

**POLYANA ALVES VILELA SCHUINA**

**ESTUDO SOBRE A QUALIDADE NA MANUTENÇÃO DO  
LASTRO NA ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS**

**Governador Valadares  
Novembro de 2014**

**POLYANA ALVES VILELA SCHUINA**

**pollyschuina@gmail.com**

**ESTUDO SOBRE A QUALIDADE NA MANUTENÇÃO DO  
LASTRO NA ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Guido Pantuza Junior

Co-orientador: Aluizio Henrique da Costa Franklin

**Governador Valadares  
Novembro de 2014**



## ATA DE DEFESA

Aos 11 dias do mês de dezembro de 2014, às 18 horas, na sala 08 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo (a) aluno (a) Polyana Alves Vilela Schuina, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Guido Pantuza Jr., Aluizio Henrique da Costa Franklin, Debora Rosa Nascimento e Alexey Meyer Sydow.

A aluna apresentou o trabalho intitulado Estudo Sobre a Qualidade na Manutenção do Lastro na Estrada de Ferro Vitória a Minas. A comissão examinadora deliberou, pela aprovação da aluna, com a nota 95,1. No caso de aprovação, o aluno possui **15 dias** corridos para entregar as correções. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno(a).

Governador Valadares, 11 de dezembro de 2014.

Orientador: Guido Pantuza Jr.

Co-orientador: Aluizio H. da Costa Franklin

Convidada: Debora Rosa Nascimento

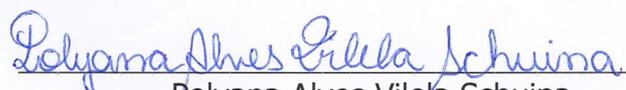
Convidado: Alexey Meyer Sydow

Aluna: Polyana Alves Vilela Schuina

## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “Estudo Sobre a Qualidade na Manutenção do Lastro na Estrada de Ferro Vitória a Minas” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

Governador Valadares, < 11 > de < 12 > de < 2014 >

  
Polyana Alves Vilela Schuina

Dedico esta conquista aos meus  
pais e irmãos que sempre  
acreditaram nos meus sonhos, e  
ao meu esposo que esteve ao  
meu lado me apoiando em todos  
os momentos.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por seu amor incondicional, que sempre está comigo guiando os meus passos e abrindo portas. A Ele toda honra, glória e louvor.

À minha mãe, Nira, e ao meu pai, Sebastião Vilela, espelhos de caráter e dedicação, que sempre zelaram pela minha educação, confiaram e acreditaram em mim, tornando possível esta realização.

Às minhas irmãs, Priscila e Paula, que fizeram parte de todas as minhas realizações.

Aos meus irmãos, Donald e David, pelo exemplo e carinho.

Ao meu esposo, Ricardo, pelo constante incentivo, por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava, pela paciência e companheirismo demonstrados em todos esses anos.

Aos amigos da Central 1, por todas as orações sem as quais não teria conseguido.

A todos os professores, que se dedicaram para ensinar muito do que hoje eu sei.

Ao professor orientador, Guido Pantuza Júnior, pelo direcionamento fundamental para a realização deste trabalho, sem a sua preciosa ajuda eu não teria conseguido.

Ao professor co-orientador, Aluizio Franklin, pela preocupação, esforço e amparo.

À Vale e ao meu supervisor, Alexey Sydow, por me incentivarem na escolha deste tema.

Aos meus colegas de trabalho, Aline, Tiago, Vinicius e Marcelo, que no período de estágio sempre estiveram ao meu lado, agregando conhecimento tanto técnico quanto para a vida.

Aos meus colegas do IFMG, pelo ótimo ambiente acadêmico.

Aos amigos, Ricardo, Flávia, João, Tatiana e Claudio, com os quais compartilhei tantos trabalhos e experiências que vão deixar muitas saudades.

*“O meu Deus, segundo as  
suas riquezas, suprirá todas as  
vossas necessidades em glória,  
por Cristo Jesus.”  
Filipenses 4:19*

## **R E S U M O**

SCHUINA, Polyana. Estudo sobre a qualidade na manutenção do lastro na Estrada de Ferro Vitória a Minas, 2014. (Graduação em Engenharia de Produção). Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Governador Valadares.

Este trabalho é resultado de um estudo desenvolvido em uma empresa de mineração, no setor de manutenção de via permanente. Com o intuito de diminuir custos com logística e ajudar no crescimento organizacional, é imprescindível uma melhoria contínua na empresa. Para tanto, a manutenção de via permanente é parte fundamental do processo produtivo. Para atender a demanda de disponibilidade da via é de grande importância que o lastro ferroviário, que é responsável por algumas funções para estabilidade da via, seja de qualidade. O lastro deve possuir características que devem ser mantidas para evitar contaminação e impedir problemas que venham contribuir para o seu baixo tempo de vida. A manutenção e conservação de um lastro de qualidade só são possíveis se o material adquirido for de qualidade e com granulometria correta. Com o objetivo de aumentar o tempo de vida do lastro ferroviário foi realizada uma revisão bibliográfica e pesquisas na área, e foi constatada, através do FMEA, a necessidade de se criar um controle granulométrico, durante as atividades de manutenção de lastro com a utilização da máquina de desguarnecimento, para controlar a qualidade do serviço de manutenção de via, atendendo às necessidades da via permanente. Além disso, foi sugerido um item na folha de verificação existente para que este abrangesse a inspeção do sistema de peneiramento, responsável pela seleção correta do lastro.

**Palavras-chave:** manutenção; qualidade; ferrovia; FMEA.

## ABSTRACT

*This research is the result of a study developed in a mining company, in the permanent way maintenance section. Aiming to reduce logistic costs and help in organizational growth, continuous improvement is essential. To do this, the permanent way maintenance is a fundamental part of the production process. To meet the demand for availability of way is very important that the ballast, which is responsible for some functions for stability of the permanent way, has quality. The ballast shall have characteristics that must be kept to avoid contamination and prevent problems that may contribute to their low lifetime. The maintenance and upkeep of good quality ballast are only possible if the material has quality and correct particle size. Aiming to increase the ballast lifetime was realized a practice of a literature review and research in the area, and it was found, through the FMEA, the need to create a particle size control during the maintenance activities ballast, while using the stripping machine, to control the quality of the maintenance service and meeting the needs of the permanent way. Furthermore, it was suggested an item in the checklist that already exists, so it would cover the inspection of the screening system, responsible for the correct selection of the ballast.*

**Key-words:** *maintenance; quality; railroad; FMEA.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos da Via Permanente .....	22
Figura 2: Elementos do Trilho.....	22
Figura 3: Da esquerda para a Direita: Dormente de Madeira, Concreto, Aço e Plástico .....	23
Figura 4: Desguarnecedora.....	25
Figura 5: Máquina Desguarnecedora Trabalhando na EFVM.....	26
Figura 6: Contaminação nos Lastros Impedindo a Verificação da Condição de Dormentes e Trilhos.....	27
Figura 7: Escalas de Avaliação para FMEA.....	38
Figura 8: Passos para a Aplicação do FMEA .....	39
Figura 9: Etapas de Preparação do Trabalho .....	42
Figura 10: Localização da Estrada de Ferro Vitória a Minas (VALE).....	46
Figura 11: Medição do Lastro .....	49
Figura 12: Granulometria das Amostras Recolhidas .....	50
Figura 13: Aplicação do FMEA .....	52
Figura 14: Imagem da Peneira com Falha .....	53
Figura 15: Quantidade de Lastro Dentro e Fora do Padrão .....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1: Granulometria Utilizada pela EFVM.....</b>	<b>48</b>
---	-----------

## ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

EFC	Estrada de Ferro Carajás
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
EH	Entre-house
FCA	Ferrovias Centro-Atlântica
FMEA	Análise do Efeito e Modo de Falhas
GEVSG	Gerência de Manutenção Preventiva de Via Permanente
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
NPR	Número de Prioridades de Risco
ISO	International Organization for Standardization
OS	Ordem de Serviço
PRO	Procedimentos
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
SUDESG	Supervisão de Desguarnecimento

## LISTA DE SÍMBOLOS

$t/m^3$	Tonelada por metro cúbico
$Kgf/cm^2$	Quilograma-força por centímetro quadrado

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO .....	16
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA .....	18
1.3	OBJETIVOS.....	19
1.3.1	Objetivo Geral.....	19
1.3.2	Objetivos Específicos .....	19
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	21
2.1	TRANSPORTE FERROVIÁRIO .....	21
2.1.1	Via Permanente.....	21
2.1.2	A Desguarnecedora.....	24
2.1.3	O Desguarnecimento.....	26
2.1.4	O Lastro Ferroviário .....	28
2.2	MANUTENÇÃO.....	29
2.2.1	Tipos de manutenção .....	30
2.2.2	Planejamento e Controle de Manutenção .....	32
2.3	QUALIDADE.....	32
2.3.1	Ferramentas de Gestão da Qualidade.....	34
2.3.2	Qualidade do Lastro Ferroviário.....	35
2.3.3	Análise do efeito e modo de falhas – FMEA.....	36
3	METODOLOGIA .....	40
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	40
3.2	METODOLOGIA DO PROJETO DE PESQUISA. ....	41
4	ESTUDO DE CASO .....	45
4.1	HISTÓRICO DA EMPRESA.....	45
4.2	GRANULOMETRIA DA EFVM .....	47
4.3	RECOLHIMENTO DOS DADOS.....	49
4.4	APLICAÇÃO DO FMEA .....	50
4.5	VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PENEIRAMENTO .....	52
5	RESULTADOS E ANÁLISES .....	54
5.1	RESULTADOS .....	54
5.1	ANÁLISES.....	54
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	56
6.1	CONCLUSÕES.....	56

6.2 RECOMENDAÇÕES.....	57
REFERÊNCIAS .....	58
ANEXO A – Folha de verificação desguarnecedora de lastro .....	61
ANEXO B – Nova folha de verificação desguarnecedora de lastro.....	62

## 1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Os trens de ferro revolucionaram os meios de transporte no século XIX. A sua invenção nesta época, juntamente com as ferrovias, foi de grande relevância para a tecnologia. Assim, melhoraram-se os meios de transporte, o que permitiu a possibilidade de abrir mais mercados e redução do valor de movimentação dos produtos (BORGES, 2011).

Borges (2011) diz que logo no início do século XIX o Brasil começou a se interessar pelas ferrovias, visto que o crescimento da economia primário-exportadora exigia um meio de transporte mais eficiente com menores custos. Portanto, foram com o intuito de modernizar o setor primário brasileiro que se implantou as estradas ferroviárias.

As ferrovias brasileiras, antes estatais, atualmente pertencem a empresas privadas. Grandes investimentos são realizados por estas a fim de melhorar a exportação. Os principais produtos carregados pelos trens nos dias de hoje são o minério de ferro e a soja (VENCOVSKY, 2006).

A Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM – possui 905 quilômetros de extensão. Ela começou a funcionar em 18 de maio de 1904 e agrupada à Vale nos anos 40. Ligando Belo Horizonte à Vitória, transporta 37% da carga ferroviária brasileira, conduzindo minério de ferro, aço, carvão, produtos agrícolas, combustíveis, entre outros (SYDOW, 2009).

Com a finalidade de reduzir os custos com logística e ajudar no crescimento brasileiro, se faz necessário uma melhoria contínua da EFVM. Para isto, a manutenção de via permanente é parte fundamental do processo produtivo.

Neste contexto, tem-se a atividade de desguarnecimento, que pode ser considerada como um dos serviços mais importantes de manutenção de linha ferroviária. Esta é realizada com o auxílio de máquinas desguarnecedoras de lastro. As quais visam retornar o lastro ferroviário às características granulométricas adequadas para que as suas funções sejam atendidas. Tais características são a capacidade de suporte, a drenagem, a elasticidade e a absorção de impactos.

Rodrigues (2008) cita que o desguarnecimento de lastro é um dos serviços mais importantes visto que este é que restaura e restabelece as funções principais do lastro.

O desguarnecimento consiste em remover o lastro contaminado, peneirá-lo, devolver o material em bom estado que ficou armazenado na peneira e rejeitar o material contaminante (SYDOW, 2009).

Dentro desse contexto, esta monografia busca a resolução a seguinte questão-problema:

**Como garantir a qualidade do lastro durante o processo de desguarnecimento na Estrada de Ferro Vitória a Minas?**

## **1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Com o crescimento do transporte de cargas, principalmente a de minério de ferro, se faz necessário uma expansão e busca contínua de melhorias da EFVM, aumentando a capacidade e reduzindo custos para auxiliar o seu crescimento.

Uma forma de auxiliar essa melhoria é o controle da qualidade do serviço de manutenção do lastro ferroviário. O que diminui o tempo entre trocas de lastro e que mantém por mais tempo todas as características necessárias para que o lastro atenda as suas funções.

Via permanente, para Lima (1998), é definida como um conjunto de instalações e equipamentos que formam a infraestrutura e a superestrutura da ferrovia. Sendo que a superestrutura é composta por trilhos, dormentes, fixação, lastro e sublastro (MACEDO, 2009).

Todas as estruturas da via permanente devem passar por manutenções regulares para que ela possa exercer todas as suas funções da melhor forma possível. A manutenção de cada um desses componentes deve seguir procedimentos preconizados para cada um deles.

Executar as atividades com qualidade é essencial para que a manutenção atenda as expectativas da empresa.

A fim de se conhecer a qualidade da execução do serviço de manutenção do lastro (desguarnecimento) foi proposta uma análise desta atividade com o intuito de estabelecer se esta segue o que é proposto pela bibliografia estudada, visando à estruturação de um controle eficiente da qualidade da manutenção do lastro ferroviário, para saber se o lastro se encontra dentro da granulometria pré-estabelecida pela empresa.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho teve origem a partir da constatação da necessidade de se controlar de forma eficiente a qualidade da manutenção do lastro ferroviário. Visto que a quanto maior a qualidade do serviço de manutenção do lastro, maior será o tempo necessário para a troca deste.

Falcão (2013, p.55) descreve a importância do transporte ferroviário e comenta sobre o seu crescimento nos últimos anos:

a movimentação de cargas pelas ferrovias em toneladas úteis (TU) cresceu 86% entre 1997 e 2010, enquanto que no mesmo período a economia brasileira apresentou um crescimento de 79% do PIB. (...) entre 1997 e 2010 a produção ferroviária nacional medida em tonelada quilômetro útil transportada (TKU) cresceu 104%. Através desses dados de crescimento percebe-se haver um aumento no desempenho no setor ferroviário, visto que o crescimento em TKU é maior que o crescimento em TU, significando portanto que hoje estamos podendo transportar mais carga do que antes, considerando o mesmo comprimento de via férrea.

Devido a este crescimento, nota-se a importância de se ter uma via permanente de qualidade para suprir a demanda de circulação de trens.

Slack *et al.* (2009) cita que a qualidade é essencial para que uma empresa possa garantir vantagem competitiva.

Para Campos (2004), o principal objetivo de uma empresa é que todas as pessoas afetadas pela existência dela tenham as suas necessidades satisfeitas. Por isso é importante saber as expectativas do cliente para que este seja sempre atendido.

Sendo a EFVM um cliente da supervisão de desguarnecimento, esta sempre tem que estar atenta para as necessidades da empresa. Preocupando-se com a qualidade do serviço, assim como com o desempenho da atividade, confiabilidade, além da estética do produto final.

Klefsjö *et al.* (2001) define gestão de qualidade total como um sistema de gestão que visa aumentar a satisfação dos clientes internos e externos com uma diminuída quantia de recursos, que se permeia por toda organização continuamente, consistindo de valores, metodologias e ferramentas.

Campos (2004) afirma que o controle da qualidade abrange a participação e empenho de todos os envolvidos com a atividade. Além da precisão de reconhecer as

necessidades para estabelecer padrões, visando manter e melhorar continuamente estes padrões.

Baseado nas afirmações obtidas tem-se a visão da importância de se controlar de forma efetiva a qualidade de processo de desguarnecimento e o empenho dos envolvidos na atividade.

### **1.3 OBJETIVOS**

Neste se encontra o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho.

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Propor uma metodologia que aumente o tempo de vida do lastro ferroviário através do controle da qualidade do serviço de manutenção da via.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Fazer um levantamento bibliográfico sobre transporte ferroviário, manutenção e qualidade;
- Utilizar uma ferramenta da qualidade para analisar a qualidade do lastro ferroviário na EFVM;
- Identificar as características do serviço de desguarnecimento utilizando a ferramenta de Análise do Efeito e Modo de Falhas – FMEA;
- Aplicar o FMEA utilizando sete passos para visualizar as possíveis falhas no desguarnecimento e identificar as ações cabíveis para evitar que elas ocorram;
- Propor melhorias para controlar de forma mais efetiva a qualidade do lastro da EFVM;
- Divulgar os resultados através de artigos ou congressos.

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente estudo está organizado em seis capítulos. Neste primeiro está presente a introdução do tema, a formulação do problema, a justificativa e os objetivos do trabalho.

O capítulo 2 engloba o referencial bibliográfico, que se dividirá em transporte ferroviário, manutenção e qualidade.

No capítulo 3 foi descrito a metodologia do trabalho e a descrição das atividades realizadas.

Já no capítulo 4 encontra-se o estudo de caso realizado na empresa Vale, dentro da Gerência de Manutenção Preventiva de Via Permanente, mais especificamente na Supervisão de Desguarnecimento.

No capítulo 5 encontram-se os resultados e análises observados durante a realização deste trabalho.

Enfim, no capítulo 6, foi descrita as conclusões e recomendações consideradas pertinentes e relevantes.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para melhor compreensão do presente estudo optou-se por uma revisão bibliográfica sobre transporte ferroviário, manutenção e qualidade.

### **2.1 TRANSPORTE FERROVIÁRIO**

Os meios de transportes são os veículos utilizados para transportar pessoas ou produtos. Eles podem ser divididos em quatro principais modais: o rodoviário, o ferroviário, o hidroviário e o aeroviário.

Como qualquer meio de transporte, o ferroviário apresenta características tanto positivas quanto negativas.

Teixeira (2009) cita como pontos positivos os fretes mais baratos em comparação ao rodoviário, espaço para transporte de grandes volumes por longas distâncias, baixo consumo de energia, entre outros.

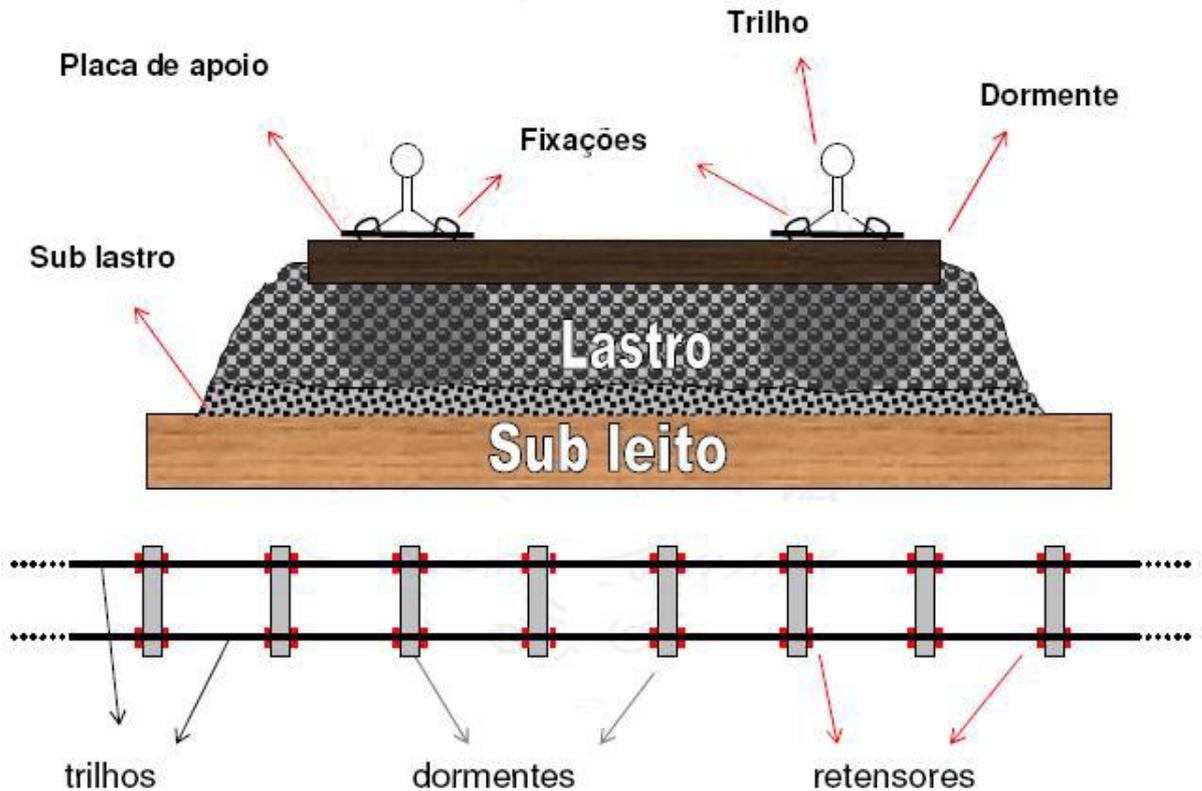
Como características negativas têm-se, principalmente, o alto custo fixo devido ao elevado valor de manutenção da via e aquisição de equipamentos que são caros (TEIXEIRA, 2009).

Assim como o transporte rodoviário necessita de rodovias, o transporte ferroviário necessita das vias permanentes.

#### **2.1.1 Via Permanente**

Muniz (2002) diz que o termo via permanente veio do fato de que, diferentemente das vias anteriores, essas tinham caráter de fluxo permanente, por suportar situações adversas, como chuva e neve, sem interrupção do fluxo ferroviário.

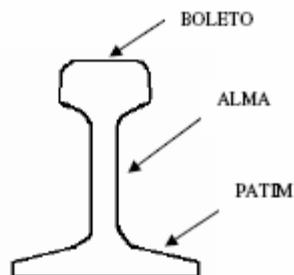
A via permanente é composta por infraestrutura e super-estrutura. Sydow (2009) cita que a infraestrutura é formada pelo subleito, as obras de drenagem, pontes, viadutos, passarelas, cortes de solo e rocha, taludes e túneis. Já a super-estrutura é formada pelos trilhos, o lastro e sublastro, os dormentes e os fixadores, conforme mostra a figura 1. No caso dos dormentes metálicos, existe também os isolantes entre trilhos e os dormente, e os aparelhos de mudança de vias.



**Figura 1: Elementos da Via Permanente**

Fonte: Pereira (2013) - Adaptado

Para Macedo (2009) os trilhos são os componentes mais importantes da via permanente. Eles são o suporte e guia dos trens, além de deter o maior custo entre os outros componentes. Eles são compostos por dois perfis metálicos paralelos fixados nos dormentes. Sua vida útil é determinada pelo limite de desgaste aferido pelo cálculo do seu módulo de resistência mínimo (MANUAL TÉCNICO DA VIA PERMANENTE, 2009). Os trilhos são divididos em três partes, sendo eles o boleto, a alma e o patim, conforme mostra a figura 2.



**Figura 2: Elementos do Trilho**

Fonte: Macedo (2009)

Já os dormentes têm a funcionalidade de receber e passar para o lastro todos os esforços realizados pelas cargas. Além disso, eles dão suporte para os trilhos, permitindo a

fixação deste último de forma a manter constante a distância entre eles (SILVA JR, 2008). Para exercer tais funções, é necessário que os dormentes tenham durabilidade, rigidez, dimensões ideais e facilidade de manuseio (AGUIAR, 2011).

O manual técnico da via permanente (2009) afirma que os dormentes podem ser de madeira, aço, concreto ou materiais alternativos, conforme mostra a figura 3.



**Figura 3: Da esquerda para a Direita: Dormente de Madeira, Concreto, Aço e Plástico**  
 Fonte: Manual técnico da via permanente (2009)

As fixações são divididas em rígida e elástica. Silva Jr (2008) define que os acessórios de fixação visam manter o paralelismo dos trilhos e ainda fixar o trilho nos dormentes. Atualmente atribui-se outras funções ao sistema de fixação, como absorção das vibrações e choques por meio de elementos flexíveis.

O sublastro, para Paiva (1999), é usado para evitar que o solo contamine o lastro. Este está localizado abaixo do lastro ferroviário, conforme se pode observar na figura 1.

O lastro está situado entre o sublastro e os dormentes. Eles podem ser de pedra britada, escória de aciaria ou cascalho quebrado (SYDOW, 2009). Suas principais funções são capacidade de suporte, drenagem, elasticidade e absorção de impactos (SILVA JR, 2008).

Sydow (2009) descreve que funcionalidade do lastro ferroviário é absorver os esforços recebidos dos dormentes e enviá-los para a plataforma, sem superar a tensão admissível. Este ainda estabiliza a via verticalmente, lateralmente e longitudinalmente ancorando os dormentes que recebem as diversas cargas dos trilhos. Outra importante função do lastro é permitir a correta drenagem das precipitações pluviométricas.

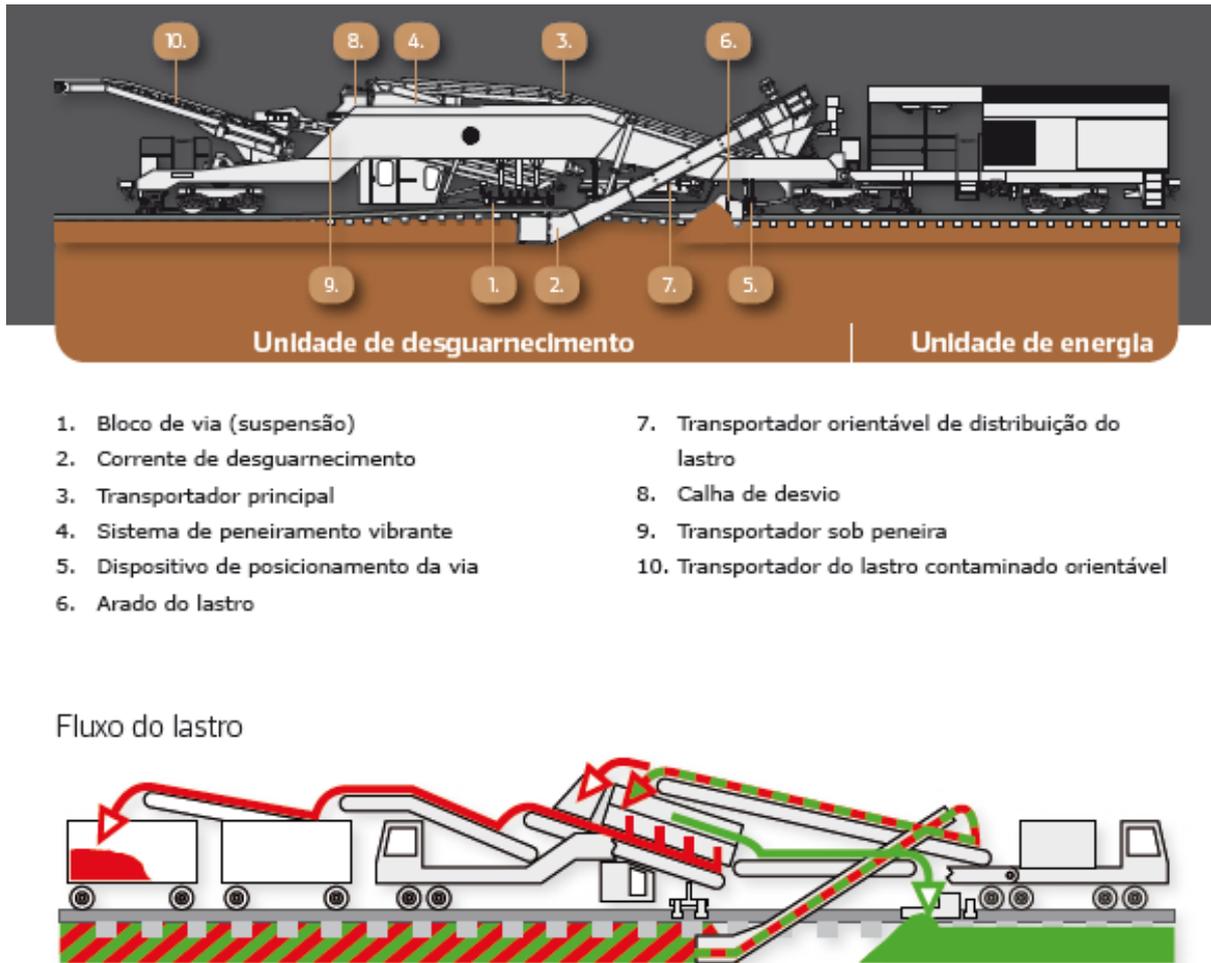
O equipamento que realiza a manutenção do lastro ferroviário é a desguarnecedora.

### **2.1.2 A Desguarnecedora**

A desguarnecedora de lastro é um equipamento que levanta a linha para retirada de todo o lastro contaminado e substitui por um lastro novo mais adequado.

A figura 4 mostra uma desguarnecedora da fornecedora Matisa. Através desta pode-se descrever de forma sucinta como a máquina funciona.

A corrente de desguarnecimento (2) escava o lastro sob a via e o conduz até o funil receptor a fim de descarregá-lo sobre o transportador principal (3). Posteriormente, o lastro cairá na peneira (4), a qual fará a segregação do material, que poderá ser reutilizado ou descartado. Na saída da peneira, o lastro limpo é depositado nos transportadores (7), que o derramam na frente do arado de lastro (6). O lastro contaminado será descartado em transportadores de rejeitos orientáveis (10) que os despejam na frente da máquina, em qualquer tipo de vagão container ou na lateral da via.



**Figura 4: Desguarnecedora**

Fonte: Intranet da VALE

Sydow (2009) descreve a operação da desguarnecedora de forma sucinta e clara quando diz que o trabalho consiste em tirar o lastro contaminado da linha, realizar o seu peneiramento, retornar à via o material retido na peneira (material bom) e rejeitar o material que passou na peneira (material contaminante e brita fraturada ou desgastada).

A figura 5 mostra a etapa em que o lastro bom é devolvido para a linha.



**Figura 5: Máquina Desguarnecedora Trabalhando na EFVM**

### **2.1.3 O Desguarnecimento**

A atividade de desguarnecimento é considerada um dos mais importantes serviços de manutenção da via permanente (RODRIGUES, 2008). Este serviço pode ser executado tanto pelo método manual quanto mecanizado, sendo que a tecnologia ferroviária põe à disposição diversos modelos de máquinas de grande porte e alta produtividade para a execução de desguarnecimentos. O método mecanizado é realizado utilizando máquinas desguarnecedoras de lastro.

O desguarnecimento visa retornar o lastro ferroviário às características granulométricas adequadas para que as suas funções preconizadas sejam atendidas tais como, capacidade de suporte, drenagem, elasticidade e absorção de impactos. Em algumas situações, a contaminação é tão grande que é impossível verificar visualmente a condição dos dormentes e trilhos conforme se pode visualizar na figura 6.



**Figura 6: Contaminação nos Lastros Impedindo a Verificação da Condição de Dormentes e Trilhos**

Geralmente, quando se é impossível verificar as condições dos dormentes e trilhos devido à grande contaminação, deve-se, com urgência, realizar-se o desguarnecimento no local.

A operação de desguarnecimento se dá pela retirada do lastro, seu peneiramento, para correção granulométrica, e retorno à via. Somente a parcela do material, adequado ao reemprego, será reutilizada. Com estas operações, também se tornam possíveis a correção de superelevação, alinhamento e nivelamento de trilhos.

A profundidade do desguarnecimento a ser realizado dependerá do que for especificado para o local, ou seja, há uma determinada espessura para cada localidade. Deverão ser analisadas as implicações que a espessura do lastro trará para o nivelamento longitudinal e a cota dos topos dos trilhos depois do serviço. Isto é feito com o intuito de não modificar o perfil longitudinal da ferrovia naquele ponto.

O sublastro é a parte do lastro ferroviário que não foi afetado pelo desguarnecimento.

### 2.1.4 O Lastro Ferroviário

A função do lastro ferroviário é transferir a carga da super-estrutura (trilhos e dormentes) para o subleito, absorvendo todos os esforços recebidos oriundos do tráfego. O subleito é a plataforma em que a via é construída.

O desempenho do sistema depende da eficácia do lastro em prover drenagem, estabilidade, flexibilidade, suporte uniforme para a superestrutura e distribuição do peso da via para o subleito e facilitar a manutenção.

Sydow (2009) diz que a função do lastro também é estabilizar a via na vertical, na lateral e longitudinalmente ancorando os dormentes que recebem as diversas cargas dos trilhos, além de permitir a drenagem adequada das chuvas.

Mittal e Maurya (sem ano) citam oito principais propriedades que o lastro ferroviário deve ter, são elas:

- O lastro deve ser limpo, oriundo de pedras britadas e densas, com estrutura angular, cantos afiados e de formato cúbico. Deve-se evitar partículas planas e alongadas. Estas qualidades irão fornecer a drenagem adequada do lastro. A propriedade angular fornecerá a prevenção do movimento dos dormentes. O excesso de partículas planas e alongadas poderia restringir a adequada consolidação do lastro.
- Deve possuir qualidades de forma a suportar o impacto das cargas de tráfego, sem degradação excessiva. A perda da abrasão excessiva resultará na redução do tamanho da partícula, reduzindo a drenagem e também a perda da força de apoio do lastro.
- Ter alta resistência de cisalhamento interno para ter maior estabilidade.
- Possuir peso suficiente para prover estabilidade, e então proporcionar apoio e estabilidade para o alinhamento da via.
- Oferecer alta resistência às mudanças de temperatura, ataques químicos, e propriedades de alta resistência e baixa absorção elétrica.
- Ser livre de propriedades de laqueadura. A deterioração do lastro não pode induzir a cimentação das partículas degradadas.

- O lastro deve absorver pouca água, já que a sua excessiva absorção pode resultar em rápida deterioração.
- A gradação do lastro deve ser tal que permita o desenvolvimento da resistência à compressão necessária, atender os requisitos de densidade do lastro, um suporte uniforme, elasticidade, além de fornecer espaço vazio necessário para permitir escoamento de água.

## 2.2 MANUTENÇÃO

Azevedo (2007) define manutenção como as medidas imprescindíveis para conservar alguma situação. Baldessar (2006) diz que manutenção é todo ato realizado em algum equipamento, conjunto de peças ou componentes, conservando ou reparando, com o intuito que estes permaneçam em operação ou retorne a função requerida. O equipamento deve desempenhar a sua função com segurança e eficiência, considerando as condições operativas, econômicas e ambientais.

Na indústria, o termo manutenção significa a combinação dos atos técnicos e administrativos, inclusive os de supervisão, destinados a conservar ou repor um componente em um estado de forma que este possa desempenhar a função exigida. (MEDEIROS FILHO, 2013).

Slack *et al* (2009) cita os 10 objetivos da manutenção:

1. Redução de Custos: por meio da Manutenção Preventiva é possível reduzir defeitos, diminuindo as ações corretivas, que possuem custo maior do que as ações de prevenção;
2. Maior Qualidade de Produtos: equipamentos em perfeito estado de funcionamento garantem produtos finais com maior qualidade;
3. Maior Segurança: setor produtivo asseado e em boas condições de operação concede maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;
4. Melhor Ambiente de Trabalho: espaço de trabalho limpo, seguro e organizado aprimoram o nível de trabalho dos funcionários;

5. Desenvolvimento Profissional: o programa desenvolve novas aptidões além de crescimento profissional aos trabalhadores devido à sua inclusão nas decisões de aumento de produtividade da empresa;
6. Maior vida útil dos equipamentos: o programa tem por objetivo o aumento da vida útil dos equipamentos, por meio de atos de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;
7. Maior confiabilidade dos Equipamentos: equipamentos bem cuidados possuem maior intervalos de tempo entre uma falha e outra, resultando em maior disponibilidade e velocidade de produção;
8. Instalações da Produção com maior valorização: instalações bem mantidas têm valor maior de mercado;
9. Maior Poder de Investimento: a diminuição de custos conseguida é análoga com o acréscimo de investimentos, o que favorece os acionistas, os funcionários e a comunidade ao redor da empresa;
10. Preservação do Meio Ambiente: com o regulamento adequado das máquinas há diminuição do uso de recursos naturais e redução dos impactos ambientais.

Atualmente, para uma empresa crescer ou se manter estável é necessário que ela tenha um bom processo de manutenção. Wyrebski (1997) afirma que a manutenção coloca-se taticamente como parte essencial do processo de produção em um ambiente em que geralmente há uma heterogeneidade alta de ativos, cada vez mais se usam equipamentos e sistemas de última geração, com elevada complexidade e custo, tornando a manutenção igualmente complexa, fazendo com que se busque o desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas de gestão além de abordagens inovadoras quanto à organização e estratégia de manutenção.

### **2.2.1 Tipos de manutenção**

Medeiros Filho (2013) cita os quatro principais tipos de manutenção, são elas a manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e engenharia de manutenção.

A manutenção corretiva é aquela que é realizada após a quebra do equipamento. Segundo Kardec e Nascif (1999), esta se caracteriza pela ação em evento já acontecido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Não existindo tempo para elaboração do serviço. Infelizmente, esta prática é realizada com maior magnitude do que deveria, já que, à medida que os equipamentos envelhecem os custos para realização deste tipo de manutenção aumenta.

A manutenção preventiva é aquela realizada antes da falha. Segundo Santos (2003), esta é realizada com o intuito de conservar um item em condições satisfatórias através de inspeções, detecção e prevenção de falhas simples. Para Batista (2013), este procedimento prevê a quebra do equipamento de modo a manter sua disponibilidade total para produção.

A manutenção preditiva, para Medeiros Filho (2013) é a intervenção fundamentada na mudança da situação do equipamento, detectada pelo monitoramento dos seus indicadores de desempenho, evitando falhas ou propiciando melhor tempo para preparação da intervenção. Batista (2013) cita que o objetivo deste tipo de manutenção é reduzir a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Para Baldessar (2006), para se ter êxito neste tipo de manutenção, é necessário o empenho dos trabalhadores, pois estes serão os responsáveis por monitorar o desempenho das máquinas para então informar sobre a necessidade de intervenção.

A engenharia de manutenção, para Medeiros Filho (2013), significa aplicar técnicas modernas de manutenção para ficar nivelado com o Primeiro Mundo. É também parar de ficar sempre consertando e começar a encontrar as causas básicas, alterar situações permanentes de baixo desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto e interferir tecnicamente nas compras.

Baldessar (2006) menciona que para realizar de forma efetiva a engenharia de manutenção, a empresa deve investir em pesquisas para desenvolver tecnologias de manufatura, analisando desde o projeto até a seleção do equipamento a ser adquirido.

Todo sistema está sujeito a diminuir as suas condições normais de operação com o passar do tempo, por consequência do uso ou até mesmo por causas aleatórias.

O desguarnecimento de lastro é um tipo de manutenção corretiva. Ela irá atuar nos lugares onde o lastro se encontrará em situações críticas de uso, quando este não estiver atendendo as suas funções preconizadas.

Um dos principais motivos da manutenção é melhorar o sistema, obter o mínimo de defeitos, com melhores condições de higiene e tratamento ao meio ambiente. Logo, um dos movedores da manutenção é a busca pela qualidade.

### **2.2.2 Planejamento e Controle de Manutenção**

Para Medeiros Filho (2013), as atividades do setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) podem ser divididas em dois momentos: antes da execução do serviço e após o cumprimento deste.

Este mesmo autor cita que antes da realização do serviço é necessário identificar a demanda de manutenção para criar a Ordem de Serviço (OS). Após esta identificação é imperativo planejar, aprovisionar e programar a execução do serviço.

Tendo sido executada estas atividades, inicia-se a etapa de controle. Neste se é conferida a eficiência do serviço, diagnosticados os problemas, para que se possa ser determinar as ações corretivas e/ou melhorias aos processos. A principal ferramenta de controle são os indicadores ou índices de manutenção.

Os indicadores e índices de manutenção são ferramentas gerenciais firmadas e avaliadas na etapa de controle do PCM, que visa à comparação entre períodos e/ou equipes diferentes, permitindo analisar a evolução da manutenção (MEDEIROS FILHO, 2013).

Segundo Castro (2011), os indicadores devem ser agregados ao planejamento estratégico da empresa para então serem proveitosos no suporte de tomada de decisão, já que com o uso dos indicadores é possível saber se a organização está atingindo as metas pré-estabelecidas.

## **2.3 QUALIDADE**

Em um ambiente globalizado e competitivo, em que processos são renovados constantemente, é notória a importância da qualidade para os clientes, pois é esta que criará a diferenciação entre uma empresa e outra (MAGRI, 2009).

Slack *et al.* (2009) define qualidade como sendo a consistente harmonia com as expectativas dos consumidores.

Deming (1990) cita 14 pontos para alcançar a qualidade total, são eles:

1. Criar um escopo de melhoria contínua de produtos e serviços, objetivando tornar-se competitivo e permanecer no mercado, proporcionando empregos;
2. Seguir a nova filosofia. A gerência deve despertar para o desafio, saber suas responsabilidades e alterar a liderança para a mudança;
3. Abolir a dependência da inspeção para alcançar qualidade. Extinguir a necessidade de inspeção em massa, instituindo qualidade para o produto em primeiro lugar;
4. Acabar com a prática de premiação do negócio baseando-se no preço. Ao contrário, deve-se procurar tornar mínimo o custo total;
5. Melhorar constantemente o sistema de produção e serviço, aprimorar a qualidade e produtividade, e deste modo, diminuir custos;
6. Treinamento no trabalho;
7. Liderança institucional. A finalidade da supervisão precisa ser ajudar as pessoas e máquinas a fazer um serviço melhor.
8. Libertar-se do receio, de maneira que todos tenham capacidade de trabalhar efetivamente para a empresa;
9. Quebrar barreiras entre os setores. Todas as pessoas devem trabalhar como uma equipe, para superar problemas de produção e/ou de uso que possam ser encontrados com o produto ou serviço;
10. Eliminar slogans que apelam à força de trabalho por defeitos zero e por novos níveis de produtividade. Estes métodos apenas criam relações de adversidade dentro da empresa, o que pode acarretar em baixa produtividade e qualidade do serviço;
11. Retirar barreiras que tiram o trabalhador de sua rotina de trabalho. A responsabilidade dos supervisores deve deixar de serem números para qualidade;
12. Abolir a gerência por objetivo;
13. Implantar um forte programa de educação e auto-melhoramento;

14. Colocar todos na empresa para trabalhar em favor da transformação. Esta é trabalho de todos.

Segundo a ISO 9000 (2009), para se alcançar qualidade deve-se basear em oito princípios, sendo eles:

- Foco no Cliente;
- Liderança;
- Envolvimento das pessoas;
- Abordagem por processos;
- Abordagem sistêmica para gestão;
- Melhoria contínua;
- Abordagem para tomada de decisão; e
- Relação benéfica com o fornecedor.

### **2.3.1 Ferramentas de Gestão da Qualidade**

O trabalho de planejar, analisar e buscar soluções pode ser facilitado com a utilização das ferramentas de gestão da qualidade. Segundo Isoaki & Nakasato (2009), essas ferramentas são utilizadas para definir, medir, avaliar e sugerir soluções para os problemas que intervêm no bom desempenho do trabalho.

É importante ressaltar que não existe uma ferramenta padrão capaz de solucionar todos os problemas. Sendo que cada profissional deve combinar as ferramentas de qualidade conforme for necessário para o desenvolvimento de um projeto específico e de acordo com a realidade da empresa.

As principais ferramentas da qualidade para Wojslaw (2013) são: estratificação, folha de verificação, histograma e análise de pareto. Além destas também existe as ferramentas FMEA, MASP, diagrama espinha de peixe (*Ishikawa*) e fluxograma.

Segundo Wojslaw (2013), a estratificação é realizada separando os dados em categorias. A folha de verificação é utilizada para garantir que os itens pré-estabelecidos foram cumpridos ou avaliar em que condição eles estão.

O histograma, ainda de acordo com Wojslaw (2013), é uma ferramenta que permite conhecer as características de um processo permitindo uma visão geral da variação de um conjunto de dados. E a análise de Pareto é um gráfico de barras estabelecido a partir de um processo de coleta de dados que apresenta os itens e a classe na ordem dos números de ocorrências, apresentando a soma total acumulada.

A ferramenta FMEA – Análise do efeito e modo de falhas, segundo Oliveira (2012) é uma técnica analítica empregada por uma equipe com o intuito de garantir que se localize as possíveis falhas e suas causas.

O MASP - Método de Análise e Solução de Problemas, de acordo com Castro (2011), é uma metodologia que utiliza o PDCA (Planejar, Desenvolver, Checar e Agir) para a solução dos problemas.

De acordo com Magri (2009), o diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe, é uma ferramenta da qualidade simples e muito utilizada. A ferramenta exibe as causas de um problema em forma de espinha de peixe apresentando os 6 M's: método, mão-de-obra, materiais, medidas, máquinas e meio ambiente. Com o seu emprego é possível identificar as causas dos problemas para tratá-los da melhor maneira possível.

O fluxograma, para Castro (2011), é uma ferramenta importante para visualização de processos. Este possibilita demonstrar os passos de um processo, identificando oportunidades de melhoria, atrasos, gargalos, revelando problemas no processo e como este opera.

No contexto que está sendo estudado, o desguarnecimento do lastro é um serviço que será prestado para a empresa ferroviária. Ou seja, a equipe de desguarnecimento terá como cliente a empresa responsável pela estrada de ferro, e essa terá que atender a todos os requisitos solicitados por esta última.

### **2.3.2 Qualidade do Lastro Ferroviário**

A qualidade de qualquer produto ou serviço é muito importante para que se atendam todas as expectativas do consumidor. Logo, manter um lastro de qualidade é relevante para que se atendam todas as preconizações, além de que, quanto maior a qualidade, maior será o tempo de vida do produto ou serviço.

Machado (2006) fala sobre a importância da qualidade da manutenção da Via Permanente quando afirma que é necessário que os insumos e os serviços tenham qualidade, que os fornecedores sejam desenvolvidos de forma que possam acompanhar as novas demandas. Além disto, os materiais devem ser bem especificados e atender as exigências tecnológicas identificadas pela nova engenharia ferroviária.

A qualidade da manutenção do lastro ferroviário não difere da afirmação de Machado. Como o lastro é um componente muito importante da superestrutura ferroviária, a sua qualidade é relevante para que o lastro possa sustentar a capacidade de transporte na via.

Para exercer suas funções, o lastro deve possuir granulometria correta. Esta graduação que facilitará a manutenção da via e garantirá o cumprimento do tempo de vida do lastro.

Por isso, é importante que se realize um controle da granulometria do lastro durante a manutenção, para que se obtenha uma boa qualidade de lastro.

### **2.3.3 Análise do efeito e modo de falhas – FMEA**

A ferramenta FMEA, segundo Slack *et al.* (2009), tem como objetivo identificar as características do produto ou serviço que são críticas para vários tipos de falha. Desta forma, ela diminui a chance de falhas e propõe melhorias para o processo, aumentando a sua confiabilidade.

O método identifica as falhas a partir do uso da folha de verificação construído em torno de três perguntas:

- Qual a probabilidade de ocorrer a falha (Ocorrência – O)?
- Qual seria a consequência da falha (Severidade – S)?
- Com qual probabilidade essa falha é detectada antes que afete o cliente (Detecção – D)?

Baseado nestas perguntas é calculado um Número de Prioridades de Risco (NPR). Este cálculo é obtido através do produto destes três índices. Logo,  $NPR = O \times S \times D$ . Assim, ações corretivas, que se dispõem em prevenir as falhas, serão aplicadas às causas cujo NPR priorizou, ou seja, aquelas com valores mais altos.

O índice para avaliação destas três perguntas utilizado para responder estas questões são dados de 1 a 10, e podem seguir o modelo proposto por Slack *et al.* (2009), conforme é mostrado na figura 7.

<b>A. Ocorrência de falhas</b>			
	<b>Descrição</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Possível ocorrência de falhas</b>
	<b>Probabilidade remota de ocorrência</b> Não seria razoável esperar que ocorressem falhas	1	0
	<b>Baixa probabilidade de ocorrência</b>	2	1:20.000
	Geralmente associada com atividades similares a outras anteriores que tiveram falhas ocasionais	3	1:10.000
	<b>Probabilidade moderada de ocorrência</b>	4	1:2.000
	Geralmente associada com atividades similares a outras anteriores que tiveram falhas ocasionais	5	1:1.000
		6	1:200
	<b>Alta probabilidade de ocorrência</b>	7	1:100
	Geralmente associada com atividades similares a outras anteriores que tradicionalmente causaram problemas	8	1:20
	<b>Probabilidade muito alta de ocorrência de falhas</b>	9	1:10
	Quase certo que falhas importantes ocorrerão	10	1:2
<b>B. Severidade das falhas</b>			
	<b>Descrição</b>	<b>Avaliação</b>	
	<b>Severidade pequena</b> Uma falha muito pequena que não teria efeito notável no desempenho do sistema	1	
	<b>Severidade baixa</b>	2	
	Uma falha pequena que causa leve aborrecimento aos clientes	3	
	<b>Severidade moderada</b>	4	
	Uma falha que causaria algum descontentamento, desconforto ou aborrecimento ou causaria deterioração notável no desempenho	5	
		6	
	<b>Alta severidade</b>	7	
	Uma falha que ocasionaria alto grau de descontentamento dos clientes	8	
	<b>Severidade muito alta</b>	9	
	Uma falha que afetaria a segurança		
	<b>Catastrófica</b>	10	
	Uma falha que pode causar danos à propriedade, ferimentos sérios ou morte		
<b>C. Detecção de falhas</b>			
	<b>Descrição</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Probabilidade de detecção</b>
	<b>Probabilidade remota de que o defeito atinja o cliente</b> (Não seria razoável esperar que uma falha dessas não fosse detectada durante a inspeção, teste ou montagem)	1	0 a 15%
	<b>Baixa probabilidade de que a falha atinja o cliente</b>	2	6 a 15%
		3	16 a 25%
	<b>Probabilidade moderada de que a falha atinja o cliente</b>	4	26 a 35%
		5	36 a 45%
		6	46 a 55%
	<b>Alta probabilidade de que a falha atinja o cliente</b>	7	56 a 65%
		8	66 a 75%
	<b>Probabilidade muito alta que a falha atinja o cliente</b>	9	76 a 85%
		10	86 a 100%

**Figura 7: Escalas de Avaliação para FMEA**

Fonte: Slack *et al.* (2009)

Para a sua aplicação, de acordo com Slack *et al.* (2009), é necessário realizar um processo de sete passos, conforme mostra a figura 8.

<b>Passos para Aplicação do FMEA</b>	
Passo 1	Identificar todas as partes componentes dos produtos ou serviços.
Passo 2	Listar todas as formas possíveis segundo as quais componentes poderiam falhar.
Passo 3	Identificar os efeitos possíveis das falhas (tempo parado, insegurança, necessidades de consertos, efeitos para os clientes).
Passo 4	Identificar todas as causas possíveis das falhas para cada modo de falha.
Passo 5	Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos da falha e a probabilidade de detecção.
Passo 6	Calcular o NPR multiplicando as três avaliações entre si.
Passo 7	Instigar ação que minimizará falhas nos modos de falhas que mostram alto NPR.

**Figura 8: Passos para a Aplicação do FMEA**

Fonte: Slack et al (2009) - Adaptado

Após a realização destes sete passos é possível visualizar as possíveis falhas e identificar as ações cabíveis para evitar que elas ocorram, assim, aumentando a confiabilidade do processo e, conseqüentemente, a qualidade deste.

Oliveira (2012) utiliza o FMEA para melhorar os equipamentos de manutenção ferroviária. Pedroni (2008) a utiliza para analisar as fraturas nos trilhos. Já Gaede (2008) fez uso desta ferramenta para a manutenção em oficinas de material rodante ferroviário.

Porém, não é de conhecimento da autora deste trabalho a utilização do FMEA para melhorar a qualidade da manutenção do lastro ferroviário.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia do trabalho, em que serão apresentados os conceitos principais de transporte ferroviário, manutenção e qualidade, e também serão detalhadas as etapas da pesquisa, que consiste na identificação da qualidade do lastro utilizado no processo de desguarnecimento na Estrada de Ferro Vitória a Minas e sua interferência na operação de trens. Através dos dados levantados, espera-se ter uma base sustentável para discussão e obtenção de resultados.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Gil (2007) afirma que uma pesquisa pode ser qualificada observando quatro aspectos:

- Natureza (básica ou aplicada),
- Forma de abordagem do problema (quantitativa ou qualitativa):
- Objetivos (exploratória, descritiva e explicativa);
- Procedimentos Técnicos (bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, *expost-facto*, pesquisa-ação e participante).

O presente estudo se classifica como aplicado quanto à natureza, visto que este buscou resolver problemas encontrados no processo da atividade do desguarnecimento, implementando a folha de verificação da desguarnecedora de lastro, com o intuito de melhorar a qualidade da manutenção do lastro da EFVM.

Com relação à forma de abordagem do problema, este estudo pode ser classificado como quantitativo, já que durante a sua realização foi desempenhada uma coleta de amostras de lastro da EFVM, visando o controle da qualidade do lastro.

No que se refere aos objetivos, o estudo pode ser definido como exploratório, pois durante o desenvolvimento deste estudo foram obtidas informações diretamente com os operadores responsáveis pela manutenção da Via Permanente da EFVM, além de ter sido realizado pesquisas em documentos relacionados às atividades realizadas por eles.

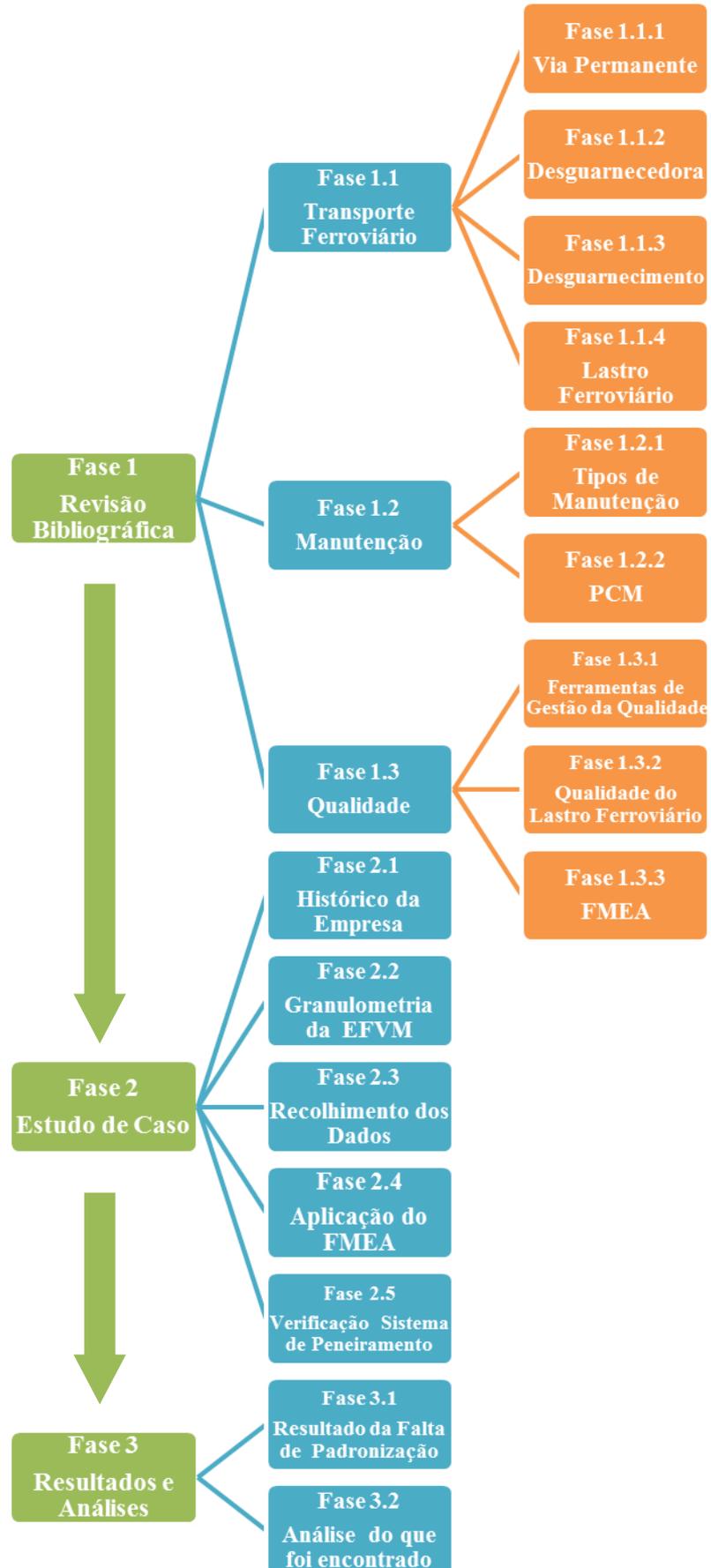
Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo pode ser considerado como estudo de caso, já que foi realizado pesquisa de campo, enquanto era realizada a atividade de

desguarnecimento. Foi acompanhado todo o processo da atividade de manutenção de lastro ferroviário, em que foi realizada a coleta de dados, principalmente em forma de amostras.

### **3.2 METODOLOGIA DO PROJETO DE PESQUISA.**

Esta pesquisa é um Estudo de Caso da qualidade da manutenção do lastro na Via Permanente da Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM).

O método de pesquisa empregado para elaborar este trabalho foi dividido em três etapas: uma revisão bibliográfica, um estudo de caso e resultados. A figura 9 apresenta as etapas de preparação deste estudo.



**Figura 9: Etapas de Preparação do Trabalho**

Na revisão bibliográfica (Fase 1) foi realizado um estudo sobre os principais conceitos que este trabalho abrange, os quais podem ser citados:

- Transporte Ferroviário (Fase 1.1), que envolve os assuntos Via Permanente (Fase 1.1.1), Desguarnecedora (Fase 1.1.2), Desguarnecimento (Fase 1.1.3) e Lastro Ferroviário (Fase 1.1.4);
- Manutenção (Fase 1.2), que abrange Tipos de Manutenção (Fase 1.2.1) e PCM (Fase 1.2.2);
- Qualidade (Fase 1.3), envolvendo temas como Ferramentas de Gestão da Qualidade (Fase 1.3.1), Qualidade do Lastro Ferroviário (Fase 1.3.2) e FMEA (Fase 1.3.3).

Para realização das pesquisas bibliográfica recorreu-se ao levantamento de dados em materiais textuais como: livros, artigos científicos, monografias e internet, tanto nacionais quanto internacionais. A obtenção de informações em figuras foi muito importante para exemplificar os conceitos abordados.

O estudo de caso (Fase 2) desenvolvido na EFVM abrangeu quatro etapas sendo elas: Histórico da Empresa (Fase 2.1), Granulometria da EFVM (Fase 2.2), Recolhimento dos Dados (Fase 2.3), Aplicação do FMEA (Fase 2.4) e Verificação do Sistema de Peneiramento (Fase 2.5).

A Fase 2.1 contou brevemente a história da empresa Vale, mais especificamente da EFVM, com suas principais atividades, abrangência e especificações. Nesta fase também foi explanada como é realizado a divisão do trecho ferroviário. Além disso, foi citado em qual gerência e supervisão no qual foi realizado este estudo.

Posteriormente, na Fase 2.2, foi explanado sobre a granulometria utilizada pela EFVM. Esta fase é muito importante, pois é ela que mostrará se o lastro utilizado pela empresa está dentro ou fora dos padrões.

Na Fase 2.3 foi realizado o recolhimento dos dados, em que foi feita uma amostragem do lastro, medindo-o com uma trena, logo após que este foi colocado na Via Permanente pela desguarnecedora de lastro. Essa amostragem foi realizada na localidade EH 56/57, no período de 11 a 22 de agosto de 2014, foi praticado o recolhimento dos dados enquanto a desguarnecedora DL1355 cumpria a sua programação. Esta EH é localizada entre as cidades de Periquito e Naque, em Minas Gerais.

Logo em seguida, após o término da atividade de desguarnecimento na EH56/57 foi verificado o sistema de peneiramento da desguarnecedora (Fase 2.4) para saber se esta se encontrava em perfeitas condições de uso, ou seja, sem nenhum dano. Esta verificação foi realizada na oficina de máquinas de via de Governador Valadares.

Por fim, a última etapa da pesquisa consistiu na verificação dos resultados e análises (Fase3). Sendo que, a Fase 3.1 mostrou o resultado da falta de padronização das amostras recolhidas na Fase 2.3, e a Fase 3.2 analisou o que foi encontrado com a realização deste estudo, mostrando a importância da utilização das ferramentas de gestão da qualidade para realizar o controle da granulometria do lastro ferroviário e assim manter a qualidade do lastro e da via permanente.

## **4 ESTUDO DE CASO**

O estudo apresentado neste trabalho desenvolveu-se na área de manutenção da Via Permanente da Estrada de Ferro Vitória a Minas - EFVM, situada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

### **4.1 HISTÓRICO DA EMPRESA**

A EFVM inaugurou-se em 18 de maio de 1904, sendo construída pelos ingleses. Ligando a cidade de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, à Cariacica e aos principais portos do Espírito Santo, entre eles o de Tubarão. Incorporada a Vale nos anos 40, é considerada uma das mais modernas e produtivas ferrovias brasileiras. Ela transporta 37% da carga ferroviária do Brasil (SYDOW, 2009).

A empresa possui sua sede no Brasil, estando localizada na Avenida Graça Aranha, número 26, Edifício Barão de Mauá, Centro - Rio de Janeiro, e desenvolvem suas atividades em mais de trinta países e em cinco continentes, atuando por meio de escritórios, operações, logística, energia, siderurgia, explorações, a Vale é considerada uma das três maiores mineradoras do mundo e sua maior compradora, atualmente, é a China.

A Vale é a maior prestadora de serviços de logística do Brasil. O minério de ferro, seu principal produto, é explorado em três sistemas unificados, constituídos por mina-ferrovia-porto. Nestes encontram-se as ferrovias Estrada de Ferro Carajás - EFC, Estrada de Ferro Vitória Minas - EFVM e Ferrovia Centro Atlântica - FCA, que são o elo entre a mina e o porto.

A figura 10 mostra a malha ferroviária da EFVM.



**Figura 10: Localização da Estrada de Ferro Vitória a Minas (VALE)**

Fonte: Intranet da VALE

Devido a sua localização privilegiada, o sudeste brasileiro, a EFVM faz conexão com várias outras ferrovias, acarretando a integração dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e o Distrito Federal, ligando todos estes aos principais portos do Espírito Santo.

Com 905 quilômetros, sendo que destes 594 são de linha dupla, a EFVM possui 3,1% da malha ferroviária do Brasil. Sydow (2009) cita que a EFVM, atualmente, transporta 80% de minério de ferro sendo que os 20% restantes correspondem a mais de 60 tipos de produtos diferentes, tais como aço, carvão, calcário, granito entre outros.

Conforme o site da organização, além da mineração, a empresa está envolvida em várias áreas como logística, siderurgia e energia. Ela é a maior produtora mundial de minério de ferro em pelotas. Possui também forte atuação na produção de níquel, cobre, fertilizantes, manganês e ferroligas.

A parte da EFVM que possui linhas duplas é subdividida em pequenos trechos denominados *houses*. Cada *house* tem em média sete quilômetros de extensão.

Quando é planejada uma manutenção, esta é realizada nos trechos denominados entre *houses* - *EH*, que são aqueles entre uma *house* e outra. Sendo também em apenas uma das linhas, deixando a outra livre para a circulação normal de trens.

Com o intuito de manter o fluxo de trens, a Gerência de Manutenção Preventiva de Via Permanente – GEVSG conta com manutenções preventivas programadas para serem executadas em diversos pontos da ferrovia, na maioria das vezes estas manutenções são realizadas ao longo de toda uma EH.

A gerência conta com dez supervisões para melhor atender a gerência. Entre elas está a supervisão de desguarnecimento, a SUDESG. Esta é responsável pelo desguarnecimento de lastro de toda a via permanente da EFVM.

A SUDESG possui três equipamentos para realizar a atividade de desguarnecimento, a DL1354, a DL1355 e a DL1356. Com estes equipamentos é possível realizar o desguarnecimento em três programações diferentes simultaneamente.

Para desempenhar de forma satisfatória as suas funções, a SUDESG conta com o apoio de operadores mantenedores eletromecânicos para operar os equipamentos e realizar as atividades, inspetores para checar o desempenho e a supervisão de um engenheiro.

Todos os colaboradores da SUDESG possuem treinamento específico para realização da atividade do desguarnecimento.

A EFVM possui via permanente com bitola métrica, ou seja, a distância entre os seus trilhos é de um metro. A empresa utiliza apenas dormentes de madeira e aço.

Na EFVM utiliza-se lastro de pedras britadas provenientes de rochas duras, de elevada resistência à compressão e elevada massa específica aparente. As rochas que atendem estas características são o granito, o basalto, o diorito, o gnaisse e o quartzito.

De acordo com o Manual Técnico da Via Permanente (2009), este lastro deve apresentar massa específica de  $2,4t/m^3$  e resistência a compressão acima de  $1.100\text{ Kgf/cm}^2$ .

## **4.2 GRANULOMETRIA DA EFVM**

O Manual Técnico da Via Permanente afirma que o controle da granulometria é importante para que o lastro ferroviário possua as dimensões pré-determinadas.

Esta pré-determinação do tamanho do lastro é necessária, pois se a brita do lastro for muito grande, o apoio dos dormentes será inadequado. Enquanto que, se for muito pequena, ela estará mais sujeita a deterioração, levando à colmotação, o que prejudicará a drenagem adequada.

Sendo assim, a granulometria visa equilibrar, estabelecendo limites inferior e superior, o tamanho máximo e mínimo das partículas, com o intuito de alcançar um lastro de qualidade, para exercer de forma eficaz as suas funções.

Atualmente, a EFVM adota a graduação 3 da AREMA - The American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (Associação Americana de Engenharia Ferroviária e Manutenção de Via), conforme mostra a tabela 1.

<b>PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS</b>			
<b>ABERTURA NOMINAL</b>	<b>Porcentagem Retida</b>	<b>Porcentagem Graduação 3 (AREMA)</b>	<b>Porcentagem que passa</b>
	<b>(em peso)</b>	<b>(em peso)</b>	<b>(em peso)</b>
3''	76,2	-	-
2 ½ ''	63,5	0	100
2''	50,8	0-5	95-100
1 ½ ''	38,1	30-65	35-70
1''	25,4	85-100	0-15
¾ ''	19	-	-
½ ''	12,7	95-100	0-5

**Tabela 1: Granulometria Utilizada pela EFVM**

Fonte: Manual Técnico da Via Permanente (2009)

A tabela 1 mostra que a menor granulometria do lastro deve ser ½ polegada e a maior 3 polegadas, ou seja, o lastro deve medir entre ½'' e 3''.

As desguarnecedoras durante a sua atividade de desguarnecimento realizam o peneiramento do lastro. As peneiras presentes dentro do equipamento são ajustadas para que a granulometria pré-estabelecida seja atendida.

Tendo esta afirmação como base, após a passagem da desguarnecedora, o lastro encontrado na linha deveria estar dentro dos parâmetros determinados.

### 4.3 RECOLHIMENTO DOS DADOS

Durante a realização do desguarnecimento na localidade EH 56/57, no período de 11 a 22 de agosto de 2014, foi praticado o recolhimento dos dados enquanto a desguarnecedora DL1355 cumpria a sua programação. Esta EH é localizada entre as cidades de Periquito e Naque, em Minas Gerais.

O recolhimento dos dados se deu pela retirada de amostras de lastro, medindo o seu tamanho, após o equipamento ter realizado o desguarnecimento para estudar se a amostra está dentro dos padrões de granulometria da EFVM.

O recolhimento das amostras foi realizado de forma aleatória e a medição foi feita através do uso de trena, conforme mostra a figura 11.



**Figura 11: Medição do Lastro**

Foram recolhidas 10 amostras por dia, durante os 10 dias úteis de trabalho, em diversos pontos da EH, ou seja, foram retiradas amostras ao longo de toda a EH 56/57, com aproximadamente sete quilômetros de extensão.

Na figura 12 encontra-se os dados das amostras recolhidas durante esse período.

GRANULOMETRIA EM POLEGADAS									
1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
4,0	3,0	2,5	1,5	3,5	1,5	4,0	2,0	3,0	2,5
3,0	2,5	3,5	3,0	4,0	4,0	3,5	4,5	2,5	4,0
2,0	4,0	1,5	3,5	2,0	4,0	4,0	2,5	4,0	3,0
3,0	1,5	4,0	5,5	7,0	2,5	4,5	2,5	4,5	3,5
1,5	1,5	2,0	3,5	1,5	3,0	1,5	3,0	2,0	5,0
2,5	3,5	2,5	2,0	3,0	3,5	4,5	1,5	5,0	4,0
2,5	2,5	5,0	1,5	3,5	2,5	2,5	2,0	3,0	4,5
3,0	2,5	1,5	4,0	2,5	3,0	2,0	5,5	2,0	2,0
2,0	3,0	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0	1,5	2,5	1,5
1,5	4,0	1,5	3,0	5,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0

**Figura 12: Granulometria das Amostras Recolhidas**

Ao comparar a tabela 1 com a figura 12 percebe-se que na amostra recolhida existe lastro fora dos padrões estabelecidos, ou seja, valores acima de três polegadas. Estes dados estão destacados na figura por meio de hachuras.

É possível observar na figura 12, que na coluna 1º dia, na 1ª linha, o valor 4,0 está fora dos padrões segundo a Tabela 1 que mostra que os valores granulométricos do lastro da EFVM devem estar entre ½” e 3”.

A partir do que foi apresentado, é de suma importância verificar o motivo da discrepância entre o padrão e as amostras, visto que se almeja alcançar qualidade em todos os processos.

#### 4.4 APLICAÇÃO DO FMEA

O principal foco do FMEA é identificar, delimitar e descrever as possíveis falhas de um processo, seus efeitos e causas, criando condições para minimizá-los ou eliminá-los, através de ações de prevenção.

Baseando-se nisto, nota-se a necessidade da aplicação da metodologia FMEA para identificar as causas do problema detectado através das amostras recolhidas. E a partir daí, criar condições para que esta falha não volte a acontecer através das ações estabelecidas.

Primeiramente foi feito os sete passos para a realização do FMEA.

- Passo 1: Identificar todas as partes componentes dos produtos ou serviços.
  - Peneiramento do lastro.
- Passo 2: Listar todas as formas possíveis segundo as quais, componentes poderiam falhar.
  - Lastro com granulometria acima de 3”;
  - Lastro com granulometria abaixo de 1/2”.
- Passo 3: Identificar os efeitos possíveis das falhas.
  - Menor suporte ao impacto das cargas de tráfego;
  - Menor estabilidade;
  - Perda da força de apoio;
  - Dificulta a drenagem;
  - Colmotação.
- Passo 4: Identificar todas as causas possíveis das falhas para cada modo de falha.
  - Equipamento desregulado;
  - Peneira quebrada.
- Passo 5: Avaliar a probabilidade de falha, a severidade dos efeitos da falha e a probabilidade de detecção.
- Passo 6: Calcular o NPR.
- Passo 7: Instigar ação que minimizará falhas nos modos de falha que mostram alto NPR.

Os passos 5, 6 e 7 serão mostrados na figura 13, que é a representação de todos os passos anteriores.

FMEA										
Processo	Função	Tipo de Falha	Efeito da Falha	S	Causa da falha	Controles Atuais			D	NPR
						Prevenção	O	Deteccção		
D e s g u a r n e c i m e n t o	Retornar o lastro ferroviário às características granulométricas adequadas	Lastro com granulometria acima de 3"	Menor suporte ao impacto das cargas de tráfego	6	Equipamento desregulado	Manutenção Preventiva	3	Folha de Verificação diária	1	18
					Peneira quebrada	-	4	-	6	144
			Menor estabilidade	7	Equipamento desregulado	Manutenção Preventiva	3	Folha de Verificação diária	1	21
					Peneira quebrada	-	4	-	6	168
			Perda da força de apoio	5	Equipamento desregulado	Manutenção Preventiva	3	Folha de Verificação diária	1	15
					Peneira quebrada	-	4	-	6	120
		Lastro com granulometria abaixo de 1/2"	Dificulta a drenagem	3	Equipamento desregulado	Manutenção Preventiva	3	Folha de Verificação diária	1	9
					Peneira quebrada	-	4	-	6	72
			Colmotação	4	Equipamento desregulado	Manutenção Preventiva	3	Folha de Verificação diária	1	12
					Peneira quebrada	-	4	-	6	96

**Figura 13: Aplicação do FMEA**

Baseado na figura 13, percebe-se que a prioridade será analisar e criar uma ação para a peneira quebrada, visando evita que se tenha um lastro com granulometria maior que 3" para que esta falha não venha diminuir a estabilidade da linha. Esta será a prioridade pois, de acordo com o FMEA aplicado no processo de desguarnecimento, este foi o item com maior NPR.

#### 4.5 VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PENEIRAMENTO

As desguarnecedoras possuem no seu interior um sistema de peneiramento vibrante que é responsável pela correta seleção do lastro. Estas devem estar em seu perfeito estado para evitar que através dela passem lastro com granulometria incorreta.

Foi feita a verificação do sistema de peneiramento para saber se a grande quantidade de lastro fora do padrão se devia a uma falha nas peneiras. Para tanto, é necessário parar a escavação para que se possa checar a parte interna da desguarnecedora ou então esperar o equipamento entrar em manutenção corretiva ou preventiva.

Realizada a verificação, pôde-se observar a existência de uma falha na malha das peneiras conforme pode ser observado na figura 14, em que se pode ver que está faltando um pedaço da malha.



**Figura 14: Imagem da Peneira com Falha**

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na análise do estudo de caso em questão realizado na EFVM.

### 5.1 RESULTADOS

Baseados nos dados recolhidos durante o estudo de caso pôde-se observar a existência de lastro fora dos padrões pré-estabelecidos pela empresa.

Conforme é ilustrado na figura 15, das 100 amostras do estudo, observa-se que 35% possuem tamanho superior ao permitido, ou seja, estão fora da padronização adotada pela EFVM.



Figura 15: Quantidade de Lastro Dentro e Fora do Padrão

Sabe-se que esta grande quantidade de lastro fora do padrão se deve ao fato das falhas na malha das peneiras que se encontravam quebradas devido ao uso.

### 5.1 ANÁLISES

A partir do que foi apresentado, nota-se a necessidade de haver uma verificação mais constante da condição de uso das peneiras, almejando uma maior qualidade do lastro através da inspeção visual da malha.

Tendo em vista que a supervisão de desguarnecimento já utiliza a folha de verificação, que é uma ferramenta da qualidade, para conhecer as condições de vários itens presentes no equipamento, foi verificado se existia algum tópico que abrangia a utilização das peneiras.

Após esta verificação, foi constatado que a folha de verificação diária das desguarnecedoras não possuía nenhum item para checar a condição das peneiras do equipamento, conforme mostra a figura no anexo A.

Baseado nesta folha de verificação existente foi proposta uma nova folha de verificação que contemplasse a verificação das condições de uso do sistema de peneiramento diariamente, conforme anexo B.

Esta nova folha de verificação é uma ação para minimizar as falhas na granulometria do lastro ferroviário da EFVM, que foi proposta ao usar a metodologia FMEA para analisar as possíveis falhas que poderiam ocorrer.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

O estudo da qualidade da manutenção do lastro ferroviário foi relevante para mostrar como é importante o uso das ferramentas da qualidade para checar e controlar o desempenho de qualquer atividade.

Apesar do equipamento em estudo sempre ter agendado uma manutenção preventiva, é importante utilizar o conhecimento técnico dos operadores para ajudar a melhorar a qualidade do desguarnecimento.

O controle da granulometria é extremamente importante para a maior qualidade e tempo de vida do lastro ferroviário. A ferramenta FMEA demonstrou ser eficaz para identificar a falha no processo de manutenção da qualidade do lastro ferroviário.

Através da folha de verificação é possível verificar quando há um problema no sistema de peneiramento. Neste caso, é possível a correção do processo antes que ocorra a falha. Entretanto, ela deve ser atualizada continuamente para garantir a qualidade do processo.

Não foi possível realizar um estudo sobre a eficácia da utilização da folha de verificação após a inclusão do item de verificação da condição das peneiras, pois, a utilização desta faz parte do cumprimento de um dos procedimentos da empresa, os chamados PRO.

O PRO 007922, que trata da operação da desguarnecedora de lastro, é o que foi utilizado como base para implementação. Sendo que este é utilizado diariamente pelos operadores do equipamento antes de começar o turno de trabalho.

Uma alteração nesta PRO deve passar por várias gerências e áreas para que se faça a aprovação e a revisão necessária, com o objetivo de identificar se qualquer alteração não vai prejudicar a saúde e a segurança dos operadores.

Durante o estudo foi possível realizar um levantamento bibliográfico sobre transporte ferroviário, manutenção e qualidade.

Foi possível também utilizar a folha de verificação, que é uma ferramenta da qualidade, para analisar a qualidade do lastro ferroviário da EFVM.

Além disso, foi possível identificar as características do serviço de desguarnecimento utilizando a ferramenta FMEA, aplicando os sete passos referidos na

revisão bibliográfica para visualizar as possíveis falhas na atividade, identificando as ações cabíveis a fim de evitar que elas ocorram.

Também foi possível propor melhorias para controlar de forma mais efetiva a qualidade do lastro da EFVM, ao sugerir uma alteração na folha de verificação, acrescentando o item para verificação do sistema de peneiramento.

Com esta nova folha de verificação será possível identificar uma falha na peneira antes do início da atividade. Isso é importante, pois, desta forma, os operadores não começarão suas atividades sem que seja realizado um reparo na peneira. Assim, diminuirá a quantidade de lastro fora do padrão, fazendo com que este lastro não precise ser trocado em um período de tempo mais curto do que o determinado.

## **6.2 RECOMENDAÇÕES**

Como trabalhos futuros recomenda-se que seja realizado um estudo da granulometria do lastro após a aprovação e utilização do novo PRO implementado com o item de verificação da condição das peneiras presentes na desguarnecedora de lastro.

Também se aconselha um estudo do lastro que também englobe amostra dos finos presentes após o serviço de desguarnecimento, e quais os impactos que estes causam na qualidade do lastro ferroviário.

Além disso, recomenda-se o uso sistemático da ferramenta FMEA e de outras ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa para garantir a qualidade do processo de manutenção do lastro ferroviário.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. T. **Inspeção de Via Permanente: Um Fator Determinante no Processo de Direcionamento da Manutenção Ferroviária.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2011.
- AZEVEDO, A. A. **Otimização da Manutenção Preventiva em Linhas de Montagem: Estudo de Caso em uma Empresa de Manufatura Contratada do Setor Eletroeletrônico.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.
- BALDESSAR, M. P. **Estudo para a implantação de um plano de manutenção preventiva nos transformadores da rede de distribuição elétrica – CELEST – Joinville.** Joinville, 2006.
- BATISTA, J. V. **Análise da Manutenção Ferroviária Aplicando a Simulação de Eventos Discretos.** Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013.
- BORGES, B. G. **Dossiê Ferrovias.** Revista UFG. Dezembro, 2011. Ano XIII nº11. Disponível em: <[http://www.proec.ufg.br/revista\\_ufg/dezembro2011/arquivos\\_pdf/dossie\\_ferrovia.pdf](http://www.proec.ufg.br/revista_ufg/dezembro2011/arquivos_pdf/dossie_ferrovia.pdf)>. Acesso em 21 mai. 2014.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** 8. Ed. Nova Lima: INDG TecS, 2004.
- CASTRO, T. F. **Estudo e Prática da Metodologia de Gerenciamento da Rotina no Setor de Manutenção da Mrs Logística S/A.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2011.
- DEMING, W. E. **Qualidade a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- FALCÃO, V. A. **A importância do Transporte Ferroviário de Carga para a Economia Brasileira e suas Reais Perspectivas de Crescimento.** Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, 2013. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/n45/Pag.51-63.pdf>>. Acesso em 16 jun. 2014.
- GAEDE, M. A. S. **Árvore de Falhas como Subsídio na Implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade.** IME, Rio de Janeiro, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9000 family of standards.** 2009. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/iso\\_9000\\_selection\\_and\\_use-2009.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_9000_selection_and_use-2009.pdf)>. Acesso em 01 jul. 2014.
- ISOAKI, M. & NAKASATO, M. **Gestão de Serviço de Nutrição Hospitalar.** Rio de Janeiro: Elsevier. 2009.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

KLEFSJÖ, B.; WKLUND, H.; ENGEMAN, R. L. **Six Sigma as a methodology of total quality management**. Measuring Business Excellence, 2001.

LIMA, H.A.D. **Procedimento para Seleção de Método para Manutenção da Geometria da Superestrutura Ferroviária**. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1998.

MACEDO, F. B. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários**. Juiz de Fora, 2009.

MACHADO, A. M. W. **Uma Contribuição à Metodologia de Recebimento, Manutenção e Desempenho do Lastro Ferroviário**. Instituto Militar De Engenharia. Rio de Janeiro, 2006.

MAGRI, J. M. **Aplicação do método QFD no setor de serviços: estudo de caso em um restaurante**. Juiz de Fora, 2009.

MANUAL Técnico Da Via Permanente. EFVM, 2009.

MEDEIROS FILHO, E. A. F. **Qual o ganho na circulação de trens com a otimização da programação de intervenções preventivas na Via Permanente?** Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013.

MITTAL, A.V.; MAURYA, S.K. **Ballast specification for high axle load ( 32.5 tonnes ) And high speed ( $\geq 250$  kmph )**. Disponível em:  
<[http://wiki.iricen.gov.in/doku/lib/exe/fetch.php?media=721:4ballast\\_specification.pdf](http://wiki.iricen.gov.in/doku/lib/exe/fetch.php?media=721:4ballast_specification.pdf)>. Acesso em 21 mai. 2014.

MUNIZ, L. F. S. **Fundamentos teórico-experimentais da mecânica dos pavimentos ferroviários e esboço de um sistema de gerência aplicado à manutenção da via permanente** Rio de Janeiro – RJ, tese de doutorado, COPPE, UFRJ, 2002.

OLIVEIRA, T. M. **Análise de Confiabilidade de Equipamentos de Via Permanente**. Reguladoras e Socadoras de Lastro da MRS Logística S.A. IME, Rio de Janeiro, 2012.

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

PEDRONI, P. G. **Análise de Falhas das Fraturas de Trilhos: O Caso da Ferrovia do Aço**. IME, Rio de Janeiro, 2008.

PEREIRA, D. M.; RATTON, E.; BLASI, G. F.; PEREIRA, M. A.; KÜSTER FILHO, W. **Apóstila de Sistemas de Transportes**. UFPR, 2013.

RODRIGUES, L. **Processo de renovação de via permanente**. GACVG – Departamento de manutenção preventiva de via permanente. VALE, 2008.

SANTOS, W. B. **Determinação da Periodicidade da Manutenção Preventiva em Sistemas Reparáveis**. Dissertação de mestrado, Departamento de Estatística, UFMG, Belo Horizonte, 2003.

SILVA JR, L. E. **Tecnologias de manutenção de lastro de pedra**. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Secretaria de Ciência e Tecnologia, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON048.pdf>>. Acesso em 03 jun. 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SYDOW, A. M. **Estudo e Plano de Aplicação dos Vagões Wy-130 no Desguarnecimento da Estrada de Ferro Vitória a Minas**. Cariacica, 2009.

TEIXEIRA, D. C. **O Transporte Ferroviário e os Impactos Ambientais: Um Estudo de Caso da Viação Férrea Federal Leste Brasileiro nas Décadas de 30 e 40**. Universidade Federal de Feira de Santana. Feira de Santana, 2009.

VALE. Disponível em: <<http://www.vale.com>>. Acesso em 12 mai. 2014.

VENCOVSKY, V. P. **Sistema Ferroviário e o uso do território brasileiro. Uma análise do movimento de produtos agrícolas**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006. Disponível em: <[http://www.antf.org.br/docs/br/dissertacao\\_unicamp.pdf](http://www.antf.org.br/docs/br/dissertacao_unicamp.pdf)>. Acesso em 21 mai. 2014.

WYREBSKI, J. **Manutenção produtiva total - um modelo adaptado**. UFSC, Florianópolis, 1997.

WOJSLAW, E. B. **Sistemas De Gestão Da Qualidade**. Caderno de estudo e pesquisas. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://lms.ead1.com.br/webfolio/Mod4915/sistemas\\_de\\_gestao\\_da\\_qualidade\\_v4.pdf](http://lms.ead1.com.br/webfolio/Mod4915/sistemas_de_gestao_da_qualidade_v4.pdf)>. Acesso em 21 mai. 2014.



