

**FUNDAÇÃO DOM CABRAL**

**LOGÍSTICA E ESTRATÉGIA: PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE  
GESTÃO DA MANUTENÇÃO COMO ALAVANCA PARA REDUÇÃO  
DE RISCOS DO NEGÓCIO NA MANUTENÇÃO DE MATERIAIS  
RODANTES DA EFC**

**Alexandre Figueiredo  
Denis Falkembach  
Flávio Nascimento  
João Paulo Soares Carvalho  
Oberdam Pereira  
Ricardo Farias dos Santos Barros  
Rogério Venturin**

**Vitória - ES**

**2021**

**LOGÍSTICA E ESTRATÉGIA: PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE  
GESTÃO DA MANUTENÇÃO COMO ALAVANCA PARA REDUÇÃO  
DE RISCOS DO NEGÓCIO NA MANUTENÇÃO DE MATERIAIS  
RODANTES DA EFC**

**Alexandre Figueiredo  
Denis Falkembach  
Flávio B. do Nascimento  
João Paulo Soares Carvalho  
Oberdam Pereira  
Ricardo Farias dos Santos Barros  
Rogério Venturin**

**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.**

**Vitória - ES**

**2021**

## DEDICATÓRIA

### **Dedicamos este Projeto**

A nossa família...

À nossas empresas LATAM Airlines Group S.A., Rumo Logística S/A, Vale S.A. e VLI Multimodal S.A., pela oportunidade de aprender e crescer como pessoa e profissionalmente...

Aos educadores, pelos ensinamentos que ampliam nosso saber...

## **AGRADECIMENTOS**

Ao nosso orientador, pela dedicação e apoio no dia a dia do Projeto.

A meus colegas, que tornaram possível a realização deste Projeto.

Agradecemos especialmente às nossas famílias que nos acompanharam e apoiaram ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este Projeto.

## **EPÍGRAFE**

“A existência é um contrato de riscos”

*Augusto Cury*

## RESUMO

O modal ferroviário é de extrema importância para a funcionalidade dos setores industriais e do comércio nacional. Concomitantemente, pode ser considerado como um braço logístico impulsionador da economia em constante crescimento. É visto que o transporte ferroviário, quando comparado com o setor rodoviário, transmite maior segurança em relação ao transporte de cargas, onde apresenta uma infraestrutura capaz de prosseguir o desenvolvimento deste âmbito. Desta forma, a frota de ativos em circulação e os demais fatores relacionados com a manutenção e disponibilidade de transporte da malha ferroviária vem se desdobrando ao longo dos anos. Para que o processo logístico seja realizado com eficácia, é necessário que ele seja bem implementado e que possua soluções para bons resultados no decorrer de seu procedimento, para que não ocorram falhas. Logo, é fulcral que a pesquisa e o desenvolvimento científico sejam constantes no setor, promovendo a sua eficiência, a redução de sinistros e a otimização das movimentações de carga. O objetivo geral da pesquisa foi implantar procedimentos normativos de manutenção, tendo como referência melhores práticas globais de gestão de risco do negócio e desempenho de ativos. A pesquisa foi desenvolvida a partir da metodologia de estudo de caso, em abordagem quali-quantitativa, utilizando de visitas técnicas, análise de documentos e desenvolvimento de entrevistas para a aquisição de dados. No quesito da segurança, nota-se que os principais sinistros de trabalho são referentes ao descarrilhamento, seguido do atropelamento; e que os estados de Minas Gerais e São Paulo se destacam quanto ao número destas ocorrências, além de desastres como os de Mariana-MG e dos problemas técnicos relacionados a trechos (como a estrada de ferro Carajás). Como proposta aos problemas identificados, descreveu-se o sistema Vale de Produção, com um foco especial nos gestores e no papel da liderança na manutenção da qualidade e do alinhamento entre todos os procedimentos da estrutura organizacional. Dois outros pontos são fortemente vinculados e estão relacionados com o desenvolvimento e melhoria continuada de procedimentos normativos e a gestão interna de riscos. Logo, conclui-se que a normatização e implantação dos processos técnicos das rotinas de manutenção e operação através do modelo de gestão da Vale e dos PNR's, de forma sustentável vem aumentando a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos

ativos, gerenciando os custos, mitigando e reduzindo os riscos através das pessoas. Sendo assim, esses processos normativos de implementação ainda colaboram de forma sistemática para resultados otimizados no âmbito de material rodante, que é oriundo deste projeto. Deste modo, notou-se ainda que a procura por processos que previnem e evitem sinistros e incidentes deve ser um fator de suma importância dentro deste meio.

**Palavras-chave:** Ferrovia. Gestão. Logística. PNR. Segurança.

## ABSTRACT

The railroad modal is extremely important for the functionality of the industrial sectors and national trade. At the same time, it can be considered as a logistical arm that drives the economy in constant growth. It is seen that rail transport, when compared with the road sector, transmits greater security in relation to cargo transport, where it presents an infrastructure capable of continuing the development of this area. In this way, the fleet of machines in circulation and the other factors related to the maintenance and availability of transportation of the railway network has been unfolding over the years. For the logistical process to be carried out effectively, it is necessary that it is well implemented and that it has solutions for good results during its procedure, so that failures do not occur. Therefore, it is crucial that research and scientific development is constant in the sector, promoting its efficiency, reducing accidents and optimizing cargo movements. The general objective of the research was to implement normative maintenance procedures, having as reference the best global practices of business risk management and asset performance. The research was developed from the case study methodology, in a qualitative and quantitative approach, using technical visits, document analysis and development of interviews for data acquisition. In terms of safety, it is noted that the main accidents at work are related to derailment, followed by being run over; and that the states of Minas Gerais and São Paulo stand out in terms of the number of these occurrences, in addition to disasters such as those in Mariana-MG and technical problems related to stretches (such as the Carajás Railway). As a proposal to the identified problems, the Vale Production System was described, with a special focus on managers and the role of leadership in maintaining quality and alignment between all the procedures of the organizational structure. Two other points are strongly linked and are related to the development and continuous improvement of normative procedures and internal risk management. Therefore, it is concluded that the standardization and implementation of the technical processes of the maintenance and operation routines through the Vale and PNR's management model, in a sustainable way has been increasing the availability, reliability and productivity of the assets, managing the costs, mitigating and reducing risks through people. Therefore, these normative implementation processes still collaborate systematically for optimized results in the



scope of rolling stock, which comes from this project. Thus, it was also noted that the search for processes that prevent and prevent accidents and incidents must be a factor of paramount importance within this medium.

**Keywords:** Railroad. Management. Logistics. PNR. Safety.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do transporte ferroviário(em Bilhões de TKU) .....	17
Figura 2 - Índice de Sinistros Ferroviários .....	17
Figura 3 - Princípios da Gestão de Riscos .....	23
Figura 4 - Evolução da malha ferroviária brasileira no período entre 1854 a 2018.....	33
Figura 5 - Mapa ferroviário brasileiro.....	33
Figura 6 - Sinistros Ferroviários por tipo e número de trens - 2007 a 2019 .....	36
Figura 7 - Mortos e feridos em sinistros ferroviários de 2007 a 2019 .....	37
Figura 8 - Sinistros com Mortes por UF - 2007 a 2019 .....	38
Figura 9 - Óbitos por Concessionário de Ferrovia de 2007 a 2019 .....	39
Figura 10 - Número de sinistros .....	40
Figura 11 - Dados de Trem.Km por Concessionária - 2007 a 2018 .....	41
Figura 12 - Valores acumulados por ano, de Trem.Km por Concessionária - 2007 a 2018).....	42
Figura 13 - Óbitos por Concessionária por "Trem.Km" - 2007 a 2018 .....	43
Figura 14 - Óbitos por Concessionária por "Trem.Km" - 2007 a 2018 .....	44
Figura 15 - Feridos em Sinistros Ferroviários por UF - 2007 a 2019 .....	45
Figura 16 - Feridos Por Concessionária e Natureza - 2007 a 2018.....	46
Figura 17 - Feridos por Concessionária, por Trem.Km – 2007 a 2018 .....	47
Figura 18 - Feridos por Ferrovia Trem.Km - 2007 a 2018.....	48
Figura 19 - Quantidade de trens envolvidos em sinistros por natureza - 2007 a 2018 .	49
Figura 20 - Total de sinistros por concessionária e natureza - 2007 a 2018.....	50
Figura 21- Índice de sinistros ferroviários (por milhões de trens x km) – 2006 a 2018 .	51
Figura 22 - Mortos e feridos por natureza dos sinistros - 2007 a 2018 .....	52
Figura 23 - Sinistros, fatores relacionados à via .....	56
Figura 24 - Distrito de Bento Rodrigues após o desastre de Mariana .....	58
Figura 25 - Barragem antes do rompimento; à direita, a barragem após o incidente ..	59
Figura 26 - Caminho do rejeito após evento .....	60
Figura 27 - Layout da Ferrovia Estrada de Ferro Carajás.....	61
Figura 28 - Composição do material rodante na logística ferroviária EFC .....	61
Figura 29 – Componentes de Rodeiros .....	61
Figura 30 – Componentes de Rodeiros .....	61
Figura 31 – Afastamento de Flange .....	61
Figura 32 – Rodeiros montados sob truque ferroviário .....	61
Figura 33 – Esquemático de rodeiro no truque .....	61
Figura 34 – Histórico de ocorrências ferroviárias.....	61
Figura 35 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016.....	69
Figura 36 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2017 .....	70
Figura 37 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2018 .....	703
Figura 38 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2019 .....	704
Figura 39 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2020 .....	705
Figura 40 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016 a 2020, com causas apuradas diretamente relacionadas a materiais rodantes.....	746
Figura 41 - As três dimensões do VPS .....	77
Figura 42 - Ciclo Organizacional. ....	78
Figura 43 - Gestão de Processos.....	81

Figura 44 - Hierarquia de notificação do Escalation Notice. ....	90
Figura 45 - Descarrilamento Ferroviário.....	91
Figura 46 - Adernamento Ferroviário.....	92
Figura 47 - Adernamento Ferroviário.....	92
Figura 48 - Medidores de Perfil de rodas Way Side EFC. ....	95
Figura 49 - Medidores de Impacto Way Side EFC.....	95
Figura 50 - Medidores de Acusticos Way Side EFC.....	95
Figura 51 - Medidores de Alarmes. ....	97
Figura 52 - Saúde de frota de rodeiros.....	98
Figura 53 - Pareto por tipo de Alarme.....	98
Figura 54 - Monitoramento diário de alarmes. ....	98
Figura 55 - Escalation Notice de Rodeiros.....	99
Figura 56 - Cronograma de Implantação.....	100
Figura 57 - Quilometragem Média entre falhas.....	102
Figura 58 - Número de falhas relacionadas a rodeiro.....	102

## LISTA DE TABELAS/GRÁFICOS

Tabela 1 – Frota total de locomotivas em operação (janeiro 2016 a janeiro 2017).....	34
Tabela 2 - Transporte urbano sobre trilhos.....	35
Tabela 3 - Resultado das consolidações de parâmetros para elaboração dos IPP. ....	54
Tabela 4 - Material rodante EFC.....	67
Tabela 5 - Principais Indicadores.....	85
Tabela 6 - Tabela de severidade x Escala de probabilidade para riscos em geral. ....	89
Tabela 7 - Matriz de classificação da prioridade de ativos.....	90
Tabela 8 - Variáveis de monitoramento dos rodeiros.....	94

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AAR – Association of American Railroads

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

HBD - Hotbox Detector

MKBF - Mean Kilometer Between Failure:

MPT – Ministério Público do Trabalho

NFN - Norma de Função de Negócio

PNR - Padrão Normativo

ISO - International Organization for Standardization

EPI – Equipamento de proteção individual

EFC – Estrada de Ferro Carajás

VPS – Vale Production System

IC – Indicador de controle

IV – Indicador de verificação

WPM - Whell Profile Monitor

WCM2 - Whell Conditional Monitor

## SUMÁRIO

1 RESUMO EXECUTIVO .....	16
1.1 Problema de Pesquisa .....	17
1.2 Apresentação das Empresas.....	18
1.3 Justificativa da escolha do problema a ser trabalhado e a relevância do projeto para a Organização.....	19
1.4 Objetivos .....	20
1.4.1 Objetivo geral.....	20
1.4.2 Objetivo específico.....	20
1.5 Breve apresentação dos capítulos do Projeto .....	20
2 BASES CONCEITUAIS .....	22
2.1 Gestão de Riscos .....	22
2.2 O Perfil dos Sinistros de Trabalho no Brasil .....	24
3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	30
4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO .....	32
4.1 Um breve histórico sobre as Ferrovias no Brasil.....	32
4.1.1 Sinistros em Ferrovias no Brasil .....	36
4.1.3 Fatores relacionados às comunidades próximas às vias permanentes das Ferrovias no Brasil.....	52
4.1.4 Fatores relacionados às vias permanentes das Ferrovias no Brasil .....	54
4.2 BENCHMARKING REALIZADO .....	57
4.3 Estudos de Casos e Benchmark.....	60
4.3.1 Estudo de Caso sobre o Material Rodante da Estrada de Ferro Carajás – EFC.....	60
4.3.2 Benchmark Aluminum Company of America (Alcoa).....	65
4.4 A realidade atual da empresa Vale S.A .....	67
5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE SOLUÇÃO.....	76
5.1 Sistema Vale de Produção.....	76
5.1.2 Procedimentos Normativos (PNR's).....	82
5.1.3 Gestão de Ativos Críticos .....	76
5.1.4 Variáveis de Desempenho/Controle do Ativo – Rodeiros.....	81
5.1.4.1 Saúde da Frota de Rodeiros Ferroviários .....	86
5.2 Cronograma de Implementação .....	90
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	91
BIBLIOGRAFIA .....	93
GLOSSÁRIO .....	96

APÊNDICES.....**Erro! Indicador não definido.**  
ANEXOS.....**Erro! Indicador não definido.**

## 1 RESUMO EXECUTIVO

O projeto visa estudar os principais tipos de falha em materiais rodantes da ferrovia e empregados na ferrovia e propor melhorias em alguns de seus processos, melhorando assim a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos utilizados na operação.

Eventualmente impactos de produção das ferrovias, que podem ser afetados por falhas catastróficas de materiais rodantes e de empregados de suas operações afetando o nível de atendimento aos clientes e à geração de valor para a cia, atrasos nas operações são gerados, elevando-se os custos de operações e diminuindo as margens de contribuições do transporte ferroviário.

Sendo assim, acredita-se que este projeto poderá ajudar no estabelecimento de novos fluxos de trabalho para o setor, melhorando o nível de segurança e aumentando a produtividade e melhorando as margens dos transportes de cargas.

O sistema ferroviário brasileiro gira em torno de 29 mil quilômetros, tendo destaque como a Sul, Sudeste e Nordeste, atendendo parte do Centro-Oeste e Norte do país.

Os volumes transportados via modal ferroviário vem crescendo constantemente ano após ano.

Figura 1 - Evolução do Transporte Ferroviário (em Bilhões de TKU)



Fonte: ANTT, Compilação ANTF.

Nota: TU = Toneladas Úteis. / TKU = Tonelada Quilômetro Útil Transportada

Fonte: ANTT (ANO 2020)



Em relação ao modo rodoviário, o transporte ferroviário de carga, permite maior segurança, com menor índice de sinistros e menor incidência de furtos e roubos. O que resulta em uma eficiência muito boa para a infraestrutura do nosso país, trazendo como cenário esperado a continuidade do seu crescimento acompanhando o crescimento do Brasil, melhorando a matriz do transporte de cargas, e reduzindo o Custo Brasil para patamares do mesmo nível da realidade competitiva global.

Figura 1 - Índice de Sinistros Ferroviários



Fonte: ANTT (2020)

### 1.1 Problema de Pesquisa

As ferrovias brasileiras vêm investindo fortemente na renovação da sua frota de material rodante (locomotivas e vagões), bem como melhorias em suas vias permanentes.

Nos últimos foram investidos mais de R\$ 3 bilhões na renovação da frota, possibilitando um expressivo crescimento na frota de material rodante. Em 1997, as ferrovias contavam com 1.154 locomotivas, já em 2019, somavam 3.405 unidades, representando um aumento de 195%. No mesmo período, o número de vagões passou de 43.816 para 115.434 — alta de 163%. E o grande motivacional para este investimento é a melhora na produtividade, e a redução nos números de sinistros nas ferrovias que entre 1996 e 2019, as ferrovias associadas à ANTF reduziram 85% o Índice de Sinistros Ferroviário – IAF, que se aproximam dos padrões internacionais de segurança.

## 1.2 Apresentação das Empresas

A Vale tem uma rede de logística que integra minas, ferrovias, navios e portos, garantindo agilidade e segurança no transporte do minério. A Vale opera cerca de 2 mil quilômetros de malha ferroviária no Brasil e possui acordos para utilizar linhas na África, criando um dos seus grandes diferenciais competitivos. Há ainda em operação dois trechos de longa distância importantes operados com trens de passageiros.

Para integrar as operações nos cinco continentes, a Vale conta com uma rede de portos e terminais conectados às minas por meio das ferrovias. Entre eles estão portos com calado profundo, aptos para receber os Navios Graneleiros da Classe Valemax.

As estruturas são operadas no Brasil, na Indonésia, na Malásia e em Omã, atendendo também serviço de carga para terceiros.

A VLI é uma empresa que oferece soluções logísticas que integram portos, ferrovias e terminais, com capacidade para atender com cada vez mais eficiência a demanda dos principais players que movimentam a economia do país. A companhia opera as ferrovias Norte Sul (FNS) e Centro-Atlântica (FCA), além de terminais integradores, que unem o carregamento e o descarregamento de produtos ao transporte ferroviário, e a operação em terminais portuários situados em eixos estratégicos da costa brasileira, tais como Santos (SP), São Luís (MA), Barra dos Coqueiros (SE), São Gonçalo do Amarante (CE) e Vitória (ES). Eleita pela quarta vez consecutiva uma das 150 melhores empresas para se trabalhar pela revista *Você S/A*, a VLI transporta as riquezas do Brasil por rotas que passam pelas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste.

O sistema logístico da VLI, interligando ferrovias, terminais e portos, reúne as melhores condições para atender, com eficiência, às principais regiões brasileiras produtoras de bens e produtos industrializados, siderúrgicos, agrícolas e minerais.

Presente em dez estados brasileiros e no Distrito Federal, a logística da VLI tem uma vantagem competitiva incomparável: capacidade, dinamismo e praticidade para fazer o escoamento dos mais variados produtos de seus clientes, em conexão direta com o abastecimento de insumos e matéria-prima. São cinco grandes corredores logísticos que cobrem as regiões mais importantes do país.

A Rumo é a maior operadora de logística ferroviária independente do Brasil, cruzando o país de Norte a Sul, através de dos quase 14 mil km de linhas, ligando as

principais regiões produtoras com os três principais portos do país. A Rumo é uma empresa de soluções logísticas que movimenta o Brasil e o mundo, muito além da ferrovia.

A Rumo opera também centros de distribuição, instalações de armazenamento e terminais de transbordo tanto diretamente quanto em regime de parceria, com capacidade de armazenagem estática de aproximadamente 900 mil toneladas. Além disso, controla dois terminais em Santos e possui participação em quatro terminais portuários, três deles localizados no porto de Santos (SP) e um localizado no estado do Paraná.

Dentre tais ativos, destaca-se o complexo logístico de Rondonópolis (MT), com capacidade de carregamento mensal de mais de 1 milhão de toneladas. Os terrenos que são arrendados no âmbito das concessões incluem áreas disponíveis para construção e desenvolvimento de armazéns e terminais logísticos, o que possibilita uma expansão ainda maior das operações, bem como o aperfeiçoamento de logística e outros serviços.

A base de ativos da Rumo a coloca em uma posição de destaque na prestação de serviços de transporte a clientes de diversos setores e, principalmente, de commodities agrícolas, o que a tornou uma das principais prestadoras de serviços de logística do setor agrícola no Brasil. Isto se torna ainda mais relevante ao considerar que este tipo de serviço é de suma importância ao desenvolvimento e crescimento do país, tendo em vista que o Brasil é um dos principais produtores e exportadores de produtos agrícolas do mundo.

### **1.3 Justificativa da escolha do problema a ser trabalhado e a relevância do projeto para a Organização**

Vários são os fatores que podem impactar diretamente o negócio. Incidentes industriais provocados por risco inerentes e com potencial ocorrência de múltiplas fatalidades ou ocorrências de danos ambientais. No que tange às fatalidades a paralisação de sites ou plantas após ocorrência de sinistros é um dos fatores mais impactantes.

Na esfera ambiental às interdições das operações provocados por inspeções, auditorias de órgãos governamentais (IBAMA, ANTT, ICMBio e MPT ) e a forte exposição

da marca a um possível evento de sinistros são fatores que podem colaborar com uma possível perda de valor de mercado.

Uma forma importante de minimizar estes problemas é através de avaliações críticas da performance da manutenção, utilizando uma régua uniforme que possibilite uma análise abrangente em diferentes processos ou sites, bem como dar visibilidade aos problemas crônicos aos mais diferentes níveis hierárquicos da organização.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Implantar procedimentos normativos de manutenção, tendo como referência melhores práticas globais de gestão de risco do negócio e desempenho de ativos.

### **1.4.2 Objetivo específico**

- Mapear ativos críticos que necessitam de controle específico e que possam gerar risco ao negócio;
- Cadastrar no sistema oficial de manutenção os ativos críticos, bem como sua estratégia de manutenção;
- Criar KPIs que representem a saúde dos ativos críticos do negócio;
- Criar cadeia de ajuda automatizada até o CEO, via sistema de manutenção, quando os ativos críticos não cumprem a estratégia de manutenção;

## **1.5 Breve apresentação dos capítulos do Projeto Aplicativo**

A construção deste projeto foi estruturada em capítulos, conforme apresentado a seguir:

No capítulo 2 são apresentadas as bases conceituais, o sistema de gestão da ISO 31.000 e a sua estrutura como ferramenta para implementação de um sistema de gestão focado na redução sinistros pessoais e operacionais.

No capítulo 3 foi definido o método utilizado na pesquisa, estudo de caso, com grande foco no *benchmark* na área de manutenção ferroviária de diversas empresas do ramo de transporte ferroviário.

O levantamento e análise de informação está apresentado no capítulo 4, contendo todo o estudo das malhas ferroviárias brasileiras, juntamente com os eventos ferroviários, devidamente estratificados por empresa, região, estado, extensão da ferrovia, volume movimentado, natureza e gravidade do acidente. Relaciona-se, também neste capítulo, a análise dos fatores dos sinistros registráveis nas ferrovias.

Ainda neste capítulo 4, é apresentado o *Benchmark* realizado de algumas empresas e alguns estudos de casos, além da estratificação das ocorrências ferroviárias da VALE, no período de 2016 a 2020, e outros eventos mais relevantes no histórico da empresa.

O desenvolvimento da proposta de solução é apresentado no capítulo 5, onde o seu objetivo é gerenciar os diversos processos de desempenho operacional (operação / manutenção) através de um processo sólido de gestão de risco de negócio, tendo como base a ISO 31.000 e o Sistema de Gestão da VALE (VPS), baseando em dimensões Gestão, Liderança e Técnica, com forte concentração na padronização dos seus processos e monitoramento dos mesmos através de indicadores de resultado e indicadores de controle nos quais são apresentados, com mais ênfase, os indicadores de qualidade e produtividade da manutenção dos ativos ferroviários que auxiliam na gestão dos ativos críticos e medição da saúde da sua frota.

Neste mesmo capítulo 5 também é apresentado um cronograma de implantação do sistema de gestão, juntamente com os padrões normativos, com as principais ações estruturantes para a confiabilidade dos processos operacionais da VALE.

A conclusão é apresentada no Capítulo 6 apresentando resultados já alcançados com a fase do sistema de gestão implantada até o momento. Além disso, a implantação de procedimentos normativos de manutenção, aliados às práticas globais de gestão de risco do negócio e desempenho de ativos vem colaborando sistematicamente com os resultados da área de material rodante que indicam a melhor forma de gerenciamento dos processos de manutenção e operação, com foco para redução da probabilidade de materialização dos seus riscos.

## **2 BASES CONCEITUAIS**

### **2.1 Gestão de Riscos**

As organizações de todo o mundo, sejam de produtos ou serviços, independentemente do tamanho do negócio, sua atuação local ou global, enfrentam influências internas e externas que podem colocar em risco o atingimento de seus objetivos, suas metas e resultados.

Essas influências, muitas vezes desconhecidas e não monitoradas, são fatores que colocam em risco a própria existência do negócio no curto, médio e longo prazo. O efeito gerado por essas incertezas é classificado como risco pela Norma ISO 31.000:2018.

A ISO 31.000 foi criada, a princípio, a partir de um evento trágico ocorrido em 03 de dezembro de 1984 na cidade de Bhopal, localizada no centro da Índia, fazendo com que até hoje o nome da cidade seja uma recordação viva do quão importante é uma eficiente gestão de riscos em segurança de processos, a fim de evitar os grandes cenários de sinistros.

No Brasil, vive-se situações práticas de riscos que não foram bem gerenciados e provocaram grandes perdas para a sociedade com impactos ambientais quase que irreversíveis. Nesse contexto, destacam-se os sinistros da Samarco Mineração S.A, ocorrida em 05 de novembro de 2015, quando houve o rompimento de uma barragem de rejeitos no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana, e, mais recentemente, em 25 de janeiro de 2019, quando outra barragem de rejeitos, agora operada pela Companhia Vale S.A em Brumadinho rompeu, atingindo em cheio as instalações administrativas e operacionais da empresa, além de moradores da região.

Nesse ambiente de grandes lacunas de um gerenciamento de risco eficiente, perdas de vidas, impactos ambientais e sociais atemporais, o gerenciamento do risco se torna extremamente necessário para o atingimento dos objetivos de um negócio.

Se essas incertezas são gerenciadas em todo os níveis da organização, é possível minimizá-lo. Nesse contexto, a ISO 31.000:2018 diz que:

*“O propósito da gestão de riscos é a criação e proteção de valor. Ela melhora o desempenho, encoraja a inovação e apoia o alcance de objetivos. Os princípios descritos na figura 3 fornecem orientações sobre as características da gestão de riscos eficaz e eficiente, comunicando seu valor e explicando sua intenção e propósito. Os princípios são a base para gerenciar riscos e convém que sejam considerados quando se estabelecem a estrutura e os processos de gestão de riscos da organização. Convém que estes princípios possibilitem uma organização a gerenciar os efeitos da incerteza nos seus objetivos”.*

**Figura 2 – Princípios da Gestão de Riscos**



Fonte: ISO 31 000:2018 (2017)

Ainda segundo a norma ISO 31.000:2018, a gestão de riscos eficaz requer os elementos da figura anterior e pode ser explicada detalhadamente a seguir:

- a) Integrada: a gestão de riscos é parte integrante de todas as atividades organizacionais;
- b) Estruturada e abrangente: uma abordagem estruturada e abrangente para a gestão de riscos contribui para resultados consistentes e comparáveis;
- c) Personalizada: a estrutura e o processo de gestão de riscos são personalizados e proporcionais aos contextos externo e interno da organização relacionados aos seus objetivos;
- d) Inclusiva: o envolvimento apropriado e oportuno das partes interessadas possibilita que seus conhecimentos, pontos de vista e percepções sejam considerados. Isto resulta em melhor conscientização e gestão de riscos fundamentada;

- e) Dinâmica: riscos podem emergir, mudar ou desaparecer à medida que os contextos externo e interno de uma organização mudem. A gestão de riscos antecipa, detecta, reconhece e responde a estas mudanças e eventos de uma maneira apropriada e oportuna;
- f) Melhor informação disponível: as entradas para a gestão de riscos são baseadas em informações históricas e atuais, bem como em expectativas futuras. A gestão de riscos explicitamente leva em consideração quaisquer limitações e incertezas associadas a estas informações e expectativas. Convém que a informação seja oportuna, clara e disponível para as partes interessadas pertinentes;
- g) Fatores humanos e culturais: o comportamento humano e a cultura influenciam significativamente todos os aspectos da gestão de riscos em cada nível e estágio;
- h) Melhoria contínua: a gestão de riscos é melhorada continuamente por meio do aprendizado e experiências.

## **2.2 O Perfil dos Sinistros de Trabalho no Brasil**

O número de sinistros de trabalho no Brasil tem se mantido em patamares muito altos. Ocorreram em 2010, 2011 e 2012, respectivamente, 709.474, 720.629 e 705.239 sinistros de trabalho (Brasil, 2012). No Brasil as estratégias utilizadas pelas empresas vão de controles diversos estabelecidos pelas normas previstas no Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho até ações voltadas ao controle do comportamento humano dentro da área de atuação. Nesse ponto, chama-se a atenção a aplicação de práticas de desenvolvimento de pessoas e análises aprofundadas de investigações de sinistros que muitas vezes, têm concentrado esforços no comportamento individual e pontual, desconsiderando os processos de gestão e culturais, que contribuem para a incidência dos sinistros de trabalho.

O Brasil se encontra entre as nações que apresentam elevado número de sinistros de trabalho, ocupando a quarta posição no ranking mundial. São mais de 700 mil sinistros e doenças ocupacionais por ano, que custam cerca de R\$ 10 bilhões ao país (GANDON, LUIS 06-2020). Cada minuto que passa no Brasil, temos um trabalhador sofrendo um acidente enquanto desempenha suas funções no trabalho. Em 2018, foi registrado pela Previdência Social 576.951 sinistros de trabalho, esse número abrange



apenas os empregados com carteira assinada, tendo em vista que a definição legal de acidente de trabalho se restringe à ocorrências que envolvem os segurados do Regime Geral de Previdência Social. Mas sabemos que esse número é bem maior. Um estudo realizado pela FUNDACENTRO, fundação ligada ao Ministério da Economia especializada na pesquisa sobre questões de segurança do trabalho, que se forem considerados os trabalhadores informais e os autônomos, estima-se que esse número pode ser até sete vezes maior, se aproximando de 4 milhões de acidentados todos os anos.

A situação da segurança do trabalho tem sido uma preocupação nas grandes e pequenas organizações, devido à relevância das grandes perdas financeiras e não financeiras provenientes de fatalidades, lesões e doenças, que impactam a as vítimas e suas famílias, a sociedade e as próprias organizações.

Os sinistros são causados pelos atos inseguros ou pelas condições inadequadas. Aquelas ações indevidas ou inadequadas cometidas pelos empregados, podendo gerar sinistros, enquanto as condições inadequadas são aqueles presentes no ambiente de trabalho que podem vir a causar um acidente, podendo estar ligada direta ou indiretamente ao trabalhador, ou seja, é uma situação em que o ambiente pode proporcionar riscos de sinistros do trabalho, ao meio ambiente e equipamentos durante o desenvolvimento das atividades. (DINIZ, 2005).

Para exemplificar o que foi exposto, pode-se citar como exemplos de atos inseguros: negligência com as normas de segurança, falta do uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), não observação das placas de segurança e atividades sem análise de riscos. Ainda DINIZ (2005), a prevenção dos sinistros deve ser realizada através de medidas gerais de comportamento, eliminação de condições inseguras e treinamento dos empregados, devendo o uso dos EPI's ser obrigatório, havendo fiscalização em todas as atividades, sendo os empregados treinados quanto ao seu uso correto. As tarefas devem ser previamente avaliadas, os riscos e os padrões de trabalho identificados e todos devem ser responsáveis pela segurança e prevenção dos sinistros.

Como já referenciado, a utilização dos EPI's é de fundamental importância na prevenção dos sinistros, pois muitas vezes, as medidas de controle relativas ao ambiente não são suficientes para eliminar os riscos. Usar e cuidar do equipamento de segurança faz parte do trabalho de cada um, sendo que existe sempre um EPI apropriado à tarefa

que será realizada. Em caso de dúvida, deve-se consultar o Padrão Operacional (PO) da atividade, pois nele constam todas as informações referentes à atividade.

Juntamente com os equipamentos de proteção individual, atuam os equipamentos de proteção coletiva (EPC's) na prevenção dos sinistros. EPC's são os equipamentos que neutralizam o risco na fonte.

Quando instalada, por exemplo, uma proteção acústica, está havendo uma atuação sobre o ambiente de trabalho, sendo esta medida chamada de proteção coletiva, pois protege o conjunto de trabalhadores.

A segurança do trabalho deve estar atrelada à rotina da empresa, caminhando junto com o processo produtivo, ela deve estar inserida no sistema de gestão dessa organização. Dessa forma, todo o processo interno acontecerá em sintonia entre as partes. Deve ser fundamentada em um sistema de gestão, que se considerando as particularidades de cada situação, deve ser estruturado para atender as metas a partir das diretrizes estabelecidas pela firma.

O assunto sistema de gestão virou tema obrigatório em quase todos os encontros profissionais. Por toda parte existem profissionais falando sobre isso, alguns com conhecimento de causa, outros apenas repetindo coisas que ouviram e muitos o fazendo sem qualquer análise mais detalhada. Existe a necessidade de que aqueles que tem ligação direta com as questões de segurança e saúde em nosso país e, portanto, conhecem a distância entre a realidade e o proposto, detenham-se numa análise mais profunda quanto ao assunto. Pode-se estar diante de um momento e oportunidade que leve a um futuro melhor, mas ao mesmo tempo corre-se o risco de legar a prevenção ao vazio das pilhas das adequações, conformidades e documentos - fáceis de produzir - mas que na prática em nada melhoram a vida dos trabalhadores. A pergunta chave, para este momento da história de nossa área é saber até que ponto nossa cultura é capaz de suportar as questões de segurança e saúde a partir dos modelos propostos". (PALASIO, 2003)

Que os sistemas de gestão são necessários e devem existir é uma verdade. Que os sistemas de gestão feitos por pacotes são interessantes nem sempre. E entre uma coisa e outra se tem os problemas da falta de conhecimento dos especialistas dentro das empresas". "Muitos deles abriram um livro para estudar há mais de dez anos e

quando vez por outra vão a algum evento ficam encantados com os milagres e maravilhas que algumas pessoas oferecem em lindas apresentações. (PALASIO, 2003).

É mais importante desenvolver a visão de sistema do que ensinar este ou aquele tipo de sistema, com base nesta ou naquela norma ou padrão. Segundo PALASIO (2003), sistema é a ordenação de partes e elementos de tal forma ser possível gerenciá-lo, permitindo obter resultados.

É importante atentar que simplesmente “comprar” um sistema não vai resolver todos os problemas do mundo da prevenção da empresa onde você trabalha. A maioria dos casos tem mostrado que isso acaba na presença de mais um sistema inútil na cabeça dos trabalhadores e como tal acaba virando algo semelhante aos demais sistemas feitos para auditor ver. Tal experiência pôde ser comprovada em algumas grandes empresas que durante décadas não registraram sinistros mais graves e após a suposta implantação tiveram situações complicadas. O problema não estava e nem está no que “compraram”, mas sim na falta de entendimento do que fizeram. Outro erro diz respeito aos mágicos da prevenção. São aqueles que trazem para dentro das empresas truques e mágicas de última geração – cujo único defeito é não ter aplicação àquela realidade. Assim, surge então uma pseudo-sensação de prevenção que logo se desfaz quando os sinistros começam a ocorrer. Por isso não basta apenas trocar as práticas consagradas e seguras pelo novo e bonito e que permite fotos em jornais; é preciso estudar cada situação para implantar um programa que efetivamente traga resultados positivos. Por último, o terceiro e maior de todos os erros: ignorar o chão de fábrica. Se as pessoas que fazem estes diagnósticos levassem em consideração o conhecimento daqueles que conhecem a cultura, os valores e princípios – certamente muito dinheiro seria economizado e muitos problemas evitados (PALASIO, 2003).

Sabe-se o quanto um acidente de trabalho pode desestabilizar uma equipe e influenciar nas tomadas de decisão dentro e fora das empresas. Recentemente houve um acidente em uma planta operacional onde o empregado ao dar manutenção em um transportador de correia se colocou à frente de uma parte do equipamento onde possuía energia potencial armazenada que por infelicidade essa energia foi acionada e infelizmente o empregado veio a tomar um grande impacto não resistindo e vindo a óbito. Toda a comunicação do acidente foi feita e, pela primeira vez, todas as áreas da empresa no mundo que possuíam atividades de manutenção similares foram

paralisadas. Essa foi a primeira de várias ações tomadas mesmo antes de se iniciar a investigação do acidente. A intenção da Empresa era mostrar para todos os empregados e líderes que a segurança está sempre a frente das operações.

Mas infelizmente esse não foi o último acidente fatal na Empresa. Apesar de se ver uma grande mudança na cultura das lideranças e nos próprios colaboradores alguns ainda se lesionam ou vão a óbito.

Os resultados das investigações normalmente sugerem que as ocorrências poderiam ter sido evitadas, ou seja, pode-se buscar pela meta de zerar os sinistros dentro das empresas, mas não se pode deixar brechas para que as decisões que devem ser tomadas o sejam no momento da execução de uma atividade. Precisa-se ter atividades com os procedimentos definidos, documentados e de amplo conhecimento além de colaboradores altamente capacitados com condições ideais para a execução de suas demandas. Se a Empresa não evoluir nessas questões a tendência é que a probabilidade de ocorrências de sinistros aumente a cada dia. Portanto é preciso que as investigações de todos os sinistros, sejam eles de alto nível de gravidade ou simples incidentes, tenham critérios bem definidos com ações que realmente irão bloquear o conjunto de fatores relacionados que agravam o seu risco.

Na maioria das investigações a falta de atenção ao desempenhar as atividades que representam riscos para o colaborador está entre as principais causas de sinistros de trabalho nas Organizações. Em muitas situações todas as medidas de segurança estão sendo previamente respeitadas assim como todos os EPI sendo criteriosamente utilizados, porém, basta apenas um momento de desatenção para que os riscos passem a representar perigos, aumentando dessa forma, as chances de ocorrer algum sinistro.

Importante lembrar que uma atividade que contenha risco é toda aquela que tem potencial de oferecer danos à integridade do colaborador, entretanto trata-se de um cenário que já foi previamente estudado e todas as suas possíveis ameaças estão totalmente controladas, seja por meio da eliminação completa ou por meio da redução de sua intensidade a ponto de ser aceitável sua execução.

A presença de perigo em um ambiente de trabalho, é quando um conjunto de fatores de risco que já foram ou não identificados previamente. Ou seja, são todas as ocasiões em que o colaborador fica exposto sem proteção, seja pela perda do controle

de um fator de risco, seja pelo surgimento de um novo, até então desconhecido ou ignorado.

ITIRO IIDA (2002) destaca que o acompanhamento da segurança pode ser feito por meio de inspeções periódicas aos principais postos de trabalho, sendo disponíveis questionários ou *check lists* para fazer essas verificações. Se houver um acidente, deve ser preparado um relatório minucioso, descrevendo o tipo de acidente, a lesão causada e as condições do local onde ocorreu o acidente, verificando, principalmente, se houve algum desvio, em relação às condições normais de operação.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Uma das metodologias utilizadas nesse trabalho foi a do estudo de caso que é caracterizado por uma análise profunda e exaustiva de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. De acordo com YIN (apud GIL, 1999, p. 73), o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

Sabe-se que os sinistros relacionados aos aspectos de segurança de processo fazem parte da atualidade, acendendo uma luz amarela dentro do setor industrial brasileiro. Esses casos, quando aprofundados, poderão sustentar a ideia central do trabalho, conectando os dados empíricos à questão formulada na pesquisa.

Os benefícios de Segurança de Processo são classificados em quantitativos e qualitativos. A análise foi feita separando-se os impactos mensuráveis dos não mensuráveis nos sinistros escolhidos no estudo.

Foram coletados registros de ocorrências de algumas empresas dos ramos de transporte ferroviário e até aéreo, registros de locais inseguros, diálogos comportamentais e relatórios de investigações de sinistros dos últimos seis anos. Foram levantados dados de ocorrências de sinistros assim como os principais modos de falhas e causas de sinistros em diversas empresas do ramo de logística. Também foram feitas entrevistas com os empregados com o objetivo de saber quais os motivos que para eles os sinistros acontecem e o que deveria ser feito para mitigar esses sinistros dentro da empresa. Sabe-se que o clima dentro da empresa e suas equipes podem fazer a diferença na forma de atuar e ter impacto direto na frequência e classificação do grau de criticidade do acidente, portanto também foi objeto da entrevista perguntas relacionadas a esse tema. As informações são importantes para guiar o estudo, pois orientam onde procurar evidências relevantes. Assim, definiu-se as seguintes proposições: Um sinistro de processo causa danos à propriedade e os impactos causados (ambientais, mortes/feridos), em muitos casos, atingem comunidades vizinhas afetando outras atividades da região, geram um marketing negativo à empresa e ao setor, causando receio da comunidade e podendo reduzir o interesse dos investidores bem

como o *market share* da empresa ou até do setor. Sinistros de processo causam interrupções da produção e da logística e essas paralizações em processos resultam em multas para as organizações e/ou grandes prejuízos.

## 4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DA INFORMAÇÃO

### 4.1 um breve histórico sobre as Ferrovias no Brasil

Segundo ANTF (2019), o desenvolvimento ferroviário brasileiro sempre esteve intimamente ligado às políticas de governo, que sofreu grandes variações ao longo da história. A fim de melhor ilustrar esse relacionamento ao longo do tempo, procurou-se dividir a evolução do sistema ferroviário segundo fases cronológicas, correlacionadas a períodos da nossa história imperial e republicana. Segundo Branco (2019), a evolução ferroviária no País observa a seguinte sequência de fatos:

- **Fase I (1835 – 1873):** durante a Regência e o Segundo Reinado, sendo observado o início da implantação de ferrovias no Brasil e o desenvolvimento desse sistema de transporte de forma lenta, por intermédio de empresas essencialmente privadas.
- **Fase II (1873 – 1889):** abrangendo o Segundo Reinado e caracterizada por uma expansão acelerada da malha ferroviária, por meio de empreendedores privados, estimulados pelo instituto da garantia de juros.
- **Fase III (1889 – 1930):** englobando a República Velha, ainda sendo observada uma expansão acelerada da malha, porém com o estado sendo obrigado a assumir o controle de várias empresas em dificuldades financeiras.
- **Fase IV (1930 – 1960):** compreendendo a era Vargas e o pós-guerra, com o ritmo de expansão diminuindo e um amplo controle estatal das empresas antes privadas.
- **Fase V (1960 – 1990):** situada quase que inteiramente ao longo do período em que a nação foi governada por um regime militar, estando a malha consolidada em poucas empresas públicas, ocorrendo a erradicação de ramais antieconômicos e a implantação de projetos seletivos de caráter estratégico.
- **Fase VI (1990 – 2018):** período da Nova República, marcado pela concessão de todo o sistema ferroviário nacional. A partir de 2016, faltando aproximadamente uma década para as concessões se encerrarem, inicia-se a discussão em torno de sua prorrogação.



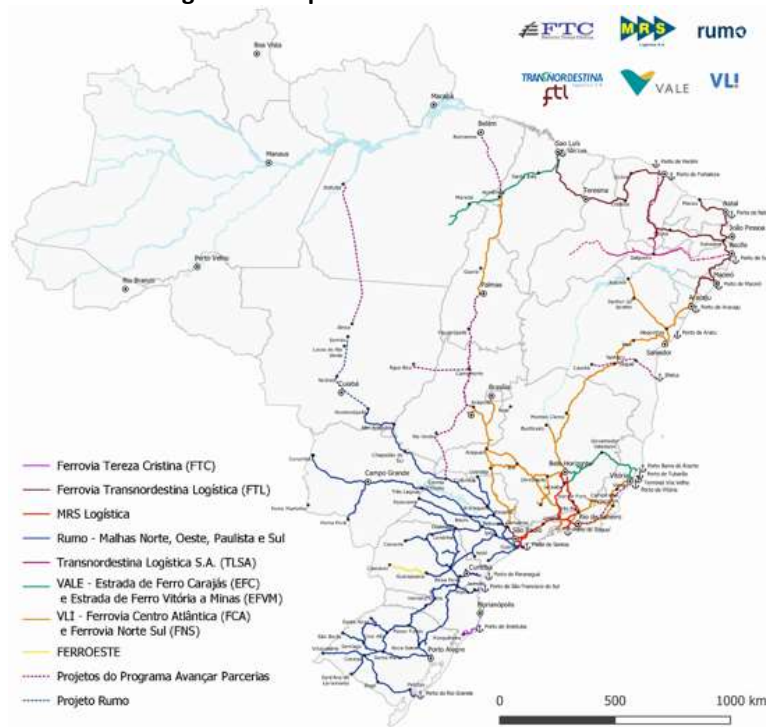
A figura a seguir apresenta a evolução da malha ferroviária brasileira no período de 1854 a 2018, segundo dados obtidos junto ao IBGE (29 setembro 2019), CNT (29 setembro 2019).

**Figura 3 - Evolução da malha ferroviária brasileira no período entre 1854 a 2018**



Fontes: IBGE e CNT (2019), adaptado pelos autores

**Figura 4 - Mapa ferroviário brasileiro 2019**



Fonte: ANTF (2019)

Tabela 1 – Frota total de locomotivas em operação (janeiro 2016 a janeiro 2017)

Concessionárias /Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 <sup>1</sup>
<b>ALLMN</b>	156	181	239	261	370	409	405	200	189	195	184	142
<b>ALLMO</b>	57	57	58	49	80	94	87	63	71	48	38	45
<b>ALLMP</b>	92	86	141	154	146	173	177	312	285	283	276	276
<b>ALLMS</b>	353	348	437	485	515	482	516	470	440	447	420	364
<b>EFC</b>	150	176	198	211	218	210	239	249	253	284	300	307
<b>FERROESTE</b>	1	1	11	14	13	10	10	9	10	11	15	15
<b>EFVM</b>	313	318	321	320	311	330	315	311	314	313	315	318
<b>FCA</b>	504	502	666	594	522	529	550	574	619	856	589	578
<b>FNS</b>	-	-	6	7	9	12	17	25	34	65	25	17
<b>FTC</b>	11	11	11	11	11	11	11	11	13	15	17	17
<b>FTL</b>	123	130	132	126	132	120	107	108	91	93	99	99
<b>MRS</b>	471	523	596	676	685	718	801	789	781	767	768	757

Fonte: ANTT (2019).

ALLMN (América Latina Logística-Malha Norte)	FCA (Ferrovia Centro-Atlântica)
ALLMO (América Latina Logística-Malha Oeste)	FERROESTE (Estrada de Ferro Paraná-Oeste)
ALLMP (América Latina Logística-Malha Paulista)	FNS (Ferrovia Norte-Sul-Tramo-Norte)
ALLMS (América Latina Logística-Malha Sul)	FTC (Ferrovia Tereza Cristina)
EFC (Estrada de Ferro Carajás)	MRS (MRS Logística)
EFVM (Estrada de Ferro Vitória-Minas)	FTL (Ferrovia Transnordestina Logística)

<sup>1</sup> Até janeiro

**Tabela 2 - Transporte urbano sobre trilhos**

Sistema	Maior município servido	Pax/dia (x 1000)	Extensão (km)	Estações	Linhas	Operadores
Metrô de São Paulo	São Paulo	3 980	97,2 <sup>2</sup>	86	6	CMSP; ViaQuatro e ViaMobilidade
Trens da Reg. Metropolitana de São Paulo	São Paulo	2 921	273,0	94	7	CPTM
Metrô do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	850	58,0	41	3	MetrôRio
Trens da Reg. Metrop. do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	600	270,0	102	8	SuperVia
Metrô do Recife	Recife	400	71,0 <sup>3</sup>	36	4	CBTU
Metrô de Salvador	Salvador	370	33,0	20	2	Metrô Bahia
Metrô do Distrito Federal	Distrito Federal	210	42,38	24	2	METRÔ-DF
Metrô de Belo Horizonte	Belo Horizonte	200	28,2	19	1	CBTU
Metrô de Porto Alegre	Porto Alegre	200	44,2 <sup>4</sup>	23	1	Trensurb
VLT do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	57	14,0	25	2	VLT Carioca
VLT da Baixada Santista	Santos	35	11,5	15	1	EMTU
Metrô de Fortaleza	Fortaleza	35	54,5 <sup>5</sup>	32	3	Metrofor
Sist. de Trens Urb. de Natal	Natal	12,6	55,7	22	2	CBTU
Sist. de Trens do Subúrbio de Salvador	Salvador	11,1	13,5	10	1	CTB
Sist. de Trens Urb. de João Pessoa	João Pessoa	7,3	30,0	12	1	CBTU
Metrô de Teresina	Teresina	7,2	13,5	9	1	CMTP
Sist. de Trens Urb. de Maceió	Maceió	4,7	32,1	15	1	CBTU
VLT de Sobral	Sobral	3,7	13,9	12	2	Metrofor
VLT do Cariri	Juazeiro do Norte	1,3	13,6	9	1	Metrofor

Fonte : [https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_sistemas\\_ferrov%C3%A1rios\\_urbanos\\_no\\_Brasil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_sistemas_ferrov%C3%A1rios_urbanos_no_Brasil)

<sup>2</sup> Inclui 7,8 quilômetros de monotrilho da linha 15. Bitolas das linhas 1, 2 e 3 é de 1,6 m; para as linhas 4 e 5 a bitola é de 1,435 m.

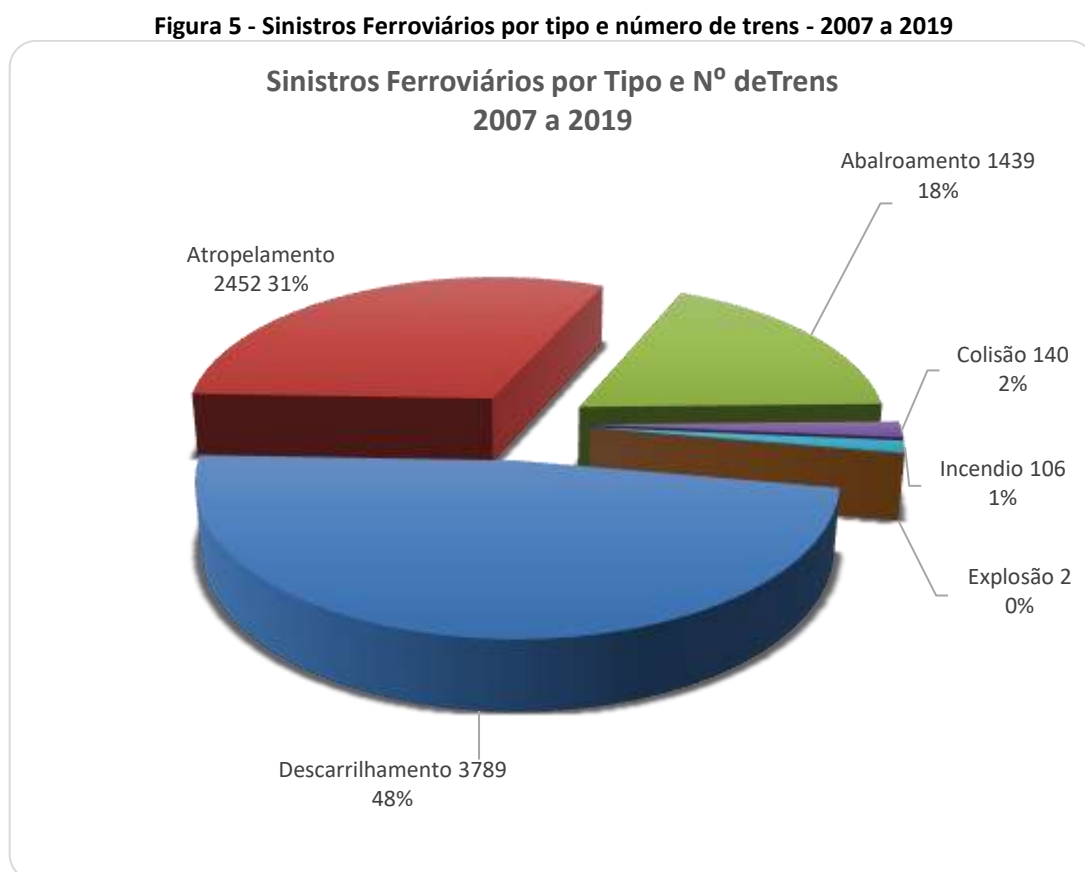
<sup>3</sup> Inclui 39,5 quilômetros de metrô e 31,5 quilômetros de VLT

<sup>4</sup> Inclui os 814 metros de extensão do Aeromóvel

<sup>5</sup> Inclui os 19,5 quilômetros de VLT movido a *diesel*

#### 4.1.1 Sinistros em Ferrovias no Brasil

As figuras a seguir consolidam dados obtidos junto ao Ministério da Infraestrutura (2019), que resumem os sinistros ocorridos em trechos ferroviários cedidos a concessionárias no período de 2007 a 2018.



Fonte: ANTT (2019)

Segundo dados da ANTT (2019), representados na figura anterior, observa-se que durante o período de 2007 a 2019 ocorreram 7928 sinistros ferroviários sendo que foram predominantes os casos de descarrilhamento (cerca de 48%), atropelamentos (cerca de 31%) e abalroamentos (cerca de 18%). Para cada um pode-se de forma abreviada associar cada grande grupo a fatores predominantes, assim:

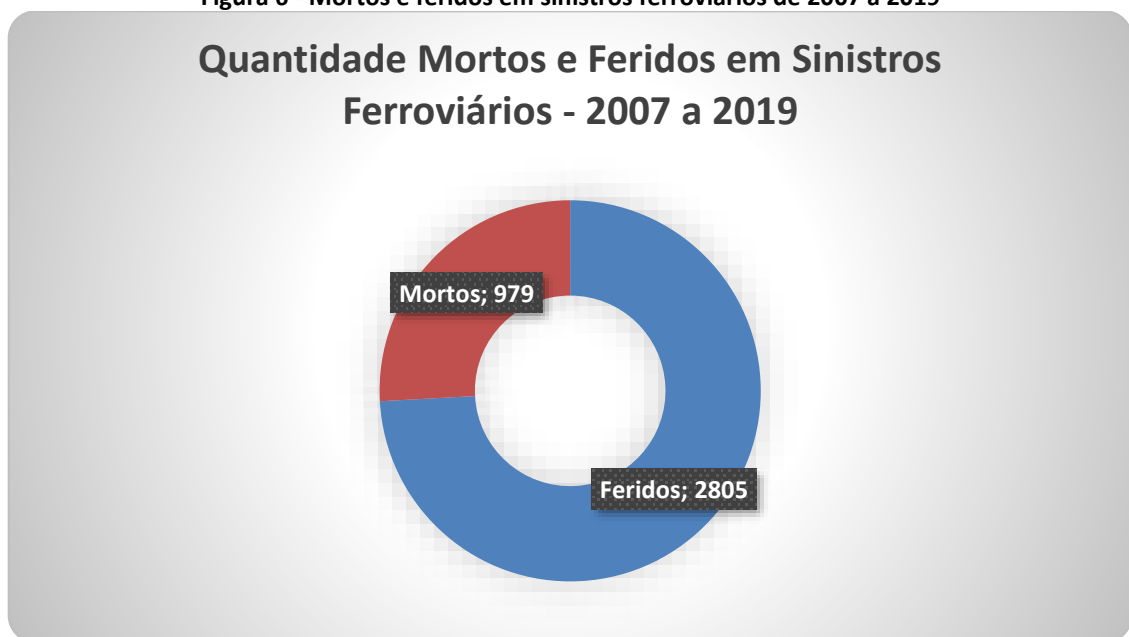
- Os descarrilhamentos estão diretamente associados aos aspectos de manutenção da qualidade da via e do material rodante empregado;

- Os atropelamentos se relacionam às comunidades que vivem ou trafegam nas proximidades das linhas férreas;
- Abalroamentos são eventos normalmente associadas a falhas, humanas, mecânicas, elétricas ou sua combinação.

Segundo Miguel (2019), o elevado número de descarrilamentos mostra que ainda há muito a melhorar no padrão de manutenção da via permanente e do material rodante, enquanto os elevados números de atropelamentos e abalroamentos mostram que ainda há muito a avançar na qualidade das passagens em nível e em ações para reduzir a imprudência de pedestres e motoristas.

A figura a seguir resume a partir dos registros de ocorrências disponíveis na base de dados da ANTT, as ocorrências de sinistros ferroviários com vítimas fatais ou feridos, no período de 2007 a 2019.

**Figura 6 - Mortos e feridos em sinistros ferroviários de 2007 a 2019**



Fonte: ANTT (2019)

No período objeto deste estudo observa-se pela figura anterior que o número de mortes e feridos pode se estimar que em média morrem cerca de 75 pessoas por ano ou uma pessoa a cada cinco dias, já em relação ao número de feridos seriam em torno de 216 por ano ou mais de uma pessoa ferida a cada dois dias.

Em que pese que parte de nossa sociedade que convive com níveis maiores que 650 vezes para os sinistros rodoviários considere estes números extremamente baixos, julga-se oportuno observar as limitações em termos de rotas, intervalos, velocidade de deslocamento etc. que se mostram como inaceitáveis estes indicadores.

Como forma de ampliar a análise, far-se-á uma distinção no tratamento dos dados relacionados à Mortos e Feridos.

#### 4.1.1.a Análise dos dados relativos aos Sinistros Fatais em Ferrovias

Entende-se que a primeira análise deve ser sobre a distribuição aos sinistros pelos Estados Brasileiros. Da estratificação dos dados da base de dados da ANTT (2019) observa-se que no período de 2007 a 2019, foi a seguinte a distribuição dos sinistros ferroviários, por Unidades da Federação (UF).

Figura 7 - Sinistros com Mortes por UF - 2007 a 2019



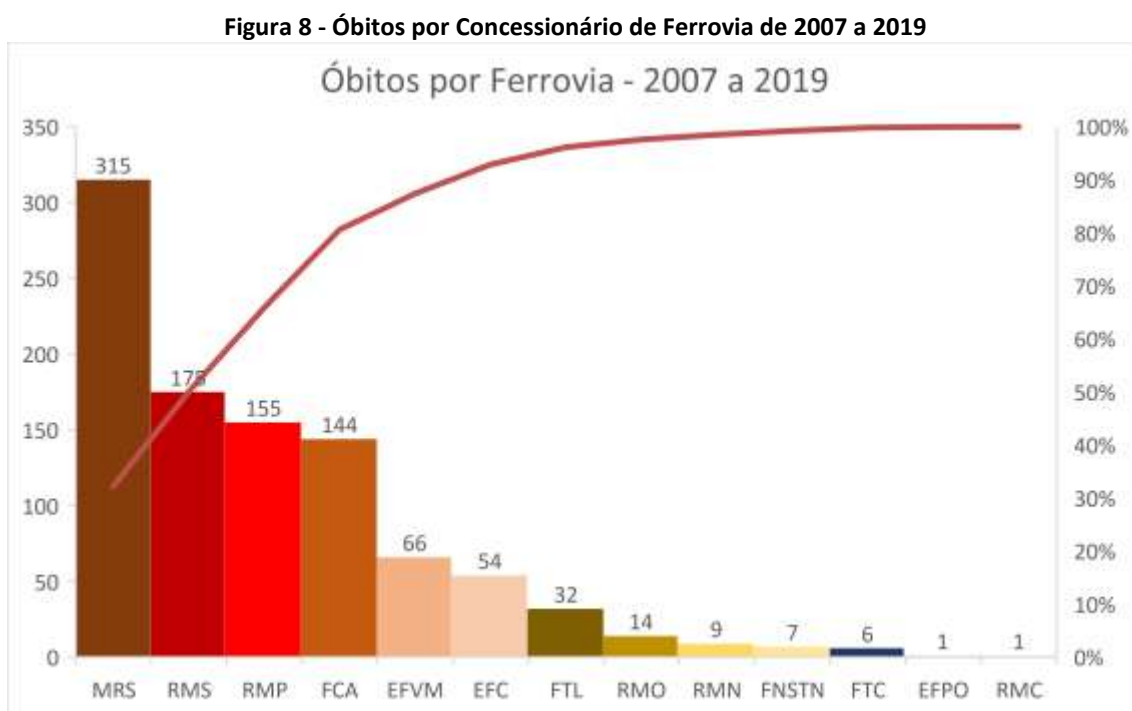
Fonte: ANTT (2019)

Segundo FERREIRA (2020), uma análise prematura dos dados da figura anterior nos levaria à conclusões precipitados pois seria normal pressupor que os estados com maiores

populações e maiores densidades de malhas ferroviária, seriam proporcionalmente as com os mais elevados indicadores de sinistros, respectivamente:

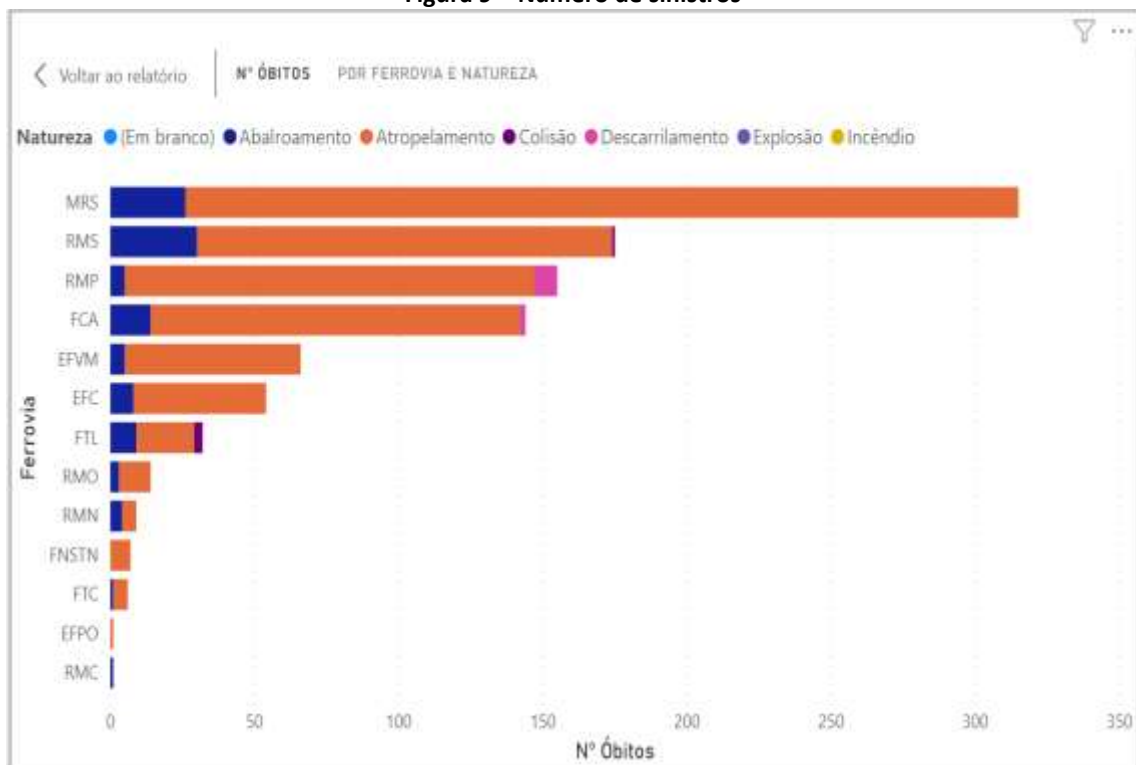
- São Paulo – 263;
- Minas Gerais – 261;
- Paraná – 129; e
- Rio de Janeiro – 118;

Ou seja, a soma dos indicadores nestas quatro UF totalizam 771 Mortes (cerca de 78% do total de todo o país). Assim, para se evitar uma análise distorcida estes dados serão abertos a partir da Concessionária, representado na figura a seguir.



Fonte: ANTT (2019)

Figura 9 – Número de sinistros



Fonte: ANTT (2019)

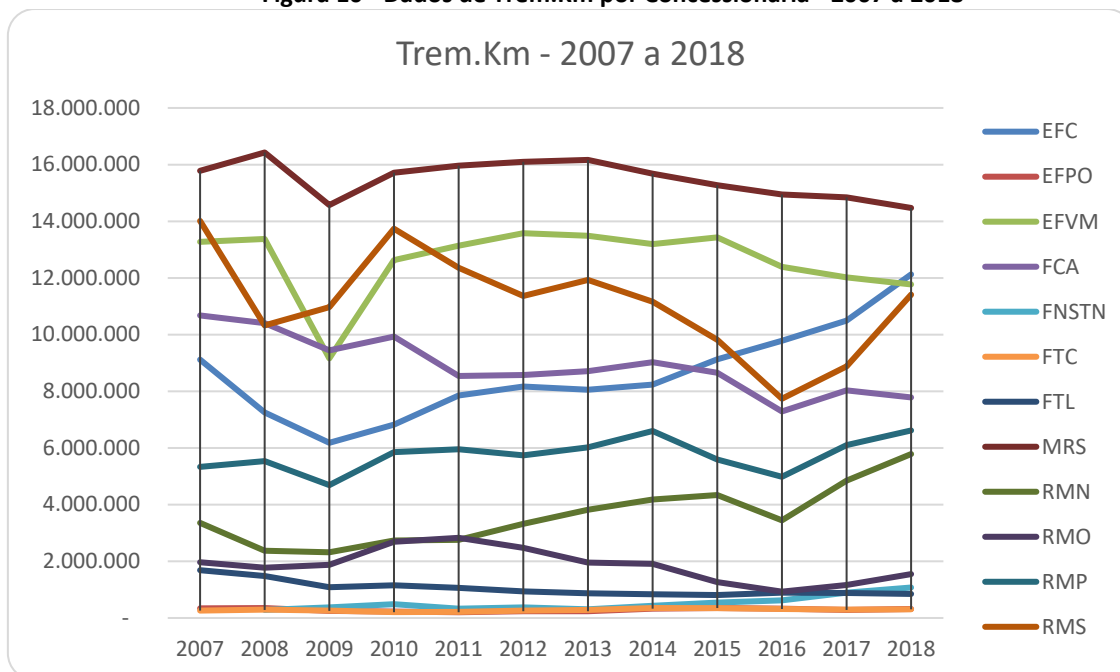
Ainda, FERREIRA (2020), a análise destes dados se torna extremamente desconcertante, pois a Concessionária com maiores índices de Óbitos não se trata de uma empresa que opera em São Paulo, mas no Eixo dos Estados de Minas-Rio de Janeiro.

“Segundo Miguel (2019), o desempenho de segurança em termos absolutos tem diferenças significativas em relação ao resultado da figura anterior. Observe que, em números absolutos a MRS tem o maior número de óbitos, enquanto, em termos relativos, a FTL lidera. A MRS passa por áreas densamente povoadas, mas tem um padrão de manutenção melhor e movimentação de trens maior que a FTL.”

Novamente FERREIRA (2019), afirma que mais uma vez, qualquer tentativa de conclusão se torna prematura, principalmente porque a MRS não transporta passageiros, e o fator provavelmente mais relevante para este tipo de análise deve ser o volume de carga transportada por cada concessionário. A figura a seguir espelha os volumes de carga transportadas na unidade padrão utilizada pelas ferrovias a tonelada útil por quilometro (Trem.Km). A figura a seguir representa estes indicadores.



Figura 10 - Dados de Trem.Km por Concessionária - 2007 a 2018



Fonte: ANTT (2019)

Observando-se estes indicadores fica perceptível a diferenciação dos níveis de operação de cada concessionária e importância de se efetuar um rateio dos sinistros fatais a partir das unidades de Trem.Km, que se mostra mais apropriado, uma vez que passa a refletir uma proporcionalidade entre a quantidade de sinistros e o volume de carga transportada pelos diferentes ramais e linhas. Os números apresentados serão expressos pela seguinte fórmula.

$$\text{Óbitos por TKM} = \frac{\text{Quant. óbitos}}{\text{Trem.Km}} \times 1.000.000 \quad (1)$$

Onde:

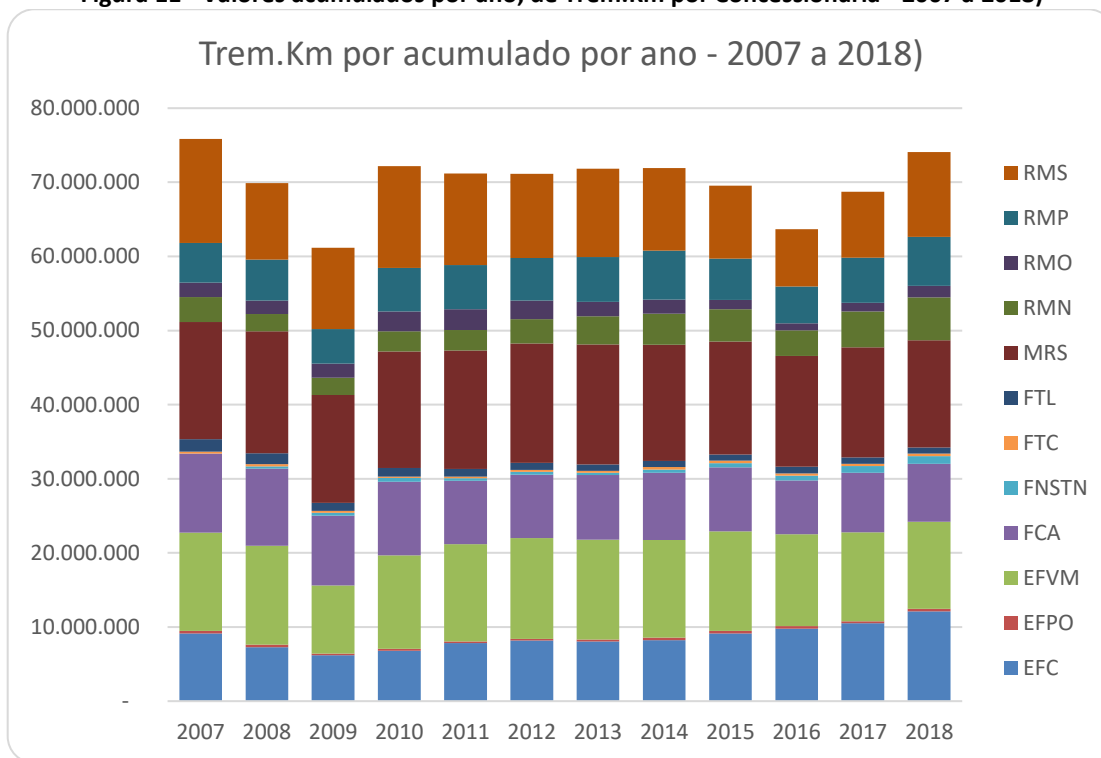
Quantidade de óbitos = N° de óbitos por ferrovia

Trem.Km = Unidade de medida que representa o movimento de um trem, ao longo de um quilometro. Apenas se deve considerar a distância efetivamente percorrida.

Tendo em vista que o resultado numérico será um valor em média com sete casas decimais, e apenas para facilitar a visualização dos números obtidos, eles passarão a ser

multiplicados por 1.000.000 (1 milhão). A figura a seguir reinterpreta os mesmos dados desta vez reorganizados, de forma a expressar o acumulado ano a ano.

**Figura 11 - Valores acumulados por ano, de Trem.Km por Concessionária - 2007 a 2018)**

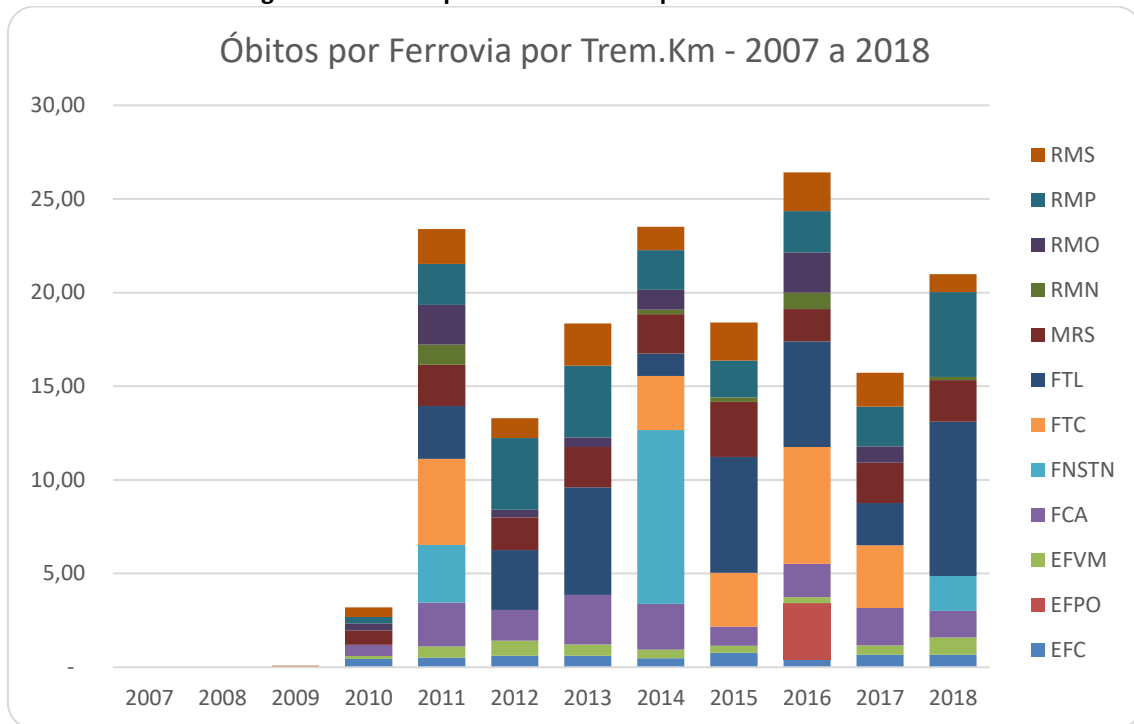


Fonte: ANTT (2019)

A figura anterior, permite perceber que não houve uma variação significativa destes indicadores e que ao confrontá-los aos indicadores dos sinistros para entender o impacto de sua variação de ano para ano estaria sendo influenciada por uma variação também do indicador de Trem.Km. Neste aspecto é oportuno ressaltar que os indicadores se mantiveram num padrão razoavelmente estável exceto nos meses 2007, 2009 e 2016 e ainda assim, com variações inferiores a  $\pm 10\%$ .

As figuras a seguir apresentam esses novos indicadores anuais de mortes em ferrovias, dividido pelos Trem.Km transportados por cada concessionária, recalculados, respectivamente, por Ano e Concessionárias e a figura seguinte os mesmos números agora organizados da forma inversa por concessionária e ano.

**Figura 12 - Óbitos por Concessionária por "Trem.Km" - 2007 a 2018**

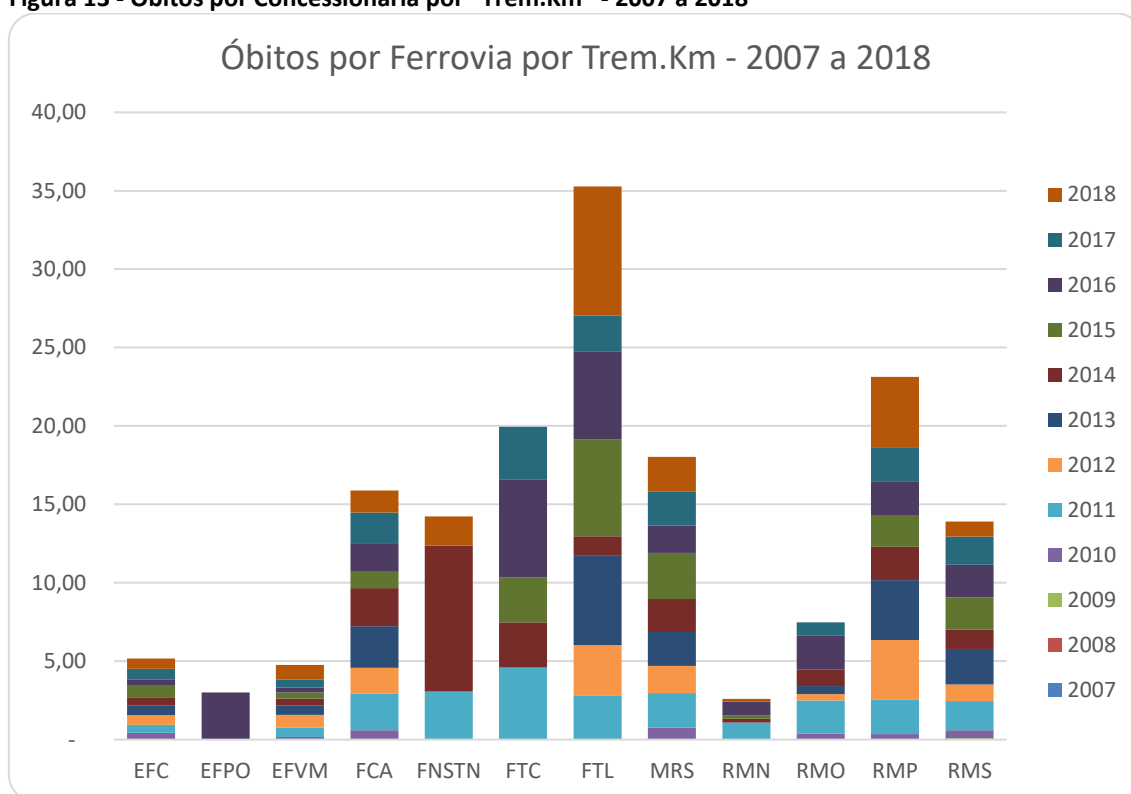


Fonte: ANTT (2019)

O gráfico anterior deixa claro que os maiores indicadores de mortes podem ter sido influenciados pela queda nos indicadores do ano de 2016 (observe que este Trem.Km foi menor em 10% - vide Figura 13). Este fato, porém, não se replica especialmente nos anos de 2014, 2011 e 2018, já que detêm os maiores valores acumulados.

Julga-se oportuno ressaltar ainda que fica de difícil identificação qual a hierarquia entre as concessionárias. Assim, os mesmos dados passarão a ser reorganizados percepção na figura a seguir.

**Figura 13 - Óbitos por Concessionária por “Trem.Km” - 2007 a 2018**



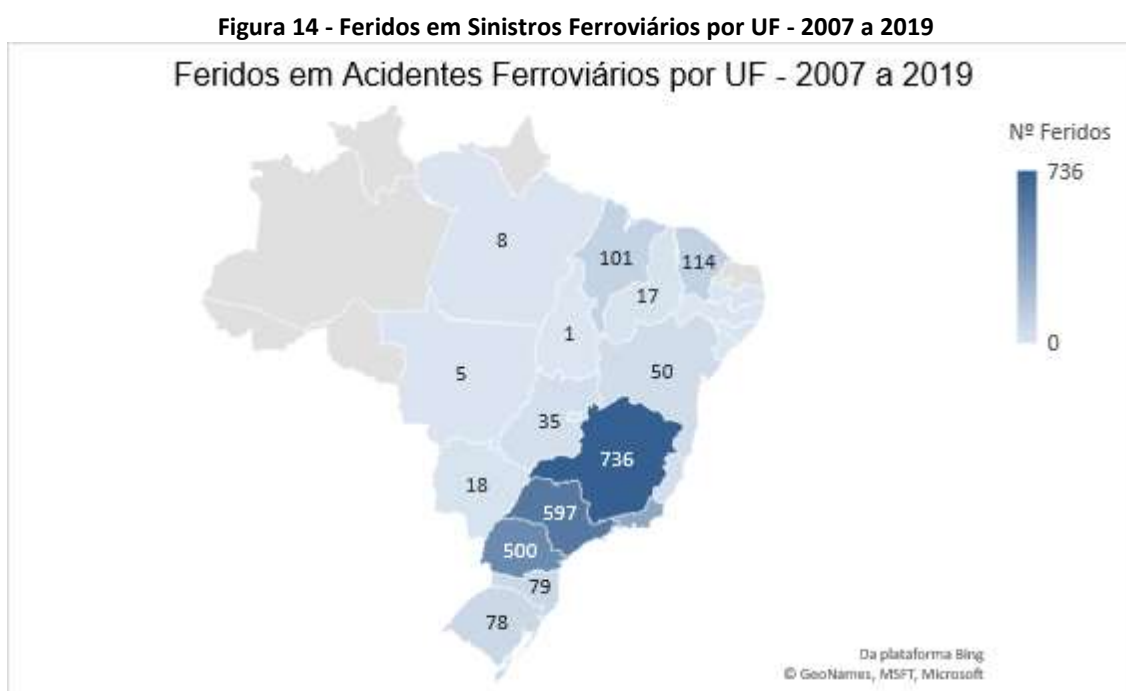
Fonte: ANTT (2019)

A figura anterior deve ser comparada com a figura 13 de forma a se perceber que diferentes números podem levar a diferentes análises que muitas vezes podem não contribuir de forma efetiva, eficaz e eficiente na solução esperada para redução das mortes em ferrovias. Miguel (2019), cita que se pode afirmar que as concessionárias RMP e RMN têm o mesmo padrão de manutenção, uma vez que ambas são administradas pela Rumo e formam o corredor Rondonópolis-Santos. Porém, a RMN não passa por perímetros urbanos, o que explica os baixos números de óbitos e feridos.

As concessionárias FTC e EFPO têm as menores malhas (162 km e 249 km, respectivamente) e, conseqüentemente, baixos valores de trem.km. Assim, um evento pontual pode alterar significativamente a série histórica.

#### 4.1.1.b Análise dos dados relativos aos Sinistros com Feridos em Ferrovias

Em continuidade à análise realizada para os sinistros fatais, será feito idêntico tratamento dos dados relacionados aos sinistros com feridos em sinistros nas ferrovias brasileiras no mesmo período. Da estratificação dos dados da base de dados da ANTT (2019) observa-se que no período de 2007 a 2019, foi a seguinte a distribuição dos sinistros ferroviários, por Unidades da Federação (UF).



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

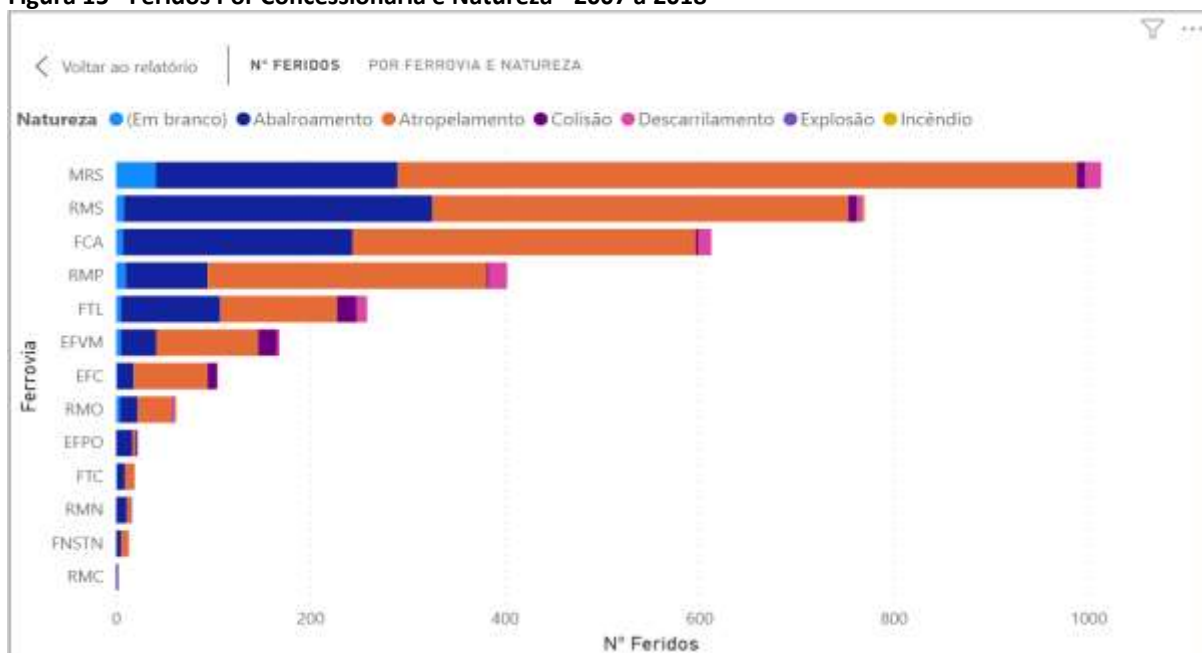
De forma similar ao que foi analisado para os casos de sinistros com mortes, uma análise prematura dos dados da figura anterior nos levaria à conclusões precipitados pois seria normal pressupor que os estados com maiores populações e maiores densidades de malhas ferroviária, seriam proporcionalmente as com os mais elevados indicadores de sinistros, respectivamente:

- Minas Gerais – 736;
- São Paulo – 597;
- Paraná – 500; e
- Rio de Janeiro – 344;

Ou seja, a soma dos indicadores nestas quatro UF totalizam 2.177 Feridos (coincidentemente, novamente o mesmo percentual de cerca de 78% do total de todo o país).

É importante perceber uma “troca de posições” entre os estados de São Paulo e Minas, em relação à comparação anterior sobre mortes. Da mesma forma como feito anteriormente, para se evitar uma análise distorcida estes dados serão abertos a partir da Concessionária, representado na figura a seguir.

**Figura 15 - Feridos Por Concessionária e Natureza - 2007 a 2018**

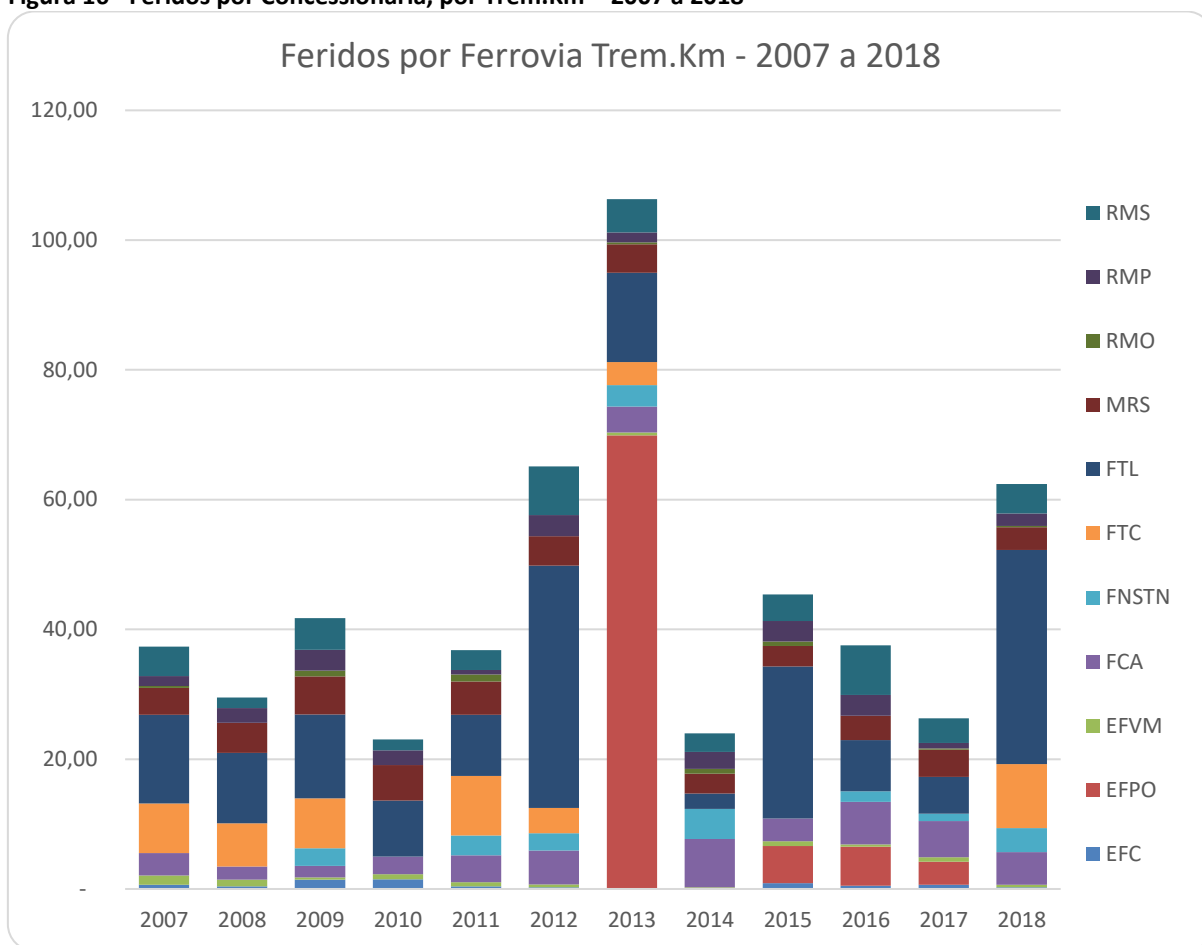


Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

Coerentemente agora e ao contrário do ocorreu no caso dos óbitos analisados anteriormente, a Concessionária com maiores índices de Óbitos opera em Minas Gerais. Ressalta-se que novamente seria precipitada qualquer tentativa de conclusão somente pelos dados analisados até o momento, principalmente porque, como já foi dito, a MRS não transporta passageiros. Assim, volta-se a analisar os dados sob o prisma do volume de carga transportada por cada concessionário.

Replicando o que já foi feito com os dados dos óbitos, as figuras a seguir apresentam esses novos indicadores anuais de feridos em ferrovias, divididos pelos Trem.Km transportados por cada concessionária, recalculados, respectivamente, por Ano e Concessionárias e a figura seguinte os mesmos números agora organizados da forma inversa por Concessionária e Ano.

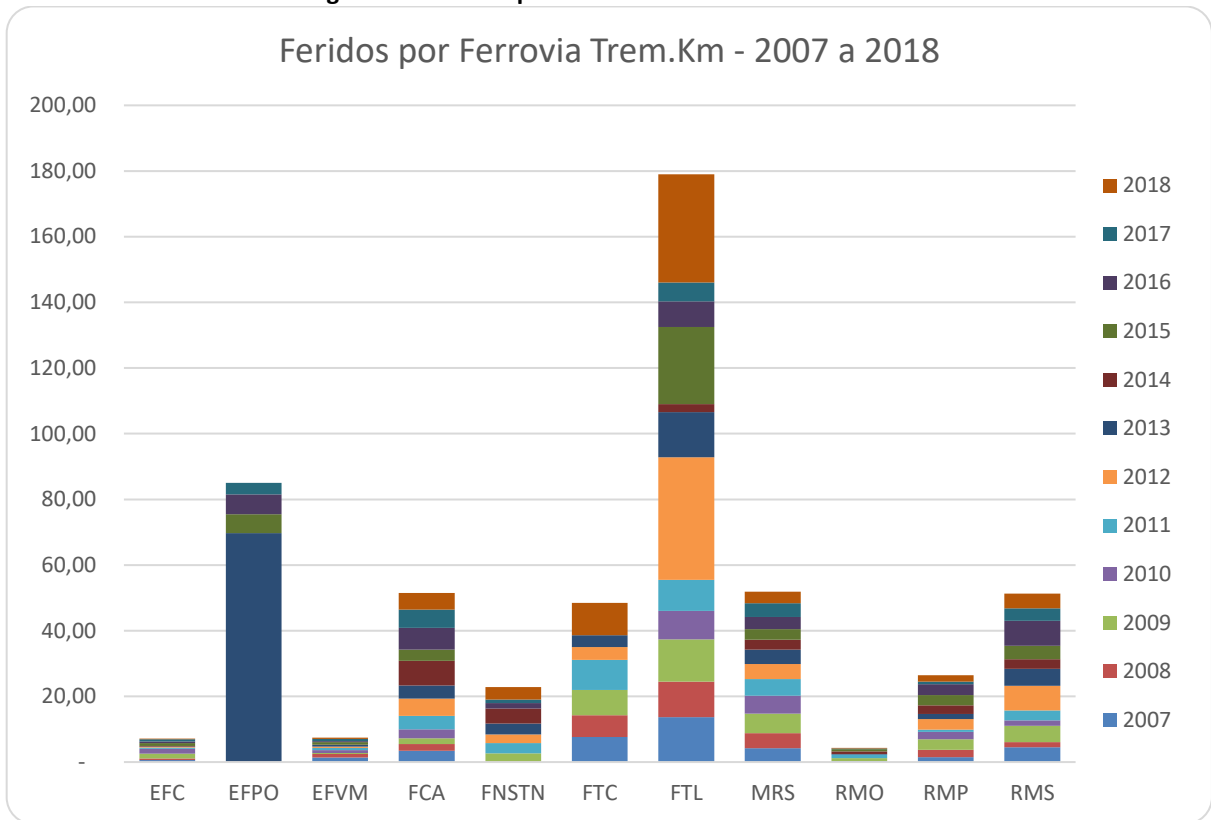
Figura 16 - Feridos por Concessionária, por Trem.Km – 2007 a 2018



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

A mesma forma que já analisado em relação aos óbitos, o gráfico anterior deixa claro que os maiores indicadores de feridos não foram ter sido influenciados pela queda nos indicadores do ano de 2016 (vide Figura 17). Este fato, demonstra que especialmente no ano de 2013 houve um grande número de feridos em sinistros registrados, especialmente influenciados pelas ocorrências na EFPO em 2013 e em 2012, 2015 e 2018 pelas ocorrências na FTL. Haja vista a dificuldade em perceber a hierarquização entre as concessionárias, julga-se oportuno rerepresentar os mesmos dados na figura a seguir:

**Figura 17 - Feridos por Ferrovia Trem.Km - 2007 a 2018**



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

Da a análise dos dados da figura anterior, percebe-se que da mesma forma que já foi observado no caso dos sinistros com óbitos, continua válida a observação de Miguel (2019), sobre os números da EFPO em 2013, forma diretamente influenciados pelo abalroamento de um ônibus que resultou em 17 feridos.

#### 4.1.2 Análise dos fatores relacionados aos Sinistros em Ferrovias

Da análise dos dados de sinistros ferroviários ocorridos no período de 2007 a 2018, é possível quantificar número de trens envolvidos nos sinistros a partir da natureza de seu acidente. A figura a seguir segmenta estes dados.



Figura 18 - Quantidade de trens envolvidos em sinistros por natureza - 2007 a 2018



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

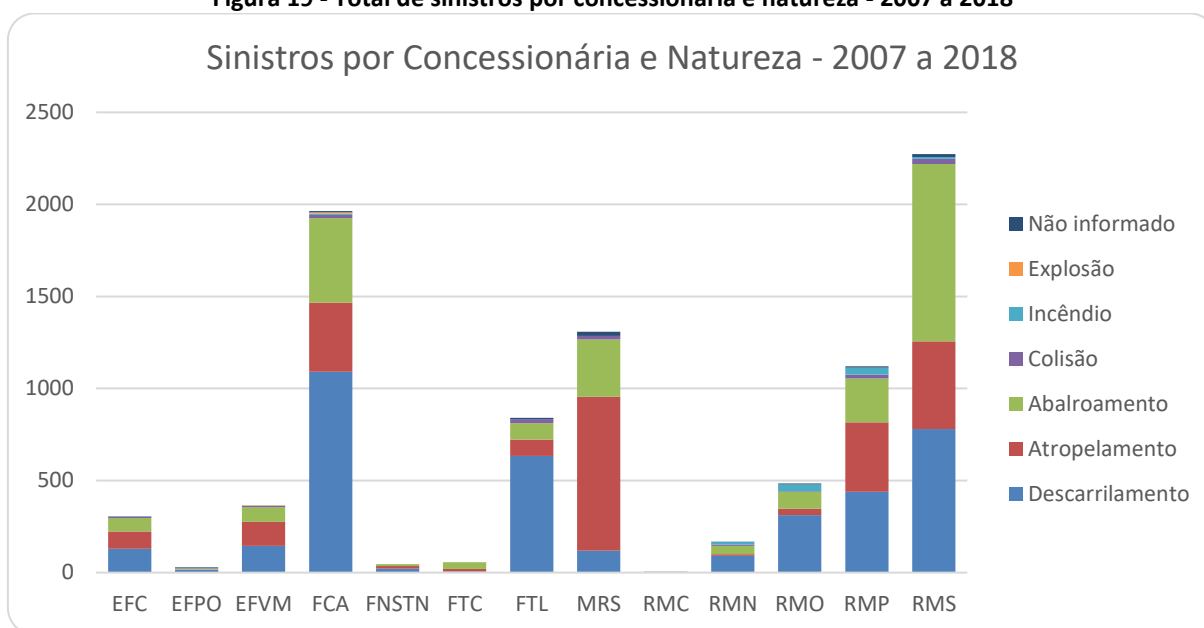
Pela figura acima é fácil perceber a participação majoritária de três naturezas de sinistros:

- O Descarrilamento que responde por 3.789 ocorrências (42%),
- O Atropelamento – 2.452 ocorrências (27%); e
- O Abalroamento – 2.439 ocorrências (27%).

Essas três naturezas respondem por cerca de 96% de toda ocorrência no período analisado, razão pela qual deverão ser prioritariamente analisadas no presente trabalho, com uma maior profundidade.

Desta forma as primeiras análises estarão associadas aos dados totalizados no período, por natureza dos sinistros e associados à Concessionária, conforme figura a seguir.

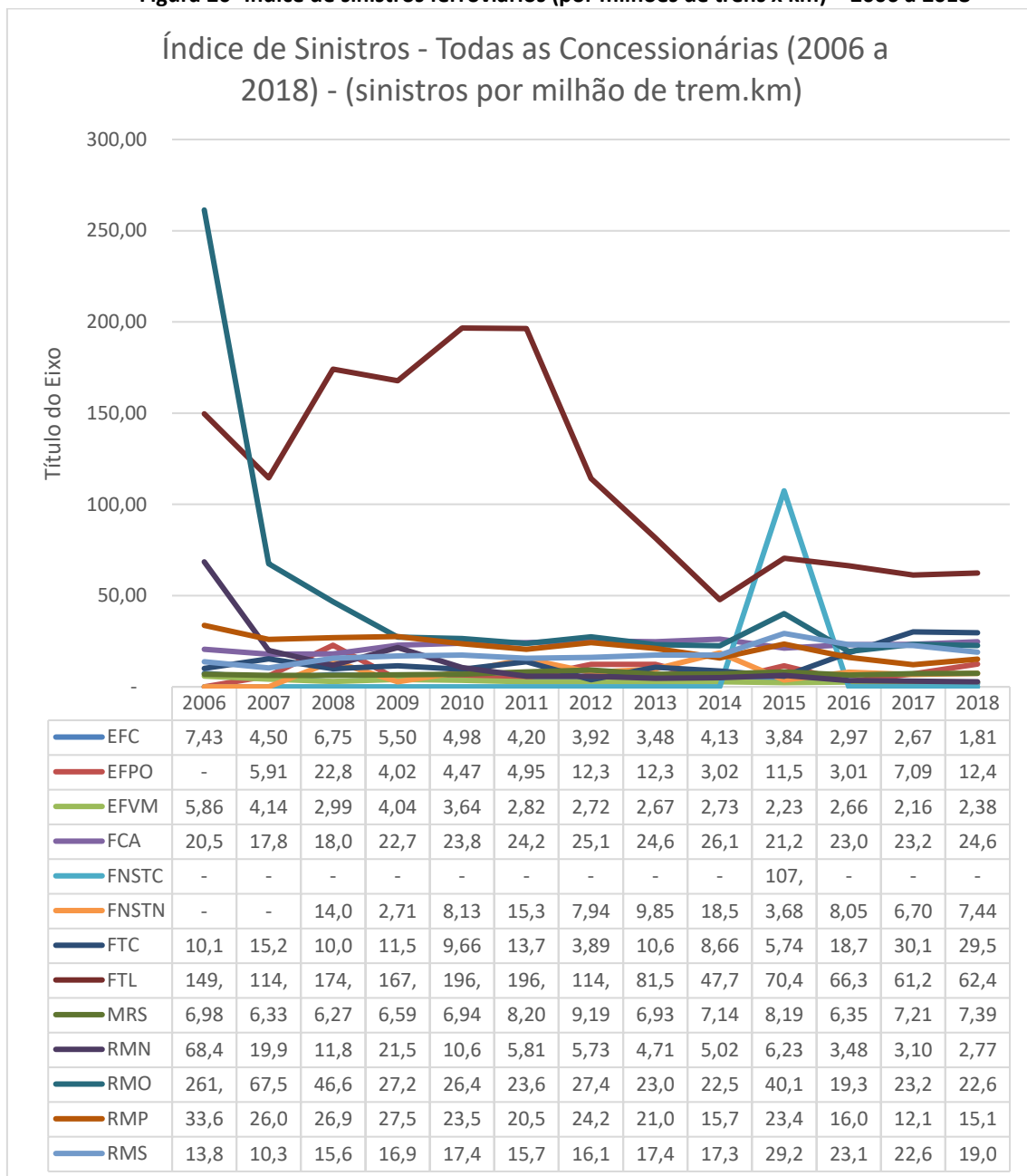
**Figura 19 - Total de sinistros por concessionária e natureza - 2007 a 2018**



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

Antes de qualquer análise ou comentário os números serão ajustados ao indicador Trem.km, conforme a figura a seguir.

**Figura 20- Índice de sinistros ferroviários (por milhões de trens x km) – 2006 a 2018**

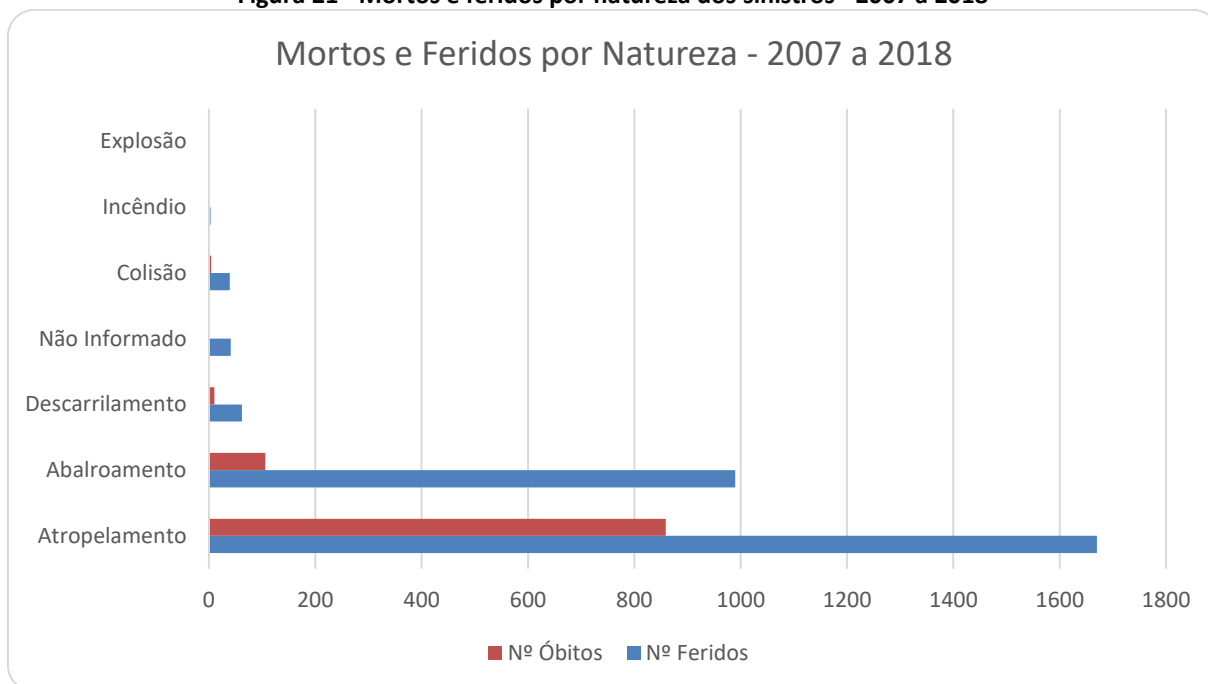


Fonte: ANTT (2019). Adaptado pelo autor

De forma inequívoca, a partir da figura anterior, pode-se afirmar que a Concessionária FTL vem destoando em seus indicadores em relação à demais.

Julga-se relevante, pois é o objetivo do presente estudo, identificar as ocorrências associadas aos óbitos e feridos. Assim, os dados foram trabalhados e reorganizados para esta finalidade e são apresentados na figura a seguir.

**Figura 21 - Mortos e feridos por natureza dos sinistros - 2007 a 2018**



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor

Julga-se extremamente importante realçar que as maiores ocorrências de mortes e feridos nas ferrovias brasileiras estão relacionadas principalmente aos atropelamentos seguidos dos abalroamentos.

#### **4.1.3 Fatores relacionados às comunidades próximas às vias permanentes das Ferrovias no Brasil**

Segundo a MRS (2019), a principal causa dos atropelamentos e abalroamentos chega até a ferrovia por um componente externo: a imprudência. Combater esta causa continua sendo um desafio não só para a MRS, mas para todas as concessionárias do setor. As ações adotadas pela companhia, até hoje, têm surtido efeito, mas ainda estão aquém das expectativas.

O trabalho efetuado pela MRS, efetuou o levantamento de 15 mil km de ferrovias (somente os 17 corredores ferroviários); atingindo 16 estados e 596 municípios. Foram levantados 5.609 cruzamentos e foram identificadas 355 invasões. Como resultado prático o trabalho pretende solucionar conflitos em 692 cruzamentos em 186 municípios através de 217 empreendimentos com gastos estimados de cerca de 7 bilhões de reais previstos para inclusão nos próximos PPAs.

Como resultado foi elaborada a “Proposta Final de Priorização das Intervenções” do Relatório Executivo, onde estão listadas as intervenções com obras nos locais críticos indicadas pelo Programa como contornos ferroviários, variantes ferroviárias, passagens superiores e soluções integradas sugeridas pelo PROSEFER. Os estudos têm o objetivo de subsidiar o DNIT criando um cronograma de prioridades visando à otimização do conjunto de soluções voltado para adequação da capacidade dos corredores da malha ferroviária, para o incremento da produção do transporte ferroviário e voltado para o ganho social das populações urbanas nas áreas atingidas pelos corredores.

Para isso, desenvolveu-se o “Índice de Priorização PROSEFER – IPP”, a proposta deste indicador é de classificar as propostas de intervenções para cada cruzamento ferroviário crítico. O IPP está sendo utilizado para priorizar as intervenções nos cruzamentos em nível críticos, como transposições, vedações e passarelas de pedestres, além de contornos e variantes ferroviárias, cabendo ao Ministério dos Transportes em ação conjunta com a ANTT, DNIT, Estados e Municípios, decidir sobre a realização desses investimentos, quando patente o interesse público. A tabela a seguir consolida os parâmetros utilizados na elaboração dos IPP.

**Tabela 3 - Resultado das consolidações de parâmetros para elaboração dos IPP.**

ÁREA	Peso Área	ITEM	Peso Item
Potencialidade de acidente	40,62%	<b>Grau de importância total</b>	31,02%
		Transporte de passageiro	26,40%
		Transporte produto perigoso	24,13%
		Invasões	18,46%
Mobilidade urbana	23,00%	Nº de PNs' eliminadas	30,50%
		Hierarquia do centro urbano	25,01%
		<b>Tempo de obstrução</b>	31,83%
		Pátios e instalações ferroviários	12,66%
Operação ferroviária	18,73%	Taxa de ocupação da linha	26,60%
		Carga transportada	17,27%
		<b>Velocidade média comercial - VMC</b>	27,93%
		Curva - ferroviária	15,06%
		Rampa - ferroviária	13,14%
Avaliação Estratégica	17,65%	Custo de implantação	15,74%
		Complexidade da Solução indicada	12,79%
		Análise de sensibilidade relação B/C	23,16%
		<b>Ganho operacional potencial</b>	27,61%
		Fase de implantação do empreendimento	11,19%
		Distância do porto	9,51%

Fonte: ANTT (2019)

Pela tabela anterior é possível observar o grau de relevância adotado pela ANTT no tocante a potencialidade dos sinistros nas decisões sobre as melhorias a serem introduzidas nos trechos ferroviários, sem deixar de avaliar aspectos relevantes como a mobilidade urbana, operação ferroviária e a avaliação estratégica dos ganhos resultantes.

#### **4.1.4 Fatores relacionados às vias permanentes das Ferrovias no Brasil**

Segundo Castro *et al.* (2019), 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.

Segundo a CANADIAN PACIFIC RAIL SYSTEM (1996), os seguintes parâmetros definem a geometria da Via Permanente:

- Bitola,
- Nivelamento Longitudinal e Transversal,
- Alinhamento,
- Empeno e
- Superelevação.

A ABNT (2016), fez a classificação das vias a partir da fixação dos parâmetros de segurança com vistas a serem evitados os descarrilamentos nas ferrovias brasileiras. RODRIGUES (2001) define que a análise do estado das condições da via deve ser feita a partir da comparação “in loco” dos parâmetros, medidos com valores e tolerâncias estabelecidas no projeto através de métodos indiretos ou diretos. No mesmo trabalho, definiu

- Métodos indiretos, como aquele que fazem o uso de aparelhos como os acelerômetros ou rodeiros instrumentados.
  - Acelerômetros são dispositivos instalados nos veículos com a finalidade de efetuar as medições das acelerações verticais, transversais e longitudinais em relação à via, obtendo como resultados o índice de conforto e índice de segurança operacional (RODRIGUES, 2005).
  - 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).
- Métodos diretos consiste em utilizar um veículo (de avaliação) para correr a via efetuando dinamicamente a medição de 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).

É importante perceber que os dados gerados pelos dois métodos são eficazes para os diagnósticos de manutenção corretiva das vias a partir discrepâncias observadas nos principais parâmetros de geometria, mas se não forem tratados por ferramentas de causa e efeito, por exemplo, para o ataque das causas raiz, se tornam de difícil gestão e

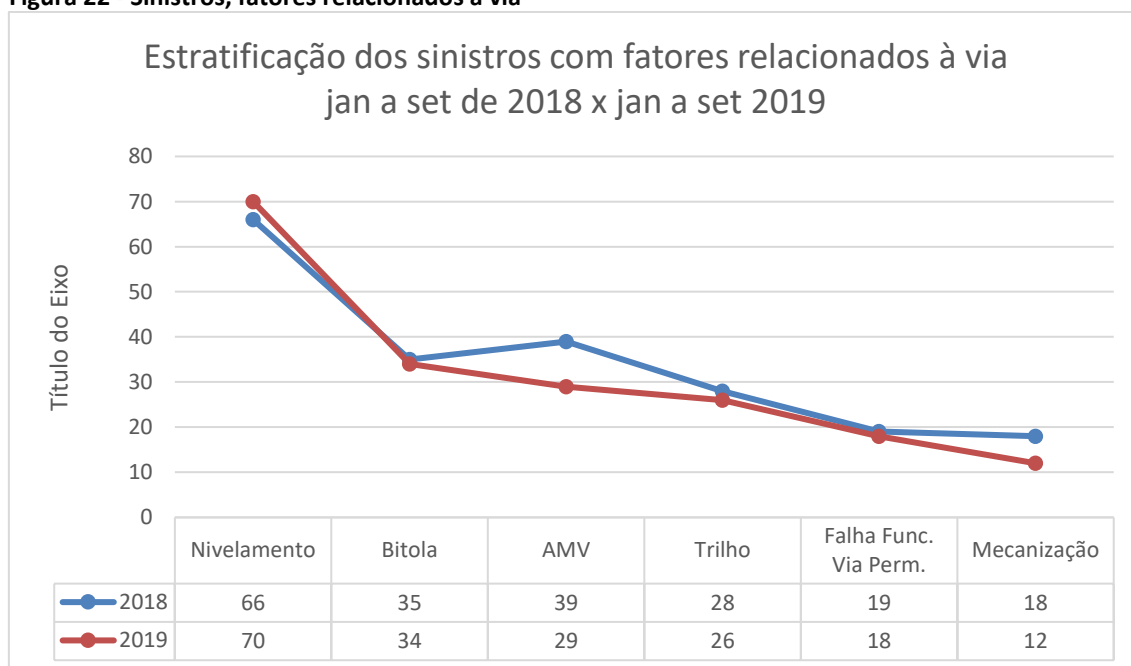
consequentemente de alto risco de sinistros em caso de falhas ou retardo das rotinas de medição. Além disso julga-se oportuno comentar que muitas vezes as inspeções visuais são fundamentais para observação do estado principalmente dos trilhos e dormentes.

Nas situações envolvendo os trilhos, é necessário o uso de aparelhos de ultrassonografia além de equipamentos de medida dos desgastes 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.

No caso da inspeção em dormentes, as inspeções manuais (a pé por toda a extensão da via, dormente por dormente) ainda são as que predominam no cenário mundial, e são feitas a cada ano, apesar do avanço de algumas tecnologias em desenvolvimento. Tal inspeção se justifica, principalmente pelo fato de que “falhas” em dormentes tem se apresentado como fatores preponderantes nos relatórios de sinistros ferroviários. Assim, esta inspeção vem se mostrando como a única ferramenta que assegura, com boa margem de segurança, o real estado dos dormentes das vias. Dados informais obtidos junto à segmentos de manutenção de vias, asseguram que a manutenção e troca de dormentes tem se mostrado como o segundo maior custo, dentro do orçamento anual de manutenção dessas operadoras.

A figura a seguir busca prosseguir o detalhamento dos dados anteriormente apresentados.

**Figura 22 - Sinistros, fatores relacionados à via**



Fonte: ANTT (2019), adaptado pelo autor



Julga-se oportuno observar que em que pese os relatórios de sinistros em vias permanentes, por vezes reportarem como fatores primários aspectos como nivelamento, bitola, trilho ou nivelamento, por exemplo, na verdade a origem comum destas falhas normalmente estão associadas ao estado de degradação dos dormentes uma vez que se trata de componente à higidéz e a bitola associada à sua degradação que não garante a manutenção da distância padronizada entre os trilhos, o que invariavelmente concorre para a ocorrência de descarrilamentos das composições.

## **4.2 BENCHMARKING REALIZADO**

### **4.2.1 Sinistros Industriais Relevantes**

Como cita no capítulo 2, a gestão de riscos é uma disciplina primordial para o entendimento de que as atividades industriais têm, inerentes a sua atividade, potenciais ocorrências de sinistros pessoais ou materiais. A palavra-chave nesse contexto é o reconhecimento desses riscos e seu pleno gerenciamento no dia a dia das operações.

Como nos mostra a história, as grandes catástrofes industriais levam a grandes transformações nos processos em que ocorrem esses eventos. A própria ISO 31.000, que trata do gerenciamento de riscos, nasceu após o acidente de Bhopal, na Índia.

As duas maiores catástrofes industriais do Brasil, como já visto no capítulo 2, foram o rompimento das barragens em Mariana (Samarco S.A) e em Brumadinho (Vale S.A), que deixaram vários impactos ambientais, sociais e financeiros irreparáveis.

Segundo a Samarco S.A, o rompimento teve 19 vítimas fatais. Todos os esforços de resgate foram realizados e a empresa prestou apoio às famílias das vítimas. No rompimento, 32,6 milhões de metros cúbicos de rejeitos saíram da estrutura e chegaram à barragem de Santarém, que reteve grande parte desse volume. O restante do material atingiu Bento Rodrigues, distrito do município de Mariana, a oito quilômetros de distância de Fundão. Em seguida, os rejeitos alcançaram os rios Gualaxo do Norte, impactando a cidade de Barra Longa, e depois atingiram o rio Doce. Chegando à Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, também conhecida como candonga, parte dos rejeitos ficou contida no barramento e na área de seu reservatório. Cerca de 10 milhões de metros cúbicos foram carregados além dos limites do reservatório de candonga e se diluíram ao longo do Rio Doce, até chegar ao distrito de

Regência, no município de Linhares, no litoral do Espírito Santo. Ao todo, 39 municípios de Minas Gerais e do Espírito Santo foram afetados pelo rompimento. Esse foi o maior acidente industrial ambiental da história do Brasil.

**Figura 23 - Distrito de Bento Rodrigues após o desastre de Mariana**



Fonte: Exame (2016)

Já o rompimento de barragem em Brumadinho foi o maior acidente de trabalho no Brasil em perda de vidas humanas e o segundo maior desastre industrial do século. Foi um dos maiores desastres ambientais da mineração do país, depois do rompimento de barragem em Mariana.

A barragem de rejeitos denominada barragem da Mina Córrego do Feijão, controlada pela Vale S.A., era classificada como de "baixo risco" e "alto potencial de danos" pela empresa. O desastre industrial, humanitário e ambiental causou a morte de 259 pessoas e o desaparecimento de outras 11. A tragédia fez com que o Brasil se tornasse o país com o maior número de mortes neste tipo de acidente. A barragem ao romper-se formou ondas gigantes de rejeitos, que avançaram em direção das instalações industriais, veículos, casas, árvores, animais e pessoas. Imagens captadas por câmeras instaladas no local mostraram o momento do rompimento e calcula-se que a velocidade da lama alcançou cerca de oitenta quilômetros por hora, sendo que à medida que os rejeitos se deslocavam, foram perdendo velocidade.

Uma das falhas fatais foram as sirenes de segurança, que deveriam ter sido acionadas para alertar funcionários e moradores, acabou não tocando. Entretanto, no caso da Mina de

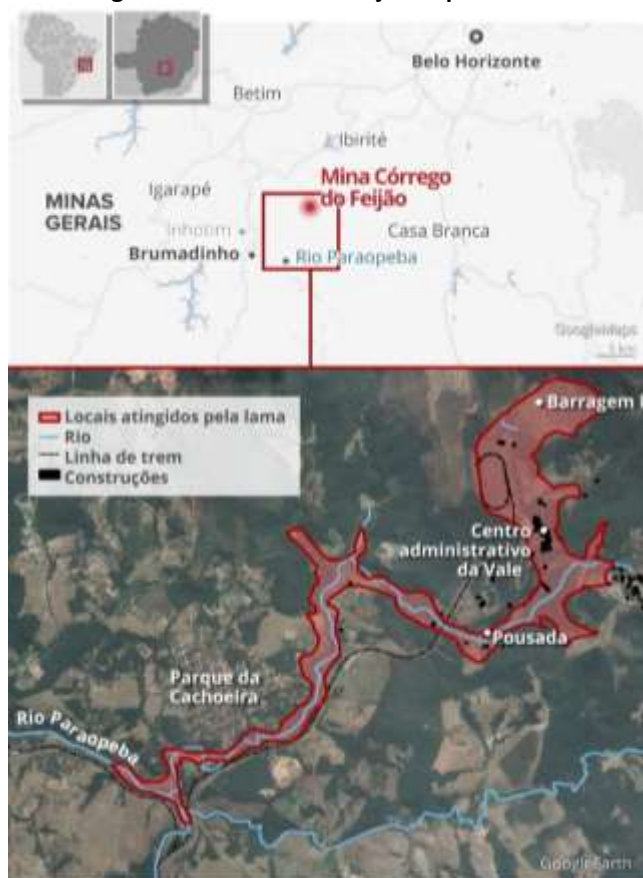
Feijão, devido à proximidade entre a barragem 1, o refeitório e a área administrativa, mesmo com sirenes dificilmente os funcionários da Vale iriam conseguir se salvar.

**Figura 24 - Imagem a esquerda mostra a barragem antes do rompimento; à direita, a barragem após o incidente**



Fonte: G1.Globo (2019)

Figura 25 - Caminho do rejeito após evento



Fonte: G1.Globo (2019)

Nos dois eventos brasileiros citado, fica perceptível pelas informações disponíveis que um sistema de gerenciamento de riscos poderia ter evitado esses eventos.

#### 4.3 Estudos de Casos e Benchmark

##### 4.3.1 Estudo de Caso sobre o Material Rodante da Estrada de Ferro Carajás – EFC

A EFC, é uma ferrovia diagonal brasileira com 972 km de extensão em bitola larga. Liga 3 grandes terminais de carregamento no Pará: Serra Leste, Serra Sul e Serra Norte, ao Terminal Portuário de Ponta da Madeira em São Luís, no Maranhão. As minas de Carajás é o maior complexo de minas a céu aberto do planeta.

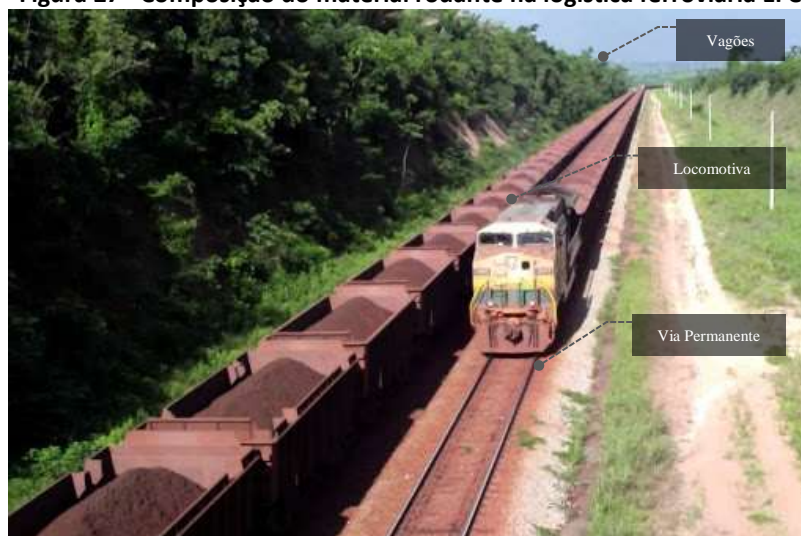
Figura 26 - Layout da Ferrovia Estrada de Ferro Carajás



Fonte: VALE (2016)

Especificamente para a logística do minério de ferro acontecer entre o ponto de carregamento na mina e o ponto de carregamento em navios, são utilizadas composições ferroviárias formadas por vagões e locomotivas, denominados material rodante, que utilizarão a Via Permanente para realizar o deslocamento do volume de minério de ferro que será exportado.

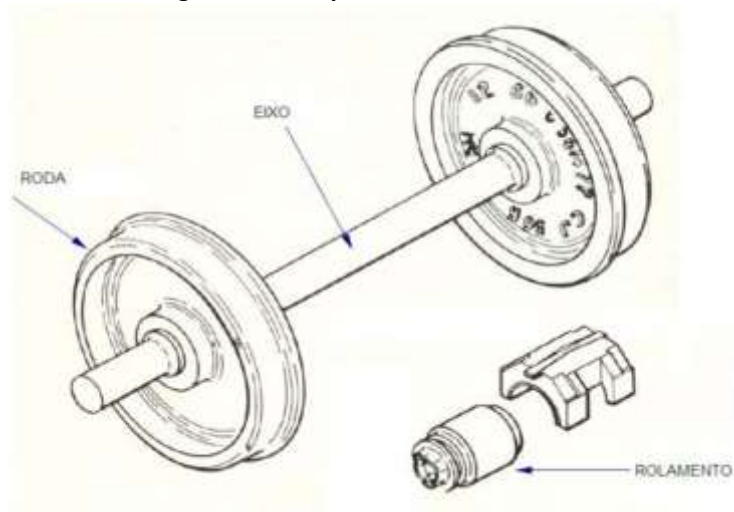
Figura 27 - Composição do material rodante na logística ferroviária EFC



Fonte: Revista Mineração (2018), adaptado pelo autor.

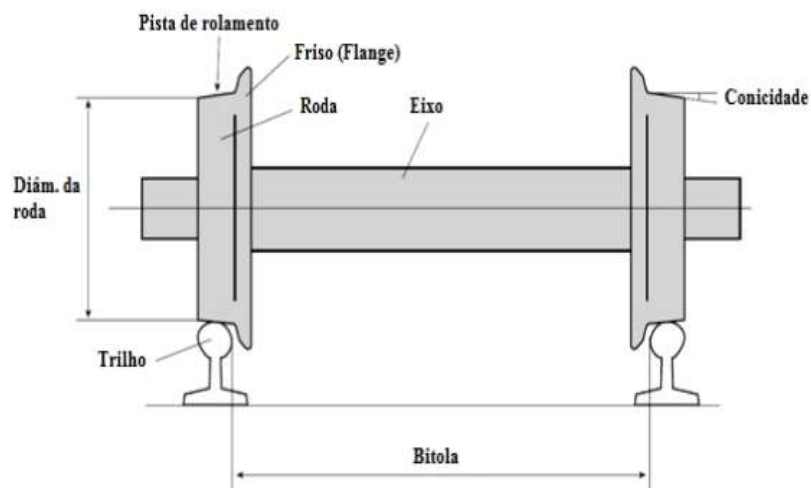
O elemento básico do veículo ferroviário é o rodeiro (*wheelset*), que consiste em duas rodas rígidas montadas em um eixo. Cada componente rodeiro é composto por um eixo, duas rodas e dois rolamentos, conforme ilustra a figura 29. Complementarmente, na figura 30, é possível observar características importantes da composição dos rodeiros ferroviários.

**Figura 29 - Componentes de um rodeiro**



Fonte: Rosa (2006)

**Figura 30 - Componentes de um rodeiro**



Fonte: AR (2006)

As rodas possuem perfil cônico e um flange para o lado de dentro dos trilhos. Um afastamento entre o flange e trilho previne que haja o contato em retas, o que evita um

desgaste maior do flange, além de diminuir a propensão ao descarrilamento. Os afastamentos ( $e_1$  e  $e_2$ ) entre o flange de cada roda e os trilhos podem ser observados na figura 31.

Figura 31 – Afastamento entre flange e trilho



Fonte: AR (2006).

O perfil cônico das rodas também fornece uma ação autocentrante com os eixos, movendo-se lateralmente com respeito à via. Sobre condições usuais de simetria e pequenos deslocamentos, evidencia-se que os graus de liberdade necessários para descrever os movimentos laterais do rodeiro são o deslocamento lateral (centroide do rodeiro) e ângulo *yaw* (sobre o eixo vertical perpendicular ao eixo no centroide). O rodeiro é conectado ao restante do veículo através do sistema de suspensão, o qual se opõe ao deslocamento lateral e ao movimento de ângulo de *yaw*.

Os rodeiros são montados sob truques ferroviários, figura 32 e 33. No Brasil, a maior parte dos vagões possui dois rodeiros por truque, já as locomotivas podem possuir dois, três ou quatro rodeiros por truque. Os veículos ferroviários mais convencionais usam truques de dois eixos. As configurações dos truques podem ser classificadas em três amplas categorias: truques de passageiros, truques de carga e truques de locomotivas, sendo foco desse estudo de caso os truques de carga da frota de minério de ferro.

As funções primordiais de um truque de veículo ferroviário são:

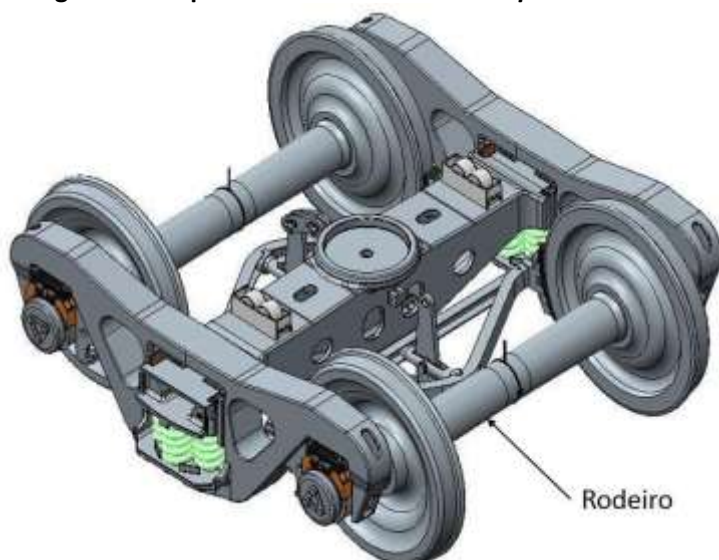
- I. Suportar com segurança o corpo do veículo sobre a cadeia inteira de operações.
- II. Fornecer orientação com operação estável em via tangente e flange livre em via curva.
- III. curva.
- IV. Fornecer isolamento aceitável, ao corpo do veículo, de vibrações provenientes das irregularidades da via.
- V. Fornecer adesão aceitável durante operações de potência e frenagem.

Figura 32 – Rodeiros montados sob o truque ferroviário



Fonte: Mauricio (2018)

Figura 33- Esquemático de rodeiro no *truque* ferroviário



Fonte: Arquivos Randon (2014)

O presente estudo de caso na EFC, tem foco na gestão do componente rodeiro dos vagões de minério de ferro. A frota de vagões de minério da EFC é composta por 80.168 rodeiros, onde cada desses componentes são compostos por variáveis críticas para o



desempenho seguro do transporte. Os rodeiros são o maior agrupamento de componentes que podem gerar um evento ferroviário indesejado, inclusive com múltiplas fatalidades ou impactos ambientais irreparáveis.

Na tabela 4 pode-se visualizar a composição da frota de material rodante da Estrada de Ferro Carajás e suas características.

**Tabela 4 – Material rodante EFC**

<b>Ativo Rodante</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Locomotivas	276	282	289	301	301
Vagões Minério	17954	19028	19342	20042	20042
Rodeiros Minério	71816	76112	77368	80168	80168
Rolamentos Minério	143632	152224	154736	160336	160336
Eixos Minério	71816	76112	77368	80168	80168

Fonte: VALE (2021)

O desempenho dos componentes do rodeiro tem ligação direta com o tema “contato roda-trilho”, que é um dos pontos críticos para a performance do custo dos trilhos e rodas ferroviários. Contudo, nesse contato estão presentes dezenas de variáveis que, além do desempenho do custo com materiais, são responsáveis diretos por eventos ferroviários.

#### **4.3.2 Benchmark Aluminum Company of America (Alcoa).**

CHARLES DUHIGG (2012) relata em seu livro “O Poder do Hábito” que a referida empresa passava por um momento financeiro delicado, com um índice de sinistros alto e com uma redução dos clientes de forma agressiva. Com base nestes resultados a diretoria da Alcoa sinalizou que era hora de mudar, buscando uma nova liderança. Desta forma o senhor Paul O’Neill foi convidado para ser o novo diretor executivo da empresa. Paul era um ex-burocrata do governo americano e não era muito conhecido no mercado financeiro de Wall Street.

Paul assumiu a diretoria executiva e em seu primeiro discurso disse: “Quero falar com vocês sobre segurança no trabalho. Todo ano, vários funcionários da Alcoa sofrem ferimentos tão graves que perdem um dia de trabalho. Nosso histórico de segurança é melhor do que a média da mão de obra americana, principalmente levando em conta que nossos empregados trabalham com metais a 1.500 graus e máquinas capazes de arrancar o braço de um homem.

Mas ainda não é suficiente. Pretendo fazer da Alcoa a empresa mais segura dos Estados Unidos. Minha meta é um índice zero de sinistros”.

Paul iniciaram seus trabalhos dentro da empresa, gerando um determinado espanto e desconfiança por parte do mercado financeiro e acionistas, visto que ele não relatou em nenhum momento aspectos financeiros, alavancagem de lucro e redução de custos.

Paul trouxe de forma bem direta para o público que o assistia que o seu principal desafio e objetivo era tornar a empresa mais segura e em menos de doze meses após o seu primeiro discurso, os lucros da Alcoa atingiram um resultado expressivo, batendo recorde. Durante o período que Paul liderou a empresa, o valor das ações multiplicou por cinco, sendo que ao mesmo tempo a Alcoa tornou-se uma das empresas mais seguras do mundo. Anteriormente a chegada de Paul quase todas as usinas da Alcoa registravam sinistros operacionais com uma frequência elevada, porém após a implantação do seu plano de trabalho este índice de sinistros reduziu de forma significativa.

O plano de trabalho do Paul consistia em que todo o acidente fosse apresentado diretamente a ele em até 24 horas pelo diretor da unidade, sendo que nesta apresentação deveria conter ações para garantir que este acidente não ocorresse mais nas operações, erradicando assim o risco e os sinistros. Pode-se observar que Paul criou dentro da empresa uma forma de *escalation* abrangendo toda a estrutura hierárquica da empresa, fazendo com que todos os líderes e empregados passassem dar a devida importância ao tema de segurança e que todos os empregados passassem a praticar suas atividades de forma mais segura.

Somado a este plano foi estabelecido uma recompensa de forma que as únicas pessoas que seriam promovidas eram aquelas que adotassem o plano de trabalho. Desta forma os diretores passaram a tratar o assunto de segurança como prioridade e começaram a cascatear esta prioridade para os gerentes, supervisores e equipe operacional. Foi construído um canal de comunicação no qual todos os empregados podiam levar ideias, sugestões e problemas para a liderança atuar na solução e tratativa, deixando assim o ambiente mais seguro. Paul chegou a dizer em um pronunciamento com os empregados: “Se a sua gerência não estiver atenta às questões de segurança, então liguem para minha casa, este é o meu número”. Nos dias que se seguiram, Paul relata: “os funcionários começaram a ligar, mas não queriam falar de sinistros, queriam falar sobre todas essas outras ideias ótimas”.

Paul acreditava que era necessário mudar os hábitos dos empregados, precisava fazer com que eles acreditassem que era importante atuar nas operações de forma segura.

No ano 2000 Paul foi convidado pelo presidente Bush para assumir o cargo de secretário da Fazenda e deixou a Alcoa. Dois anos depois deixou o cargo do Governo e passou a dedicar o seu tempo a ensinamentos em hospitais, focando na segurança de trabalhadores e hábitos que reduzem os índices de erros médicos. Paul faleceu no ano de 2020 em Pittsburgh, aos 84 anos, enquanto tratava de um câncer de pulmão.

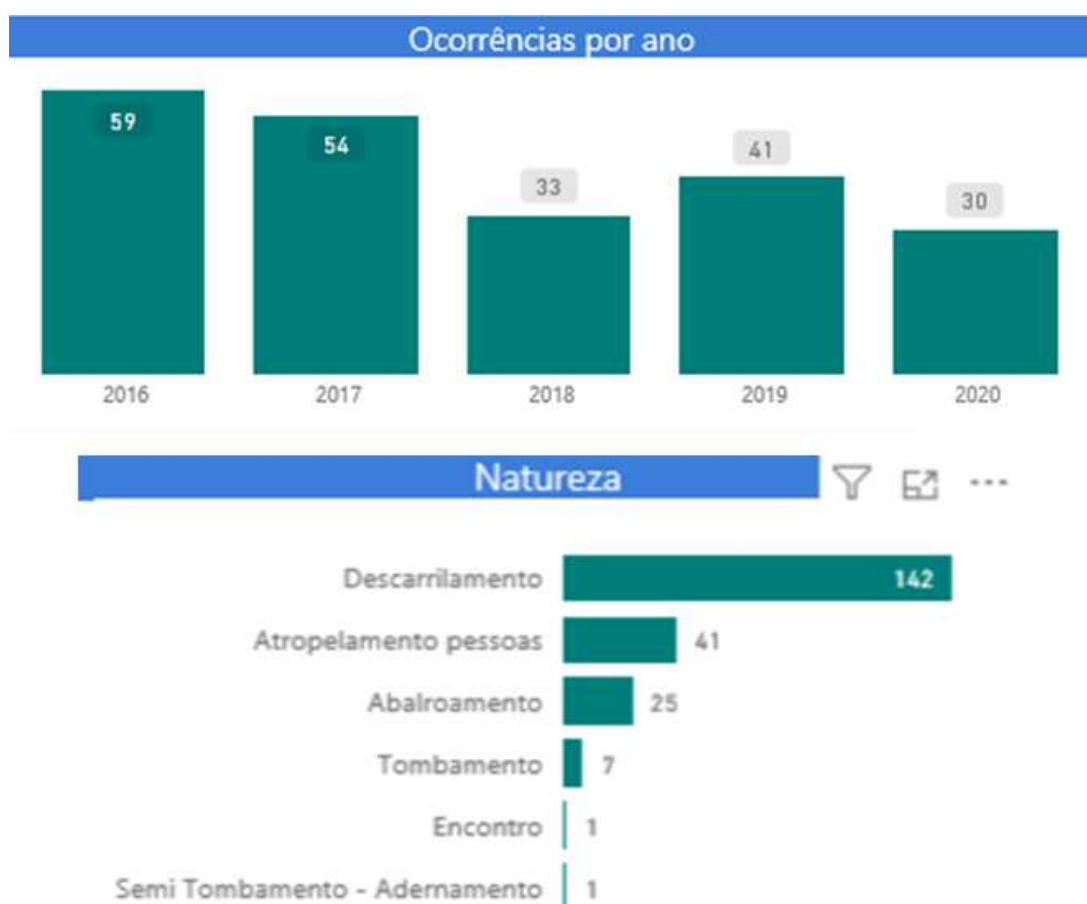
Na Alcoa, o legado de Paul continua vivo, mesmo na ausência dele, o índice de sinistros continua diminuindo. Em 2010, 82% das usinas da Alcoa não perderam um único dia de trabalho de um empregado devido a ferimentos, o que é quase um recorde histórico. Em média, há muito mais chances de um funcionário se ferir numa empresa de software, fazendo desenhos animados para um estúdio de cinema, ou calculando impostos como contador, do que lidando com alumínio fundido na Alcoa.

#### **4.4 A realidade atual da empresa Vale S.A**

Na figura a seguir apresenta-se o histórico das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa Vale S.A nos anos de 2016 a 2020. Tipos de ocorrências consideradas no gráfico: Descarrilamento; Abalroamento; Atropelamento; Adernamento; Tombamento e Esbarro.

Figura 34 - Histórico das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa nos anos de 2016 a 2020.

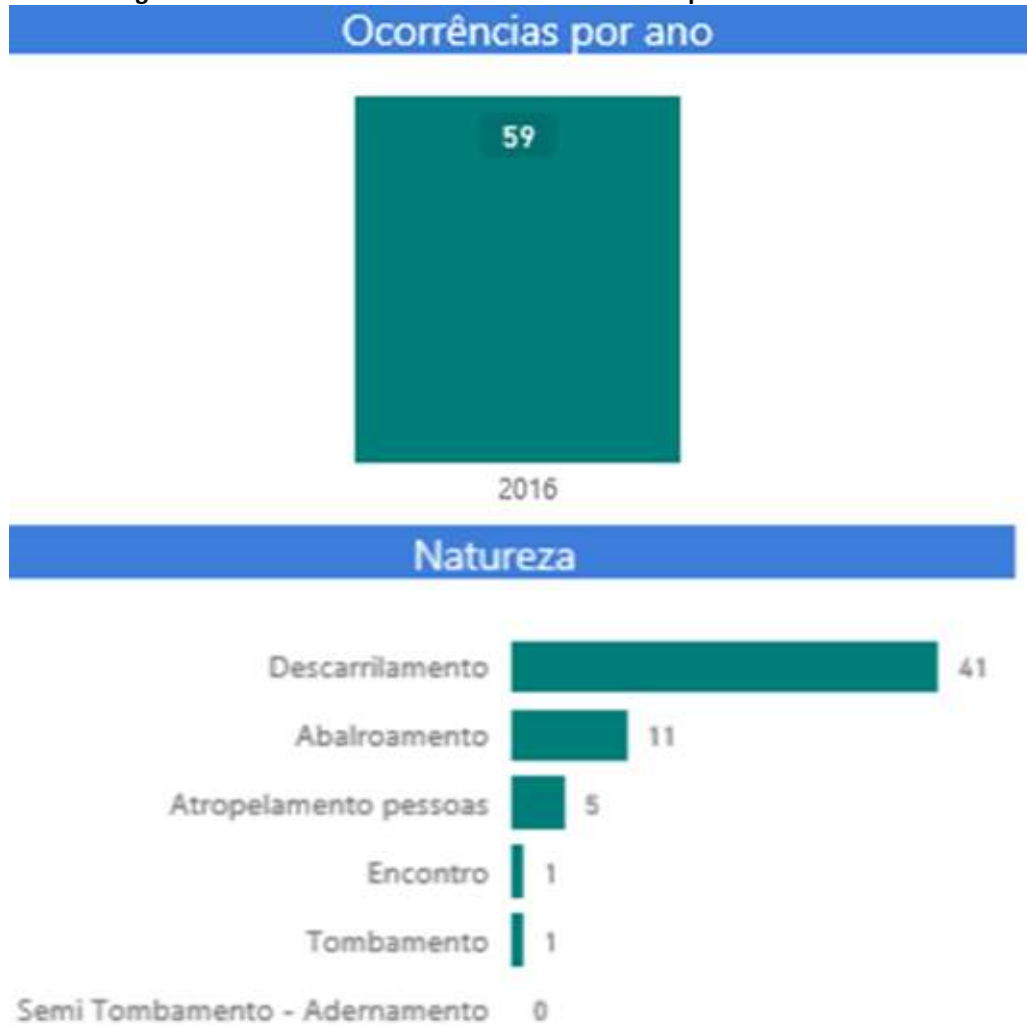
Fonte: Vale (2021)



Pode-se constatar que ao todo foram registradas 220 ocorrências neste período, sendo 21 com causas apuradas diretamente relacionadas a materiais rodantes. Estas 21 ocorrências correspondem a 9,5% das ocorrências registradas na empresa.

Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016.

Figura 28 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016



Fonte: Vale (2021)

Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2017.

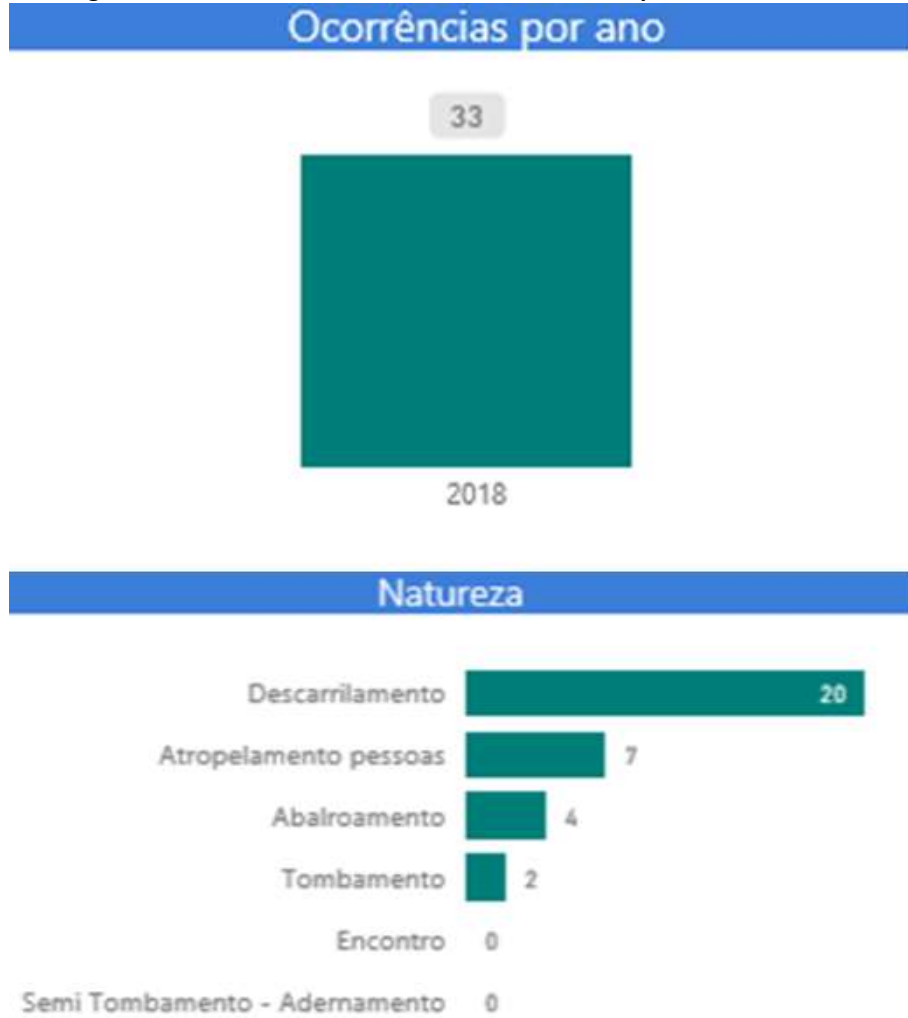
Figura 29 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2017



Fonte: Vale (2021)

Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2018.

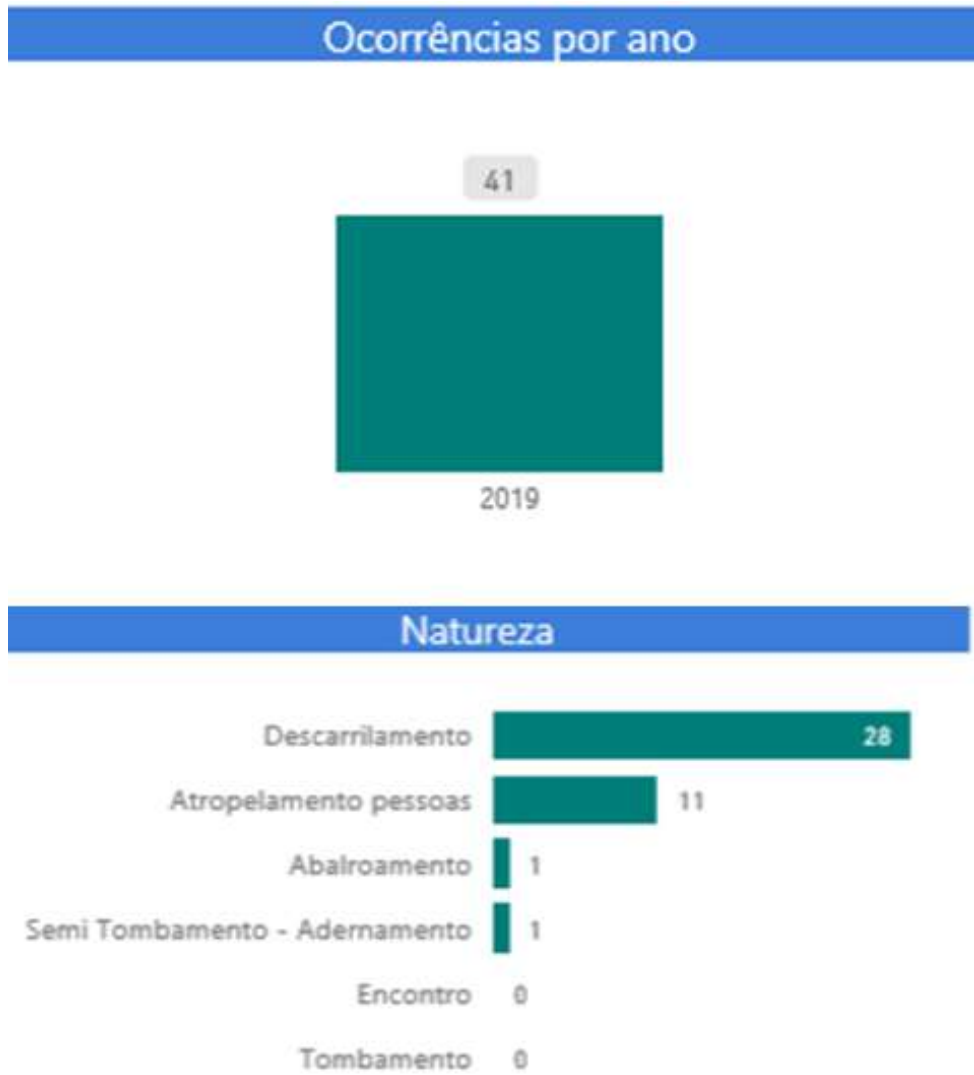
**Figura 37 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2018**



Fonte: Vale (2021)

Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2019.

Figura 38 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2019



Fonte: Vale (2021)



Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2020.

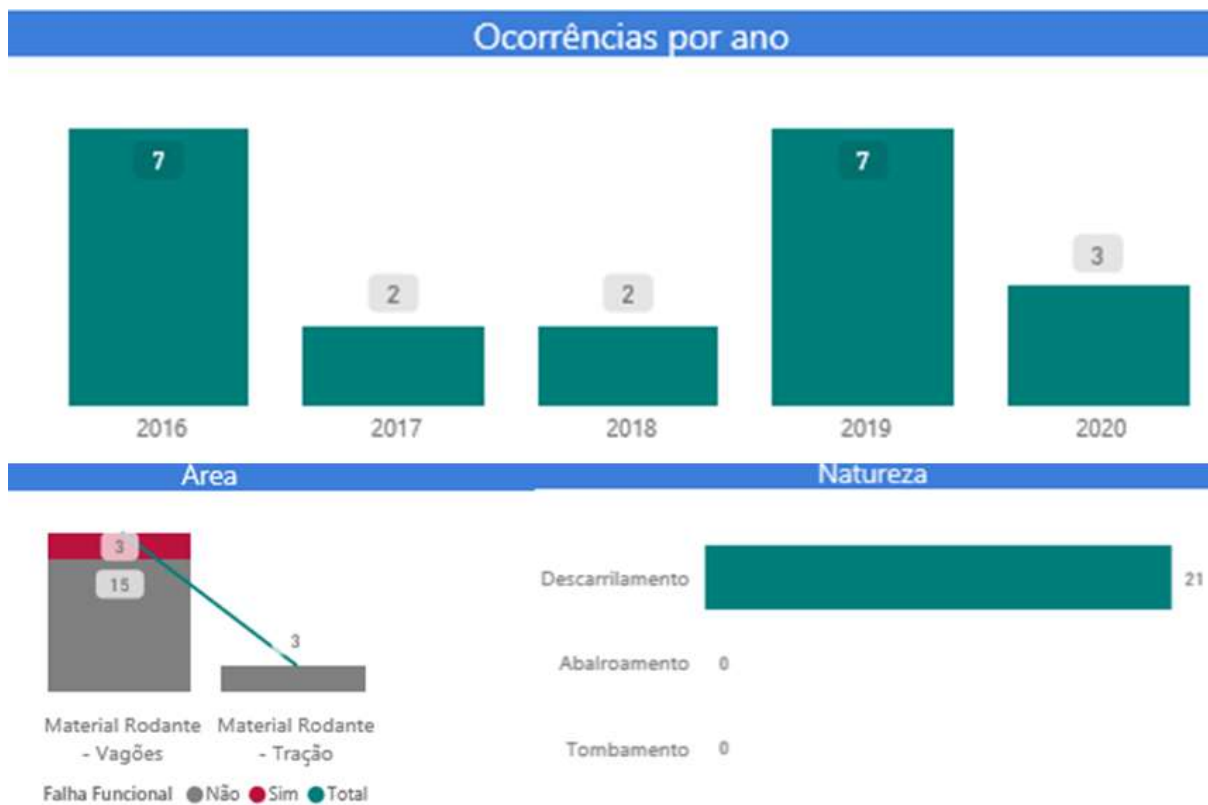


Fonte: Vale (2021)

Na figura a seguir apresenta-se a estratificação das ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016 a 2020, com causas apuradas diretamente relacionadas a materiais rodantes.

Pode-se constatar que ao todo foram registradas 21 ocorrências neste período, sendo 18 com falha funcional o que corresponde a 85,7% das ocorrências registradas.

**Figura 30 - Ocorrências ferroviárias ocorridas na empresa no ano de 2016 a 2020, com causas apuradas diretamente relacionadas a materiais rodantes.**



Fonte: Vale (2021)

Pode-se constatar que das 21 ocorrências, todas elas foram descarrilamento. Não foi registrado nenhum tombamento no período de 2016 a 2020 com causas apuradas diretamente relacionadas a materiais rodantes.

## 5 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Após o evento de Brumadinho, uma série de ações estruturantes, que vão desde a gestão de ativos, tendo como referência normas internacionais, até mudanças na estrutura organizacional, foram tomadas como resposta ao gerenciamento dessa crise e evolução dos processos de manutenção.

Essas mudanças não tinham somente as barragens como foco de todas essas ações de mudança. A empresa de maneira global e independente do tipo de ativo passaria por grandes mudanças gerando aprendizado para todos os negócios onde a Vale S.A atua.

O objetivo principal dessas ações é gerenciar os processos de desempenho da manutenção e operação, implementar um sólido processo de gestão de riscos do negócio, tendo como base a ISO 31.000, para reduzir ao máximo a probabilidade de novas ocorrências desse tipo, tão impactantes para a sociedade e sustentabilidade do negócio.

Dentre as diversas ações desenvolvidas e planejadas, e considerando o foco do trabalho, pode-se destacar como principais alavancas, que serão exploradas nesse trabalho:

- Revisão do modelo de gestão da produção (VPS – *Vale Production System*);
- Criação de procedimentos normativos para a gestão da manutenção e operação;
- Utilização de normas e legislações mais restritivas, seguras e de referência para os vários processos da companhia;
- Criação de indicadores de desempenho para controle e monitoramento do desempenho de manutenção dos ativos;
- Implantação e monitoramento do desempenho de ativos críticos;
- Criação de gatilhos automáticos, “escalation notice”, para acionar a hierarquia da empresa, inclusive o diretor presidente, quando existe algum ponto de atenção quanto ao desempenho do ativo.

Por se tratar de procedimentos normativos, as análises de viabilidade estarão descritas dentro dos subcapítulos a seguir.

### 5.1 Sistema Vale de Produção

O Modelo de Gestão Vale, conhecido como VPS, tem foco em resultados e prevê a implementação profunda e abrangente de políticas e práticas para viabilizar operações seguras e ambientalmente responsáveis e garantir a integridade dos nossos ativos.

O VPS é composto por 3 dimensões: Liderança, Técnico e Gestão, que possuem 17 elementos. Cada elemento deste guia apresenta os requisitos mínimos de conformidade.

Figura 31 - As três dimensões do VPS



Fonte: Vale 2020

### 5.1.1 Liderança

Conjunto de práticas esperadas para reforçar comportamentos-chave e moldar a cultura e a disciplina organizacional.

Os elementos da dimensão liderança estabelecem um conjunto de práticas de liderança esperadas para reforçar comportamentos-chave e moldar a cultura e a disciplina organizacional.

#### 5.1.1.a Comportamentos e compromisso da liderança;

Líderes praticam e promovem a vivência dos valores e dos comportamentos-chave em todas as suas interações, respeitando a legislação local, o código de conduta ética e as regras e requisitos internos

#### 5.1.1.b Gestão de pessoas;

Líderes são responsáveis por selecionar, treinar, desenvolver, reconhecer, reter e avaliar pessoas, promovendo o engajamento que gera alta performance.

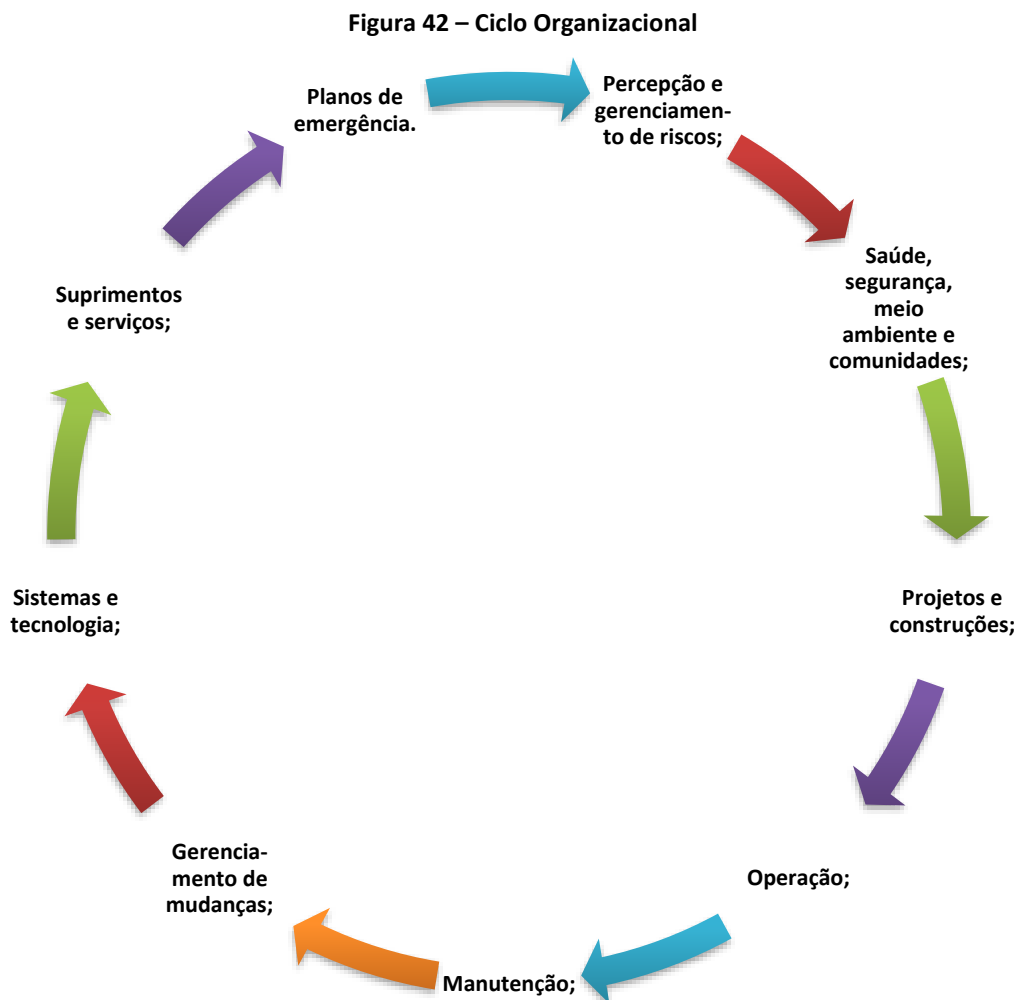
#### 5.1.1.c Desenho organizacional.

Líderes são responsáveis por garantir que a estrutura organizacional seja respeitada conforme diretrizes de desenho e dimensionamento, com escopo e responsabilidades das funções definidos para cumprir suas entregas com saúde, segurança e gestão de riscos.

### 5.1.2 Técnica

Políticas, diretrizes e requisitos de processos técnicos comuns para gerenciar ativos e lidar com riscos inerentes aos nossos negócios.

Os elementos técnicos estabelecem políticas, diretrizes e requisitos de processos técnicos comuns para gerenciar ativos e lidar com riscos inerentes aos nossos negócios.



Fonte: (2020), adaptado pelos autores

#### **5.1.2.a Percepção e gerenciamento de riscos;**

A Vale identifica perigos e gerência os riscos associados às suas atividades, por meio do modelo de *três linhas de defesa\**, evitando ou mitigando qualquer impacto potencial em toda a organização. Esses impactos estão relacionados à segurança, saúde, meio ambiente, sociedade, reputação ou direitos humanos.

A empresa busca implementar as melhores práticas de segurança das pessoas, direitos humanos e sustentabilidade empresarial para que sejam replicadas em toda a organização.

#### **5.1.2.b Saúde, segurança, meio ambiente e comunidades;**

A gestão de saúde, segurança, meio ambiente e comunidades considera os impactos, riscos e requisitos legais relacionados às atividades da Vale, e utiliza os critérios mais restritivos para assegurar a segurança, definindo medidas e controles de engenharia ou administrativos para nossos processos.

A empresa gerencia os impactos e os riscos que as operações oferecem às comunidades e promove um legado social positivo, suportada pelo relacionamento com partes interessadas e pautada pelo respeito aos direitos humanos.

#### **5.1.2.c Projetos e construções;**

A Vale desenvolve e executa projetos e construções de acordo com uma metodologia que engloba processos técnicos e de negócio, e alcança, por meio de uma abordagem multidisciplinar, operações seguras, previsibilidade e competitividade.

#### **5.1.2.d Operação;**

A Vale opera suas instalações dentro de padrões, parâmetros, normas e requisitos legais preestabelecidos, de maneira confiável e com foco na segurança de pessoas e de seus ativos.

#### **5.1.2.e Manutenção;**

A Vale mantém as instalações dentro de padrões, parâmetros, normas e requisitos legais preestabelecidos, com foco na segurança de pessoas e ativos, de maneira confiável.

#### **5.1.2.f Gerenciamento de mudanças;**

O gerenciamento de mudanças é um papel do líder e tem como objetivos identificar e medir perigos e riscos de mudanças e gerir todas as ações e medidas para garantir que se eliminem, controlem ou minimizem impactos previamente à implementação.

São consideradas mudanças as alterações efetuadas na organização, em processos de negócios, em projetos, em práticas operacionais e processos, nas instalações, em tecnologia, em materiais ou produtos.

#### **5.1.2.g Sistemas e tecnologia;**

A Vale mantém soluções tecnológicas que suportam seus negócios, aumentam a confiabilidade e agilidade na obtenção dos dados, permitem eliminar controles paralelos e disponibilizar informações e indicadores de forma confiável, transparente e padronizada.

#### **5.1.2.h Suprimentos e serviços;**

Na Vale, o fluxo de gestão de materiais de toda a cadeia e as compras, contratações e destinação de bens, serviços, equipamentos, materiais e ativos imobiliários é realizado em conformidade com normas internas e requisitos legais, considerando os riscos associados e buscando sempre agregar valor ao negócio.

#### **5.1.2.i Planos de emergência.**

A Vale desenha, desenvolve e mantém planos de prontidão e resposta a emergências para atender a situações de urgência, baseados nos riscos inerentes às nossas atividades,

minimizando impactos de qualquer natureza. Após uma emergência, as reparações necessárias são identificadas e geridas.

### 5.1.3 Gestão

Rotinas, metodologias e ferramentas de gestão estruturadas para sustentar e melhorar resultados. Os elementos de gestão estabelecem rotinas, metodologias e ferramentas de gestão estruturadas para sustentar e melhorar resultados.

Figura 43 - Gestão de Processos.



Fonte: Vale VPS (2020), adaptado pelos autores

#### 5.1.1.3.a Desdobramento da estratégia;

O desdobramento e a comunicação da estratégia fazem com que todos compreendam o seu papel e saibam como suas atividades contribuem para o alcance dos resultados da Vale.

#### 5.1.1.3.b Gerenciamento da rotina;



As rotinas de gerenciamento criam disciplina e asseguram que todas as áreas continuamente analisem indicadores, exponham problemas, alinhem prioridades e realizem as ações necessárias para o alcance de resultados.

#### **5.1.1.3.c Processos e padronização;**

A padronização de processos e procedimentos promove a segurança das atividades, a previsibilidade e a repetibilidade dos resultados, e permite a implementação de melhores práticas.

#### **5.1.1.3.d Solução de problemas e melhoria contínua;**

Os problemas são identificados e relatados assim que ocorrem e são resolvidos o mais rápido possível por meio de métodos estruturados que incentivam a melhoria contínua.

#### **5.1.1.3.e Avaliação do modelo de gestão e resultados;**

Avaliações são realizadas com base nos indicadores de processos e de resultados visando assegurar a conformidade do modelo, além de auxiliar o líder a identificar problemas, fornecendo informações para aprimorar a aplicação do VPS e os resultados.

A implantação do VPS é bem-sucedida quando nossos empregados começam o dia com senso de propósito e terminam o dia seguros e com sentimento de dever cumprido. Os problemas são visíveis e as pessoas engajadas em solucioná-los. Nossos ativos são operados e mantidos com excelência. Há disciplina operacional no cumprimento dos nossos padrões e processos. Temos boa reputação junto às nossas comunidades, fornecedores e clientes.

### **5.1.2 Procedimentos Normativos (PNR's)**

Visando definir e padronizar as fórmulas de cálculo e detalhamento para os principais indicadores que suportam a performance e a gestão da rotina e processos da empresa, a fim

de garantir compatibilidade, reprodutibilidade, segurança e qualidade nas informações dos indicadores, além de permitir a comparação, buscar benchmarks internos e mapear oportunidades de melhoria nas diferentes unidades de negócio.

O modelo de gestão da empresa, tem foco em resultados e prevê a implantação de políticas e práticas que viabilizam operações seguras e socio ambientalmente responsáveis, além de garantir a integridade dos nossos ativos.

De acordo com a NFN – 0001 – 22, procedimentos referem-se ao detalhamento de um processo, “o que fazer” e/ou “como fazer”. Esta empresa utiliza todas as categorias de “procedimentos” (Níveis 1, 2 e 3), dadas a abrangência e a complexidade de seu negócio.

Os procedimentos são separados em Padrão Normativo (PNR), que é o tipo de procedimento, que possui abrangência global, apropriado para o estabelecimento de diretrizes e padrões normativos técnicos e metodológicos. Representa tipicamente “o que fazer” e descreve, em nível macro, as atividades ou tarefas relacionadas a um processo sob a responsabilidade de um Dono de Processo ou sob a orientação técnica de uma 2ª Linha de Defesa Especialista.

Para obter êxito nos resultados, é necessário medir a efetividade dos processos através de indicadores, levando-se em consideração as dimensões SSMAC (saúde, segurança, meio ambiente e comunidades), além de riscos, pessoas, qualidade, produtividade e custos.

Os principais processos desta companhia devem ter indicadores padronizados, a fim de garantir compatibilidade entre fórmulas, reprodutibilidade, segurança e qualidade nas informações, além de permitir a comparação entre o desempenho de diferentes unidades de negócio, buscar benchmarks internos e mapear oportunidades de melhoria.

Os resultados de indicadores direcionam esforços e suportam a liderança na tomada de decisão, além de guiar comportamentos, por isso a importância da escolha dos indicadores corretos para o alcance do resultado esperado.

Desta forma, os indicadores devem suportar a estratégia, medir o que é valor para o cliente, expor e resolver problemas, impulsionar e provocar melhorias, ser priorizados para acompanhamento de acordo com o impacto no processo (poucos e bons).

Há dois tipos de indicadores: de resultado e de processos. Os indicadores de resultado, também chamados de itens de controle (IC), medem a eficácia e avaliam se a saída do processo é o resultado esperado. Já os indicadores de processo, também chamados de itens

de verificação (IV), medem a eficiência e avaliam o desempenho dos componentes do processo que garantem a entrega esperada.

A correlação entre os indicadores de resultados e de processos, pode ser observada a fim de analisar a priorização dos indicadores e/ou a forma de medição deles. Indicadores permitem que a liderança tenha discussões baseadas em fatos e dados, definam metas claras, assegurem visibilidade à performance e monitore o progresso.

Existem dois tipos de metas para indicadores: para manter e para melhorar. As metas para manter estão relacionadas à manutenção de resultados-padrão, valores que precisam ser mantidos para repetibilidade e previsibilidade. Devem estar estabelecidos para os indicadores de processos (meio) e/ou de resultados (fins). Já as metas para melhorar são usadas para gerar novos resultados e conduzir à melhoria contínua. Os valores das metas para melhorar devem ser factíveis e desafiadores. Para isso, deve-se considerar a demanda do cliente, o objetivo a ser alcançado (alinhado com o desdobramento da estratégia), a capacidade do processo, o histórico de resultados, a sazonalidade (se aplicável), etc.

#### **5.1.2.1 Detalhamento dos Indicadores**

Os indicadores definidos pelas áreas reguladoras serão detalhados conforme a ficha do indicador, que contém os seguintes campos:

Os indicadores estão distribuídos em diversas dimensões. As dimensões são as seguintes: Comunidades, Custo, Meio Ambiente, Pessoas, Produtividade, Qualidade, Riscos e Saúde e Segurança. Será explorado, neste trabalho, apenas os principais indicadores, da dimensão Produtividade e Qualidade.

### 5.1.2.1.a Principais Indicadores de Manutenção

#### Indicadores de Produtividade

- Aderência a Programação - APR
- Aderência ao Mapa de Paradas - AMP
- Aderência ao Plano de Manutenção - APM
- Aderência Manutenções Sistemáticas - AMS
- Aderência Manutenção Condicional - AMC
- Disponibilidade Física - DF
- Índice de apropriação de mão de Obra – IAMO

#### Indicadores de Qualidade

- Disponibilidade Intrínseca - DI
- Índice de Atualização de Medidores Contínuos - IAMC
- Tempo Médio entre Falhas - MTBF
- Tempo Médio para Reparar - MTTR

Fonte: Padrão Normativo 000012 (2020), adaptado pelos autores

A tabela a seguir apresenta esses principais indicadores acompanhados nas rotinas diárias operacionais, apresentando seu objetivo, descrição e sua fórmula de cálculo.

**Tabela 5 - PRINCIPAIS INDICADORES**

Indicador	Sigla	Objetivo	Descrição	Fórmula de Cálculo	Unidade	Orientação	Dimensão
Aderência a Programação	APR	Medir o cumprimento da programação de serviços de manutenção.	É o percentual de aderência do que foi programado para cada Ordem de Manutenção na programação semanal em relação ao que foi efetivamente realizado.	$APR = [ \text{Qtde Total de OMs programadas e executadas} / \text{Qtde Total de OMs programadas} ] \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Aderência ao Mapa de Paradas	AMP	Medir a aderência das atividades que compõem o mapa de paradas de manutenção levando em consideração os replanejamentos realizados com o que estava previsto.	É a relação entre a quantidade de atividades realizadas pelas atividades planejadas descritas no mapa de paradas.	$AMP = \frac{\sum(\text{Atividades Realizadas do mapa de paradas}) \times 100}{\sum(\text{Atividades Previstas no mapa de paradas})}$	%	Convergente	Produtividade
Aderência ao Plano de Manutenção	APM	Medir a aderência dos itens que compõem o plano de médio prazo da manutenção bem como as intervenções condicionais.	É a relação entre as manutenções sistemáticas (incluindo tolerância) previstas e executadas no período e as manutenções condicionais que foram executadas no prazo de 30 dias até a data de conclusão desejada + 5 dias pelo total de manutenções sistemáticas (incluindo tolerância) e as manutenções condicionais previstas para o mesmo período.	$APM = [ \text{Qtde Total de OMs Sistemáticas (incluindo tolerância) previstas e executadas no período} + \text{Qtde Total de Notas Condicionais previstas e executadas no prazo de 30 dias até a data de conclusão desejada + 5 dias} ] / [ \text{Qtde Total de OMs Sistemáticas (incluindo tolerância)} + \text{Qtde Total de Notas Condicionais previstas no período} ] \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Aderência Manutenções Sistemáticas	AMS	Medir a aderência ao cumprimento das ordens geradas pelo sistema oriundas dos planos de manutenção.	É a relação entre as manutenções sistemáticas (incluindo tolerância) que foram previstas e executadas no período em relação ao total de manutenções sistemáticas (incluindo tolerância) previstas para o mesmo período.	$AMS = [ \text{Qtde Total de OMs Sistemáticas (incluindo tolerância) previstas e executadas no período} / \text{Qtde Total de OMs Sistemáticas (incluindo tolerância) previstas no período} ] \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Aderência Manutenção Condicional	AMC	Medir se as manutenções condicionais estão acontecendo de acordo com a data de necessidade.	É a relação entre as manutenções condicionais que foram executadas no prazo de 30 dias até a data de conclusão desejada + 5 dias em relação ao total de manutenções condicionais previstas no período	$AMC = [ \text{Qtde Total de Notas Condicionais previstas e executadas no prazo de 30 dias até a data de conclusão desejada + 5 dias} / \text{Qtde Total de Notas Condicionais previstas no período} ] \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Disponibilidade e Física	DF	Mensurar a quantidade de horas disponíveis em relação a quantidade de horas calendário, em um determinado período.	É o percentual do tempo disponibilizado de um equipamento ou usina em relação a quantidade de horas calendário	$DF = \frac{(\sum \text{Horas Calendário} - \sum \text{Horas Manutenção})}{\sum \text{Horas Calendário}} \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Disponibilidade e Intrínseca	DI	Medir a velocidade da manutenção para retornar um equipamento para operação, após a ocorrência de uma falha, ou intervenção não programada. Aponta o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo. Nesse período estão todas as ações envolvidas no reparo, sejam elas do PCM, de suprimentos ou qualquer outra equipe de trabalho.	A disponibilidade da manutenção que representa a performance do equipamento e ou processo, considerando as manutenções corretivas em relação ao tempo operado. Avalia o desempenho do equipamento ou processo, através da inter-relação do MTBF e MTTR.	$DI = [ \text{MTBF} / \text{MTBF} + \text{MTTR} ] \times 100 = [ \text{SUM}(\text{HT}) / \text{SUM}(\text{HT} + \text{HMC}) ] \times 100$	%	Maior melhor	Qualidade
Índice de apropriação de mão de Obra	IAMO	Medir se a mão de obra utilizada na execução da manutenção está sendo apropriada	É a relação entre a quantidade de Hh apropriado nas OMs em relação ao total de Hh disponível no centro trabalho.	$IAMO = ( \text{Qtde Total de HH Apropriado} / \text{Qtde Total de HH Disponível no centro de trabalho} ) \times 100$	%	Maior melhor	Produtividade
Índice de Atualização de Medidores Contínuos	IAMC	Medir o nível de atualização dos medidores contínuos da Manutenção	Verificar se a rotina de atualização dos medidores contínuos está sendo cumprida, de modo que as Ordens de Manutenção dos planos vinculados a esses medidores sejam geradas no prazo correto.	$IAMC = [ ( \text{Qtde Total de Medidores desatualizados Local Instalação} + \text{Qtde Total de Medidores desatualizado Equipamento} ) / ( \text{Qtde Total de Medidores ativos Local de Instalação} + \text{Qtde Total de Medidores ativos Equipamento} ) ] \times 100$	%	Maior melhor	Qualidade
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	Medir o intervalo de ocorrência de paradas do equipamento causadas por falhas ou quebras que levam à perda da função do equipamento. Representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima, representa também o tempo de funcionamento da máquina ou equipamento diante das necessidades de produção até a próxima falha.	É a relação entre o tempo total de horas trabalhadas de um equipamento ou unidade pelo número de intervenções de manutenção corretivas, em um período observado.	$MTBF = [ \text{SUM}(\text{Horas Totais Trabalhadas}) / \text{Número de Intervenções Corretivas} ]$ ou $MTBF = 1 / TF : TF = \text{Taxa de Falhas}$	hr	Maior melhor	Qualidade
Tempo Médio para Reparar	MTTR	Medir a velocidade da manutenção para retornar um equipamento para operação após a ocorrência de uma falha, ou intervenção não programada. Aponta o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo. Nesse período estão todas as ações envolvidas no reparo, sejam elas do PCM, de suprimentos ou qualquer outra equipe de trabalho.	É o tempo médio para reparar um sistema, equipamento ou item. Quanto menor for esse tempo, melhor será para a manutenção.	$MTTR = [ \text{SUM}(\text{Horas Totais Manutenção Corretiva}) / \text{número intervenções Corretiva} ]$	hr	Menor melhor	Qualidade

Fonte: Padrão Normativo 000012 (2020)

### 5.1.3 Gestão de Ativos Críticos

A gestão de ativos críticos tem o objetivo de envolver todas as áreas e estruturas da empresa visando reduzir os riscos das operações.

As manutenções dos ativos associados a riscos e controles críticos são gerenciadas através do processo *Escalation Notice*.

O *Escalation Notice*, tem o objetivo de deixar toda a hierarquia da empresa ciente dos problemas de acordo com o nível de criticidade

Os resultados esperados são: mitigação dos riscos operacionais através da classificação de ativos e diretrizes de manutenção que viabilize níveis de excelência em segurança e saúde das pessoas, preservação do meio ambiente, cuidados com a sociedade, garantia dos direitos humanos e sustentabilidade das operações.

#### **Objetivos:**

- I. Estabelecer diretrizes de manutenção para alcance da excelência em gerenciamento da manutenção de ativos nas operações.
- II. Definir etapas, critérios, papéis e responsabilidades no processo de classificação de ativos.
- III. Normatizar atividades, papéis e responsabilidades do processo de gerenciamento da manutenção de ativos críticos e controles críticos.
- IV. Estabelecer modelo de governança de dados mestres de manutenção via sistema.

Esta proposta estabelece diretrizes de manutenção e recomendações técnicas para a normatização do processo de classificação dos ativos.

#### **A classificação dos ativos permite:**

- I. Identificar quão crítico e prioritário o ativo é para continuidade das operações Vale;
- II. Reconhecer riscos e ações necessárias para redução do impacto e probabilidade de eventuais falhas;
- III. Indicar a importância do ativo dentro da unidade a qual ele está inserido;

- IV. Direcionar a estratégia de manutenção e monitoramento dos ativos;
- V. Proporcionar direcionamento para os processos de confiabilidade de falhas de rotinas e falhas críticas;
- VI. Estabelecer as premissas de materiais e componentes sobressalentes.

O processo de classificação dos ativos e definição da estratégia de manutenção, visam garantir critérios e premissas, além de estabelecer papéis e responsabilidades, inserindo os conceitos de gestão de ativos com base na avaliação de risco, desempenho e custo para atingimento dos resultados operacionais de forma sustentável.

**Definição de Ativos críticos:**

- I. Ativo que em caso de falha, do mesmo e/ou de um de seus componentes, resulte em qualquer um dos cenários abaixo:
  - Acidente resultando em mais de uma fatalidade;
  - Impacto ambiental significativo reversível ou irreversível além das imediações da ocorrência;
  - Necessidade de extensas medidas de reparação e controle, podendo demandar projeto;
  - Área protegida por lei afetada;
  - Suspensão de licença ambiental;
  - Prejuízo Financeiro maior que US\$ 1 bilhão (danos diretos e indiretos / consequentes);
  - Impacto Social e Direitos Humanos acima de 500 pessoas ou afetando a integridade física de mais de 50 pessoas ou resultando em 1 fatalidade;
  - Danos em bens de relevância cultural nacional, ou reversíveis à infraestrutura ou em atividades produtivas da comunidade com soluções de remediação executadas em mais de 5 anos.
  
- II. Ativos considerados como críticos nos Planos de Emergência e/ou Planos de Gestão de Crise serão considerados também como Ativos Críticos, independente dos critérios acima.

- III. Ativos relacionados a riscos provenientes do não atendimento às condicionantes e requisitos legais são também classificados como Ativos Críticos.

### **Conceito de classificação de ativos críticos**

A classificação de ativos é essencial para uma abordagem seletiva e deve ser utilizada para identificar ativos do processo produtivo quanto a sua criticidade e seu grau de prioridade.

### **Ativos críticos e controles críticos**

O modelo de gestão de Ativos Críticos e Controles Crítico, inicia-se com o mapeamento dos Riscos Críticos, pelo HIRA (*Hazard Identification and Risk Analysis*). A partir da identificação dos Riscos Críticos são associados os Ativos Críticos e Controles Críticos.

Os riscos e controles nos sistemas de gestão de riscos do negócio (GRN), que devem ser associados a ativos críticos e possuem as seguintes condições neste sistema de gerenciamento:

- (Status da Análise: Validado);
- (Tipo de Risco: Ameaça);
- (Temporalidade: Presente);
- (Fase: Completo).

Além disso deverão atender aos seguintes critérios de severidade:

- I. Riscos Muito Crítico (inerentes) em S&S
- II. Riscos Críticos e Muito Críticos (inerentes) em Meio Ambiente
- III. Riscos Críticos e Muito Críticos (inerentes) em Financeiro
- IV. Riscos Críticos e Muito Críticos (inerentes) em Social (Direitos Humanos).

### **Prioridade de ativos**

Classifica os locais de instalação e equipamentos quanto aos riscos relacionados a saúde e segurança das pessoas, ao meio ambiente, a sociedade, reputação da empresa e perdas financeiras decorrentes uma falha. Representada pelo campo [Código ABC] no sistema,



assume os valores “A” para ativos com maior importância, “B” para importância intermediária e “C” para menor importância.

- Prioridade A: Ativo que ao falhar resulta em consequências relevantes para saúde, segurança, meio ambiente, sociedade, reputação e finanças da Vale;
- Prioridade B: Ativo que ao falhar causa danos moderados para saúde, segurança, meio ambiente, sociedade, reputação e finanças da Vale. Possui equilíbrio entre risco, desempenho e custo;
- Prioridade C: Ativo com baixo impacto no processo produtivo e tem como característica minimizar custos.

### **Níveis de severidade**

Os níveis de severidade dos impactos, estão dispostos e devem ser classificados conforme ‘Tabela 6 - Tabela de Severidade X Escala de probabilidade para riscos em geral’.

### **Determinação da probabilidade de falha**

Os critérios para definição da probabilidade da falha estão dispostos e devem ser classificados conforme ‘Tabela 6 - Tabela de Severidade X Escala de probabilidade para riscos em geral’.

**Tabela 6 - Tabela de Severidade X Escala de probabilidade para riscos em geral**  
**Definição de prioridade do ativo**



A prioridade do ativo (ABC) será identificada com base na correlação do maior nível de severidade encontrado e sua respectiva escala de probabilidade de falha, conforme tabela B 'Matriz de Classificação da Prioridade de Ativos'.

Prioridade do ativo (ABC)		Matriz de Classificação da Prioridade de Ativos						
		Severidade do impacto						
		N/A	Muito leve	Leve	Moderado	Grave	Crítico	Muito crítico
Probabilidade da falha	Muito remoto	C	C	C	B	B	A	A
	Remoto	C	C	B	B	B	A	A
	Pouco provável	C	C	B	B	A	A	A
	Provável	C	C	B	B	A	A	A
	Muito provável	C	B	B	A	A	A	A

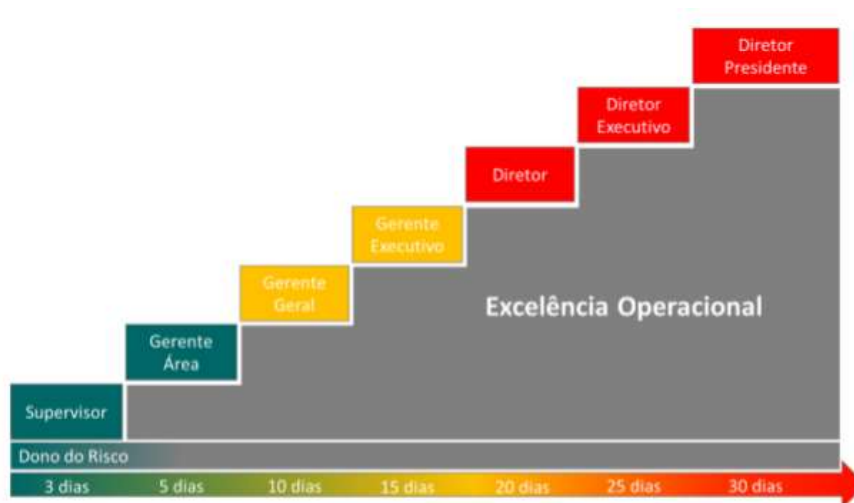
**Tabela 7 'Matriz de Classificação da Prioridade de Ativos'**

**Escalation Notice**

O gerenciamento da manutenção é acompanhado através do *Escalation Notice*, atrelado aos riscos e controles críticos dos ativos operacionais.

Através do *Escalation Notice*, toda a hierarquia da empresa fica ciente dos problemas de acordo com o nível de criticidade. Com base nesta ciência, deve executar ações imediatas eliminando o risco e caso não seja possível tratar de imediato o risco, deve paralisar as operações até que o risco seja tratado. Na figura, apresentamos o Hierarquia de notificação do *Escalation Notice*.

**Figura 44 – Hierarquia de notificação do Escalation Notice**



Fonte: Vale (2021)

#### **5.1.4 Variáveis de Desempenho/Controle do Ativo – Rodeiros**

Como citado em 4.2 (*benchmarking*), o desempenho do contato roda trilha depende, especificamente para o componente rodeiro, da sua aderência a parâmetros de controle específicos para esse componente. Entende-se por desempenho inclusive questões ligadas a possíveis causas que possam levar a ocorrências ferroviárias. Contudo, baseado em processos de *benchmarking*, eventos de sinistros, implantação de controles de riscos do negócio, entre outros, foram planejados para a implementação, formando assim, um grande escudo de proteção para o componente rodeiro.

Todas essas variáveis têm relação direta com a probabilidade de ocorrências de eventos ferroviários indesejados. Dentre esses eventos, os principais são o descarrilamento, adernamento e tombamento.

Descarrilamento ocorre quando o veículo ferroviário perde a guia do trilho, saltando com o friso por sobre o boleto do trilho e “caindo no chão”. Este tipo de acidente pode anteceder um tombamento e ser posterior a um abalroamento, figura 45.

**Figura 45- Descarrilamento ferroviário**



Fonte: Extra.Globo (2017)

O adernamento se refere quando o veículo ferroviário fica parcialmente tombado na via, deslocando sua “caixa”. Pode ser antecessor do tombamento, por isso merece uma atenção mais que especial, para que se evite um impacto maior, figura 46.

**Figura 46 - Adernamento ferroviário**



Fonte: Gazeta (2013)

O tombamento é o acidente em que o trem fica totalmente tombado no chão e deixa a guia dos trilhos. Este tipo de acidente oferece um grave risco ambiental, pois expõe a carga do vagão ao solo ou corrente d'água próxima, figura 47.

**Figura 47 - Tombamento ferroviário**



Fonte: Mineração Brasil (2020)

A norma internacional de referência utilizada normalmente pelas ferrovias brasileiras, para determinação dos parâmetros de desempenho das várias disciplinas que compõem o transporte ferroviário é a AAR (*Association of American Railroads*).

Atualmente os gatilhos para manutenção de rodéis na EFC foram incrementados, buscando 100% de atendimento a AAR, além de incremento de novos parâmetros combinados entre eles ou que não estão presentes na norma internacional, contudo, são importantes indicadores para o desempenho do material rodante, tabela 4. Dentre esses podemos destacar o indicador “*Wheel Roughness*”- variável 14 - que tem relação direta com o nível de ruído gerado entre o contato roda-trilho, inclusive com impacto sobre a qualidade de vida das comunidades lindeiras da EFC.

Para gerar esses indicadores, há um complexo sistema de sensores instalados no quilometro 16,888 da EFC, denominado *wayside*. Ele é o equipamento responsável por gerar a massa de dados para o monitoramento dos ativos.

Ele é composto por instrumentos capazes de medir dinamicamente os parâmetros de desempenho e de segurança de:

- I. **Rodas:** através da medição do perfil e do impacto exercido sobre a via, figuras 48 e 49, respectivamente;

**Tabela 8 – Variáveis de monitoramento dos rodeiros**

Equipamento	Parâmetros		Documento Referência
RAILBAM	1	Clear Level 1	AAR Seccão F, S6000 e AAR Manual de Campo, página 257 e 714
	2	Clear Level 2	Sem referência A.A.R
	3	"Clear Level 3"	Sem referência A.A.R
	4	>"." e Consistente	Sem referência A.A.R
	5	* Potencial 1&2 & $0,1 \leq \text{exp. Moving consistency} < 0,4$	Sem referência A.A.R
	6	FBS(RS1)	Sem referência A.A.R
	7	WheelFlat (W.F) - whflt1 & whflt2	Sem referência A.A.R
HBD	8	Pré Absoluto (°C)	Sem referência A.A.R para pré alarmes
	9	Pré Diferencial ( $\Delta T \geq 21^\circ\text{C}$ )	Sem referência A.A.R para pré alarmes
WPM	10	Largura de Friso (mm)	AAR Manual de Campo, página 284 NBR 5565, 19mm (Pág. 18) Manual Técnico de Vagões, pág. 108 PRO 003735 (pág. 55)
	11	Altura de Friso (mm)	AAR Manual de Campo, página 286 a 289 NBR 5565 (pág. 18) Manual Técnico de vagões, pág. 103 PRO 003735 (pág. 55)
	12	Cava (mm)	AAR Manual de Campo, página 312 Manual Técnico de Vagões, pág. 108
	13	Bandagem (mm)	AAR Manual de campo, pág. 294 NBR 5565 (pág. 20) PRO 003735 (pág. 55)
WCM2	14	Wheel Roughness (W.R) ( $\geq 16\text{dB}$ ) & $200 \leq I.N \text{ (kN)} < 230$	Sem referência A.A.R
	15	Impacto Normalizado (kN)	AAR Manual de campo, pág. 312, 339

Fonte: Arquivo Vale (2021)

Figura 48 – Medidores de perfil de rodas *wayside* EFC



Fonte: Vale (2016)

Figura 49 – Medidores de impacto *wayside* EFC



Fonte: Vale (2016)

- II. **Trucks:** através de sensores que medem o alinhamento desse componente em relação aos trilhos da Via Permanente;
- III. **Rolamentos:** através sensores que medem o nível de ruído emitido pelos rolamentos, conhecido como acústico, figura 50.

Figura 50 – Medidores de acústico *wayside* EFC



Fonte: Vale (2016)

IV. Sapata: através de sensores que medem a espessura das sapatas de freio.

As informações coletadas pelos vários sensores do *wayside* são disponibilizados de forma online para as equipes de manutenção de planejamento, preditiva e confiabilidade para priorização, planejamento da manutenção e análises de performance, defeitos e falhas. Diariamente são gerados mais de 4 milhões de dados para posterior tratamento e análise das equipes.

Um dos grandes gargalos de utilização de toda essa gama de dados, era a capacidade de análise das equipes. Nesse sentido, com objetivo de amplificar a capacidade de análise e foco das equipes na análise desses dados, foi criada uma supervisão de preditiva, específica para a disciplina de vagões. Essa estrutura seria responsável pela implantação de sala de controle trabalhando em regime de 24h na análise desses dados.

Essa mesma supervisão, seria responsável pela revisão e implantação de várias outras iniciativas com vista a redução da probabilidade de ocorrências ferroviárias. Dentre elas, pode-se destacar:

- Implantação do indicador de Saúde da frota de rodéis com 25 parâmetros de controle, inclusive 100% aderente a AAR;
- Implantação de rotinas de medição e monitoramento da assertividade do sistema *wayside*;
- Implantação de rotinas de testes de ultrassom de rodas e eixos ferroviários de toda frota de ativos rodantes da EFC, com emissão de laudos;
- Implantação do HIRA e revisão dos controles da gestão de risco de negócio;
- Implantação da movimentação de componentes, através da tecnologia RFID (*Radio frequency Identification*);

#### **5.1.4.1 Saúde da Frota de Rodéis Ferroviários**

Para possibilitar avaliar o desempenho cronológico das diversas variáveis críticas de dos rodéis e truques ferroviário da frota EFC, foi criado o indicador Saúde da Frota, que nada mais é que a aderência das variáveis medidas pelo *wayside* quando comparado com limites de normas técnicas ou ainda limites incrementados pelas equipes de preditiva e confiabilidade, quando não há uma referência técnica de referência.



Para possibilitar um bom planejamento e acompanhamento da evolução dos níveis de medições desses parâmetros, foram criadas faixas de alarme dentro de cada parâmetro. Dessa forma, além de priorizar a realização da manutenção dos alarmes mais críticos, é possível acompanhar a evolução dos mesmos e considerá-los na priorização da manutenção, figura 48. Tipos de alarmes:

- I. C0: nível de alarme mais crítico, com limite mínimo alinhados com normas de referência
- II. C0.5: nível de alarme intermediário, entre C0 e C1, criado para priorização da manutenção;
- III. C1: nível de alarme intermediário, superior ao limite de normas de referência;
- IV. C2: nível de alarme menos crítico, muito superior ao limite de normas de referência;

Dessa forma, a relação entre o número de alarmes total e total de rodeiros da frota, nos revela esse indicador, conforme podemos observá-lo mais detalhadamente pela fórmula abaixo:

$$Saúde da Frota [\%] = \left( 1 - \frac{\sum(C0, C0.5, C1, C2)}{n \text{ o total de rodeiros da frota}} \right) * 100$$

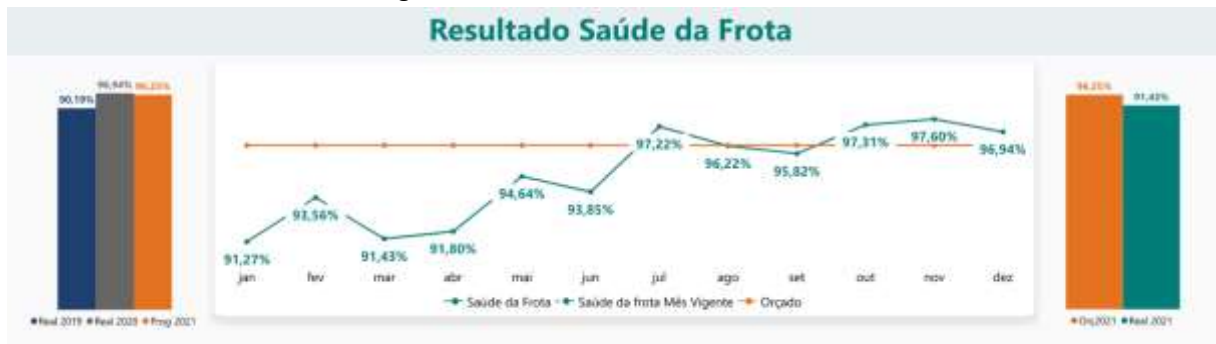
Figura 51 – Níveis de alarmes

Equipamento	Parâmetros	C0	C0.5	C1	C2
RAILBAM	1 Clear Level 1	≥1			
	2 Clear Level 2	>1	C1/C2&Fp≥180kN ou C1/C2&Tp/AoA/Hnt	=1	
	3 "Clear Level 3"	>1	C1/C2&Fp≥180kN ou C1/C2&Tp/AoA/Hnt		=1
	4 >" e Consistente	>2	C1/C2&Fp≥180kN ou C1/C2&Tp/AoA/Hnt	=2	=1
	5 * Potencial 1&2 & 0,1≤exp. Moving consistency<0,4	≥6	C1/C2&Fp≥180kN ou C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥5	≥4
	6 FBS(RS1	≥40%	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥30%	≥20%
	7 WheelFlat (W.F) - whfit1 & whfit2	>4X	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	>3X	>2X
HBD	8 Pré Absoluto (°C)	>50°C 1X	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	>40°C 3X	>30°C 5X
	9 Pré Diferencial (ΔT≥21°C)	>5X	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	>4X	>3X
WPM	10 Largura de Friso (mm)	≤21	≤22 ou C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≤23	≤24,5
	11 Altura de Friso (mm)	≥38	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥37	≥36
	12 Cava (mm)	≥4	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥3	
	13 Bandagem (mm)	≤22	C1/C2&Tp/AoA/Hnt		
WCM2	14 Wheel Roughness (W.R) (≥16dB) & 200≤I.N (kN) <230	≥90%	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥70%	≥40%
	15 Impacto Normalizado (kN)	≥285	C1/C2&Tp/AoA/Hnt	≥250	≥230

Fonte: Vale (2021)

Com toda essa *big data* disponível e com indicadores de processos e rotinas de análise bem definidos, foi possível, a partir do incremento de todos os parâmetros da AAR, levantar as demandas prioritárias, planejar as manutenções, executá-las e evoluir consideravelmente a saúde da frota de rodeiros, reduzindo a probabilidade de riscos do negócio, figura 52 a 54.

Figura 52 – Saúde da frota de rodeiros EFC



Fonte: Vale (2020)

Figura 53 – Pareto por tipo de alarme



Fonte: Vale (2020)

Figura 54 – Monitoramento diário de alarmes

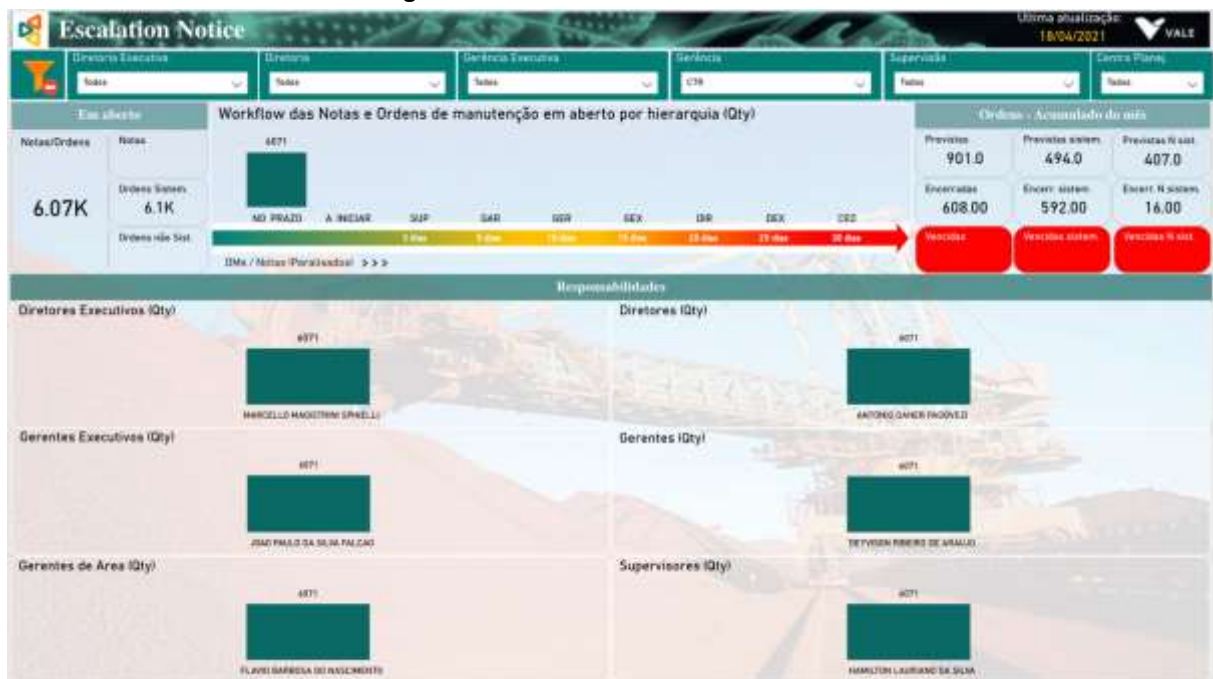


Fonte: Vale (2020)

Conforme abordado em 5.1.3 (Gestão de ativos – *Escalation Notice*), as variáveis de rodeiros críticas para o desempenho da manutenção e principalmente com objetivo de reduzir a probabilidade de eventos de perdas material e pessoais, foram determinadas e receberam um “*flag*” no sistema de manutenção para, caso a variável atinja o nível C0 e não seja realizado a manutenção conforme prazos pré-determinados, dá-se início do acionamento da cadeia hierárquica de gestão até o nível do diretor presidente da empresa, figura 55. As variáveis com esse *flag* são:

- I. Largura de friso;
- II. Acústico de rolamento;
- III. Plano de Manutenção Rolamento (mancal);
- IV. Bandagem;
- V. Cava.

Figura 55 – *Escalation Notice* de Rodeiros



Fonte: Vale (2021)

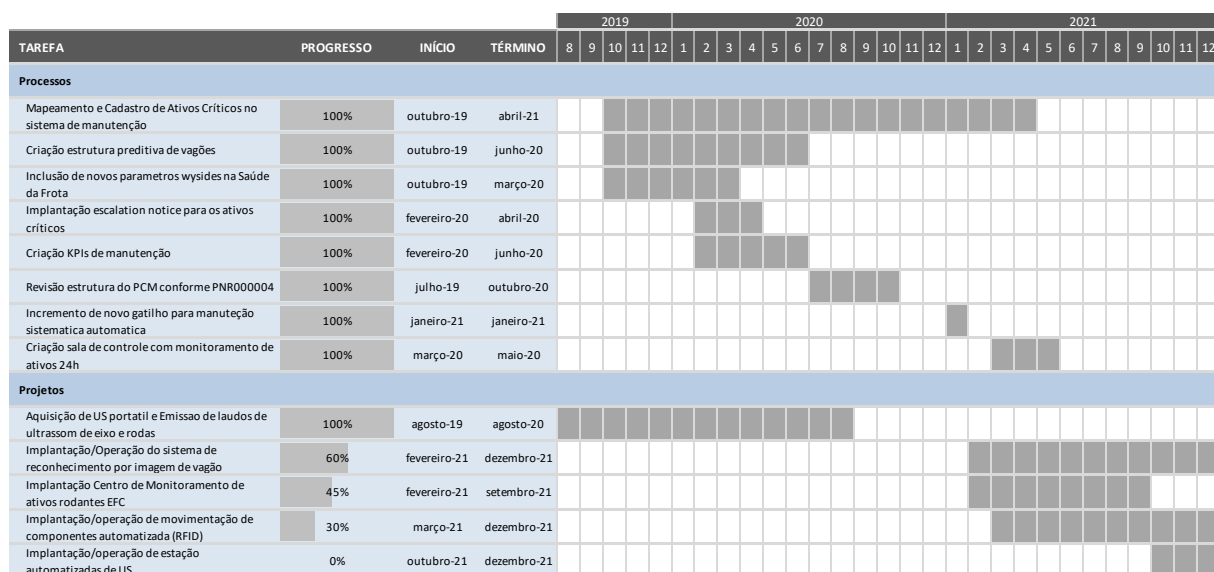
## 5.2 Cronograma de Implementação

Considerando a complexidade da gestão de risco de negócios aplicados para ativos rodantes ferroviários, muitas alterações foram e ainda estão sendo realizadas na área de ativos rodantes com vistas sempre a redução da probabilidade de materialização de eventos indesejados, principalmente, descarrilamentos, adernamentos e tombamentos ferroviários.

O *Vale Production System (VPS)*, juntamente com os procedimentos normativos estão, além de permeando mudanças sistemáticas dos processos de manutenção, engajando e direcionando a tomada de decisão com esse novo conceito de gestão de risco, inclusive com implantação de projetos e mudanças baseadas nas melhores práticas de mercado.

Dessa forma, destacamos na figura 56 somente as principais ações estruturantes com vista a esse novo patamar de confiabilidade que os processos na Vale S.A devem operar.

Figura 56 – Cronograma de Implantação



Fonte: Vale (2021)

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Garantir a segurança das pessoas e das operações é a prioridade da Vale. E, para elevar nosso patamar de excelência operacional, é fundamental que a tomada de decisão seja sempre orientada pelo foco nas pessoas. Além disso, precisamos ter métodos e processos que contribuam para aperfeiçoar a nossa forma de operar. Nessa trajetória de evolução, o Modelo de Gestão Vale, conhecido como VPS tem sido o nosso grande aliado. Ainda em fase de implementação em todas as áreas da Vale já vem trazendo muitos resultados positivos e deve continuar sendo adotado em todas as áreas operacionais e administrativas.

A Normatização e implantação dos processos técnicos das rotinas de manutenção e operação através do modelo de gestão da Vale e dos PNRs, de forma sustentável vem aumentando a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos, gerenciando os custos, mitigando e reduzindo os riscos através das pessoas.

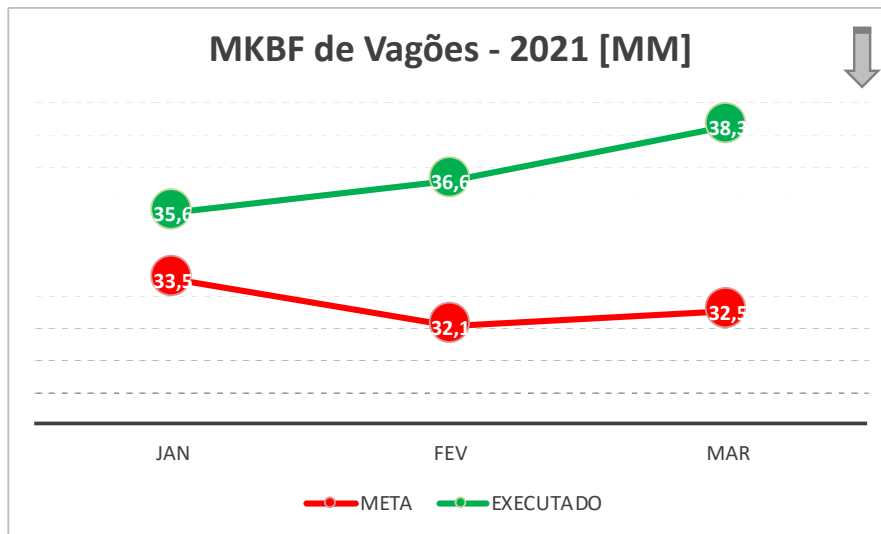
A implantação de procedimentos normativos de manutenção, tendo como referência melhores práticas globais de gestão de risco do negócio e desempenho de ativos vem colaborando sistematicamente com os resultados da área de material rodante, fruto desse projeto.

Hoje, todas as áreas de negócio da Vale S.A, Mina, Ferrovia, Porto, Pelotização, Níquel, Cobre e demais áreas, seguem o mesmo modelo de gestão e procedimentos normativos, que indicam a melhor forma de gerenciamento dos processos de manutenção e operação, com foco para redução da probabilidade de materialização dos seus riscos.

A busca é incansável em evitar incidentes e sinistros pessoais e materiais e mitigar riscos através da disciplina no cumprimento da rotina, dos padrões e dos regulamentos. As manutenções dos ativos críticos e controles críticos gerenciados através do sistema de alertas “*Escalation Notice*” tem nos auxiliado nesse foco em busca do resultado.

É nítida como toda essa reestruturação da empresa Vale S.A após o evento de Brumadinho, tem colaborado diretamente para a redução da probabilidade de eventos indesejados na área de Materiais Rodantes (rodeiros) da Estrada de Ferro Carajás. Já é possível observar uma melhora significativa da quilometragem média entre falhas (MKBF) do ativo vagão, também resultado da redução de eventos ligados ao componente rodeiro, figura 57 e figura 58.

Figura 57 – Quilometragem média entre falhas



Fonte: Vale (2021)

Figura 58 – Número de falhas relacionadas a rodeiro 2021



Fonte: Vale (2021)

Importante ressaltar que qualquer processo nunca está maduro o suficiente que não possa ser aperfeiçoado e ou melhorado. Dessa forma, é importante destacarmos que a manutenção diária do cumprimento das rotinas hora implantadas, combinado com novas oportunidades de melhorias, deve ser o foco da área de manutenção de rodantes, para que o ciclo de melhoria contínua permaneça e o sistema de gestão ganhe mais maturidade.

## BIBLIOGRAFIA

BALLOU, Ronald. Business Logistics Management. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1998.

GUIA PMBOK. Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos. 3ª ed. Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA (EUA): Project Management Institute, 2004. Disponível em: <[http://www.riosoft.softex.br/media/PMBOK\\_2004\\_Portugues.pdf](http://www.riosoft.softex.br/media/PMBOK_2004_Portugues.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2012, às 12h02min.

SANCHES, Alexandre L. Avaliação Econômica de Projetos de Investimentos em Condições de Incerteza Utilizando Números Triangulares Fuzzy. Dissertação de Mestrado – Departamento de Produção, UNIFEI, março 2004.

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Rompimento\\_de\\_barragem\\_em\\_Brumadinho](https://pt.wikipedia.org/wiki/Rompimento_de_barragem_em_Brumadinho), acessado em 02 de abril 2021.

<https://www.samarco.com/>, acessado em 02/04/2021

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Rompimento\\_de\\_barragem\\_em\\_Mariana](https://pt.wikipedia.org/wiki/Rompimento_de_barragem_em_Mariana), acessado em 02/02/2021

<https://www.preparaenem.com/quimica/tragedia-bhopal.htm>, acessado em 02/04/2021

<http://fundaoinvestigation.com/video-presentation/>, acesso em 03/04/2021

[http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes\\_brumadinho/SiteAssets/reparacao/docs/Balanco\\_Reparacao\\_Vale\\_dezeembro\\_2019.pdf](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/SiteAssets/reparacao/docs/Balanco_Reparacao_Vale_dezeembro_2019.pdf), acessado em 03/04/2021

<https://www.brasilferroviario.com.br/material-rodante/>, acessado em 03/04/2021

<http://www.vale.com/PT/initiatives/innovation/s11d/Documents/s11d-2016/assets/doc/infografico-mapa-en.pdf>, acessado em 03/04/2021

<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fdocplayer.com.br%2Fdocs-images%2F75%2F72129621%2Fimages%2F28-0.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fdocplayer.com.br%2F72129621-Universidade-de-caxias-do-sul-centro-de-ciencias-exatas-e-da-tecnologia-curso-de-engenharia-mecanica-fabiano-trentin.html&tbnid=2hQNjeYn09jjZM&vet=12ahUKEwjSntzOsOLvAhXsipUCHWlgBcQQMyg7egQIARBS..i&docid=o9uFTWMx6ZKtNM&w=846&h=629&q=rodeiro%20ferroviario&hl=pt-BR&ved=2ahUKEwjSntzOsOLvAhXsipUCHWlgBcQQMyg7egQIARBS>, ACESSADO EM 03/04/2021.

<http://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON031.pdf>, acessado em 03/04/2021.

<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/25/antes-e-depois-veja-imagens-do-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-mg.ghtml>, acessado em 04/04/2021

<https://extra.globo.com/noticias/rio/trem-da-supervia-descarrila-causa-suspensao-temporaria-do-servico-20831072.html>, acessado em 10/04/2021.

[https://www.youtube.com/watch?v=FjD7\\_Sbtexg](https://www.youtube.com/watch?v=FjD7_Sbtexg), acessado em 10/04/2021.

<https://www.noticiasdemineracao.com/seguran%C3%A7a/news/1397911/trem-com-fosfato-descarrila-na-zona-rural-de-arax%C3%A1>, acessado em 10/04/2021.

<https://www.amstedmaxion.com.br/negocios/rodas-ferroviarias/>, acessado em 11/04/2021;

<https://www.aar.org/>, acessado em 11/04/2021;

<https://docplayer.com.br/9791323-Gestao-de-riscos-utilizacao-de-monitoramento-preditivo-online-na-gestao-de-riscos-na-frota-de-vagoes-da-efc.html>, acessado em 11/04/2021;

<https://iso31000.net/norma-iso-31000-de-gestao-de-riscos/>, acessado em 17/04/2021;

<https://exame.com/brasil/mariana-o-que-a-samarco-fez-e-deixou-de-fazer-apos-1-ano/>, acessado em 17/04/2021;

<https://revistamineracao.com.br/2018/06/08/um-terco-das-ferrovias-do-pais-esta-inutilizada/>, acessado em 17/04/2021;

<https://docplayer.com.br/72129621-Universidade-de-caxias-do-sul-centro-de-ciencias-exatas-e-da-tecnologia-curso-de-engenharia-mecanica-fabiano-trentin.html>, acessado em 17/04/2021;

<https://docplayer.com.br/72129621-Universidade-de-caxias-do-sul-centro-de-ciencias-exatas-e-da-tecnologia-curso-de-engenharia-mecanica-fabiano-trentin.html>, acessado em 17/04/2021;

<http://paulomauricioferrovia.com.br/tag/truque/>, acessado em 17/04/2021.

Livro: O Poder do Hábito - Publicado 28 de fevereiro de 2012 Autor: Charles Duhigg Capítulo 4 (Hábitos Angulares)

Procedimento Vale: Classificação de Ativos e Diretrizes para Estratégia de Manutenção - PNR-000044, Rev.: 01-14/10/2020

<https://app.powerbi.com/reportEmbed?reportId=0e725e01-abeb-41b6-9a19-95be3e34c2dc&appId=b170cfe2-c211-4b40-9a39->



[564aa49e66e9&autoAuth=true&ctid=7893571b-6c2c-4cef-b4da-7d4b266a0626&config=eyJjbHVzdGVyVXJsIjoiaHR0cHM6Ly93YWJpLXNvdXRoLWNlbnRyYWwtdXMtcmVkaXJlY3QuYW5hbHlzaXMud2luZG93cy5uZXQvIn0%3D](https://564aa49e66e9&autoAuth=true&ctid=7893571b-6c2c-4cef-b4da-7d4b266a0626&config=eyJjbHVzdGVyVXJsIjoiaHR0cHM6Ly93YWJpLXNvdXRoLWNlbnRyYWwtdXMtcmVkaXJlY3QuYW5hbHlzaXMud2luZG93cy5uZXQvIn0%3D) acessado em 13/03/2021

## GLOSSÁRIO

**Ângulo de yaw:** É um tipo específico de ângulo usado normalmente em aplicações aeroespaciais para definir a relativa orientação do aeroplano. Os três ângulos especificados nessa fórmula são especificados como empinamento ou movimento transversal (pitch ou  $\theta$ ), cabeceio ou movimento vertical (yaw ou  $\psi$ ) e balanceio, movimentos, nos eixos longitudinal, (roll ou  $\phi$ ).

**Barragem:** Barragens são estruturas projetadas por engenheiros, utilizadas como reservatório para contenção e acumulação de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos provenientes do processo de beneficiamento de minérios.

**Big data:** é a área do conhecimento que estuda como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados grandes demais para serem analisados por sistemas tradicionais.

**Escalation Notice:** É o processo de gerenciamento das manutenções dos ativos associados a riscos e controles críticos.

**Classificação de ativos:** Processo utilizado para analisar e determinar a importância de um ativo em função dos riscos envolvidos em decorrência de uma falha.

**Criticidade:** Critério de classificação de um ativo, que representa se o mesmo está associado ou não a um risco ou controle.

**Prioridade:** Critério de classificação de um ativo, que representa sua importância em nível local para o negócio (A, B e C)

**Falha:** Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida

**Flag:** Travamento lógico no sistema de manutenção que só pode ser editado pelo administrador do sistema.

**HBD (Hotbox Detector):** Equipamento de detecção da temperatura de rolamentos ferroviários;

**HIRA (Hazard Identification and Risk Analysis):** Identificação de Perigos e Análise de Riscos

**Material rodante:** é todo veículo que trafega sobre os trilhos de uma ferrovia. Estão inclusos veículos de manutenção, vagões, carros (vagões de passageiro) e locomotivas.

**MKBF (Mean Kilometer Between Failure):** é definido como o total de quilômetros percorridos dividido pelo total de falhas no período, buscando definir a média de quilômetros entre cada avaria;

**Railbam:** Sistema especialista responsável pela medição das variáveis monitoradas nos rolamentos ferroviários.

**Rejeito:** material gerado no processo de mineração, quando se usa água para separar o minério de ferro do material que não tem valor comercial.

**Risco:** Efeito da incerteza nos objetivos. Um efeito é um desvio em relação ao esperado. Pode ser positivo, negativo ou ambos e pode abordar, criar ou resultar em oportunidades e ameaças. Objetivos podem possuir diferentes aspectos e categorias, e podem ser aplicados em diferentes níveis. (NBR ISO 31000, 2018, p.01).

**Via permanente:** estrutura que consiste nos trilhos, elementos de fixação, ligações ferroviárias e lastro, além do subleito subjacente. Ele permite que os trens se movam, fornecendo uma superfície confiável para as rodas rolarem.

**WPM (Wheel Profile Monitor):** equipamento destinado para medir o perfil de rodéiros ferroviários;

**WCM2 (Wheel Conditional Monitor):** equipamento destinado para medição dos esforços de impacto dos rodéiros sobre a ferrovia;