

**FUNDAÇÃO DOM CABRAL**

**MELHORIA DO PROCESSO DE COLETA DE DADOS DE VIA PERMANENTE  
FERROVIÁRIA**

**Autores:**

**MANUEL MARTINEZ**

**LUCIANA GRANADO**

**PEDRO MELLO**

**QUINTINO N. F RODRIGUES**

**RAFAEL CASTRO (COORDENADOR)**

**Curitiba - PR**

**2019**

**MELHORIA DO PROCESSO DE COLETA DE DADOS DE VIA PERMANENTE  
FERROVIÁRIA**

**Autores:**

**MANUEL MARTINEZ**

**LUCIANA GRANADO**

**PEDRO MELLO**

**QUINTINO N. F RODRIGUES**

**RAFAEL CASTRO (COORDENADOR)**

**Projeto apresentado à Fundação Dom  
Cabral como requisito parcial para a  
conclusão do Programa de  
Especialização em Gestão de  
Negócios**

**Professor Orientador:**

**Paulo César Pêgas Ferreira, DSc.**

**Curitiba - PR**

**2019**

## DEDICATÓRIA

**Dedicamos este Projeto**

“... às nossas famílias e empresas que nos deram suporte em todos os momentos e ao professor Paulo Cesar Pêgas Ferreira que dedicou seu precioso tempo para nos orientar.”

## **AGRADECIMENTOS**

Somos gratos a cada um que contribuiu para a realização deste Projeto.

## **EPIGRAFE**

“Você não pode impor a produtividade, você deve fornecer as ferramentas para permitir que as pessoas se transformem no seu melhor.”

*Steve Jobs*

## RESUMO

A ferrovia se consolidou ao longo do tempo como um dos mais eficientes meios de transporte, contudo, o custo de manutenção é elevado e os potenciais acidentes são catastróficos. Diante desse cenário, o principal módulo de falha que se apresenta está ligado à degradação dos materiais e, especificamente, para os elementos que compõe a via férrea em si. Dessa forma, é fundamental informações coerentes, em alto volume, transmitidas de forma rápida e confiáveis para o desenvolvimento de uma priorização precisa e, conseqüentemente, alimentar um planejamento adequado para as intervenções.

No entanto, o tradicional setor ferroviário enfrenta diversos desafios para a coleta de dados dos elementos principais (trilho, dormente, fixação e lastro) que compõe a via férrea, já que as inspeções são manuais, utiliza-se ferramentas ultrapassadas e a necessidade de cobertura é para longas distâncias. Ao encontro desse problema, foi priorizado o desenvolvimento de uma ferramenta digital para o registro de forma organizada da condição do elemento dormente e, por oportunidade, outros 6 parâmetros (tipo de dormente, quantidade de dormentes, condição lastro, localização, tipo fixação predominante e a presença de juntas ou soldas no trilho) importantes para os critérios de manutenção ferroviária.

O desenvolvimento se deu na empresa Rumo Logística, operadora e concessionária de mais de 12 mil km de ferrovia em território nacional. Foi selecionado 6.239 km para implantação do aplicativo e, na apuração de 63% de cobertura do trecho teste, foi possível levantar 18 vezes mais informações que o sistema manual tradicional.

### **Palavras-chave:**

Ferrovia; via permanente; dormente; coleta de dados; ferramenta digital.

## **ABSTRACT**

Railways have been consolidated over time as one of the most efficient ways of transportation, however, the cost of maintenance is high, and the potential accidents are catastrophic. Considering this scenario, the main failure module that is presented is linked to the degradation of materials and, specifically, to the elements that compose the railway itself. This way, it is fundamental to have coherent information, in a high volume, transmitted in a fast and trustable ways for the development of a precise prioritization and, consequently, to feed an adequate intervention plan.

Nevertheless, the traditional railway sector faces several challenges for the data collection of the main elements which are part of the railway (train track, ties, fastening and ballast), since inspections are manually done using outdated tools and a long-distance coverage is needed. To address this problem, the development of a digital tool was prioritized to register, in an organized way, the condition of the element “tie” and, as an additional opportunity, other 6 elements (tie type, quantity of ties, ballast condition, location, predominant fastening types and the presence of rail joints or welds), that are important to the railway maintenance criteria.

The development of such tool happened at Rumo Logística company, operator and concessionary of more than 12 thousand kilometers of railways in the national territory. For the app deployment 6.239 kilometers were selected and, in 63% coverage of test stretch, it was possible to raise 18 times more information than the traditional manual system.

### **Keywords:**

Railroad; permanent way; tie; data collect; digital tool.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotografia realizada por um equipamento de comparação visual. ....	21
Figura 2 - Imagem do equipamento Rail Pod. ....	22
Figura 3 - Infográfico Fusão Rumo e ALL. ....	26
Figura 4 – Mapa ferroviário esquemático da influência da Rumo. ....	27
Figura 5 – Elementos da Via Permanente. ....	28
Figura 6 – Indicativo do lastro. ....	29
Figura 7 - Indicação da altura o lastro e aplicação. ....	31
Figura 8 – Dormentes de Madeira. ....	33
Figura 9 - Dormentes de Aço. ....	34
Figura 10 - Dormentes de concreto. ....	35
Figura 11 - Dormentes de plástico. ....	36
Figura 12 – Comparativo entre os tipos de dormentes. ....	37
Figura 13 – Trilho ferroviário. ....	37
Figura 14 – Grampos Elásticos deenik e pandrol, respectivamente. ....	39
Figura 15 – Placas de apoio. ....	40
Figura 16 – Bitola. ....	43
Figura 17 – Desnívelamento longitudinal. ....	44
Figura 18 – Desnívelamento transversal. ....	45
Figura 19 – Desalinhamento. ....	46
Figura 20 – Empeno ou torção. ....	47
Figura 21 – Excesso de superelevação. ....	48
Figura 22 – Resumo esquemático do processo de registro manual. ....	52
Figura 23 – Resumo esquemático do processo de registro através de coletor de dados. ....	52
Figura 24 – Modelo de coletor utilizado. ....	53
Figura 25 – Divisão dos trechos Rumo. ....	55
Figura 26 – Mapa esquemático do trecho priorizado para implantação. ....	56
Figura 27 - Registro manual da prospecção. ....	58
Figura 28 – Custo para realização de prospecção com mão de obra terceira. ....	62
Figura 29 – Resumo das principais características do aplicativo desenvolvido. ....	65
Figura 30 – Print Screen tela inicial. ....	65



Figura 31 – Print Screen da tela indicado os equipamentos que serão inspecionados. .....	66
Figura 32 – Print Screen da tela indicado os equipamentos o equipamento que será inspecionado. ....	67
Figura 33 – Print Screen da tela indicado a finalização.....	69
Figura 34 – Print Screen da tela indicado a confirmação. ....	70
Figura 35 – Print Screen da tela indicado a realização. ....	71
Figura 36 – Resumo esquemático do processo de registro através do aplicativo.....	73
Figura 37 – Print Screen da tela indicado o farol de aderência acumulado e resumo dos dados.....	76
Figura 38 – Print Screen da tela indicado o detalhe por corredor e equipamento.....	77
Figura 39 – Print Screen da tela indicado o número de dormentes inservíveis em sequência por equipamento. ....	78
Figura 40 – Print Screen da tela indicado a situações dos dormentes e lastro por corredor.....	79
Figura 41 – Print Screen da tela indicado a comparação entre o encontrado na prospecção e a auditoria do especialista – quanto menor entre os valores, melhor.	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo do peso do elemento dormente no orçamento de manutenção. .....	19
Tabela 2 – Divisão de concessões da RFFSA. ....	25
Tabela 3 – Aderência por Coordenador na prospecção conforme a divisão dos corredores Rumo.....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre áreas responsáveis. ....	17
Gráfico 2 – Estratificação dos acidentes causa via. ....	17
Gráfico 3 – Evolução da quantidade de acidentes por causa bitola. ....	18

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALL – América Latina Logística

AMV – Aparelho de mudança de via

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento

CAPEX - Capital expenditure (despesas ou investimentos em bens de capital)

CV – Curva

DLP – Máquina desguarnecedora de lastro

FEPASA – Ferrovia Paulista

HH – Homem Hora

NBR – Norma técnica

OAE – Obra de arte especial

OPEX - operational expenditure (despesas operacionais)

PN – Passagem em nível

RFFSA – Rede Ferroviária Federal

Sub – Subdivisão

TG – Tangente

TP – Turma de Produção

VHP – Very High Polarization

VP– Via permanente

## SUMÁRIO

1. PROBLEMA DA PESQUISA .....	14
1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA E A RELEVÂNCIA DO PROJETO PARA A ORGANIZAÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVO .....	20
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	20
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.3 CONTIBUIÇÃO E ORIGINALIDADE.....	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2 BASES CONCEITUAIS .....	23
2.1 A FERROVIA NO BRASIL .....	23
2.1.1 AS ORIGENS DA RUMO LOGÍSTICA.....	25
2.2 CONCEITOS BÁSICOS - A VIA PERMANENTE .....	28
2.2.1 LASTRO .....	29
2.2.2 DORMENTES.....	31
2.2.3 TRILHOS .....	37
2.2.4 ACESSORIOS METÁLICOS .....	38
2.3 DEGRADAÇÃO E MANUTENÇÃO DE VIA PERMANENTE .....	41
2.3.1 PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA GEOMETRIA DE VIA .....	42
3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	49
4 LEVANTAMENTO DO PROBLEMA E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO .....	50
4.1 BENCHMARKING REALIZADO / REALIDADES ORGANIZACIONAIS.....	51
4.2 A REALIDADE ATUAL DA EMPRESA E A IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA .....	53
4.3 ANÁLISE DO FENÔMENO.....	59
4.4 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO E RISCOS.....	59
5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE SOLUÇÃO .....	61

5.1 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES.....	61
5.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO.....	63
5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE.....	72
5.3.1 VIABILIDADE TÉCNICA.....	72
5.2.2 VIABILIDADE OPERACIONAL.....	73
5.2.2 VIABILIDADE ESTRATÉGICA.....	74
5.4 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	81
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	82
BIBLIOGRAFIA.....	84
GLOSSÁRIO.....	87

## 1. PROBLEMA DA PESQUISA

O transporte ferroviário desempenha um papel estratégico para o desenvolvimento econômico do país, especialmente por participar do fluxo de exportação de diversos produtos. Uma via férrea tem como função base prover fundação para a movimentação de um trem, garantindo-lhe as condições mínimas para que esta se efetue com segurança, economia e conforto. O desempenho das vias férreas resulta de uma complexa interação dos diversos elementos e camadas do sistema, em resposta às solicitações impostas pelo trem. O objetivo da estrutura ferroviária é fornecer estabilidade, segurança e uma base eficiente para que os trens funcionem de uma forma eficaz durante todo o trajeto. Para atingir estes objetivos, a geometria da via deve ser mantida e, para isso, cada componente da estrutura deve desempenhar suas funções de forma satisfatória, sob diferentes condições ambientais e operacionais. E os principais componentes da via permanente são: trilho, dormente, conjunto de fixação, aparelhos de mudança de via, passagens em nível, lastro, sublastro e subleito.

Cada um desses componentes possui vida útil e taxas de degradação diferentes que influenciam na capacidade operacional da ferrovia. Para manter a via permanente disponível e em condições seguras, dois aspectos devem ser levados em consideração: medições de qualidade da via em uma base contínua e meios para atingir a qualidade requerida quando os resultados das medidas estiverem fora dos níveis aceitáveis.

Diante desse cenário, conhecer a condição real de cada elemento é peça chave para a manutenção segura do transporte ferroviário, pois assim é possível desenvolver planos de manutenção consistentes e assertivos e até projetos específicos para ganho de capacidade com o custo de implantação adequado. Dessa forma, prover ferramentas de coleta de dados é o fundamento básico de sustentação das análises para a melhoria do diagnóstico e qualidade da via permanente.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA E A RELEVÂNCIA DO PROJETO PARA A ORGANIZAÇÃO

A qualidade geométrica de uma via permanente é imprescindível para que a circulação possa ocorrer com segurança, retirando o pleno potencial do traçado ao nível da velocidade. Os primeiros sintomas evidenciados pela via de que a sua qualidade geométrica se tem deteriorado surgem através do ruído e oscilações excessivas sentidas pelos maquinistas. Se a geometria não for retificada, será necessário introduzir uma limitação de velocidade à circulação das composições nesse trecho, em função do risco de descarrilamento inerente. Uma geometria de via deficiente, é recorrentemente uma das principais causas de descarrilamentos em linhas ferroviárias. Considera-se um defeito geométrico quando existe um desvio entre os valores característicos do projeto e os valores medidos na via.

Em uma publicação da CANADIAN PACIFIC RAIL SYSTEM (1996) apud LIMA (1998, p.30), listam-se os parâmetros que definem a geometria da Via Permanente. Eles são: Bitola, Nivelamento Longitudinal e Transversal, Alinhamento, Empeno e Superelevação, em 2016 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 16387 – Via Férrea – Classificação de vias que fixam os parâmetros de segurança para evitar os descarrilamentos nas ferrovias brasileiras. Segundo RODRIGUES (2001, p.42) a análise do estado das condições da via consiste em comparar esses parâmetros, medidos “in loco”, com valores e tolerâncias estabelecidas no projeto através de métodos indiretos ou diretos.

Os métodos indiretos usam aparelhos como os acelerômetros ou rodeiros instrumentados. Os primeiros são aparelhos instalados nos veículos que medem as acelerações verticais, transversais e longitudinais em relação à via e fornecem informações como índice de conforto e índice de segurança operacional (RODRIGUES, 2005, p.8). Os rodeiros instrumentados registram os esforços dinâmicos (lateral e vertical) no contato roda-trilho e as suas relações, por intermédio de sensores instalados em pontos estratégicos das rodas dos veículos (RODRIGUES, 2005, p.8).



A avaliação por métodos diretos consiste na utilização de veículo de avaliação da via para medir, dinamicamente, todos os parâmetros da geometria da via e compará-los, posteriormente, com os limites de tolerância adotados pela ferrovia. Na maioria dos casos, esses limites são fixados em função da velocidade do material rodante, da carga por eixo e das características da via, entre outros (LIMA, 1998, p.38).

A partir disso é possível notar que as inspeções na via permanente geram dados referentes aos principais parâmetros de geometria, mas a causa raiz das deficiências não é diretamente traduzida, dessa maneira, inspeções manuais para *check* visual das condições dos elementos de via se fazem necessário. E diante desse cenário, os principais elementos de sustentação, de onde se originam a maior parte dos problemas, são o trilho e dormente.

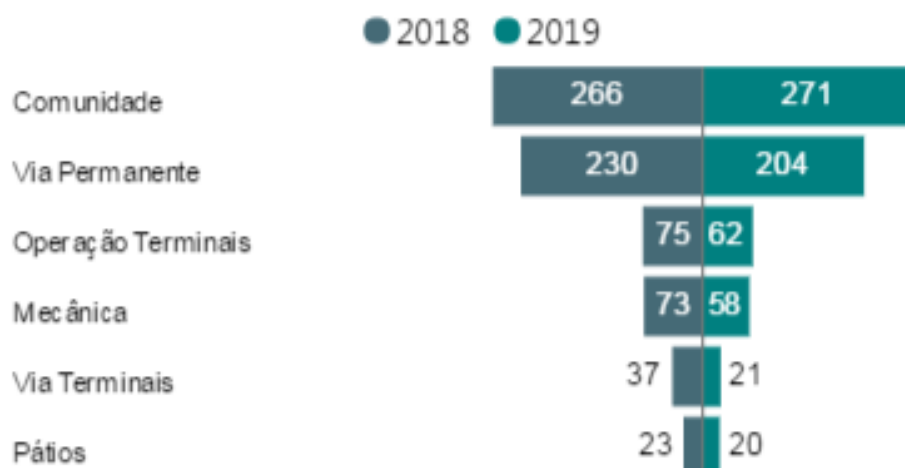
Especificamente para o trilho, existem equipamentos de ultrassonografia e, também, no modelo de inspeção direta, os veículos são equipamentos com ferramentas que medem o desgaste lateral e horizontal, ou seja, já existem ferramentas poderosas de coleta de dados.

Para a situação dos dormentes, existem movimentos para o desenvolvimento de ferramentas de inteligência artificial para comparação de imagens e também equipamentos com rodar em testes, mas de fato não são tecnologias de fácil acesso e comprovadamente aceitas, com isso inspeções manuais para caracterização dos dormentes são realizadas anualmente.

A relevância do registro das condições dos dormentes é única, já que representam a maior origem de falhas (acidentes) no sistema ferroviário Rumo e o segundo maior custo (dentro do orçamento atual) no processo de manutenção.

O gráfico 1 de antena indica as principais grandes áreas responsáveis por acidentes em janeiro/18 a setembro/18 em comparação para o mesmo período no ano de 2019. A principal causa não é objetivo do trabalho, pois envolve diretamente a relação com a comunidade e suas interferências normatizadas pela Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT). Já a segunda causa se apresenta como a via permanente, discutido até o momento

Gráfico 1 – Comparação entre áreas responsáveis.

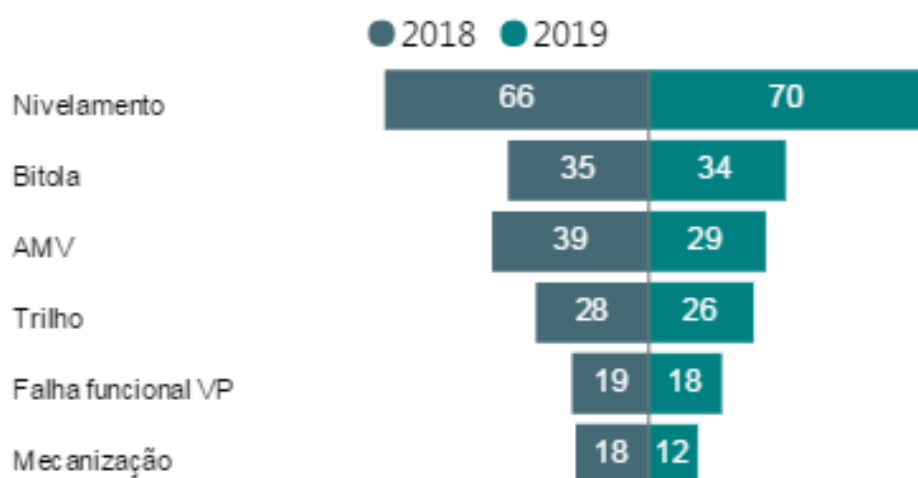


Fonte: Rumo (2019).

Ainda dentro da via permanente, e como apresentado no gráfico 2, as bandeiras nivelamento e trilho estão indiretamente ligadas à qualidade de degradação do dormente, já que essa peça é essencial para o suporte e a bandeira bitola está diretamente ligada à situação do dormente, já que a degradação excessiva não permite que a fixação suporte a distância padronizada entre um trilho e outro, fazendo com que a linha se abra e as rodas dos veículos descarrilem.

Gráfico 2 – Estratificação dos acidentes causa via.

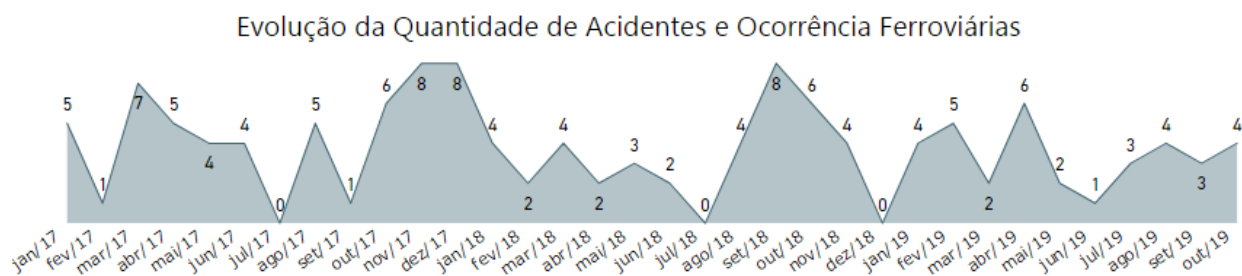
### Quantidade de Acidentes por bandeira



Fonte: Rumo (2019).

O gráfico 3 apresenta o comportamento ao longo de 2017, 2018 e parcial 2019 exclusivo da bandeira bitola. Anomalia essa ligada diretamente à fragilidade dos dormentes.

Gráfico 3 – Evolução da quantidade de acidentes por causa bitola.



Fonte: Rumo (2019).

Tabela 1 – Exemplo do peso do elemento dormente no orçamento de manutenção.

CLASSIFICAÇÃO	TIPO GASTO	SERVIÇO + MATERIAL	ORÇADO ANO		Contribuição %
			R\$	165.188.377,10	
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	SERVIÇO	R\$	94.660.923,00	100%
SERVIÇO SUPER	OpEx	ALÍVIO DE TENSÃO	R\$	674.005,10	1%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	ACOMPANHAMENTO DLP	R\$	1.191.870,00	1%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	DORMENTE AMV	R\$	306.958,60	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	DORMENTE CONCRETO	R\$	712.586,30	1%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	DORMENTE MADEIRA	R\$	28.052.092,50	30%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	DORMENTE PONTE	R\$	1.682.759,90	2%
SERVIÇO SUPER APOIO	OpEx	HH TP	R\$	2.153.739,60	2%
SERVIÇO SUPER APOIO	CapEx+OpEx	MOBILIZAÇÃO	R\$	-	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	LIMPEZA DE LASTRO	R\$	3.393.067,40	4%
SERVIÇO INFRA / PONTE	CapEx+OpEx	LIMPEZA DE PLATAFORMA	R\$	18.377.531,30	19%
SERVIÇO SUPER APOIO	CapEx+OpEx	LOCAÇÃO DE MÁQUINAS	R\$	5.092.200,00	5%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	LUBRIFICAÇÃO	R\$	355.307,80	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	PÁ DE ANCORAGEM	R\$	75.749,70	0%
SERVIÇO INFRA / PONTE	CapEx+OpEx	PONTES	R\$	5.580.570,30	6%
SERVIÇO INFRA / PONTE	CapEx+OpEx	PREVENTIVA DE INFRA	R\$	7.845.000,00	8%
SERVIÇO INFRA / PONTE	CapEx+OpEx	OUTROS INFRA	R\$	-	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	RENOVAÇÃO AMV	R\$	-	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	MANUTENÇÃO AMV	R\$	620.278,90	1%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	RENOVAÇÃO DO CONJUNTO DE FIXAÇÃO	R\$	1.677.061,80	2%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	RETENSOR	R\$	104.785,50	0%
SERVIÇO SUPER	OpEx	ROÇADA	R\$	4.870.057,50	5%
SERVIÇO SUPER APOIO	CapEx+OpEx	SINALIZAÇÃO DE PN	R\$	828.000,00	1%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	SOLDA	R\$	2.916.511,40	3%
SERVIÇO SUPER APOIO	CapEx+OpEx	INSPEÇÃO SOLDA	R\$	359.864,40	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	SUBSTITUIÇÃO DE JACARÉ	R\$	188.177,60	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	SUBSTITUIÇÃO DE MEIA-CHAVE	R\$	366.053,20	0%
SERVIÇO SUPER	CapEx+OpEx	SUBSTITUIÇÃO DE TRILHO	R\$	7.236.694,20	8%
MATERIAL SUPER	CapEx+OpEx	MATERIAL	R\$	70.527.454,10	100%
MATERIAL SUPER	CapEx	AMV	R\$	2.945.855,30	4%
MATERIAL SUPER	CapEx	DORMENTE	R\$	33.427.083,00	47%
MATERIAL SUPER	CapEx	METÁLICO	R\$	17.652.058,60	25%
MATERIAL SUPER	CapEx	PEDRA	R\$	5.326.142,70	8%
MATERIAL SUPER	CapEx	SOLDA	R\$	925.582,40	1%
MATERIAL SUPER	CapEx	TRILHO	R\$	8.438.191,80	12%
MATERIAL SUPER	CapEx	OUTROS	R\$	687.527,60	1%
MATERIAL SUPER	OpEx	OUTROS	R\$	1.125.012,70	2%

Fonte: Rumo (2019).

A tabela 1 indica a contribuição do dormente, separado em custo de serviço e material. Analisando apenas pelo viés serviço, a representatividade é superior a 1/3 do custo total (33%). Já em material o impacto é 47% no custo, totalizando 64 milhões de reais, ou seja, 38% (maior valor).

No âmbito global, e como comentando, os defeitos de geometria de via são as maiores causas de acidentes ferroviários e, também, representam o maior número de falhas operacionais em uma ferrovia. Além disso, é também a via permanente detentora do maior orçamento de uma empresa ligada ao transporte ferroviário. Diante disso, é de

extrema importância a confiabilidade dos dados para alimentar, da melhor maneira possível, os planos de manutenção e o sistema de gestão operacional dos elementos de superestrutura, principalmente o elemento dormente.

## **1.2 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma solução (ferramenta) prática e tecnológica para o registro das condições dos elementos básicos de superestrutura na malha ferroviária. Este Projeto será direcionado para a empresa Rumo Logística, contudo, com simples adequações será possível multiplicar e disseminar para outros sistemas ferroviários. Além disso, o foco será o registro das condições dos dormentes, já que as ferramentas para identificação das fragilidades em trilhos estão devidamente estruturadas e solidificadas na companhia.

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

Criar uma ferramenta de coleta de dados capaz de registrar a condição, a partir do momento que for operada por profissional capacitado, de cada elemento dormente da superestrutura ferroviária. Apontamento de maneira simples, que elimine o retrabalho de digitação frequente de dados de um processo manual (preenchimento de *check list* a caneta e papel), com custo baixo de desenvolvimento e que seja capaz de aumentar exponencialmente a quantidade de dados disponíveis para análises de confiabilidade.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analisar os principais problemas existentes no modelo atual
- ✓ Propor um novo modelo para coleta de dados
- ✓ Analisar a viabilidade do projeto
- ✓ Apresentar análises prévias da potência e riqueza em obter os dados de forma organizada

### 1.3 CONTIBUIÇÃO E ORIGINALIDADE

Existem ferramentas ligadas à inteligência artificial, *machine learning* e ultrassom em desenvolvimento, contudo ainda existe uma série de testes em curso e situações simples, como, um dormente encoberto, em que os equipamentos ainda não retornam dados satisfatórios. A figura 1 apresenta uma situação em que o registro fotográfico pode ser usado como comparação, contudo também não possível saber se o dormente está oco ou não.

Figura 1 – Fotografia realizada por um equipamento de comparação visual.



Fonte: Órbita Engenharia (2018).

Outro equipamento em utilização internacional é o *Rail Pod*, conforme figura 2. Equipamento se desloca sobre os trilhos coletando dados para prospecção utilizando imagens e ondas, contudo, a ferramenta apresenta um custo superior à 5 milhões de reais – dados atuais para importação, além dos custos anuais de manutenção – o que vai de encontro a proposta do trabalho.

Figura 2 - Imagem do equipamento Rail Pod.



Fonte: Rail Pod (2019).

Dessa forma, a proposta da ferramenta é unir de maneira simples o método manual tradicional de inspeção a pé com elementos automáticos de transferência e coleta de dados e, com isso, de maneira inovadora e utilizando os recursos já disponíveis da Companhia, implementar de forma segura e eficaz a captura de dados qualitativos das condições dos dormentes instalados na via permanente.

#### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Na sequência, capítulo 2, do trabalho será realizada uma breve apresentação do histórico da ferrovia brasileira bem como a descrição breve da constituição da empresa, os conceitos de via permanente e seus principais elementos. Também será descrito sobre o processo de manutenção e a degradação da via permanente e principais defeitos.

No capítulo seguinte, 3, é dedicada a descrição da metodologia utilizada e suas características essenciais para o presente trabalho.

No quarto capítulo, “análise do setor”, buscou-se demonstrar, através de fatos e dados, diversos fatores que embasam a importância da solução do problema. Em

seguida, é apresentado o benchmarking realizado com organizações que passam por experiências similares. São analisadas oportunidades e ameaças que possam vir a contribuir com o projeto em questão. Nesse momento também são apresentados aspectos financeiros.

Dando continuidade ao trabalho, é apresentada a proposta de solução, que busca elencar fatores chave para que a implementação do projeto ocorra com êxito, além da análise técnica, operacional e estratégica, demonstrando a efetividade do projeto.

Já no capítulo 5, “desenvolvimento da proposta de solução”, encontram-se as ferramentas de gerenciamento de projeto que visam auxiliar a equipe de execução a se aterem às melhores práticas durante a realização do projeto.

Por fim, serão feitas considerações finais constituídas de alertas e recomendações fora do escopo deste projeto, mas que podem ser úteis para o bom desenvolvimento dele, além de caracterizarem oportunidades de melhoria.

## **2 BASES CONCEITUAIS**

### **2.1 A FERROVIA NO BRASIL**

Ao longo da história, a cadeia de modais logísticos no Brasil sempre se mostrou fortemente vinculada aos interesses políticos e econômicos priorizados pelo governo. No que tange o Transporte Ferroviário, não foi diferente: sua curva de desenvolvimento foi significativamente íngreme no período que antecedeu os amplos investimentos e incentivos concedidos à matriz rodoviária do país, durante o primeiro governo de Getúlio Vargas.

A evolução das ferrovias no Brasil pode ser dividida em sete grandes fases, conforme Branco (2012), a citar:

- Anos de 1835 a 1873: desenvolve-se durante os períodos da Regência e do Segundo Reinado. Evolução lenta e pulverizada da malha, suportada por



financiamentos públicos e privados, sendo estes compostos por capital estrangeiro (britânico), inclusive. O controle das ferrovias era restrito, também, à empresas do setor privado. No Brasil, existem ferrovias com padrões de competitividade internacional e com uma qualidade de operações que permite, por exemplo, a agilidade desejada para a integração multimodal.

- Anos de 1889 a 1930: desenvolve-se durante a República Velha. A malha ferroviária mantém sua expansão acelerada e pulverizada, porém, passam a ter seu controle realizado pelo estado, dando origem às primeiras Redes Regionais. Ocorrem os primeiros investimentos suportados por capital norte-americano.
- Anos de 1930 a 1964: ocorre durante a Era Vargas e o Período Pós-Guerra. O desenvolvimento da malha ferroviária brasileira passa a ser lento, e ainda pulverizado. Consolidam-se as Redes Regionais estatais, é criada a RFFSA (Rede Ferroviária Federal), e os investimentos passam a ser exclusivamente de origens nacionais e públicas (fundos setoriais e recursos fiscais).
- Anos de 1964 a 1985: é durante o período do Regime Militar que a ferrovia brasileira experimenta sua primeira fase de contração generalizada, com exceções feitas à Estrada de Ferro de Carajás e à Ferrovia do Aço, ambas estratégicas para o mercado de exportação de minério. Passam a existir duas grandes estatais, a RFFSA (nacional) e a FEPASA (Ferrovia Paulista, regional). Contudo, os financiamentos passam a receber nova participação do setor privado, principalmente nos sistemas de créditos ao fornecedor e certificados de frete futuro.
- Anos de 1985 a 2002: durante o período da Nova República, a ferrovia continua enfrentando total retração. O financiamento mantém-se praticamente com a mesma característica, predominantemente público, dada a composição estatal da malha. Contudo, a partir do ano de 1996, inicia-se o processo das privatizações e, junto com estas, a retomada dos investimentos.
- Desde 2002: a partir do terceiro milênio, praticamente todos os trechos da malha passam a ser concessionados. O BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) passa a ser uma das principais fontes de financiamento nas novas concessões, ao lado de bancos e outras instituições privadas.

A malha ferroviária brasileira, então, é composta, aproximadamente, de 26 mil quilômetros de ferrovias e teve seu programa de concessão concluído em dezembro de 1998.

Segundo a Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), durante o processo de desestatização das ferrovias, já citado anteriormente, os trechos da Rede Ferroviária Federal (RFFSA) foram dissolvidos conforme a tabela 2:

Tabela 2 – Divisão de concessões da RFFSA.

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (Km)
Oeste	05.03.96	Ferrovia Novoeste S.A.	01.07.96	1.621
Centro-Leste	14.06.96	Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	01.09.96	7.080
Sudeste	20.09.96	MRS Logística S.A.	01.12.96	1.674
Tereza Cristina	26.11.96	Ferrovia Tereza Cristina S.A.	01.02.97	164
Sul	13.12.96	ALL-América Latina Logística do Brasil S.A	01.03.97	6.586
Nordeste	18.07.97	Companhia Ferroviária do Nordeste	01.01.98	4.238
Paulista	10.11.98	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01.01.99	4.236
<b>Total</b>				<b>25.599</b>

Fonte: ANTT (2016).

### 2.1.1 AS ORIGENS DA RUMO LOGÍSTICA

Criada em 1997, como Ferrovia Sul-Atlântica, teve sua razão social alterada para ALL – América Latina Logística após a aquisição de novas concessões na Argentina, que perduraram até março de 2015, quando ocorreu sua incorporação pela Rumo Logística, pertencente ao grupo COSAN.

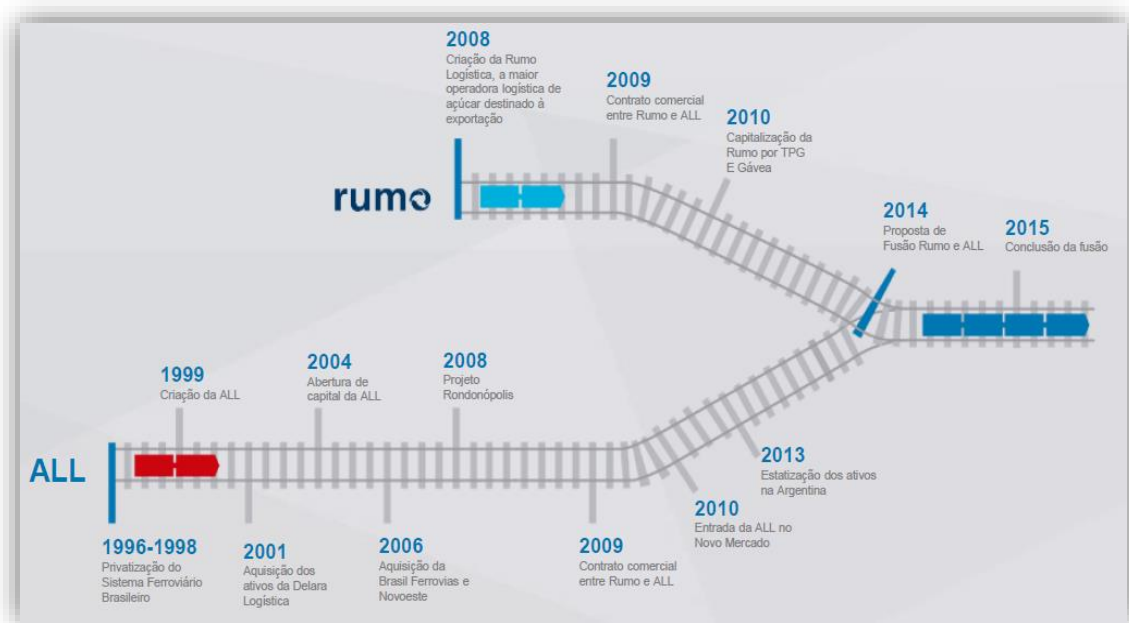
O Grupo COSAN nasce em 1963, partir da Usina Costa Pinto, uma usina de cana de açúcar localizada em Piracicaba. E a principal atividade é a distribuição de combustíveis em geral, a importação, a exportação, a produção e a comercialização de açúcar, de álcool, de cana-de-açúcar e demais derivados destes.

No ano de 1986 a Companhia adquire novas usinas e inicia a exportação de açúcar a partir da Região Centro-Sul. Em 1993 começa a exportar açúcar a granel e lança o Açúcar VHP (Very High Polarization) destinado ao mercado externo. Já em 2002 a companhia continua o processo de expansão, com a aquisição da Usina da Barra Bonita, em Barra Bonita-SP. O ano 2008 marca o nascimento da Rumo Logística, com objetivo específico de aumentar a eficiência do fluxo logística da COSAN na exportação de açúcar.

O ano de 2009 pode ser considerado como um grande marco para o Grupo em função de um contrato de longo prazo firmado entre a Rumo Logística, do Grupo COSAN e a ALL – Logística. Este acordo previa, entre outros pontos, o aporte de cerca de R\$ 1,2 bilhão em investimentos nos ativos da ALL, por parte da Rumo, entre via permanente e material rodante (locomotivas e vagões).

Já em 2012, a Rumo inaugura o Terminal Logístico de Itirapina - SP, considerado o maior e mais moderno do país e em 2015, é celebrada a fusão com a ALL – América Latina Logística. A figura 3 apresenta os grandes marcos das empresas até a fusão.

Figura 3 - Infográfico Fusão Rumo e ALL.



Fonte: Rumo (2016).

O resultado desta fusão à Rumo são quatro concessões ferroviárias no Brasil com ativos de mais de 12 mil quilômetros de via permanente, cerca de mil locomotivas e mais de 27 mil vagões, estando presente em seis estados, tendo 35 milhões de toneladas de capacidade, presente em quatro portos e com aproximadamente 12 mil colaboradores diretos e indiretos, além de operar mais de 12 terminais de transbordo. A Rumo atende os três principais corredores de exportação de commodities agrícolas, abrangendo uma área responsável por aproximadamente 80%, além de estar interligada com os portos de Santos (SP), Paranaguá (PR), São Francisco (SC) e Rio Grande (RS). A figura 4 apresenta, resumidamente, a rede e atuação da Rumo Logística:

Figura 4 – Mapa ferroviário esquemático da influência da Rumo.



Fonte: Rumo (2016).

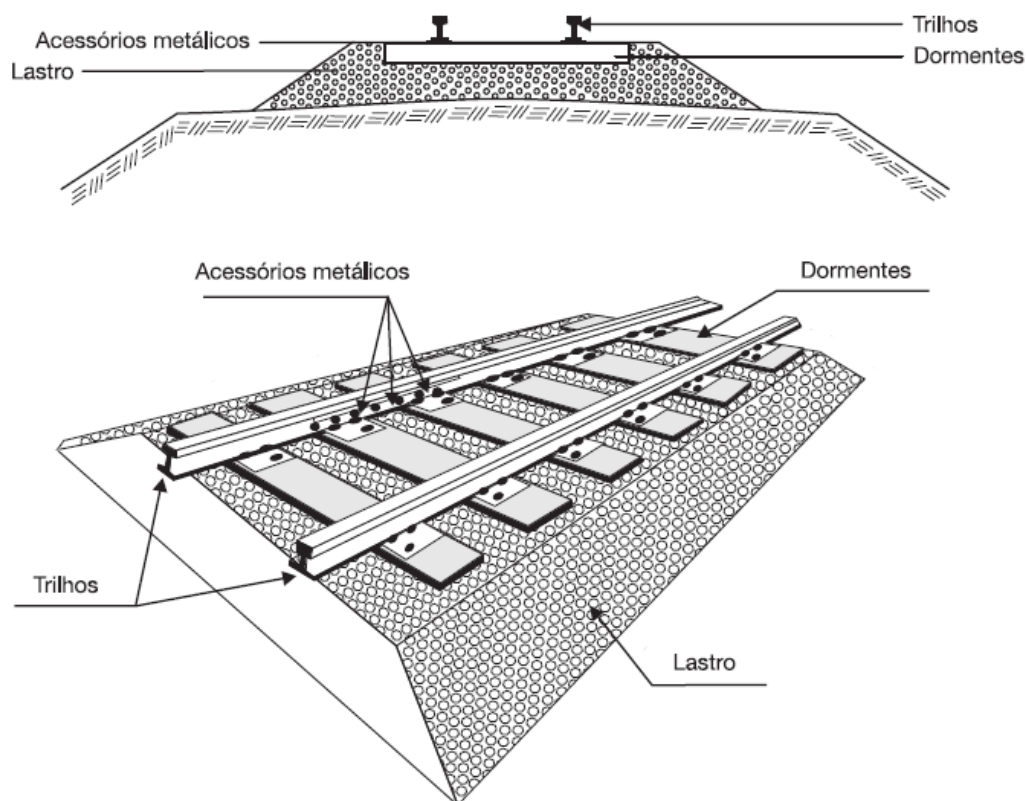
Vale destaque que, em março 2019, a Rumo Logística também adquiriu, via concessão, o direito de operar a Ferrovia Norte Sul, a qual foi incorporada ao parque de ativos.

## 2.2 CONCEITOS BÁSICOS - A VIA PERMANENTE

O sistema ferroviário nasce da interação entre a Via Permanente (subestrutura e superestrutura) e Material Rodante (locomotivas e vagões), necessários ao transporte. A via férrea é composta pela subestrutura (infraestrutura), plataforma e o maciço subjacente, e pela superestrutura viária, a qual será tratada de forma mais específica ao longo do trabalho.

Segundo Selig e Waters (1994) e Indraratna e Salim (2005), a superestrutura foi o item que recebeu maior atenção no passado sendo exaustivamente analisada e estudada. Diversas pesquisas foram fomentadas na Europa e nos Estados Unidos para o desenvolvimento de trilhos, lastro, dormentes e fixações (ESVELD, 2001). Basicamente a superestrutura da via férrea é constituída pelos trilhos, dormentes, fixações (acessórios metálicos) e o lastro, enquanto a subestrutura da via é composta pela plataforma e pelo subleito. A figura 5 a seguir ilustra esta composição para melhor compreensão sobre o assunto:

Figura 5 – Elementos da Via Permanente.



Fonte: Rumo (2016).

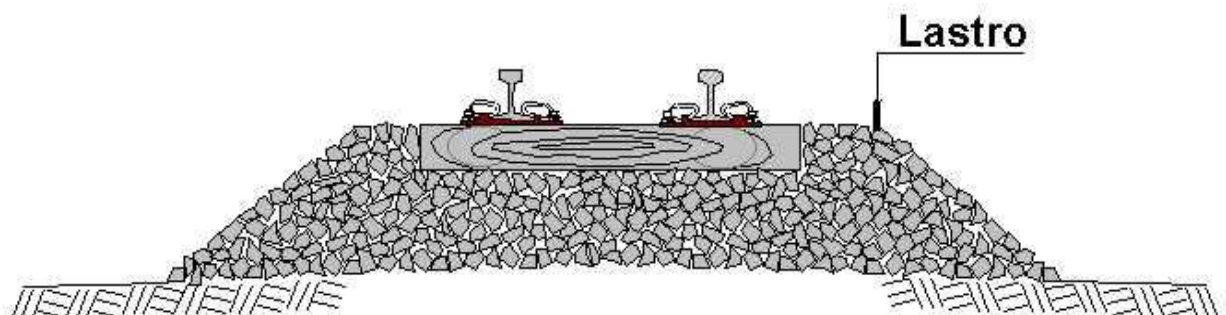
Assim, a superestrutura ferroviária é um conjunto de quatro elementos heterogêneos que se interagem para suprir as condições adequadas de suporte, pista de rolamento e guia para o material rodante que por ela trafega. Os elementos são: trilhos, dormentes, fixação e lastro. Além destes quatro elementos, alguns autores (ESVELD,2001; PAIVA, 2016) incluem o sub-lastro como o quinto componente da superestrutura.

Serão abordadas, brevemente, as características de cada elemento de superestrutura.

### 2.2.1 LASTRO

Lastro é a camada de material granular de diversas origens, no qual se apoiam e se encaixam os dormentes da via férrea, conforme figura 6. Funciona diretamente como suporte elástico da via:

Figura 6 – Indicativo do lastro.



Fonte: Rumo (2019).

Funções do lastro:

- Transmitir esforços às camadas inferiores (função estrutural);
- Resistir aos esforços transversais e longitudinais (por meio da ancoragem da linha);
- Drenar a via;
- Facilitar a manutenção da via.

Propriedades exigidas para o lastro:

O lastro deve ser obtido por intermédio da britagem de rochas duras, compactas, de estrutura não lamelar ou xistosa, de elevada resistência à compressão (acima de 1.000 kgf/cm<sup>2</sup>) e elevada massa específica aparente.

Rochas comumente utilizadas:

- granito;
- basalto;
- calcário;
- escória de aciaria.

Lastro alternativo:

O lastro alternativo é feito por meio da escória de aciaria, mas apresenta as seguintes desvantagens (detectadas mediante ensaios de caracterização):

- granulometria;
- porosidade;
- abrasão;
- retenção de água;
- teor de fragmentos.

Manutenção de lastro:

A manutenção de lastro pode ser feita por meio de:

- desguarnecimento (limpeza manual e mecânica do lastro);
- socaria, alinhamento e nivelamento, que possibilita a recuperação da geometria da linha.

Espessura de camada de lastro:

A camada de lastro deve permitir que a pressão atuante na base do dormente seja transmitida à plataforma com taxa de trabalho compatível a sua capacidade de suporte.

De modo geral, as ferrovias fixam uma altura de lastro para os diversos segmentos de linha, em função do volume do transporte a realizar, do tipo de dormente utilizado, entre outros critérios de geometria, mas existem dados matemáticos e estatísticos que

contribuem diretamente no dimensionamento correto. A figura 7 exemplifica a altura de lastro para uma determinada via.

Figura 7 - Indicação da altura o lastro e aplicação.



Fonte: Rumo (2019).

### 2.2.2 DORMENTES

Os dormentes são os elementos da superestrutura ferroviária que constituem a superfície de apoio para os trilhos. São travessas de conformação, geralmente prismáticas, nas quais são fixados os trilhos. Os dormentes são colocados, de forma transversal, entre o lastro e são espaçados regularmente uns dos outros.

Em linhas gerais, existem 4 tipos básicos de dormentes: madeira (lei), aço, concreto e plástico. E para os tipos, têm por função:

- garantir a fixação e manter o suporte adequado e seguro aos trilhos;
- manter constantemente a bitola;
- amortecer e absorver os choques do rolamento;



- distribuir e transmitir ao lastro os esforços recebidos dos trilhos;
- prover a suficiente estabilidade da via no sentido transversal, vertical e longitudinal;
- manter o alinhamento longitudinal e transversal da via.

### **2.2.2.1 DORMENTE DE MADEIRA E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**

Tipos de perfis comumente usados:

- 2,00 m x 0,16 m x 0,22 m;
- 2,30 m x 0,17 m x 0,24 m;
- 2,80 m x 0,17 m x 0,24 m;
- comprimentos variados (AMV).

Principais vantagens:

- boa resistência e elasticidade;
- facilidade de manuseio (carga e descarga);
- bom isolamento em linhas sinalizadas;
- menores danos em caso de descarrilamento;
- facilidade de substituição da fixação.

Principais desvantagens:

- apodrecimento progressivo;
- queima com facilidade;
- afrouxamento da fixação;
- sujeito à escassez.

Figura 8 – Dormentes de Madeira.



Fonte: ALL (2001).

#### **2.2.2.2 DORMENTE DE AÇO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**

Tipo de perfil comumente usados:

- 2,20 m/62 kg

Principais vantagens:

- material perfeitamente homogêneo;
- longa vida útil;
- boa resistência aos esforços transversais.

Principais desvantagens:

- maior dificuldade para socaria e nivelamento;
- falta de isolamento elétrico em linhas sinalizadas;
- necessidade de linha com alto padrão de lastro e isenta de impactos na superfície de rolamento.

Figura 9 apresenta uma visão geral do aspecto do dormente de aço e desenho

geométrico.

Figura 9 - Dormentes de Aço.



Fonte: ALL (2003).

### 2.2.2.3 DORMENTE DE CONCRETO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Tipo de perfil comumente usados:

- 240 kg

Principais vantagens:

- longa vida útil;
- peso elevado, proporcionando mais elasticidade à via;
- resistência aos agentes atmosféricos;
- características físicas e mecânicas uniformes;
- redução dos custos de manutenção da via.

Principais desvantagens:

- necessidade de processo de fabricação apurado

- dificuldade de transporte e manuseio devido ao peso elevado;
- necessidade de linha com alto padrão de lastro e nivelamento;
- perda total em caso de acidente.

Figura 10 apresenta uma visão geral do aspecto do dormente de concreto e aspecto geométrico

Figura 10 - Dormentes de concreto.



Fonte: Rumo (2018).

#### **2.2.2.4 DORMENTE DE PLÁSTICO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS**

Tipo de perfil comumente usados (igual aos dormentes de madeira):

- 1,90 m x 0,16 m x 0,22 m;
- 2,00 m x 0,16 m x 0,22 m;
- 2,30 m x 0,17 m x 0,24 m;
- 2,80 m x 0,17 m x 0,24 m;
- comprimentos variados (AMV).

Principais vantagens:

- inerte e impermeável;
- totalmente reciclado e reciclável;
- maior resistente a intemperes;
- Ser isolante e ter densidade igual a madeira.

Principais desvantagens:

- custo elevado;
- poucos testes comprovando a eficiência;
- necessidade de processo de fabricação apurado.

Figura 11 apresenta uma visão geral do aspecto do dormente de plástico e desenho geométrico.

Figura 11 - Dormentes de plástico.



Fonte: Rumo (2018).

## 2.2.2.5 TABELA COMPARATIVA ENTRE OS TIPOS DE DORMENTES

A figura 12 indica um resumo sobre os tipos de dormentes e reforça a necessidade de um correto apontamento das suas condições, frente ao impacto que pode ser provocado na estratégia de uma empresa ferroviária pela a falta de registros.

Figura 12 – Comparativo entre os tipos de dormentes.

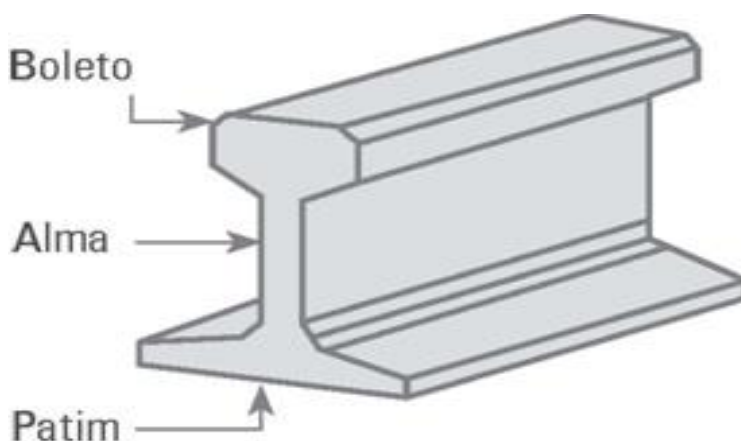
	VIDA ÚTIL	QUANTIDADE POR KM	CUSTO ANUAL MANUTENÇÃO	FACILIDADE DE MECANIZAÇÃO	INVESTIMENTO INICIAL/KM	MECANIZAÇÃO INSPEÇÃO	DEFEITOS
PLÁSTICO	30 anos	1.750	39mil/km	ALTO	2,7	NÃO	ALTO
ÁÇO	40 anos	1.600	49mil/km	ALTO	2,3	NÃO	BAIXO
CONCRETO	40 anos	1.600	49mil/km	ALTO	2,1	SIM	BAIXO
LEI	15 anos	1.750	51mil/km	BAIXO	2,0	NÃO	ALTO
EUCALIPTO	4 anos	1.750	72mil/km	BAIXO	1,8	NÃO	ALTO

Fonte: Rumo (2019).

### 2.2.3 TRILHOS

São os elementos da superestrutura que constituem a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários. A figura 13 mostra, esquematicamente, uma vista em perfil de um trilho ferroviário e como suas partes são divididas.

Figura 13 – Trilho ferroviário.



Fonte: Rumo (2018).

Conforme representado na figura anterior, o trilho é composto por três partes:

- boleto – é a parte superior do trilho, em que se apoiam e se deslocam as rodas dos veículos ferroviários;
- alma – é a parte estreita e vertical da secção transversal do trilho, compreendida entre o boleto e o patim;
- patim – é a parte mais larga do trilho. É apoiada e fixada diretamente no dormente, ou indiretamente, por intermédio da placa de apoio.

Em relação à matéria prima de produção, os trilhos podem ser fabricados em: Aço carbono; Aço liga; ou Boleto tratado.

Os trilhos podem assumir os seguintes perfis: TR – 32 (32 kg por metro); TR – 37 (37 kg por metro); TR – 45 (45 kg por metro); TR – 57 (57 kg por metro); ou TR – 68 (68 kg por metro). É oportuno ressaltar que cada perfil está associado à um perfil de carga e de composição que se deslocará pela linha.

## **2.2.4 ACESSÓRIOS METÁLICOS**

São os elementos que auxiliam a fixação dos trilhos nos dormentes, permitindo-lhes maior segurança para sustentar as cargas distribuídas.

Dividem-se em acessórios de fixação e acessórios de ligação, sendo que este último não será explorado nesse trabalho de apontamento breve das características.

### **2.2.4.1 ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO**

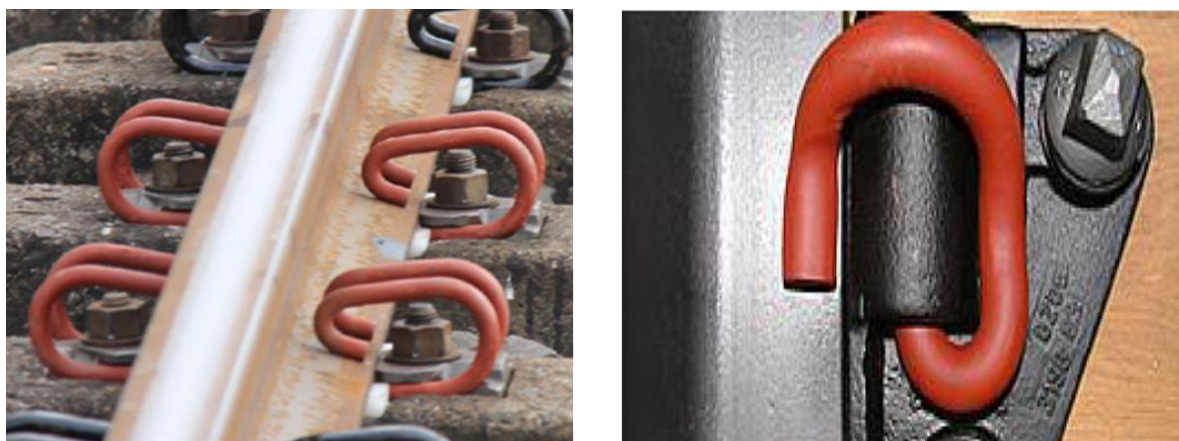
São elementos necessários à fixação do trilho no dormente ou na placa de apoio no trilho, podendo ser rígido ou elástico. Os mais conhecidos são:

- prego de linha: prego de linha é o tipo mais comum de fixação de trilhos, embora seja um dos menos eficientes. É geralmente de secção retangular, terminando em cunha e cravado a golpes de marreta.

- *tirefond*: é um tipo de fixação superior ao prego. É uma espécie de parafuso de “rosca”, em cuja cabeça se pode adaptar uma chave especial ou um cabeçote de máquina, por meio da qual se aparafusa o *tirefond* na madeira. Sendo aparafusado, sacrifica menos as fibras de madeira. Deixa o furo do dormente hermeticamente fechado, impedindo a entrada de água, o que nem sempre acontece com o prego.
- grampos elásticos: outra forma de fixação dos trilhos é por meio de grampos elásticos, que consistem em grampos fabricados com aço de mola, temperado e revestido. Oferecem força de pressão suficiente para resistir ao caminhamento e à torção do trilho.

A figura 14 apresenta dois tipos de grampos elásticos predominantes, deenik e pandrol.

Figura 14 – Grampos Elásticos deenik e pandrol, respectivamente.



Fonte: Rumo (2016).

- placas de apoio: utilizam-se, também, as placas de apoio, que são chapas de aço, com os furos necessários à fixação nos dormentes e com perfil e rasgos para se fixarem sob o trilho.

A figura 15 mostra o detalhe de uma placa de apoio fixada em um dormente (inservível) com *tirefond* e fixação elástica tipo deenik suportando o trilho.



Figura 15 – Placas de apoio.



Fonte: Rumo (2019).

A fixação elástica absorve os choques e as vibrações por meio de um ou mais elementos flexíveis, isto é, apresenta o efeito mola, sem perder, no entanto, o poder de retenção dos trilhos e dos dormentes. Essa é a vantagem desse tipo de fixação sobre a fixação rígida.

A secção transversal tem uma inclinação de aproximadamente 1:20 para o lado de dentro dos trilhos. Essa inclinação faz-se necessária para que o trilho fique inclinado do mesmo modo que a conicidade do aro das rodas, de forma a possibilitar um melhor contato roda-trilho.

As principais vantagens da fixação elástica são:

- prolongam a vida útil do dormente;
- proporcionam melhor distribuição de carga sobre o trilho;
- evitam a tendência do patim do trilho de penetrar no dormente;
- permitem que o esforço transversal à via seja transmitido a toda a pregação.

## 2.3 DEGRADAÇÃO E MANUTENÇÃO DE VIA PERMANENTE

Uma vez implantada a via férrea e posta em operação, esta começa a se degradar pelo uso. Esta degradação tem sua origem na ação dinâmica das cargas e da vibração do tráfego dos trens sobre a via. Estas vibrações e esforços provocam ruídos e solicitam os materiais de todos os componentes da superestrutura, resultando numa alteração dos parâmetros inicialmente estabelecidos para a correta posição da via.

Para o controle dos valores dos parâmetros geométricos em diversas circunstâncias, se estabelecem uma série de tolerâncias ou intervalos de valores, fazendo necessária uma ação corretiva e constante para manter os parâmetros mencionados adequados ao nível de serviço pretendido. Estas ações preventivas e/ou corretivas são conhecidas como manutenção da via.

A manutenção da superestrutura ferroviária pode ser definida como sendo o conjunto das atividades necessárias para a manutenção da homogeneidade dos elementos constitutivos da linha, tão próximos quanto possível do estado em que se encontravam quando recém construída.

Considerando a premissa de que a manutenção da via gera custos e que estes custos influenciam no preço final do produto transportado, pode-se confirmar a necessidade de investir em recuperação da superestrutura ferroviária.

Os custos de uma adequada manutenção da superestrutura ferroviária são comprovadamente elevados, entretanto, a precisão e confiabilidade das informações evita o desperdício de mão de obra e materiais, otimizando os recursos e os resultados na manutenção.

Vários fatores podem influir na velocidade de degradação dos componentes da superestrutura ferroviária, tais como:

- características do material empregado;
- características da infraestrutura da via;
- meio ambiente da região na qual o trecho ferroviário está situado;

- tipo da manutenção executada;
- características da operação a qual a via é submetida.

A partir da degradação dos materiais, diretamente a segurança ferroviária e produtividade da ferrovia são comprometidas, já que diversos defeitos e até mesmo falhas com interrupção são gerados, pois a degradação dos elementos de via implica em anomalias de geometria.

### **2.3.1 PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA GEOMETRIA DE VIA**

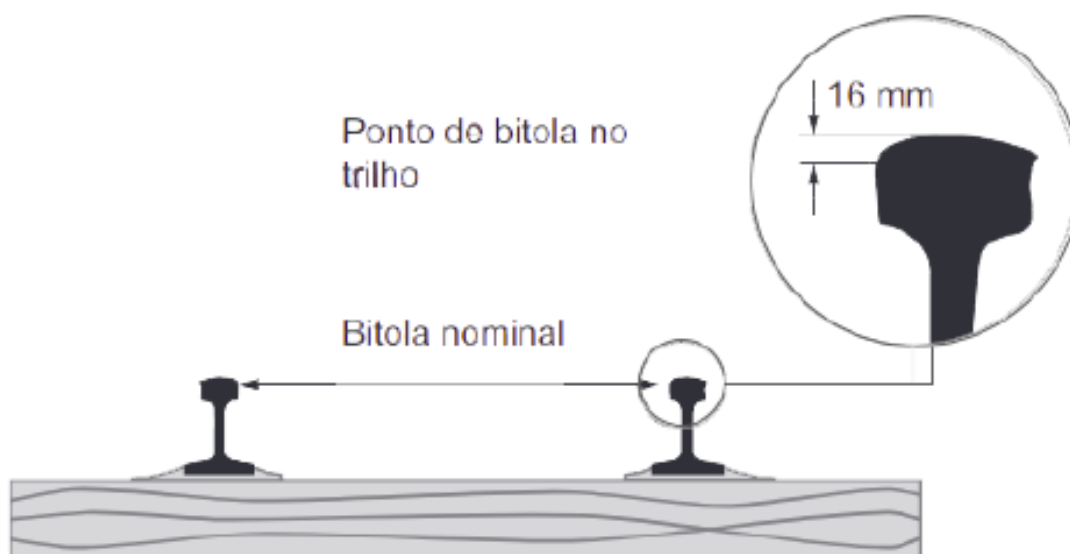
Os parâmetros que definem a qualidade da geometria da via permanente e as suas anomalias são descritos a seguir.

#### ***BITOLA***

Este parâmetro define a base de uma ferrovia. E em função dele são especificados os demais componentes da via permanente (dimensões dos dormentes e a altura de lastro), da Infraestrutura (largura da plataforma e obras de artes) e do material rodante. Segundo SCHRAMM (1977, p.4), BRINA (1979, p.6) e RODRIGUES (2001, p.40), denomina-se bitola a distância entre as faces internas dos trilhos que compõem uma via, medida a alguns milímetros (entre 12 mm e 16 mm) abaixo do plano de rodagem, plano constituído pela face superior dos trilhos.

A figura 16 ilustra os aspectos relevantes para aferição das bitolas, segundo a Norma NBR 16387/2016 e ABNT (2016).

Figura 16 – Bitola.



Fonte: ABNT (2016).

As dimensões da plataforma ou do leito da linha férrea são fixadas por normas e dependem da bitola utilizada. Na maior parte dos países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Canadá, Alemanha e França, utiliza-se a bitola de 1435 mm, também conhecida por bitola Internacional, estabelecida pela Conferência Internacional de Berna em 1907. Em alguns países, onde não há unificação de bitolas, existem diferentes larguras entre trilhos que variam entre 610 mm à 1955 mm, como na Rússia (bitola de 1523 mm) e na Argentina (bitola de 1676 mm) (BRINA, 1979, p.6). No Brasil, pelo Plano Nacional de Viação, a bitola padrão é a de 1600 mm, ou bitola Larga (BRINA, 1979, p.6), mas existe uma predominância grande da bitola métrica (1000 mm). Segundo a publicação GUIDELINES FOR TRACK EFFECTS & REPORTS (1996) apud LIMA (1998, p.42) as anomalias na bitola são classificadas em dois tipos:

- alargamento da bitola: bitola aberta (ABNT 2016): quando o valor medido é maior do que o valor limite máximo. As razões causadoras deste tipo de anomalia estão vinculadas aos seguintes fatores: dormentes em condições ruins; grupos de dormentes defeituosos; dormentes laqueados; desgaste da placa de apoio dos dormentes e *tirefonds* frouxos; desgaste lateral do boleto do trilho; orifícios dos *tirefonds* desgastados; falta ou folga de parafusos nas juntas e juntas quebradas;
- estreitamento de bitola: bitola fechada (ABNT 2016): quando o valor do parâmetro medido é menor do que o valor limite mínimo. Ocorre geralmente

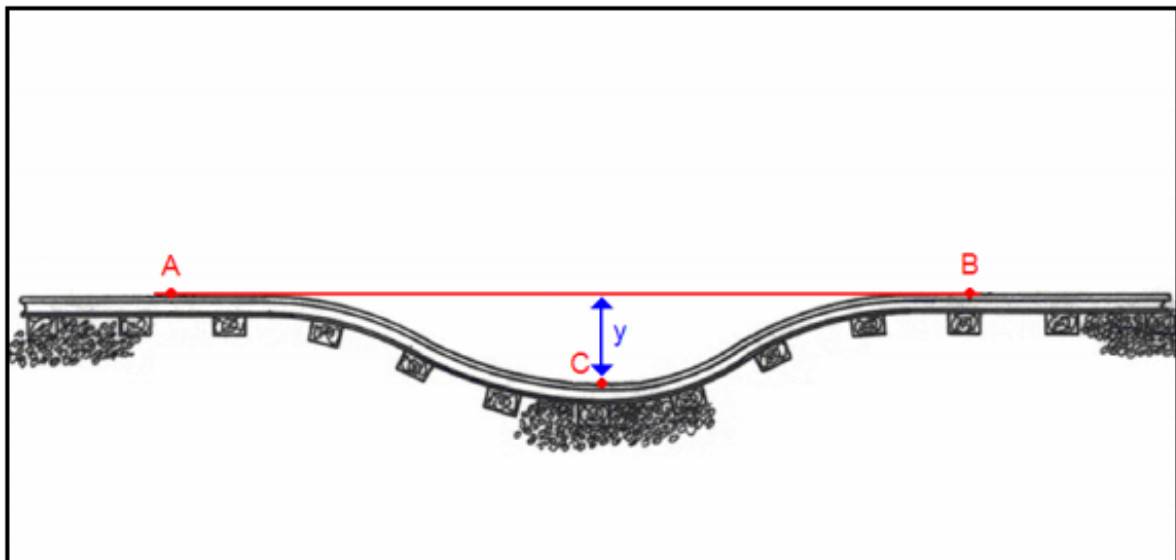
quando existem dormentes empenados, deformação do lado interno do trilho, placas de apoio quebradas e dormentes defeituosos.

A anomalia de bitola aberta foi descrita na introdução do trabalho e foram apresentados dados reais do impacto.

### ***NIVELAMENTO LONGITUDINAL***

Consiste em comparar o nivelamento da linha férrea em relação ao seu plano horizontal original medindo a deformação vertical ( $y$ ) de um ponto qualquer (C) na superfície de rolamento de um trilho em relação ao segmento de reta (AB). A figura 17 ilustra a situação.

Figura 17 – Desnivelamento longitudinal.



Fonte: ABNT (2016)

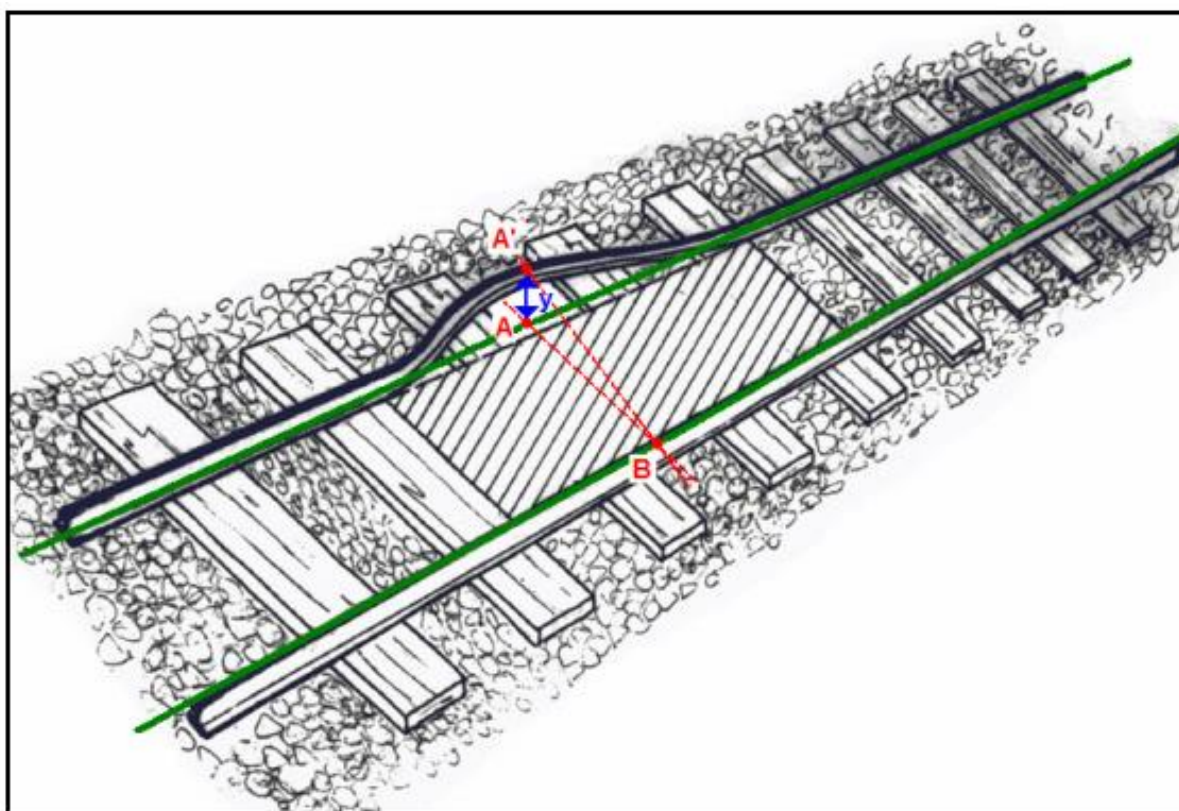
O desnivelamento longitudinal é considerado quando o valor de ( $y$ ) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos pela ABNT (2016). As principais causas desta anomalia, segundo publicação da *CANADIAN PACIFIC* apud LIMA (1998, p.39), são: lastro laqueado; trilho corrugado; problemas de drenagem; grupo de dormentes defeituosos e juntas desniveladas. Essas irregularidades são responsáveis principalmente pela ocorrência do movimento de galope nos veículos em movimento. O desnivelamento longitudinal gera desconforto e, se ultrapassar certos limites, pode

acarretar no desgate de veículos e fracionamento do trem com consequências que podem ser críticas (RODRIGUES, 2005, p.11).

### **NIVELAMENTO TRANSVERSAL**

Consiste em comparar o nivelamento da superfície de rolamento de um trilho em relação ao outro trilho medindo a deformação vertical ( $y$ ). A figura 18 ilustra a situação.

Figura 18 – Desnivelamento transversal.



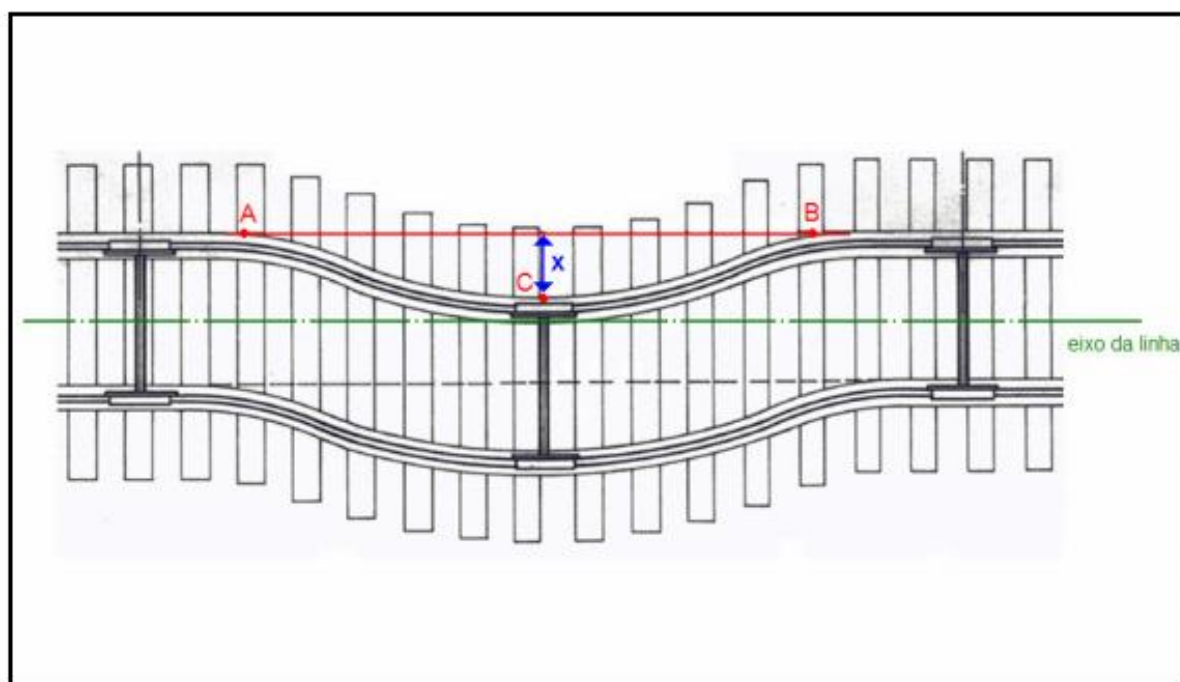
Fonte: ABNT (2016)

O desnivelamento transversal é considerado quando o valor ( $y$ ) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos pela ABNT (2016). Este tipo de anomalia ocorre muitas vezes, em virtude dos vazios (laqueados) observados entre a superfície inferior do dormente e a brita (RODRIGUES, 2005, p.12).

### **ALINHAMENTO**

Consiste em comparar o alinhamento da linha férrea com o seu eixo central original medindo a distância horizontal ( $x$ ) que um ponto qualquer (C), situado na lateral do boleto de um trilho, tem em relação ao segmento de reta (AB). A figura 19 ilustra a situação.

Figura 19 – Desalinhamento.



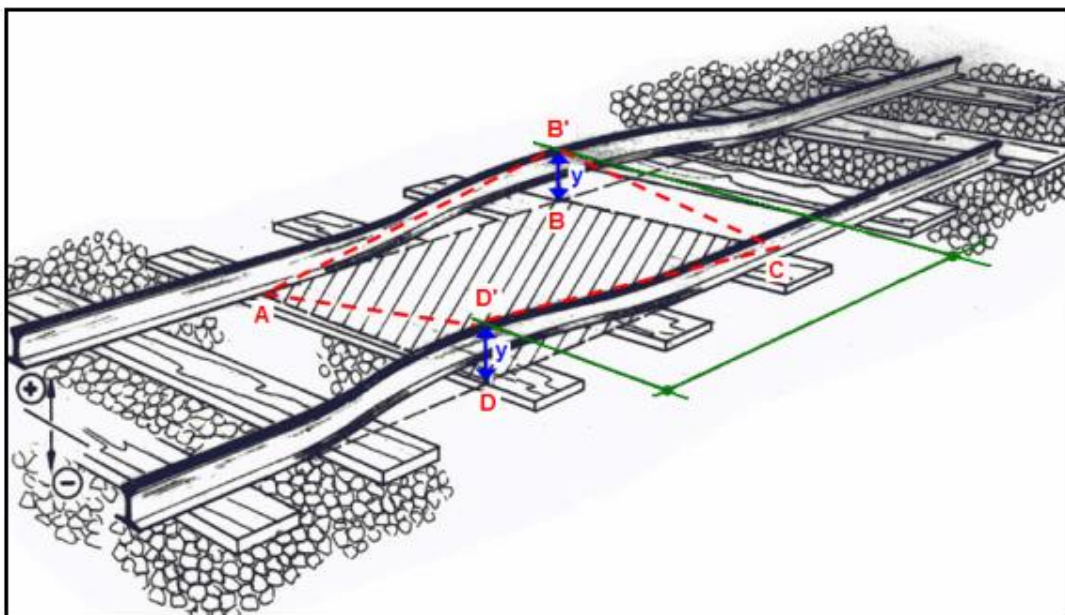
Fonte: ABNT (2016).

O desalinhamento é considerado quando o valor ( $x$ ) ultrapassa os limites de tolerância estabelecidos pela ABNT (2016). As principais causas deste tipo de anomalia são: dormentes laqueados, ombro de lastro insuficiente, desgaste ou quebra de placas de apoio e quebra ou deformação de trilhos (LIMA, 1998, p.38).

## **EMPENO**

Considerando quatro pontos sobre a superfície de rolamento dos trilhos, dois em cada trilho, formando um retângulo ABCD, define-se como empeno (ou torção) a distância vertical ( $y$ ) dos pontos (B') ou (D') ao plano formado pelo retângulo ABCD. A figura 20 ilustra a situação.

Figura 20 – Empeno ou torção.



Fonte: ABNT (2016).

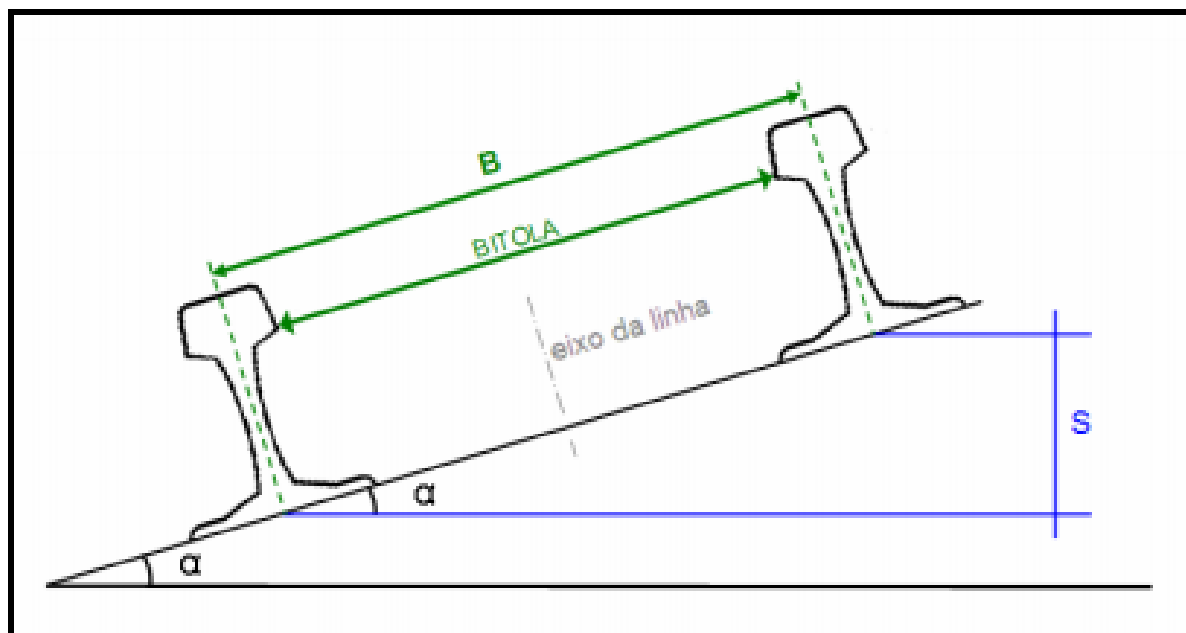
Esta anomalia causa o movimento de torção no material rodante. Suas causas são as mesmas dos desnivelamentos longitudinal e transversal, sendo observada com mais frequência em vias que possuem maiores quantidades de juntas consecutivas e alternadas nos trilhos, e as principais consequências são o descarrilamento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

## **SUPERELEVAÇÃO**

Segundo BRINA (1979, 125) e CASTELLO BRANCO et al. (2002, p.21) a superelevação é a maior altura do trilho externo em relação ao interno com a finalidade de equilibrar o efeito da força centrífuga que tende a jogar o material rodante para o lado de fora da curva. A figura 21 ilustra a situação.



Figura 21 – Excesso de superelevação.



Fonte: ABNT (2016).

Valores que superam os parâmetros determinados pela ABNT (2016) são considerados anomalias, BRINA (1979, p.127) cita que a velocidade máxima de projeto de uma via é prevista para trens de passageiros e esta mesma via é utilizada por veículos mais lentos, como trens de carga e veículos de manutenção. Como a velocidade desses veículos é menor, aparece o risco de tombamento para dentro da curva e de excesso de desgaste do trilho interno.

Todas as principais patologias citadas se relacionam diretamente com o estado de degradação dos 4 elementos básicos da superestrutura, diante desse cenário, é essencial o monitoramento da condição para determinar qual o melhor modelo de manutenção, alimentar modelos matemáticos de priorização, de degradação e, principalmente, o planejamento orçamentário.

Existem diversas formas já consagradas de monitorar os defeitos de geometria, mas eles são apenas o sintoma, ou seja, entender a condição dos elementos de superestrutura é o primeiro passo para tratamento da causa raiz do problema. E para isso são feitas inspeções a pé a fim de produzir registros. De posse dessa base, existem diversos softwares e ferramentas de priorização que contribuem decisivamente para a manutenção.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa, segundo Costa (2002), é o espaço no qual se devem traçar os meios necessários à observação da realidade de modo sistemático e disciplinado, no sentido de observar os fatos, analisar as relações entre eles e, finalmente, responder ao problema da pesquisa que representa, para o pesquisador, uma lacuna no conhecimento. Costa (2002) e Gil (1999) explicitam três tipos de pesquisas.

- As Pesquisas Exploratórias têm como finalidade principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Geralmente é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Dos tipos de pesquisa, é o que apresenta menor rigidez no planejamento, envolvendo geralmente levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso.
- Nas Pesquisas Descritivas, o objeto de investigação é parcialmente conhecido. As pesquisas desse tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinado grupo ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve planejamento mais rigoroso e técnicas padronizadas de coleta de dados. As pesquisas descritivas são as mais solicitadas por organizações como instituições educacionais, empresas comerciais, partidos políticos etc.
- As Pesquisas Explicativas têm como preocupação fundamental identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento acerca da realidade, por explicar a razão das coisas. Por esse motivo, é também o mais complexo, já que é grande o risco de cometer erros. GIL (1999) afirma que o conhecimento científico está fundamentado nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos, sem, contudo, desmerecer as pesquisas exploratórias e descritivas, que são normalmente etapa prévia indispensável à obtenção de explicações científicas.

É relevante afirmar que a pesquisa pode ser, ao mesmo tempo, quantitativa e qualitativa (TRIVINOS, 1987). Na prática, para esse estudo e pela natureza do problema, foi escolhido métodos de observação e estudo de campo.

Segundo Costa (2002), a escolha do método não é aleatória. A seguir são descritos os métodos de pesquisa, segundo o mesmo autor, utilizados.

Estudo de campo: observações das características de um único grupo, especificamente dormentes dentro da superestrutura ferroviária.

Observação participante: participação ativa na situação de coleta de dados e executar efetivamente como integrante do grupo.

Observação não participante: limitado a observar a execução e relatar os fatos.

#### **4 LEVANTAMENTO DO PROBLEMA E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO**

Historicamente, e olhando o setor, o processo de levantamento de informações na via permanente é feito de forma manual, ou seja, através de inspeções a pé e anotações em *check list*. Isso é o fato na realidade brasileira e, seguramente, iniciativas estão sendo conduzidas pelas grandes corporações ligadas à extração de minério, mas para carga geral pouco foi feito.

O problema abrange todas as empresas ferroviárias e metroviárias e outras instâncias, inclusive institucionais, já que as agências reguladoras (como, por exemplo ANTT) se envolvem nas análises e questionamentos dos dados. Como comentando anteriormente, algumas empresas já iniciaram a contratação do serviço de levantamento de dados.

O mercado, dessa forma, supera 28 mil km, já que as grandes cidades, que possuem trem e metrô em sua matriz de mobilidade, também são cobertas pelo problema e solução que será apresentada no trabalho.

Os desafios giram em torno da adequação financeira, ou seja, custo-benefício viável e, principalmente, mudança da cultura de um setor extremamente tradicional e estabelecido. Ao mesmo tempo, trabalhar o desenvolvimento da mão de obra operacional, principal stakeholder, em busca de uma manutenção com viés 4.0.

#### **4.1 BENCHMARKING REALIZADO / REALIDADES ORGANIZACIONAIS**

Foi realizada uma pesquisa com diversos metrô em distintos continentes (Ásia, Oceania, América do Sul, Europa e Reino Unido), duas grandes corporações brasileiras e uma ferrovia chilena. Pela solicitação das próprias empresas, seus nomes serão preservados.

E os seguintes itens foram levantados:

- a) Tipos de inspeção nos dormentes e via permanente;
- b) Tipo de metodologia utilizada para coleta de dados;
- c) Tipo de ferramenta utilizada para colher esses dados.

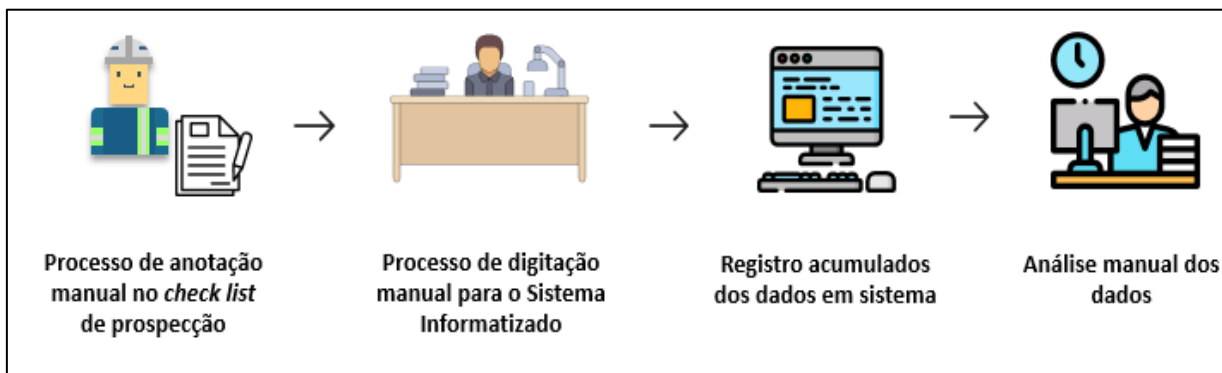
De maneira geral, todos os respondentes informaram utilizar inspeção visual através de mão de obra própria ou terceirizada, ou através de veículos de manutenção e/ou veículos especializados em identificar o desgaste dos dormentes e demais itens que os compõem.

O método utilizado para prospecção dos dados é o mesmo em todos os metrô que responderam à pesquisa, ou seja, manual. Não foi reportado a utilização de nenhuma tecnologia específica para prospecção dos dados (registro dos dados), o que demonstra um certo pioneirismo na solução para obtenção de dados de forma mais rápida e precisa.

Foi observado que todos utilizam inspeções visuais a pé, registrando em papel item a item, da mesma forma que era feito na Rumo no início do trabalho, ou seja, de posse dos dados (folhas de papel – *check list*), são entregues à área administrativa e essa os digita para sistemas informatizados. Nessa etapa é possível perceber um claro retrabalho, já que o levantamento é escrito no campo e, logo na sequência, um outro colaborador deve digitar aqueles mesmos dados para o sistema. A figura 22 mostra,

de forma esquemática, a sequência do processo desde o registro até a análise dos dados. O processo se mostra oneroso, várias etapas manuais, risco de perda de dados e lentidão.

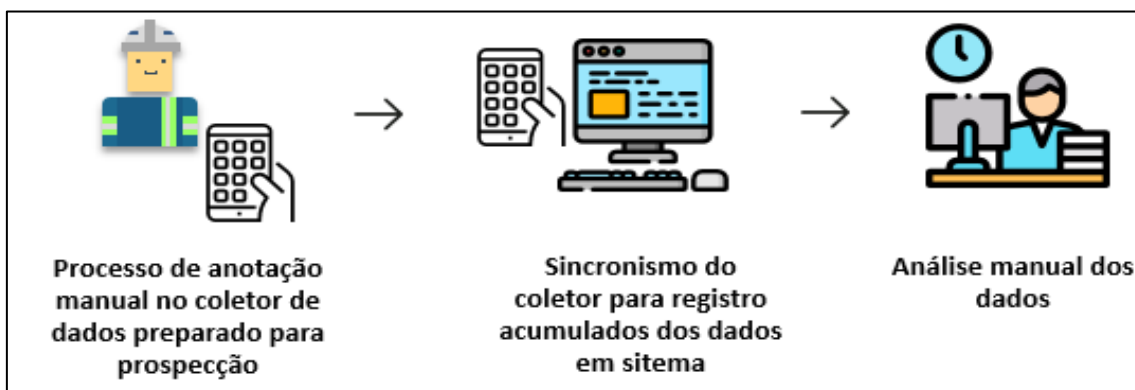
Figura 22 – Resumo esquemático do processo de registro manual.



Fonte: Grupo de trabalho (2019).

Para as empresas ferroviárias brasileiras observadas utilizam coletores de dados e softwares específicos desenvolvidos e instalados nos equipamentos. Isso indica um início interessante de mudança cultural e modo de execução do levantamento dos dados. A figura 23 mostra, de forma esquemática, a sequência do processo desde o registro até a análise dos dados. Para esse processo, apesar do registro em coletor de dados, é necessário levar o equipamento até uma base (escritório) e, via cabo através de um “berço” de descarga de dados, transferir para o sistema informatizado. O processo mostra avanço, elimina uma etapa importante de digitação, contudo não é remoto e o método analítico se mantém como o modelo tradicional. Na sequência, a figura 24 indica o modelo de coletor utilizado pelas empresas atualmente.

Figura 23 – Resumo esquemático do processo de registro através de coletor de dados.



Fonte: Grupo de trabalho (2019).

Figura 24 – Modelo de coletor utilizado.



Fonte: Grupo de trabalho (2019).

A ferrovia chilena indicou o método de execução exatamente igual aos metrô e, conseqüentemente, à Rumo.

#### **4.2 A REALIDADE ATUAL DA EMPRESA E A IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA**

A Rumo é a maior operadora de ferrovias do Brasil e oferece serviços logísticos de transporte ferroviário, elevação portuária e armazenagem. A Companhia opera 12 terminais de transbordo, seis terminais portuários e administra cerca de 12 mil quilômetros de ferrovias nos estados de Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. A base de ativos é formada por mais de mil locomotivas e 28 mil vagões. Não foi considerado a Ferrovia Norte-Sul, ativo recém concessionado, mas ainda não em operação – previsão 2021.

Anualmente são percorridos 12 mil quilômetros de ferrovia para prospectar os trilhos, dormentes, lastro e fixações, materiais que compõem a estrutura da via permanente. Os dados levantados são utilizações para fins de estudo, planejamento operacional, planejamento estratégico, manutenção e informações a serem enviadas aos órgãos fiscalizadores.

A prospecção é realizada por colaboradores devidamente treinados pela área da engenharia e acompanhado por especialistas para avaliar as condições destes componentes.

Cerca de 4 mil km estão inativos ou com uma densidade de tráfego extremamente baixa, dessa forma, 30% do trecho não é prospectada. Tal atividade nessas regiões é feita de forma puntual e única e exclusivamente sob demanda. O restante do trecho operacional é dividido em Malha Sul e Malha Norte e essa divisão se dá por características de bitola - larga (distância entre os trilhos de 1,6 m) e métrica (distância entre os trilhos de 1,0 m).

A abordagem do presente trabalho ficará restrita a Malha Sul, mas evidentemente estará apto para ser multiplicado para, não só a Malha Norte, como também para outras empresas do ramo.

O trecho operacional da Malha Sul representa 7 mil km de toda malha e, nesse ambiente, foram selecionados 6.239 km para aplicação e testes do trabalho. Isso foi convencionado pela cobertura de colaboradores aptos para a execução da prospecção e relevância para o negócio.

Esse trecho selecionado é subdividido em corredores e estes são definidos por características regionais, alocação de pessoas e coincidências de transporte. A figura 25 exemplifica a divisão pela extensão e a figura 26 mostra, esquematicamente, o mapa do trecho.

Figura 25 – Divisão dos trechos Rumo.

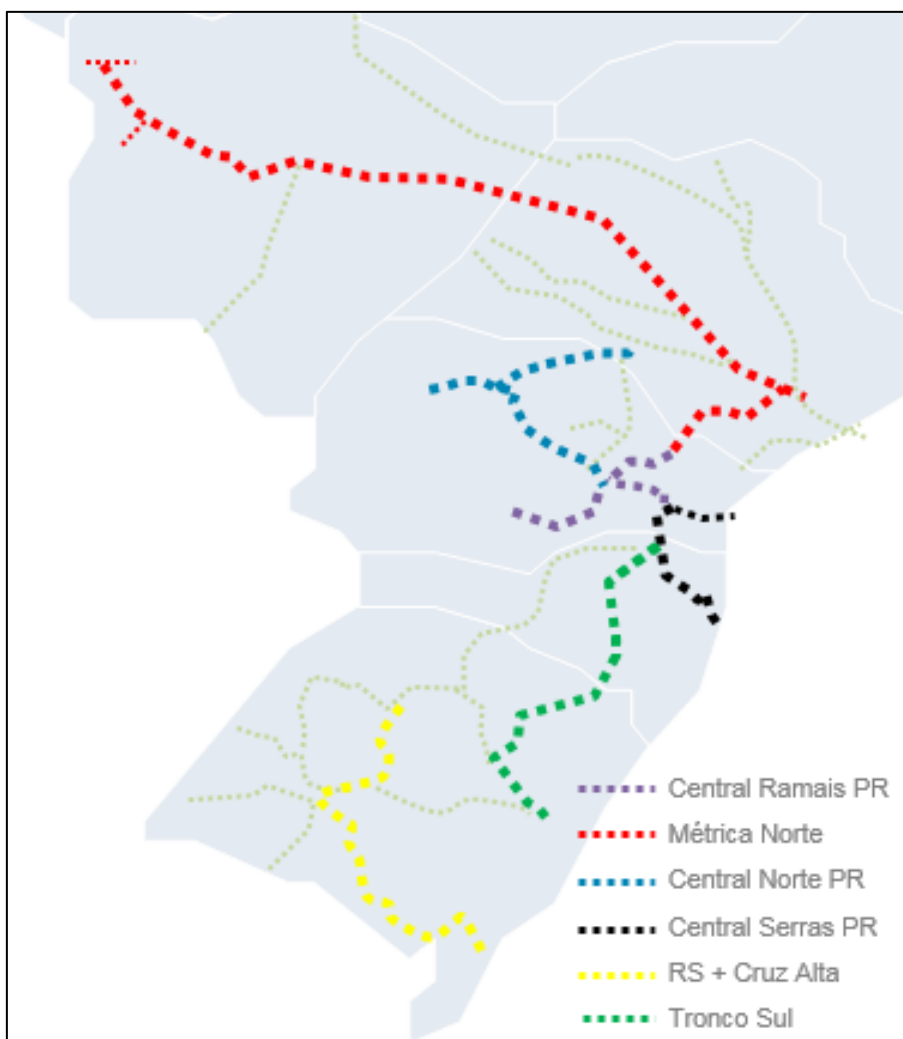
<b>Linha</b>	<b>Extensão Total (Km)</b>
<b>CENTRAL SERRAS PR</b>	210,131
<b>CENTRAL NORTE PR</b>	687,993
<b>RS + CRUZ ALTA</b>	1047,132
<b>TRONCO SUL</b>	1075,787
<b>CENTRAL RAMAIS PR</b>	743,195
<b>METRICA NORTE</b>	2060,541
<b>Total</b>	<b>5824,779</b>

Fonte: Grupo de trabalho (2019).

Central Norte PR região onde se encontra importantes terminais de carga e descarga e esse trecho avança pelo interior do Paraná. A Central Serras (PR) é uma importante ligação ao Porto de Paranaguá (PR) e São Francisco do Sul (SC). Ainda no estado do Paraná, o trecho Central Ramais (PR) é a malha que conecta a Central Norte (PR) a Central Serras (PR). Métrica Norte compreende a conexão do trecho entre o Paraná e São Paulo e, também, a ligação entre São Paulo e Mato Grosso do Sul. Já o Tronco Sul a ligação do Paraná com Santa Catarina e, por fim, RS + Cruz Alta corresponde ao principal corredor de ligação do interior do estado do Rio Grande do Sul ao Porto de Rio Grande (RS).



Figura 26 – Mapa esquemático do trecho priorizado para implantação.



Fonte: Rumo (2019).

Ainda utilizado o modelo tradicional, a figura 27 traz a forma que é realizado o registro manual da prospecção. Neste modo cada colaborador após ser treinado recebe uma prancheta e formulário e percorre determinada quilometragem diária pela linha férrea observando as condições de via e realizando o apontamento manual das informações como identificação, local onde a prospecção está sendo realizada, data, página para controle, identificação do equipamento (cada curva e tangente possui uma identificação na Rumo), tipo de linha (se LP – Linha Principal ou LD – Linha Desviada), qual a subdivisão e a qualidade do material. E para o registro do material é contado a quantidade de sequência de dormentes ruins, ou seja, não é anotado a condição de cada unidade e sim quantos agrupamentos de dormentes ruins aquele equipamento possui. Isso implica em trabalhar apenas de forma limitada e apenas com taxas – conhece-se apenas as exceções.

Ao final deste ciclo é possível ter o formulário devidamente preenchido. Porém essa é apenas a primeira etapa do processo. O formulário preenchido é encaminhado a um departamento administrativo que recebe os documentos, interpreta, realiza o *input* (digitação) em um sistema informatizado (computador) e, a partir disso, as informações estão disponíveis para serem analisadas (exatamente igual como indicado na figura 22, item 4).

Os dados levantados são submetidos ao estudo analítico e planejamento e as informações passam por um processo de tratamento de inconsistências, seja por informações incompletas, não entendimento da escrita, borrões, informações apagadas, confusas, em campos errados ou pela ausência da prospecção realizada em determinado equipamento.

No final do processo o tempo e a informação obtida já não são tão seguros e atualizados, pois todo o processo leva meses, grande número de pessoas envolvidas, perda significativa de dados (são desprezados por não entendimento), análises rasas e demoradas, ou seja, o levantamento dos dados é peça chave e fundamental para a eficiência do negócio.



### 4.3 ANÁLISE DO FENÔMENO

Anualmente o trabalho de prospecção é realizado de forma totalmente manual.

Para cada 1 km de via são esperados 2 mil metros de trilhos, 1.750 unidades de dormentes, 3.500 placas de apoio, 7 mil elementos de fixação e 1.120 m<sup>3</sup> de lastro, ou seja, estima-se que o trecho operacional da Operação Sul tenha 14 mil km de trilhos, 12,2 milhões de unidades de dormentes, 24,5 milhões unidades de placas de apoio e 49 milhões de unidades de elementos de fixação, além dos 7,8 milhões de m<sup>3</sup> de lastro.

Essa inspeção é realizada a pé, ou seja, o time destinado a execução da prospecção caminha por toda a malha e registra em *check lists* específicos a situação dos materiais. O processo é extremamente manual e penoso, já que após o registro em campo (papel e caneta), uma nova equipe trata de transferir para o sistema informatizado e, só a partir das informações em sistema o tratamento da base é feito.

Dada a extensão do trecho e importância do mapeamento para a composição do orçamento de manutenção da Companhia, é delimitado 4 meses (120 dias) no ano para que a prospecção seja realizada.

Para tal dimensão e, por dados históricos de produção, são delimitadas 15 equipes, compostas por 3 colaboradores cada equipe. A produção esperada por equipe é 6 km/dia, dessa forma, aproximadamente 90 km/dia são prospectados por 45 colaboradores envolvidos.

Após a etapa de registro de campo, são utilizados mais 15 colaboradores com características administrativas para digitalizar os dados.

### 4.4 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO E RISCOS

Mesmo com a criação de equipes específicas, alinhamentos diários, reuniões gerenciais de acompanhamento e governança, o processo é extenso e uma série de problemas são gerados, dado a condição das ferramentas usadas para registro das informações. Principais impactos:

- baixa velocidade no registro (baixa produtividade);
- retrabalho durante processo de digitação das folhas no sistema de monitoramento;
- falha no entendimento dos *check lists* e, conseqüentemente, digitação errada;
- registro incompleto;
- registro não discriminado dormente a dormente – visão apenas de taxa e quantitativo de malhas (não é conhecido a posição);
- quantidade de dados incompatível com a criticidade do tema.

A tabela 3 mostra a aderência, no ano de 2018, por equipe, do processo de prospecção de via tradicional.

Tabela 3 – Aderência por Coordenador na prospecção conforme a divisão dos corredores Rumo.

Coordenador	Extensão Total	Acessórios de Trilho	Trilho	Dormentes	Lastro
1.1 - JOAO PEDRO	154,539	100%	83%	100%	100%
1.3 - ROBSON XAVIER	386,139	100%	97%	100%	52%
13.1 - RAFAEL VITORETE	1710,974	50%	22%	22%	0%
14.1 - ELTON	1895,112	0%	0%	0%	0%
2.1 - TAFICK	143,365	6%	56%	44%	0%
2.2 - RENATO	546,280	100%	100%	100%	11%
2.5 - JOSE LIGOSKI	156,282	100%	62%	100%	98%
3.1 - WILSON	80,237	86%	70%	96%	47%
3.2 - HELDO	213,400	42%	96%	69%	0%
3.3 - TIAGO CYPRIANO	365,784	0%	50%	62%	0%
3.4 - RODRIGO	95,133	97%	100%	100%	83%
5.1 - FELIPE SARAIVA	792,253	65%	79%	91%	24%
6.1 - HUMBERTO	481,408	55%	30%	73%	10%
6.2 - JEOVANI	326,033	10%	54%	63%	0%
6.3 - VILSON AMORIN	454,382	61%	100%	100%	0%

Fonte: Rumo (2018).

É notória a deficiência, ou seja, analisando apenas o levantamento de dados da caracterização dos dormentes (alvo desse trabalho), apenas 51% do trecho foi prospectado. Essa baixa cobertura implica, na mesma proporção, em desvio de orçamento. Além disso, os colaboradores caminharam por 3.767 km e registraram, aproximadamente, 1.2 milhões de dados, contudo, levando em conta a taxa de 1750 unidades de dormente por km, 13 milhões de dados poderiam ser levantados. Isso mostra, claramente, a oportunidade.

## **5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE SOLUÇÃO**

Diante do exposto e relevância do tema, em discussões, observações em campo, estudo do modelo atual e entrevistas com os colaboradores ligados direto a execução da atividade, foi sugerido, então, o desenvolvimento de um aplicativo compatível com todos os sistemas vigentes na empresa Rumo.

### **5.1 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES**

Diante das dificuldades em coletar de forma segura e eficiente as informações, foi proposto a análise de 3 situações em conjunto com a área executora.

- contratar serviço terceiro de prospecção;
- comprar uma solução pronta no mercado;
- desenvolver um aplicativo para utilização smartphones.

Para a primeira solução a principal vantagem é não onerar o custo e tempo da mão de obra própria contudo, a maior desvantagem é transferir - ou dar a liberdade - para uma empresa terceira em conhecer dados extremamente estratégicos para o negócio, ou seja, em um segundo momento isso pode retornar de maneira negativa. Outro fator é a dificuldade na transferência dos dados para o sistema de gestão – também um retrabalho no processo de prospecção.

O segundo tópico envolve, principalmente, custo de aquisição de softwares, aparelhos e compatibilidade com o sistema de gestão existente, além de um plano de treinamento.

O terceiro item se faz por desenvolvimento interno (utilizando a hora homem disponível de profissionais qualificados na área de Planejamento e Produtividade), utilização de equipamentos já existentes na empresa e um simples treinamento, dado o conhecimento prévio com a ferramenta de coleta de dados já existente (no caso, os *smartphones* dá própria Rumo). A comunicação entre o aparelho e o sistema de gestão Rumo já acontece normalmente.

Dessa forma, balizando pelo custo, a fim de priorizar a solução, foi conduzido uma análise junto ao setor de suprimentos para contratação do serviço externo e aquisição do equipamento com o software.

Para o primeiro caso, a Engenharia desenvolveu uma especificação técnica descrevendo exatamente o tipo de serviço e uma requisição de contratação foi aberta para uma coleta formal dos preços. Conforme pode se observar pela figura 28, não houve negociação para possível redução dos valores, ou seja, possivelmente os valores poderiam ser estressados com o viés de redução, contudo a base pura foi utilizada para a comparação.

Figura 28 – Custo para realização de prospecção com mão de obra terceira.

		MEDEIROS	LPC LATINA	SYSFER	ENGEFOTO	PRIORIZA	EGIS
Proposta Inicial		R\$ 1.004.500,00	R\$ 1.251.700,51	R\$ 1.845.524,31	R\$ 2.599.240,70	R\$ 3.953.452,00	R\$ 4.698.409,75
Rev. 1							
Valor Final							
Redução x Proposta Inicial (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 1.004.500,00	R\$ 1.251.700,51	R\$ 1.845.524,31	R\$ 2.599.240,70	R\$ 3.953.452,00	R\$ 4.698.409,75
Redução x Proposta Inicial (%)	#DIV/0!	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%
Validação Técnica		✘	✘	✔	✘	✔	✔

Fonte: Rumo (2019).

Vale ressaltar que a proposta foi feita para prospecção de 2.000 km e 3 empresas foram desclassificadas tecnicamente por não cumprirem os requisitos mínimos determinados pela Engenharia, ou seja, o custo/km para os três restantes foram: R\$ 922,76/km, R\$ 1.976,73/km e R\$ 2.349,20. Expandindo para a extensão de 6.239 km proposta, o menor custo seria R\$ 5.757,099,24. Seria necessária uma ótima negociação para uma redução significativa.

Ainda na mesma sistemática, para a compra software e aquisição dos coletores, modelo esse praticado em outras ferroviárias do Brasil, uma única empresa se

manifestou (a mesma que já produziu a solução dos outros *players*) e o custo, também sem negociação, foi de R\$ 350.000,00 para o software e R\$ 3.599,99 para 1 lote de 8 coletores. Considerando 2 lotes de coletores, para atender as 15 Coordenações do trecho selecionado (1 coletor sobressalente), o total da proposta é R\$ 357.199,98 – a empresa não se manifestou para o custo anual de manutenção. De qualquer forma, estima-se 8% ano (R\$ 17.859,99), conforme contato realizado durante o *benckmarking*.

Já a terceira situação se mostra a mais atrativa e com custo inferior aos que foram apresentados, pois será necessário apenas a dedicação de um Analista de Desenvolvimento da equipe de Planejamento e Produtividade. O custo médio mensal é, aproximadamente, R\$ 8.000,00. Dessa forma, mesmo que o colaborador se dedicasse em tempo integral, durante os 12 meses do ano, o custo seria R\$ 96.000,00, ou seja, 73% menor que a segunda hipótese (em relação a execução, foram direcionados 2 Analistas para um período de 6 meses – 2 meses de desenvolvimento e 4 meses de acompanhamento da execução) já que o aplicativo será instalado nos *smartphones* já disponibilizados e inseridos no custo de operação da empresa. De posse dos fatos apresentados, a opção escolhida foi o desenvolvimento interno.

## **5.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO**

Em meados de 2017 a empresa, pensando na eficiência e velocidade, desenvolveu um modo para registro do ponto dos colaboradores de forma eletrônica, em época esse projeto foi denominado de “chave na mão”, ou seja, um aplicativo com comunicação com o sistema de gestão de Recursos Humanos foi criado, instalado em celulares devidamente criptografados e distribuídos para todos os colaboradores de base operacional. Partindo desse princípio, uma série de paradigmas internos foram quebrados, desde a distribuição de celulares com dados para todos níveis hierárquicos até, definitivamente, o ingresso de um setor tradicional em um universo em expansão contínua de novas ferramentas.



De forma intuitiva e, aproveitando a estrutura existente da empresa Rumo, a solução proposta gira em torno do desenvolvimento de uma ferramenta eletrônica para registro das inspeções no processo de prospecção utilizando o mesmo princípio básico da “chave na mão”, integração simples com a base operacional.

Foi convocado um grupo de Especialistas ligados diretamente as análises técnicas do trecho e discutido, em um modelo de análise de falhas, as oportunidades e, em consenso, o desenvolvimento de um aplicativo para celular foi traçado como o objetivo, ou seja, traduzir de modo simplificado o complexo *check list* de prospecção para poucos toques na tela de um celular.

O grupo de desenvolvimento do projeto, em sintonia com a estrutura disposta, traçou as principais medidas para que, de forma conceitual, fossem elaborados testes.

Como citado na Análise do Fenômeno, 4 elementos básicos são fundamentais para o processo de prospecção. Contudo, dado a proposta de alteração no processo e possibilidade de falhas ou atrasos excessivos à ruptura que pode ser provocada no ciclo orçamentário do ano seguinte, assim como no planejamento estratégico, foi delimitada a proposta de solução. Para isso foram avaliados os seguintes pontos:


- principais módulos de falha de via;
- impacto orçamentário;
- taxas de degradação;
- impacto na mitigação dos riscos.

Diante desse cenário e, através de 2 testes *in loco* práticos conduzidos pela área de Planejamento e Produtividade e o corpo de Engenharia, o elemento escolhido para desenvolvimento inicial da ferramenta foi o dormente. Em consonância com o descrito na parte introdutória do trabalho – principal elemento que contribui para a geração de defeitos e custo.

Através da definição do elemento deu-se o início do desenvolvimento da ferramenta em conjunto com a equipe, 2 Analistas responsáveis pela produtividade e ganhos de eficiência na companhia e, com todo suporte, via *power apps* – ferramenta de

desenvolvimento de aplicativos, foi desenvolvido a ferramenta denominada “Aplicativo para Prospecção de Dormentes”. A figura 29 apresenta o resumo da solução final.

Figura 29 – Resumo das principais características do aplicativo desenvolvido.

	<p>Aplicativo para avaliar a situação de cada dormente de todos os equipamentos de via da Malha Sul.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Base de dados Microsoft Sharepoint e SQL Server;</li><li>• Aplicativo possui funcionalidade online/offline;</li><li>• Capaz de armazenar a prospecção de até 22mil dormentes no dispositivo;</li><li>• Realiza cópia de segurança dos dados armazenados;</li><li>• Requer apenas uma licença do Power Apps para ser utilizado.</li></ul>
---	---

Fonte: Rumo (2019).

Figura 30 – Print Screen tela inicial.



Fonte: Rumo (2019).

A figura 30 apresenta a tela inicial do aplicativo e é possível perceber alguns pontos. Para acessar o aplicativo, os usuários devem solicitar o acesso pelo botão indicado no canto inferior direito. Quando solicitado, o setor responsável recebe via e-mail a informação e é feita a aprovação, caso pertinente. Dado a importância e necessidade de público treinado, feito é necessário realizar esta seleção.

Figura 31 – Print Screen da tela indicado os equipamentos que serão inspecionados.

**Prospecção Dormentes**

Sub **1** Sentido **Crescente**

KM **217** Linha **Principal**

**1/217000-217700tg**  
Iniciar Prospecção

**1/217150-217700tg**  
Iniciar Prospecção

**1/217700-218100tg**  
Iniciar Prospecção

**1/217750-217950tg**  
Iniciar Prospecção

**1/217750-218100tg**  
Iniciar Prospecção

Salvar Online

Fonte: Rumo (2019).

Após o acesso inicial, a segunda tela (figura 31) é dedicada a determinar a localização que será inspecionada e através dela, tempos:

- Sub: nomenclatura interna da ferrovia Rumo para determinar agrupamentos de trecho, pois é comum existir quilometragens iguais.

- Km: quilômetro físico em que a prospecção será realizada.
- Sentido da prospecção: Crescente / Decrescente na quilometragem.
- Linha da prospecção: Principal/Desviada (por se tratar de uma linha singela, ou seja, não é duplicada, existem pátios de cruzamento para os trens, onde uma das linhas é denominada principal e outra desviada).

Após preencher todos os filtros, o aplicativo retorna a lista de todos os equipamentos contidos na sub, km, sentido e linha informados. Depois disso, o usuário seleciona o equipamento que pretende prospectar. A título de definição, em uma linha ferroviária os equipamentos principais são as curvas e as retas (ou tangentes).

Figura 32 – Print Screen da tela indicado os equipamentos o equipamento que será inspecionado.

Cadastro de Dormente - Dormentes aprox: 1225  
 Equipamento - 1/217000-217700tg

**LASTRO**

OK    INSUFICIENTE    CONTAMINADO    SOTERRADO

**TIPO DE DORMENTE**

EUCALIPTO    LEI    CONCR. MONO BLOCO    CONCR. BI BLOCO

**OAE**

NÃO    VIADUTO    PONTE    PN    TÚNEL

**JUNTA / SOLDA**

SIM    NÃO

**SITUAÇÃO DO DORMENTE**

0    0    0

INSERVÍVEL    AUSENTE    BOM

Desfazer

-25,44891849 , -49,21420701 , 908

Voltar    Dorm. restantes aprox: 1225    Finalizar Prospecção

Fonte: Rumo (2019).

Na terceira tela, figura 32, já se dá o início da inspeção propriamente dita. No cabeçalho é possível visualizar o equipamento escolhido (filtrado) e, também, o número de dormentes aproximados (já que pela característica da malha ferroviária sob concessão da Rumo, a distância média entre centro a centro de dormentes adjacentes é 57 cm –conhecendo a extensão do equipamento, conforme registro pré-existente, se determina o número aproximado a ser prospectado).

No campo inicial é possível selecionar a condição do lastro, elemento o qual não é o foco da prospecção, mas indicando esse item que, em linhas gerais permanece com características semelhantes durante dezenas de metros, é uma informação facilmente recolhida e importante para o processo de priorização.

No segundo campo se determina o tipo de dormente entre os modelos existentes na Rumo. O passo seguinte é para determinar a localização e, com isso, em análises futuras trabalhar na criticidade. Nesse tópico, chamado de Obras de Arte Especiais, se aponta de forma mais específica onde o dormente está.

No penúltimo passo é apontado se o dormente está em uma região de junta ou solda. De modo geral 100% do trilho instalado atualmente em território nacional é importado (última fabricação nacional em escala aconteceu na década de 90), dessa forma, pela restrição dos porões dos navios (logística de transporte), os segmentos de trilhos chegam ao Brasil em barras de 12 e 24 m e, para se formar trilhos longos, são realizados soldas elétricas ou alumino térmicas ou juntas através de talas de ligação. Para todas as situações, são elos frágeis, com isso se faz importante entender as situações dos dormentes que protegem esses pontos.

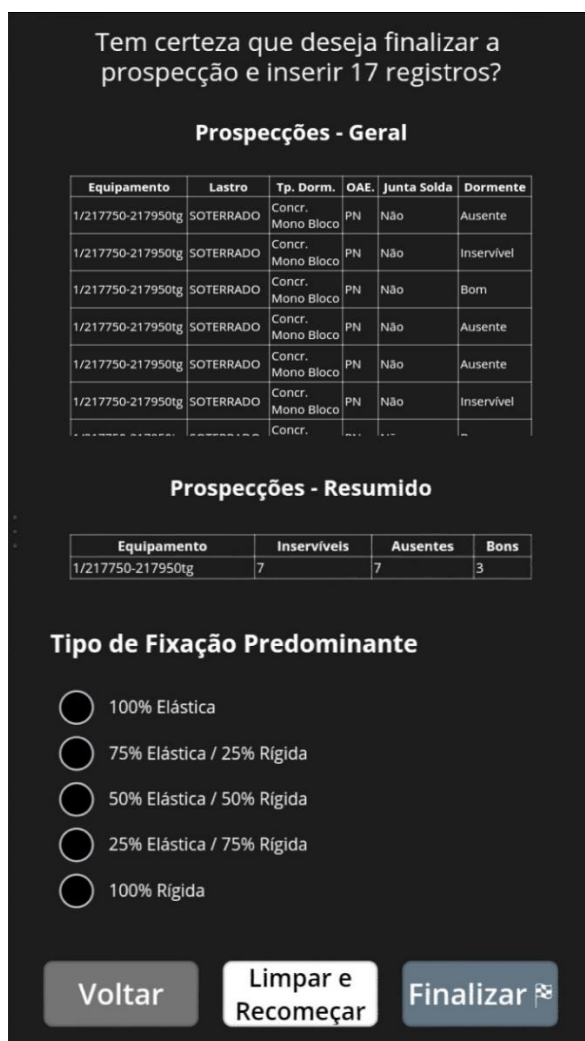
Por último e o cerne do trabalho, é indicado a condição básica do dormente. Apenas 2 estados de exceção são suficientes para alimentar o planejamento e a priorização: ausente e inservível. E, conforme procedimentos internos Rumo, cada situação é caracterizada perfeitamente.

Também foi criado um botão “desfazer”, após testes em campo, para voltar a indicação de qualquer apontamento errado. Pois, acidentalmente, algo pode ser clicado de forma equivocada.

Para a dinâmica de registros, após indicar a condição do lastro, tipo de dormente, OAE, junta/solda, a seleção desses botões se manterá, apenas a condição do dormente se faz necessária apontar a todo momento (a cada dormente inspecionado). Dessa forma, os demais botões são alterados apenas quando a situação geral da região muda – os demais pontos, com exceção do dormente, se alteram em intervalos maiores de extensão.

Após todos os apontamentos do equipamento, se encerra a prospecção daquela região e uma tela com o resumo, figura 33, do que foi informado irá aparecer. Nesta tela, o usuário informa a fixação predominante do equipamento – novamente e, assim como o lastro, não é o foco da prospecção, mas é uma informação extremamente relevante para o processo de priorização no tratamento dos dados.

Figura 33 – Print Screen da tela indicado a finalização.

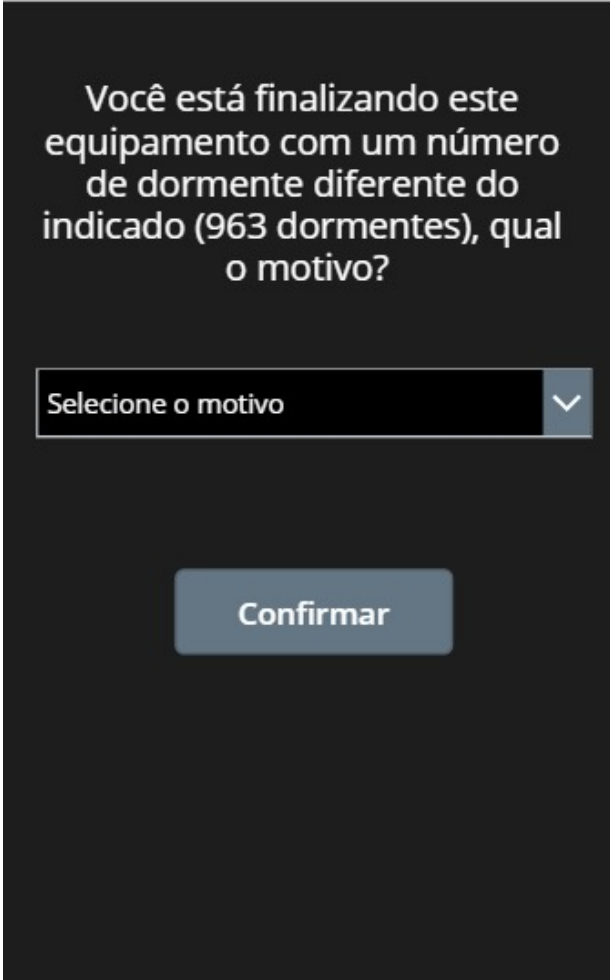


Fonte: Rumo (2019).

Também se destaca a existência de botões para voltar, limpar/recomeçar e finalizar. A tabela resumo serve de alerta e, uma grande vantagem nesse registro é que é indicado linha a linha a condição do dormente, ou seja, é possível identificar ilhas com problemas (diferente do modelo anterior onde se trabalhava por taxas e exceções).

Apontando para a finalização, figura 34, caso o número de dormentes prospectados seja inferior ao total de dormentes estimado do equipamento, o usuário deverá justificar. Os motivos podem ser estimados e mapeados conforme observações e análise em campo: AMV, OAE, Erro no cadastro do equipamento, Finalização parcial do equipamento, divergência no espaçamento padrão e divergência no início/fim do equipamento.

Figura 34 – Print Screen da tela indicado a confirmação.



Você está finalizando este equipamento com um número de dormente diferente do indicado (963 dormentes), qual o motivo?

Selecione o motivo

Confirmar

Fonte: Rumo (2019).

Seguindo para o botão confirmar, os equipamentos em verde indicam que o equipamento foi prospectado e os dados foram enviados (salvos), os equipamentos em amarelo significam que a prospecção foi feita e está salva no aparelho, conforme apontado na figura 35. O usuário deve salvar online para que os dados sejam enviados.

Figura 35 – Print Screen da tela indicado a realização.



Fonte: Rumo (2019).

Após essa etapa, um passo também foi vencido pelo time de criação: a comunicação direta com o sistema de gestão interno da Companhia. A partir disso, pode-se



transmitir de maneira mais rápida e *on time* análises de degradação, alimentar o orçamento e o plano estratégico.

### **5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE**

Na análise de viabilidade não será apresentada a parte financeira, pois é entendido que foi apresentada quando foram discutidas a Análise das Soluções, conforme subitem 5.1.

#### **5.3.1 VIABILIDADE TÉCNICA**

Quanto à viabilidade técnica, nenhuma distinção ou falha na qualidade da prospecção foi detectada, contudo, alguns pontos de atenção foram mapeados:

- erro no envio de dados, resultando em dados duplicados;
- aparelhos celulares sobrecarregados e que não conseguem executar de maneira ideal o aplicativo após o registro de 22 mil dormentes ou 12,5 km de linha prospectada.

Em linhas gerais foram os itens principais que, tecnicamente, apresentaram problemas. Contudo, ações de contorno para mitigação foram executadas.

Para o primeiro caso a falha se dava com os colaboradores com maior dificuldade com utilização de “tecnologia”. Para isso foi desenvolvido um treinamento específico, monitoramento em intervalos curtos pelos analistas afim de checar o envio dos dados (e *feedbacks* recorrentes) e acompanhamento do Especialista para auditar.

Quanto ao envio dos dados, procedimentos (orientações) específicos foram criados para cadenciar o envio de dados, ou seja, de maneira simples, a cada 12 km prospectados, o time executante buscava uma rede mais próxima (*wi-fi*, quando disponível) e realizava o envio. Para regiões onde essencialmente a transferência se dá pelo próprio sinal do celular, 4G ou 3G, a orientação se limitava 10 km.

## 5.2.2 VIABILIDADE OPERACIONAL

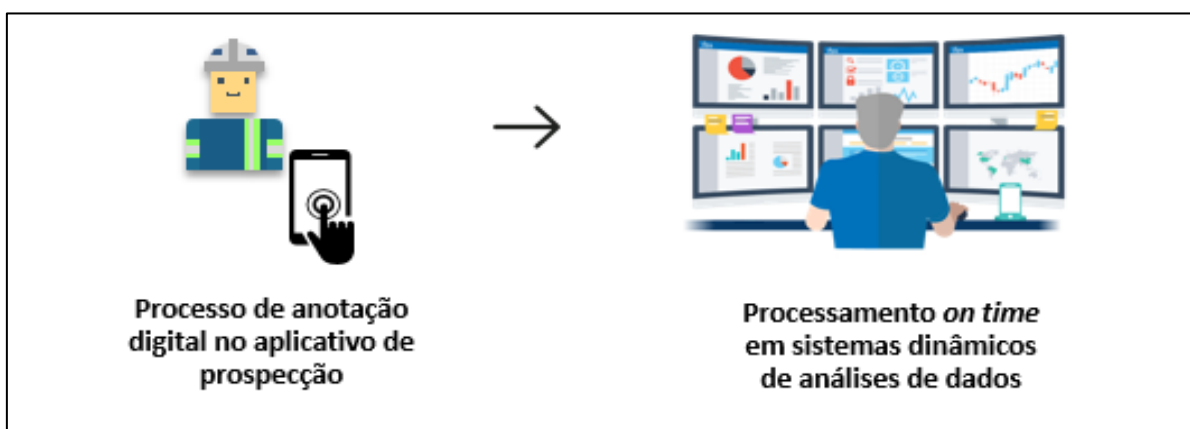
Quanto à comunicação dos sistemas, nenhum problema relevante foi apresentado para inviabilizar a utilização. A compatibilização foi feita pelos próprios Analistas envolvidos no desenvolvimento.

Como citado anteriormente, todos os colaboradores usuários responsáveis pela prospecção possuem já celulares com dados (conforme citado na Proposta de Solução, subitem 5.2). Além disso foram escolhidos *softwares* para o desenvolvimento da ferramenta da coleta de dados que a empresa Rumo já possui licenças de utilização: *Microsoft Sharepoint®*, *SQL Server®* e *power app®*.

A construção do aplicativo não interfere, também, na caracterização do dormente, ou seja, os treinamentos já existentes foram apenas adaptados para apresentar o novo modo de registro.

Vale destacar também a mudança substancial no processo operacional, a figura 36 mostra, de forma esquemática, o ganho no processo. Não existe mais prancheta, papel e caneta, não existe a necessidade de uma área administrativa, não existe a necessidade de conectar em *smart docks* para transmitir as informações e as análises de dados são *on time* e dinâmicas.

Figura 36 – Resumo esquemático do processo de registro através do aplicativo.



Fonte: Grupo de Trabalho (2019).

## 5.2.2 VIABILIDADE ESTRATÉGICA

Na visão do planejamento estratégico e, conseqüentemente, no tocante ao orçamento, o elemento dormente representa a maior fatia, como já exposto. Diante dessa situação o refino da prospecção é uma visão muito poderosa para ajuste ideal do escopo de dormentes a serem adquiridos para substituição.

No modelo anterior a prospecção era trabalhada em ambiente Excel®, mas dado o volume de dados que foi possível medir agora, com a nova solução, foi necessário desenvolver a consolidação dos dados em ambiente Power BI® e, a partir disso, uma série de análises foram possíveis ser conduzidas.

As análises não são o objeto central do trabalho, mas vale destacar, conforme figura 37, o farol de aderência, onde é possível observar, o status de cada trecho e um resumo geral da taxa de dormentes inservíveis – 63,51% dos 6.239 km. Na figura 39, a taxa de inseríveis por corredor e, também, por equipamento; e no caso em questão foi selecionado a Central Norte PR apenas para exemplificar a dinamicidade da ferramenta de análise e o vasto número de filtros, situação essa comum para todas as telas.

A figura 39 apresenta o número de dormentes inservíveis em sequência por equipamento e segmento específico. Entender o número de dormentes podres sequencialmente ajuda a direcionar melhor os recursos. Na figura é possível notar que a prevalência maior, 53,75%, são 2 dormentes em sequência, mas existem situações maiores que 9. Já a figura 40 cruza a situação da taxa de dormentes por corredor com o tipo de dormente e, também, a informação adjacente do lastro.

Ainda se destaca na, figura 41, a facilidade em comparar e estabelecer um parâmetro de comparação ou auditoria, ou seja, trechos selecionados de forma aleatória foram submetidos para varredura de especialistas da engenharia, com isso é possível realimentar treinamentos de alinhamento e identificar desvios no processo de identificação qualitativa.

De modo geral, com 63% de realização, 44.236.766 (44 milhões) de dados foram gerados, já que para cada dormite prospectado (até o momento 6.319.538 – conforme indicado também pela figura 34), 6 outros parâmetros também são apontados no aplicativo e medidos (conforme subitem 5.2). Esse número é 18,87 vezes maior que o medido no sistema anterior (2.344.600 dados), projetando a mesma região prospectada até o momento, caso em 2018 a aderência pelo modelo convencional tivesse alcançado a mesma que o novo modelo (já que a tabela 2 indica que apenas 51% foi prospectado no ano anterior).

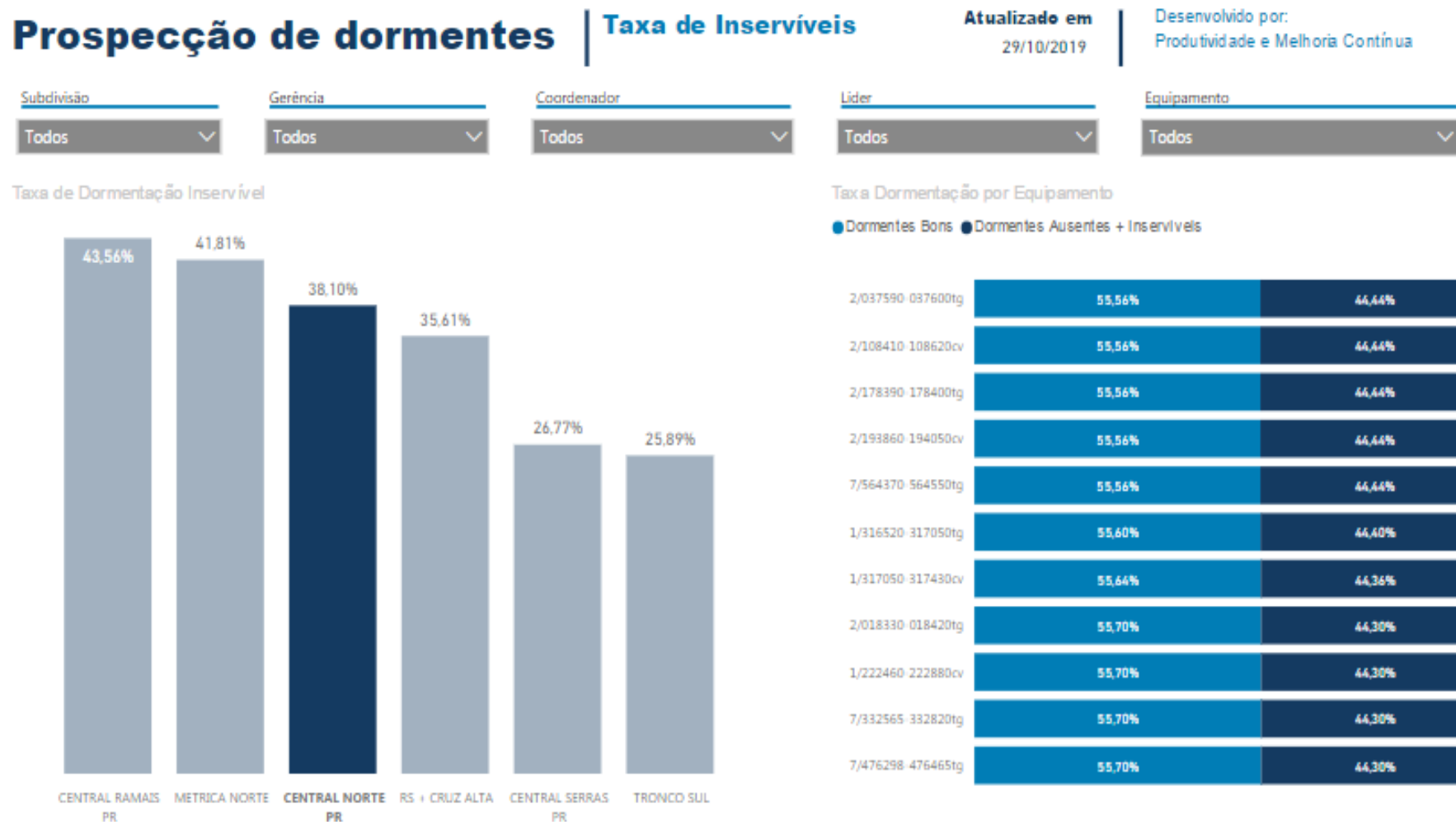
A importância estratégica da captura dos dados é singular, permite alimentar de maneira ainda mais inteligente sistemas de priorização e planejamento, direcionar recursos humanos e financeiros. O número de análises e visões é gigantesco e apenas alguns casos foram exemplificados.

Figura 37 – Print Screen da tela indicado o farol de aderência acumulado e resumo dos dados.



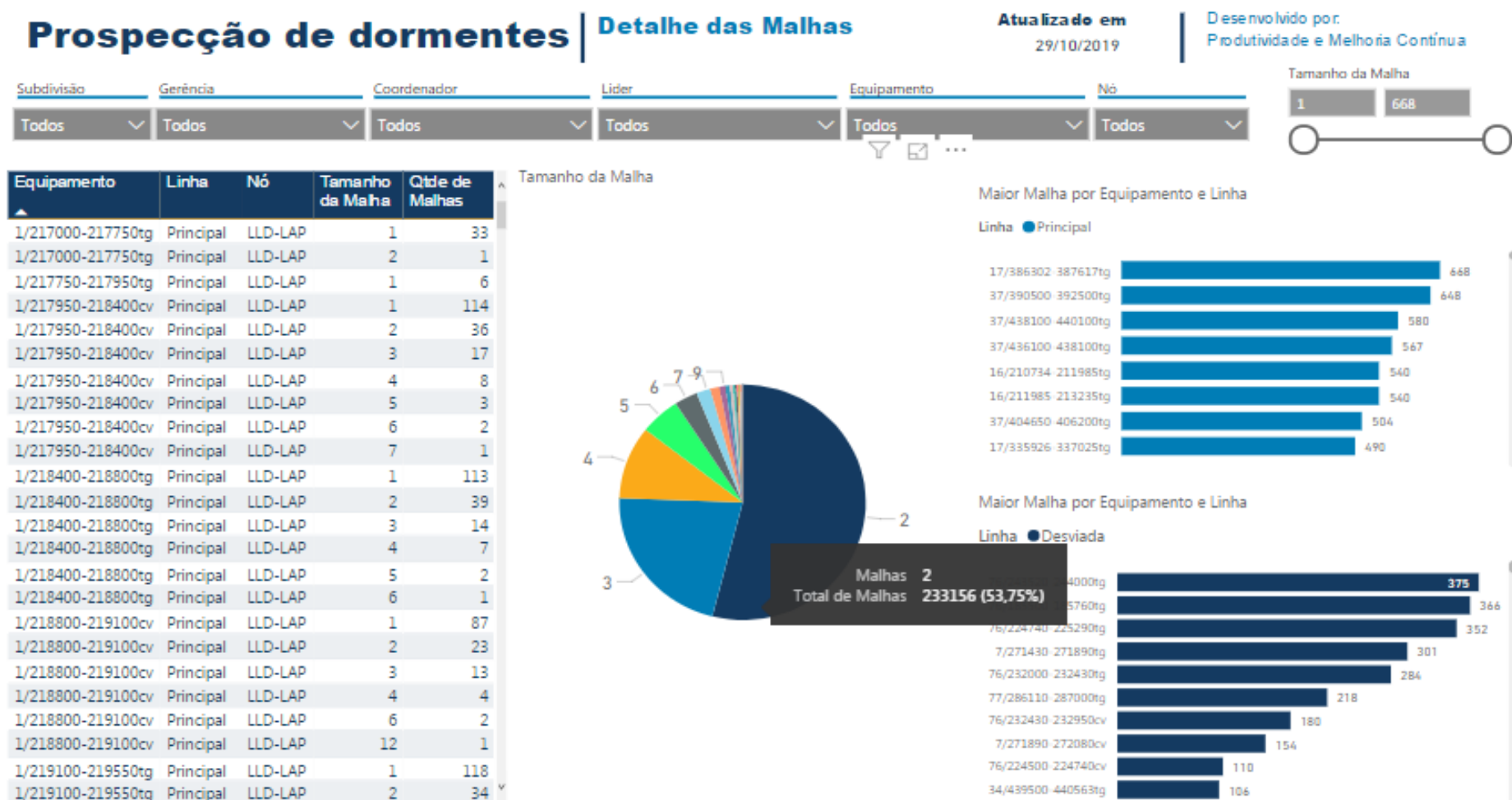
Fonte: Rumo (2019).

Figura 38 – Print Screen da tela indicado o detalhe por corredor e equipamento.



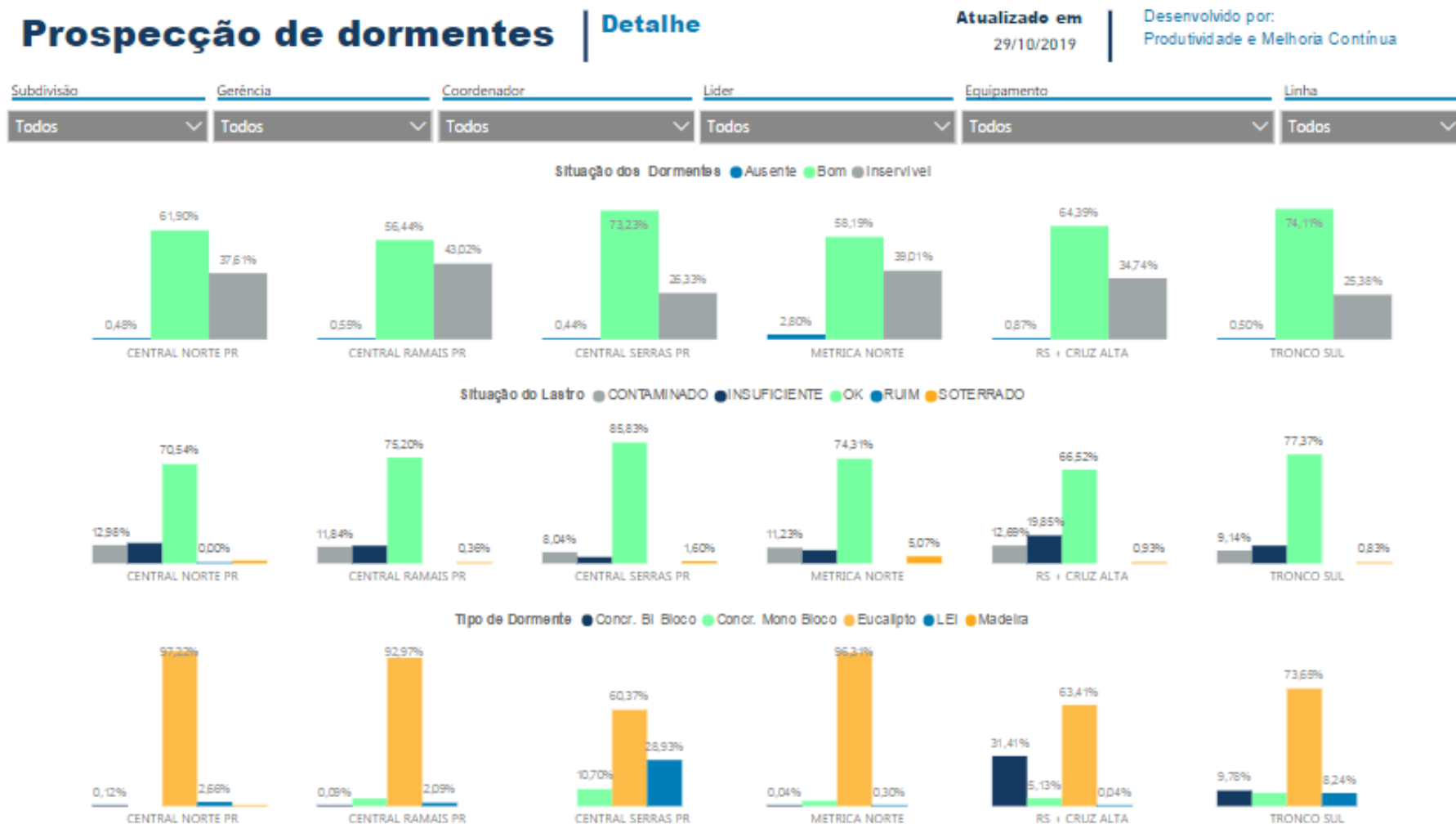
Fonte: Rumo (2019).

Figura 39 – Print Screen da tela indicado o número de dormentes inservíveis em sequência por equipamento.



Fonte: Rumo (2019).

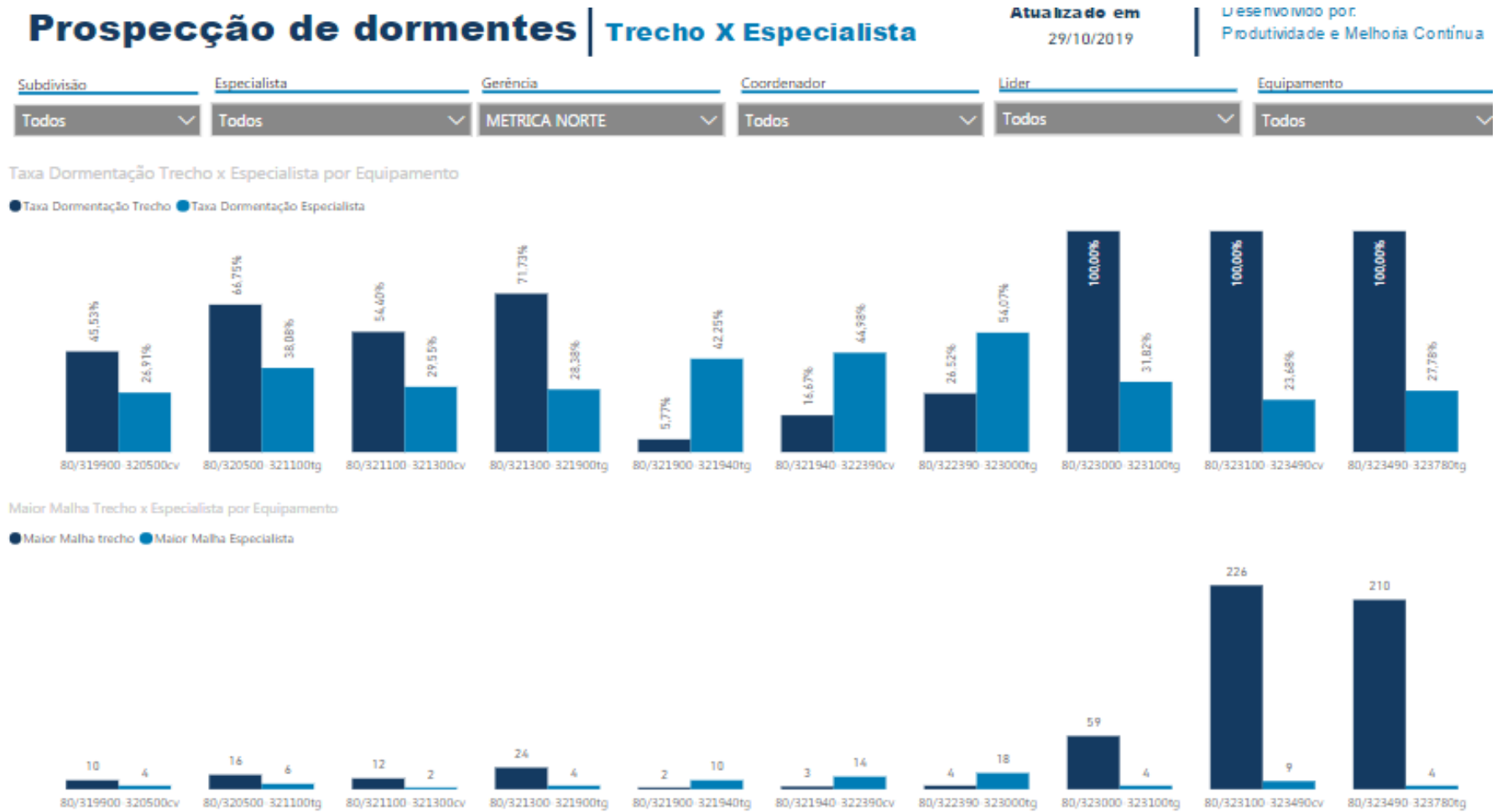
Figura 40 – Print Screen da tela indicado a situações dos dormentes e lastro por corredor.



Fonte: Rumo (2019).



Figura 41 – Print Screen da tela indicado a comparação entre o encontrado na prospecção e a auditoria do especialista – quanto menor entre os valores, melhor.

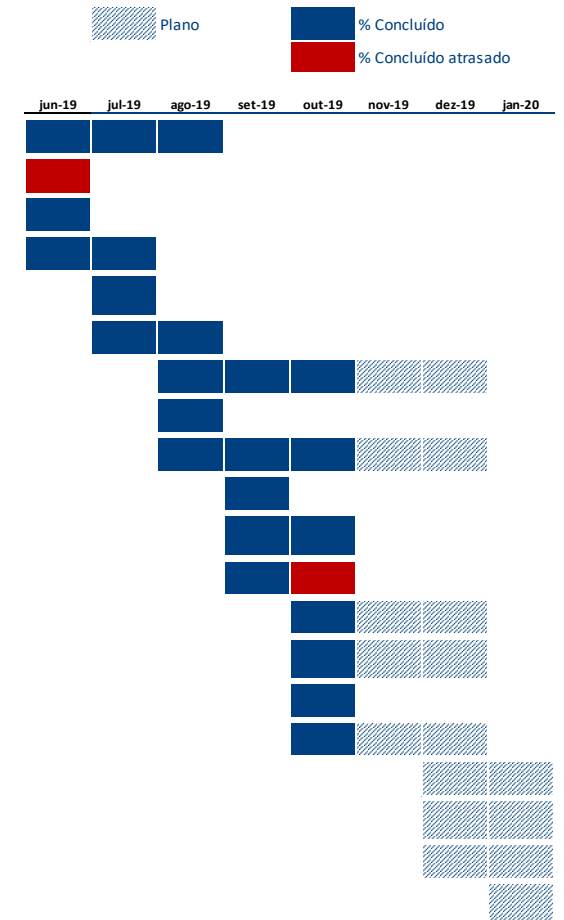


Fonte: Rumo (2019).

## 5.4 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO

Última Atualização (dia): 29/10/2019

CONFEÇÃO DO PROJETO APLICATIVO DE PROSPECÇÃO DE DORMENTES FERROVIÁRIOS										
								Data início	20/06/2019	
	DURAÇÃO	REAL DURAÇÃO	% PLANO	% REAL	INÍCIO	REAL DATA INÍCIO	TÉRMINO	REAL DATA TÉRMINO	STATUS	
<b>1</b>	<b>Planejamento</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	18/06/2019	20/06/2019	07/08/2019	02/08/2019	Concluído	
1.1	Levantamento do problema	4	5	100%	100%	18/06/2019	20/06/2019	22/06/2019	25/06/2019	Concluído
1.2	Benchmarking	32	32	100%	100%	28/06/2018	28/06/2018	30/07/2018	30/07/2018	Concluído
1.3	Realidade atual e identificação do problema	7	7	100%	100%	28/06/2019	28/06/2019	05/07/2019	05/07/2019	Concluído
1.4	Análise do fenômeno, identificação dos processos e riscos	10	8	100%	100%	09/07/2019	09/07/2019	19/07/2019	17/07/2019	Concluído
1.5	Principais ações	15	15	100%	100%	23/07/2019	18/07/2019	07/08/2019	02/08/2019	Concluído
<b>2</b>	<b>Execução</b>		<b>94%</b>	<b>93%</b>	08/08/2019	03/08/2019	06/12/2019	Aguardando	Em andamento	
2.1	Proposta de solução	30	25	100%	100%	08/08/2019	03/08/2019	07/09/2019	28/08/2019	Concluído
2.2	Coleta dos dados	90		68%	63%	07/09/2019	28/08/2019	06/12/2019		Em andamento
2.3	Análise de viabilidade técnica	4	4	100%	100%	24/09/2019	24/09/2019	28/09/2019	28/09/2019	Concluído
2.4	Análise de viabilidade operacional	4	4	100%	100%	28/09/2019	28/09/2019	02/10/2019	02/10/2019	Concluído
2.5	Análise de viabilidade estratégica	35	45	100%	100%	03/09/2019	03/09/2019	08/10/2019	18/10/2019	Concluído
<b>3</b>	<b>Avaliação</b>		<b>56%</b>	<b>64%</b>	08/10/2019	19/10/2019	20/12/2019	Aguardando	Em andamento	
3.1	Comparação do volume e qualidade dos dados	59		37%	63%	08/10/2019	19/10/2019	06/12/2019		Em andamento
3.2	Avaliação qualitativa dos dados	15	15	100%	100%	10/10/2019	10/10/2019	25/10/2019	25/10/2019	Concluído
3.3	Correção das anomalias	73		30%	30%	08/10/2019	19/10/2019	20/12/2019		Concluído
<b>4</b>	<b>Padronização</b>		<b>0%</b>	<b>0%</b>	20/12/2019	Aguardando	06/01/2020	Aguardando		
4.1	Homologação junto a Engenharia da ferramenta	17		0%	100%	20/12/2019	19/10/2019	06/01/2020		
4.2	Criação de padrão para nova prospecção	17		0%	100%	20/12/2019	20/12/2019	06/01/2020		
4.3	Análise para ganho de capacidade de memória da ferramenta	11		0%	50%	07/01/2020	19/10/2019	18/01/2020		



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O aplicativo de prospecção de dormentes surge da necessidade da utilização de um sistema para coletar dados com localização, precisão, em grande volume e com a transferência *on-line* das informações. Há anos a prospecção se faz necessária e é executada em formulários padronizados com preenchimento manual e com a principal finalidade de levantamento de informações de depreciação e alimentar as áreas de planejamento estratégico e manutenção.

As oportunidades de negócios de uma indústria 4.0 (era dos sistemas, internet e automação) e já em transição à 5.0, desafia a construção de um aplicativo que pode facilmente ser incorporado no dia a dia para se tornar mais eficiente a execução da atividade, o controle de dados, processos e gerir melhor o tempo, de forma simples, linguagem facilitada e com um recurso de transmissão de dados *on-line* importante para o processo.

A melhora da comunicação e a qualidade da coleta dos dados – dados mais confiáveis, torna um processo dinâmico, com fácil ação e reação, um sistema sem desperdícios do tempo, trazendo uma alta produtividade das pessoas, ganhos significativos em qualidade e processo produtivo, além de ser um investimento baixo para o porte do setor.

Os recursos envolvidos no projeto podem facilmente ser convertidos em um melhor e eficiente plano de manutenção e conseqüentemente retornos incalculáveis quando se fala de segurança ferroviária e a inibição de ocorrências (acidentes), além do correto direcionamento dos investimentos na construção do plano de manutenção e retorno financeiro desejado pela organização (além de superar gargalos antes presentes na rotina das atividades anteriores).

A otimização da manutenção dos ativos ferroviários é essencial para que a rede ferroviária funcione com segurança, confiabilidade e lucratividade. Ter informações precisas sobre os ativos ferroviários é crucial inclusive para criar um ambiente que favoreça as decisões de manutenção preventiva.

Criar um ambiente de dados comum que ajude a tomar decisões sobre manutenção ferroviária permite o gerenciamento proativo dos ativos ferroviários. As limitações orçamentárias, de recursos e de acesso podem ser consultadas visualmente, juntamente com a deterioração esperada do ativo e o impacto que uma falha teria no sistema como um todo. Isso melhora a eficiência do planejamento de tarefas de manutenção.

A solução de manutenção preventiva combina dados de ativos ferroviários atuais e históricos, que são apresentados em gráficos de monitoramento linear e temático.

É importante seguir a ampliação do aplicativo, adaptando-o aos novos trechos da organização, capacitando-o para interpretar os diferentes tipos de bitolas, ampliando os itens relevantes a serem prospectados além de eficiente interface capaz de trazer ao usuário final uma análise ampla, fazendo o uso de inteligência artificial, criando assim condições apropriadas e eficazes, produtivos e com bons resultados as organizações.

Os resultados preliminares surpreendem e consolidam o aplicativo. O volume de informação, com 63% de cobertura, já sinaliza 18,87 vezes mais dados que o método anterior, ou seja, de 2.344.600 (dois milhões e trezentos e quarenta e quatro mil) para 44.236.766 (quarenta e quatro milhões e duzentos e trinta e seis mil). Toda a comparação é feita para a mesma base.

A limitação fica por conta da área de cobertura de comunicação de dados disponíveis, pode-se ampliar o estudo com a utilização de outras tecnologias como, por exemplo, a comunicação via satélite – mais ampla, porém de custo elevado.

O hardware também é uma oportunidade de melhoria. Foi utilizado um modelo padrão *smartphone*, sem cartões de memória e sem grandes velocidades de processamento.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NRB 16387:2016. Via Férrea – Classificação de Vias (Norma Nacional). Disponível: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=354990> [capturado em 25 de ago. 2019]

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Concessões Ferroviárias. Disponível: [http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Concessoes\\_Ferrovias.html](http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Concessoes_Ferrovias.html) [capturado em 15 set. 2019].

BRINA, Helvécio Lapertosa. Estradas de Ferro I. 258p.: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., ISBN 85-216-0011-9, Rio de Janeiro, 1979.

CASTELLO BRANCO, J. E. S., FERREIRA, R. Tratado de Estradas de Ferro vol. II – Prevenção e Investigação de Descarrilamentos. 534 p.: il.: 21 cm, Editora Reflexus Estúdio de Produção Gráfica, ISBN 85-901545-2-1, Rio de Janeiro, 2002.

COSTA, M. V. Caminhos investigativos: novos olhares na pesquisa em educação. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

ESVELD, C. Computer-aided maintenance and renewal of Track. Rail International, June 1990, 24-30p.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. Projetos de pesquisa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

INDRARATINA, B. SALIM, W.; RUJIKIATKAMJORN, C. Advanced rail geotechnology ballasted. London, UK: Taylor & Francis Group, 2011.

LIMA, H. A. D. Procedimento para Seleção de Método para Manutenção da Geometria da Superestrutura Ferroviária. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, 1998.

ÓRBITA ENGENHARIA. Solução para Prospecção de Via Permanente. Proposta técnica e comercial, 2018.

PAIVA, C.E.L. Super e Infraestrutura de Ferrovias – Critério para Projetos. Elsevier, Rio de Janeiro, 313,2016, 313p.

RAIL POD. Comprehensive Track Data for Safer Railroads. Disponível: <https://rail-pod.com/> [capturado em 03 de out. 2019].

RODRIGUES, C. A. Análise de Registros do Carro-Controle PV-6 Diagnósticos sobre a qualidade da via. Programa para Capacitação em Análise de Registros do Carro-Controle PV6: Ênfase Segurança e Economicidade – FCA/Technicontrol, Rio de Janeiro, 2005.

RODRIGUES, C. A. Contribuição ao Planejamento da Manutenção Preditiva da Superestrutura Ferroviária. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico Engenharia. Disponível para consultas internas. ENG-ETS-D003 01 00 - Caracterização de Dormentes Inservíveis (“Clusters”) [capturado em 23 de set. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico Engenharia. Disponível para consultas internas. ENG-ETS-E003 01 00 - Limites Geométricos de Segurança da Superestrutura [capturado em 23 de set. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico Engenharia. Disponível para consultas internas. ENG-ETS-E007 03 00 - Valores de Superelevação para Curvas [capturado em 23 de set. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico Engenharia. Disponível para consultas internas. ENG-ETS-T004 01 00 - Remodelação de perfis de trilhos [capturado em 23 de set. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico. Fusão ALL e COSAN. Disponível para consultas internas [capturado em 23 de set. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico. Painel de Prospecção de Dormentes 2019. Disponível:

<https://pbirs.rumolog.com/PBIRS/powerbi/PCM/Prospec%C3%A7%C3%A3o%20Dormente> [capturado em 29 de out. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico. Painel de Segurança e Riscos Operacionais. Disponível:

<https://pbirs.rumolog.com/PBIRS/powerbi/Seguran%C3%A7a%20e%20Riscos%20Operacionais%20-%20SRO/Painel%20Seguran%C3%A7a%20e%20Riscos%20Operacionais>  
[capturado em 29 de out. 2019].

RUMO LOGÍSTICA S.A. Acervo Técnico. PMU Serviços e Manutenção de Via Permanente. Disponível: <https://pbirs.rumolog.com/PBIRS/powerbi/PCM/PMU>  
[capturado em 23 de set. 2019].

SCHRAMM, Gerhard. Técnica e Economia na Via Permanente. Tradução por Rudy A. Volkmann, 1977, 297p.

SELIG, E. T., WATERS, J. M. Track Geotechnology and Substructures Management. Thomas Telford Services Ltd., Londres, 1994, 446p.

TRIVINOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987

## GLOSSÁRIO

**Acelerômetros** - são aparelhos instalados nos veículos que medem as acelerações verticais, transversais e longitudinais em relação à via e fornecem informações como índice de conforto e índice de segurança operacional (RODRIGUES, 2005, p.8)

**Acessórios de Fixação** - São elementos necessários à fixação do trilho no dormente ou na placa de apoio no trilho, podendo ser rígidos ou elásticos.

**Acessórios Metálicos** - São os elementos que auxiliam a fixação dos trilhos nos dormentes, permitindo-lhes maior segurança para sustentar as cargas distribuídas.

**Açúcar Very High Polarization (VHP)** – “é menos úmido, utilizado como matéria-prima para outros processos e destinado ao refino devido a sua alta polarização.” (www.clealco.com.br – Produtos Clealco).

**Alma** – é a parte estreita e vertical da secção transversal do trilho, compreendida entre o boleto e o patim.

**Aparelhos de mudança de via** - é o equipamento usado para permitir ao material rodante transitar de uma linha para outra, assegurando a ininterruptão da via.

**Bandeira** – separação ou classificação para um determinado problema de via permanente.

**Benchmarking** – busca das melhores práticas.

**Bitola** – um dos parâmetros que definem a geometria da via, é a distância entre as faces internas dos trilhos que compõem uma via, medida a alguns milímetros (entre 12 mm e 16 mm) abaixo do plano de rodagem.

**Boleto** – é a parte superior do trilho, em que se apoiam e se deslocam as rodas dos veículos ferroviários.

**Check list** – lista de atividades a serem executadas, no presente trabalho, refere-se à lista no papel.

**Check visual** – verificação feita visualmente

**Conjunto de Fixação** – vide Fixação.



**Defeito geométrico** – existência de desvio entre os valores característicos do projeto e os valores medidos na via.

**Desguarnecimento** - limpeza manual e mecânica do lastro.

**Dormentes** - são os elementos da superestrutura ferroviária que constituem a superfície de apoio para os trilhos.

**Empeno** - Considerando quatro pontos sobre a superfície de rolamento dos trilhos, dois em cada trilho, formando um retângulo ABCD, define-se como empeno (ou torção) a distância vertical (y) dos pontos (B') ou (D') ao plano formado pelo retângulo ABCD.

**Fixação** – constituída de elementos fixados ao trilho que auxiliam na estabilidade da via férrea.

**Geometria da via** – “Numa visão objetiva, a geometria da linha férrea é a posição que cada fila do trilho ocupa no espaço.” (MAGALHÃES, 2007).

**Grampos elásticos** - consistem em grampos fabricados com aço de mola, temperado e revestido.

**Grampos elásticos deenik** – tipo específico de fixação entre trilho e dormente com alta capacidade de retensoramento anti-vandalismo.

**Grampos elásticos pandrol** – tipo específico de fixação entre trilho e dormente com alta capacidade de retensoramento.

**Hardware** – equipamento.

**Infraestrutura** – vide Subestrutura.

**Lastro** - é a camada de material granular de diversas origens, no qual se apoiam e se encaixam os dormentes da via férrea.

**Machine learning** – aprendizado automático ou aprendizado computacional em inteligência artificial.

**Maciço subjacente** - região inferior ao lastro (vide sublastro e subleito).

**Material rodante** – locomotivas e vagões.

**Nivelamento Longitudinal** – um dos parâmetros que definem a geometria da via, é um indicador de desempenho.

**Nivelamento Transversal** – um dos parâmetros que definem a geometria da via, é um indicador de desempenho.

**On-line** – no contexto deste trabalho quer dizer “em tempo real”.

**Parâmetros da geometria da via** – são parâmetros mensuráveis: Bitola, Nivelamento Longitudinal e Transversal, Alinhamento, Empeno e Superelevação.

**Passagens de nível** – cruzamento entre ferrovia e estrada/rua (etc).

**Patim** – é a parte mais larga do trilho. É apoiada e fixada diretamente no dormente, ou indiretamente, por intermédio da placa de apoio.

**Placas de apoio** - são chapas de aço, com os furos necessários à fixação nos dormentes e com perfil e rasgos para se fixarem sob o trilho.

**Plano de Rodagem** - plano constituído pela face superior dos trilhos.

**Prego de linha** - prego de linha é o tipo mais comum de fixação de trilhos, geralmente de secção retangular, terminando em cunha e cravado a gol-pes de marreta.

**Print Screen** – captura de tela.

**Qualidade geométrica (de via permanente)** – nível de qualidade medido de acordo com os níveis de desempenho da geometria da via.

**Rail Pod** - equipamento que se desloca sobre os trilhos coletando dados para prospecção utilizando imagens e ondas.

**Rodeiros instrumentados** – são aparelhos que registram os esforços dinâmicos (lateral e vertical) no contato roda-trilho e as suas relações, por intermédio de sensores instalados em pontos estratégicos das rodas dos veículos.

**Smartphone** – é um celular que combina recursos de computadores pessoais.

**Softwares** – programas computadorizados (sistemas).

**Stakeholder** – área ou indivíduo envolvidos em um projeto ou atividade.

**Subestrutura** – é a parte da via férrea composta pela plataforma e pelo subleito.

**Sublastro** – “é um material que é aplicado entre o lastro e o resultado final do terrapleno, seu objetivo principal é manter a estabilidade da via, evitar que o lastro adentre no solo terraplenado e evitar a contaminação do lastro por materiais oriundo do leito.” (www.brasilferroviário.com.br).

**Subleito** – “é o terreno de fundação preparado para receber a estrada de ferro (...) que na maioria das vezes exerce o papel de fundação direta, é uma camada bastante exigida pela transmissão de esforços da estrada de ferro ao solo.” (www.brasilferroviário.com.br).

**Superelevação** – “é a maior altura do trilho externo em relação ao interno com a finalidade de equilibrar o efeito da força centrífuga que tende a jogar o material rodante para o lado de fora da curva.” (BRINA (1979, 125) e CASTELLO BRANCO et al. (2002, p.21)).

**Superestrutura** – conjunto de quatro elementos heterogêneos que constituem a via férrea e se interagem para suprir as condições adequadas de suporte, pista de rolamento e guia para o material rodante que por ela trafega. É constituída pelos trilhos, dormentes, fixações (acessórios metálicos) e lastro.

**Tirefond** - espécie de parafuso de “rosca”, em cuja cabeça se pode adaptar uma chave especial ou um cabeçote de máquina, por meio da qual se aparafusa o tirefond na madeira.

**Via Permanente** - é composta pela subestrutura (infraestrutura), plataforma e o maciço subjacente, e pela superestrutura viária.