. **PTR 2501 – FERROVIAS.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, 2004.

RODRIGUES, C. A. Contribuição ao planejamento da Manutenção Preditiva da Superestrutura Ferroviária. Tese de doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2001.

SILVA, E. T. S. Análise da evolução dos defeitos da via permanente da MRS para planejamento de intervenções preditivas de manutenção. Monografia apresentada ao curso de especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em http://transportes.ime.eb.br/via_perman.html. Acesso em 03 out 2010.

ANEXO 1 - TERMO DE AUTENTICIDADE



Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral¹ e criminais previstas no Código Penal², além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, de de 20	
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	 Matrícula
NOME LEGIVEL DO ALONO (A)	Matricula
ASSINATURA	CPF

 $^{^{1}}$ LEI N $^{\circ}$ 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

² Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.