

Revista de Comunicação Científica: RCC



ARTIGO

IMPACTOS DA MANUTENÇÃO NA CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE DA VIA PERMANENTE

Impacts of Maintenance on the Reliability and
Availability of Permanent Way

Impactos del mantenimiento en la confiabilidad y
disponibilidad de las vías permanentes

Thiago José Pereira Mendes

Engenheiro Ferroviário e metroviário, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Santos Dumont.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3629-5128>

E-mail: thiagomendes008@gmail.com

Lisleandra Machado

Doutora em Engenharia e professora Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Campus Santos Dumont.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7761-8023>

E-mail: lisleandra.machadod@ifsudestemg.edu.br

Carlos Artur Alevato Leal

Doutor em Engenharia Mecânica

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6765-1308>

E-mail: carlos.leal@ifsudestemg.edu.br

Fernando Paulo Caneschi

Doutor em Engenharia Civil

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5616-0929>

E-mail: fernando.caneschi@ifsudestemg.edu.br

Como citar este artigo:

MENDES, Thiago José Pereira; MACHADO, Lisleandra; CANESCHI, Fernando Paulo. Impactos da Manutenção na Confiabilidade e Disponibilidade da Via Permanente. **Revista de Comunicação Científica – RCC**, Set./Dez, Vol. 7, n. 20, p. 122-139, 2025.

Disponível em:

<https://periodicos.unemat.br/index.php/RCC/index>

Volume 7, número 20 (2025)

ISSN 2525-670X

IMPACTOS DA MANUTENÇÃO NA CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE DA VIA PERMANENTE

Impacts of Maintenance on the Reliability and Availability of Permanent Way

Impactos del mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de las vías permanentes

Resumo

Trabalho realizado através de análise bibliográfica sobre os impactos da manutenção na confiabilidade e disponibilidade da via permanente em ferrovias. Organizado por meio da revisão de literatura técnica e científica, o estudo aborda os principais componentes da via permanente, os conceitos de confiabilidade e disponibilidade, os tipos de manutenção existentes e as falhas mais recorrentes na superestrutura da via, como quebras de trilhos, falhas em talas de junção e desnivelamento da via. Os resultados evidenciam que a aplicação de práticas de manutenção bem planejadas contribui significativamente para a redução de falhas, aumento da produtividade e segurança na operação ferroviária. Conclui-se que a gestão da manutenção é fundamental para a eficiência do transporte ferroviário.

Palavras chave: Manutenção. Ferrovias. Via Permanente. Confiabilidade.

Abstract

This work was carried out through a bibliographic analysis of the impacts of maintenance on the reliability and availability of permanent way in railways. Organized through a review of technical and scientific literature, the study addresses the main components of the permanent way, the concepts of reliability and availability, the types of maintenance that exist, and the most recurrent failures in the track superstructure, such as rail breaks, failures in joint plates, and track leveling. The results show that the application of well-planned maintenance practices contributes significantly to the reduction of failures, increased productivity, and safety in railway operation. It is concluded that maintenance management is fundamental to the efficiency of rail transport.

Keywords: Maintenance. Railways. Permanent Way. Reliability.

Resumen

Este trabajo se realizó mediante un análisis bibliográfico de los impactos del mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de la vía permanente en ferrocarriles. Organizado mediante una revisión de literatura técnica y científica, el estudio aborda los principales componentes de la vía permanente, los conceptos de confiabilidad y disponibilidad, los tipos de mantenimiento existentes y las fallas más recurrentes en la superestructura de la vía, como roturas de rieles, fallas en las placas de unión y nivelación de la vía. Los resultados muestran que la aplicación de prácticas de mantenimiento bien planificadas contribuye significativamente a la reducción de fallas, el aumento de la productividad y la seguridad en la operación ferroviaria. Se concluye que la gestión del mantenimiento es fundamental para la eficiencia del transporte ferroviario.

Palabras clave: Mantenimiento. Ferrocarriles. Vía Permanente. Confiabilidad.

Introdução

O setor de transporte está diretamente relacionado ao desenvolvimento de uma nação, pois permite acessibilidade e mobilidade entre pessoas e mercadorias deixando explícito o seu grau de importância na economia, o que viabiliza o progresso nos diversos setores de um país. Um país torna-se competitivo à medida que sua infraestrutura viária possa atender as necessidades para o fluxo de sua produção (Colavite, *et al.*, 2015).

Dentro do cenário nacional, existem cinco modais de transporte de cargas principais no Brasil, sendo: rodoviário, ferroviário, aéreo, dutoviário e aquaviário. (Colavite, *et al.*, 2015).

Dentre os principais modais de transporte no Brasil, o rodoviário é o que possui maior participação no transporte de cargas, o equivalente a 64,85% das cargas transportadas. Posteriormente temos o modal ferroviário com 14,95% das cargas transportadas (CNT, 2025). Um valor abaixo dos países considerados desenvolvidos, onde essa porcentagem corresponde a cerca de 40% (Pereira, 2016).

Mesmo o Brasil sendo o maior país em extensão da América do Sul, sua malha ferroviária é pequena quando comparada com a de outros países desse continente e do mundo com dimensões territoriais semelhantes. Entretanto, o modal ferroviário é o segundo mais utilizado no Brasil considerando o volume de carga transportada (Santos, *et al.*, 2018).

Sob essa visão e considerando que o modal ferroviário possui como vantagem o transporte em longas distâncias e preferencialmente para grandes volumes de carga, e que tem maior eficiência energética em comparação aos outros modais, a utilização do transporte ferroviário resulta em um ganho na qualidade ambiental, além de se encaixar na proposta de nosso país. Considerando o tipo de carga, os principais produtos transportados pelo modal ferroviário são as matérias-primas e os insumos em elevadas quantidades e a grandes distâncias. Em contraponto, tem-se como desvantagens o elevado custo de implementação se comparado com o modal rodoviário e pouca flexibilidade, visto que em diversas ocasiões não existe a integração nas linhas férreas para levar um produto do início

ao seu destino final (Barreto et al., 2020). No Brasil, essa situação se agrava por possuir mais de duas bitolas ativas na participação da malha ferroviária.

Tudo isso se torna um grande desafio logístico, que além de escolher o melhor modal a ser utilizado, de acordo com as características da carga, distância, tempo do transporte e os custos, é necessário levar em consideração a variedade de bitola e falta de integração da malha. Dessa forma, a ferrovia é um sistema de transporte no qual é composto por veículos com rodas metálicas que se movem sobre duas vigas metálicas longitudinais ininterruptas, chamadas trilhos (Rosa, 2016). Pode-se dizer que os dois sistemas principais de uma ferrovia são o material rodante e a via permanente. (Nabais, 2014).

De um lado, a via permanente, que desempenha um papel crucial, uma vez que é a estrutura que tem como função suportar e transmitir as cargas dos veículos ferroviários, para que assim ocorra a circulação de trens com confiabilidade, disponibilidade e segurança (Sttefler, 2013).

Por outro lado, durante a operação ferroviária podem ocorrer ações indesejadas que geram acidentes. Existem várias causas para ocorrer um acidente ferroviário. Um acidente nunca é causado por apenas um motivo, ou seja, é resultado de uma combinação de fatores, com um dos quais geralmente é o mais importante. Desde a falha na manutenção de vias até devido aos erros humanos, até um grupo de fatores de um acidente que pode abranger todos os aspectos da operação ferroviária. (Sttefler, 2013). Mais de 70% do custo total do ciclo de vida de uma ferrovia são destinados à manutenção das estruturas fixas (Silva, 2002).

Assim entende-se a importância da manutenção no contexto ferroviário. Contudo, por um longo tempo, a manutenção foi denominada como um "mal necessário". No entanto, com a concorrência de organizações de várias regiões, culturas e contextos socioeconômicos, observou-se que a manutenção eficaz e eficiente é necessária para melhorar a qualidade e a economia do processo produtivo. Assim, para que isso ocorra, é fundamental que se mantenha os equipamentos de forma adequada para uso, em outras palavras, é fundamental para garantir a competitividade empresarial (Paschoal, et al., 2009).

Dessa forma, entende-se a necessidade de entendimento de confiabilidade e disponibilidade. Nesse caso, segundo Jens (2006), confiabilidade é a

probabilidade de um sistema ou componente, operar normalmente dentro de um intervalo de tempo. A disponibilidade é a capacidade de um item, com manutenção adequada, realizar as tarefas requeridas em um determinado instante ou período de tempo. (Fogliatto, et al., 2011).

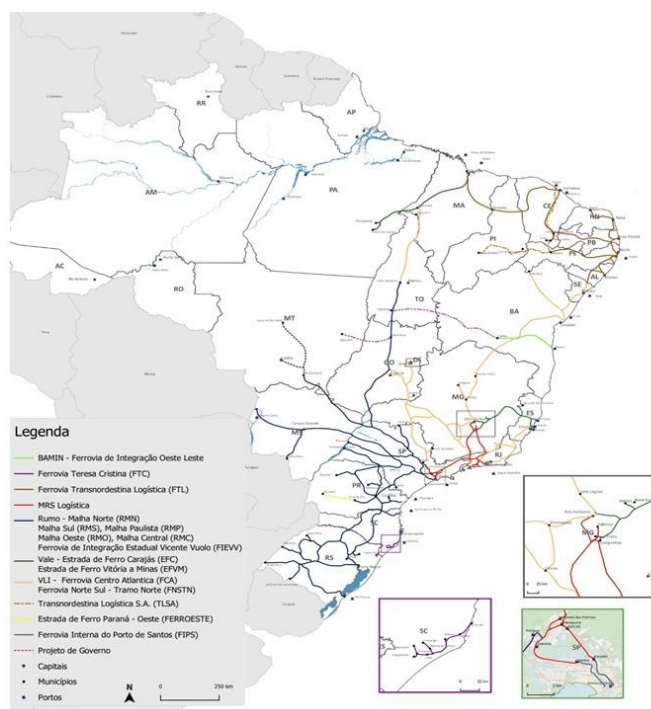
Diante deste contexto, o objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise bibliográfica com análise de indicador, que evidencia como a manutenção pode incrementar a confiabilidade e disponibilidade da via permanente em sistemas ferroviários. Este estudo busca fornecer informações valiosas para contribuir com o aprimoramento das práticas de manutenção e, conseqüentemente, para a melhoria da eficiência operacional das ferrovias no Brasil.

A Malha Ferroviária Brasileira

De acordo com a CNT ((b), 2025), a extensão total da malha ferroviária brasileira é de aproximadamente 30.758Km.

A distribuição dessa malha no território brasileiro é desigual, como pode-se observar na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (Figura 01). Esse dado confirma a pequena malha ferroviária ativa no Brasil, ou seja, uma baixa disponibilidade de vias férreas, dadas as dimensões continentais do Brasil. Outro ponto que chama a atenção é que no Brasil atualmente as ferrovias são utilizadas principalmente para transporte de cargas (Pereira, 2016)..

Figura 01 - Mapa Ferroviário no Brasil (adaptado)



Fonte: ANTF (2025)

Dessa forma, considerando a baixa capilaridade da malha no território nacional, é primordial que o sistema ferroviário esteja em boas condições de operação, para que possa atender boa parte da necessidade existente no setor de transporte de cargas. Portanto, sabendo que a manutenção inadequada ou, em algumas vezes, a falta de reparo dos defeitos na via permanente causa a redução da velocidade dos trens, menor segurança operacional e maiores riscos às cargas transportadas (Pereira, 2016).

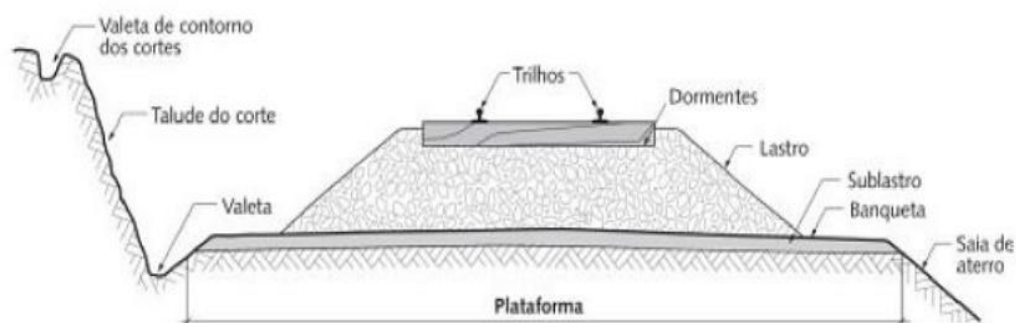
Ferrovia e seus componentes

Segundo Rosa (2016), a ferrovia é um sistema de transporte onde os veículos (motores ou rebocados) se movimentam com suas rodas metálicas sobre duas vigas contínuas, também metálicas, conhecidas como “trilhos”. Este sistema é composto por dois subsistemas básicos: (i) o sistema de material rodante, que são todos os veículos que se movem sobre os trilhos, podendo ser tracionados ou rebocados, e; (ii) a Via Permanente, onde se encontram a infraestrutura e a superestrutura ferroviária. (Nabais, 2014).

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.02**, pode-se observar a infraestrutura ferroviária. Ela é conhecida como a “primeira parcela” da via permanente, que se refere a todo o conjunto de obras realizadas (terraplanagem e sistema de drenagem) e que formam a plataforma, permitindo que a mesma suporte a superestrutura. (Nabais, 2014).

Ainda na **Erro! Fonte de referência não encontrada.02**, tem-se a superestrutura ferroviária, também denominada de “segunda parcela” da via permanente, é composta por lastro, sub-lastro, trilhos, dormentes, elementos de fixação e aparelhos de mudança de via. Tais componentes recebem diretamente os impactos dos veículos ferroviários e dissipam as cargas para a infraestrutura. (Nabais, 2014).

Figura 02 - Seção transversal da Via permanente.



Fonte: Nabais (2014)

O sub-lastro é o elemento da superestrutura que possui interação direta com a infraestrutura e o lastro da Via Permanente. Suas funções são:

- (i) Elevar a capacidade de suporte da plataforma;
- (ii) Reduzir a penetração de lastro na plataforma;
- (iii) Elevar a resistência do leito à erosão e penetração de água;
- (iv) Permitir certa elasticidade do lastro, para que assim, a Via permanente não seja totalmente rígida.

O lastro, por sua vez, é o elemento que se encontra entre o sub-lastro e os dormentes. Suas funções são:

- (i) Distribuir para o sub-lastro os esforços das cargas dos veículos;
- (ii) Amortecer as trepidações causadas pela passagem de veículos;
- (iii) Formar uma superfície contínua e uniforme para dormentes e trilhos;
- (iv) Impedir que os dormentes se desloquem longitudinalmente e transversalmente;
- (v) Contribuir com a drenagem da superestrutura.

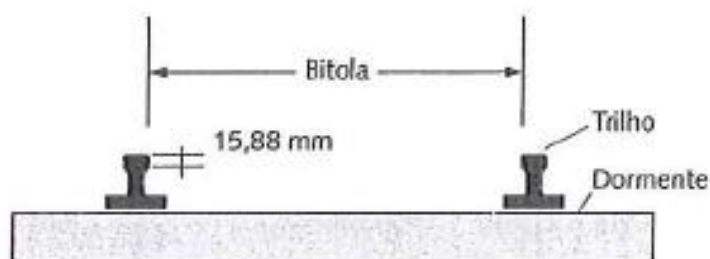
Os dormentes estão situados entre o lastro e os trilhos, podendo ser de madeira, aço, concreto e polímero, contribuindo com:

- (i) A transmissão para o lastro dos esforços gerados pelos veículos;
- (ii) Suportar os trilhos, permitindo a sua fixação; e
- (iii) Manter bitola (distância entre os dois trilhos).

Por fim, os trilhos são perfis de aço, paralelos entre si, que possui como função além de suportar as cargas oriundas do material rodante, tem a função de atuar como guia do material rodante e como superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários (Borges,2012).

Uma característica básica presente na superestrutura ferroviária é a bitola, que se refere a distância entre os boletos dos trilhos da via. No Brasil temos quatro tipos de bitola, contudo duas são as mais utilizadas, ou seja, larga (1,60m) e métrica (1,00m). Devido a variedade de bitolas, em alguns trechos há a necessidade de implantação de bitola mista (permite a passagem de veículos com de bitolas diferentes) (Pereira, 2016). Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**03, pode-se observar um desenho esquemático de medição da bitola.

Figura 03 - Representação esquemática bitola.



Fonte: Nabais (2014)

Como resultado direto da frequência e intensidade das cargas e exposição às condições climáticas, é previsto que os componentes da via permanente necessitem de manutenção (Moraes, et al., 2021).

Nesse sentido, segundo Franzão et. al (2018) cerca de 43% dos acidentes ferroviários está associado à via permanente, seja como causa principal ou fator que contribui, resultando na maioria das vezes em um descarrilamento.

Tabela 01 - Tipo de causa e natureza da ocorrência (Adaptado).

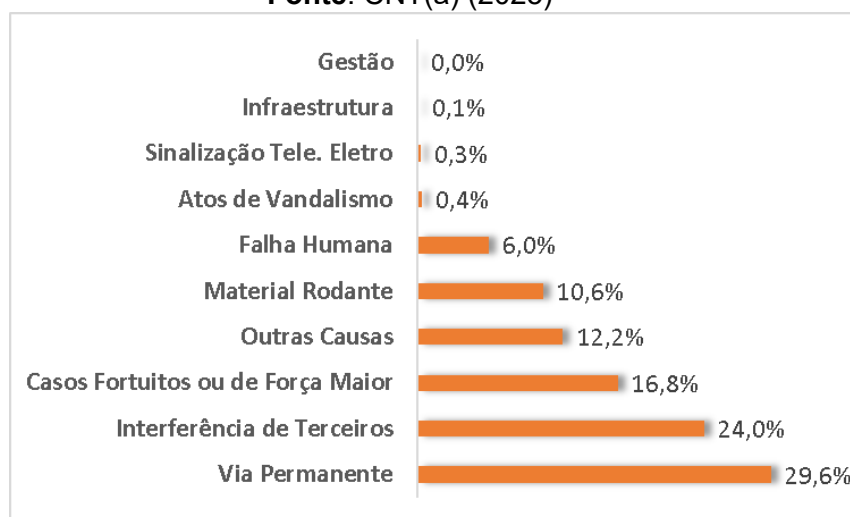
Natureza/Causa	Contributória	Principal	Total
Cliente	4%	4%	8%
Eletro	1%	0%	1%
Projetos	0%	0%	0%
Tração	1%	1%	2%
Vagões	5%	3%	8%
Mecanizada	1%	1%	1%
Operação	5%	4%	9%
Segurança	14%	14%	28%
Via Permanente	23%	20%	43%

Fonte: Franzão, 2018

Para corroborar a informação acima, dados do CNT (a) (2025) indicam que no intervalo de 2006 a 2025, 29,6% dos acidentes em ferrovias tiveram como causa a Via Permanente. Esses dados são apresentados na Figura 04.

Figura 04 - Principais causas de acidentes em ferrovias – 2006 a 2025 (Adaptado).

Fonte: CNT(a) (2025)



Com os dados apresentados, podemos identificar a Via Permanente como um ponto vital para a segurança ferroviária, necessitando de inspeções e manutenções frequentes. Assim, percebe-se que a qualidade da estrutura de uma ferrovia influencia diretamente a confiabilidade do sistema ferroviário como um todo (Moura, 2018).

Enfim, a manutenção dos componentes da Via Permanente, é de suma importância e, tem como objetivo manter a disponibilidade da ferrovia, evitando interdições e restrições de velocidade (Moura, 2018).

Principais Intervenções na Via Permanente

Sabe-se que a qualidade da via permanente é fundamental para o desempenho do transporte ferroviário e que os ativos como trilhos, dormentes, lastro e acessórios de trilhos desgastam com o fluxo de trens e podem apresentar mau funcionamento. Isso por sua vez, dependendo do nível, pode comprometer a qualidade geométrica da via, o que pode demandar intervenções de manutenção

nos momentos em que os limites de segurança ou conforto são atingidos. Assim, a manutenção da via permanente é planejada de modo a renovar o ativo quando o seu desgaste atinge o limite de tolerância exigido pela segurança ou comodidade da circulação e a ser substituídos seus principais constituintes pela intensidade de tráfego ou pelo aumento de peso do material rodante (Castello Branco et al., 2002, p.202).

As principais intervenções para as manutenções ferroviárias são divididas em três operações únicas, a saber: (i) manutenções preventivas, (ii) intervenções pontuais, e; (iii) renovação de via (Moura, 2018).

As manutenções preventivas são realizadas pela verificação de componentes da via e substituição ou reparo dos componentes deteriorados. As intervenções pontuais se tratam de manutenções corretivas quando ocorre a falha de algum componente da via, que comprometa a circulação de trens. Por fim, a renovação da via é o processo em que os elementos da via são substituídos, em razão da falta de capacidade de funcionamento da via ou por aumento da capacidade de transporte e velocidade da via (Moura, 2018).

Nas Figuras 5.1 e 5.2, são apresentados a esmerilhadora de trilhos e a Socadora de Lastro, que são equipamentos responsáveis pela realização de manutenções preventivas e/ou intervenções pontuais na Via Permanente. Na Figura 5.3 é apresentado o equipamento que realiza a renovação da Via, a Renovadora de Via.

Figura 5 - (1) Esmerilhadora de trilhos, (2) Socadora de lastro, (3) Renovadora de linha (adaptado).



Fontes: (1) e (2) Rosa (2016), (3) Esveld (2016).

De modo geral, os trabalhos de conservação ou reparo da via permanente são o conjunto de atividades com o objetivo de manter a qualidade da via dentro de limites aceitáveis, para atingir os níveis de qualidade mais próximos possíveis do que foi inicialmente definido no projeto de construção da via (Paschoal et al., 2009).

A partir do momento que uma ferrovia é implantada, já se inicia o seu processo de degradação devido ao uso e ao meio ambiente.

Para realizar a manutenção da Via Permanente, é necessário avaliar o desgaste dos componentes da via e também determinar os limites para substituição/reparo dos componentes (Aguiar, 2011).

O monitoramento de controle dos parâmetros da via, são realizados por um carro controle. Algumas operadoras possuem carros específicos como é o caso da MRS Logística, que utiliza o *TrackSTAR* ou *Track Evaluation Vehicle*. Trata-se de

um veículo rodo-ferroviário que realiza medições de parâmetros relacionados à geometria da via e do desgaste de trilhos (Aguilar, 2011).

O carro controle consegue registrar parâmetros geométricos como bitola, empeno, alinhamento, nivelamento, superelevação e, também, trilhos e suas fixações (Junqueira, 2024).

Além do carro controle, é possível realizar a instrumentação de vagões e locomotivas afim de medir parâmetros de Via Permanente.

Os vagões instrumentados possuem diversos sensores instalados, conforme a Figura 6.1, que possibilita a medição de diversos parâmetros enquanto o vagão se desloca na linha.

Segundo Silva (2022), vagões instrumentados podem monitorar as seguintes grandezas físicas:

- Aceleração do corpo do vagão;
- Aceleração vertical nos dois truques;
- Deslocamento da suspensão secundária em ambos os truques;
- Pressão na linha do freio;
- Outras grandezas, a depender da necessidade.

Os dados obtidos pelo vagão instrumentado podem ser utilizados para monitorar a condição dos trilhos para intervenção imediata e também para verificar o nível de deterioração após um longo tempo (Silva, 2022).

Recentemente a MRS implementou o Sistema Autônomo de Medição de Geometria de Linha (ATGMS), conhecido como Locomotiva Instrumentada (Figura 6.2). O equipamento permite a medição de parâmetros da via, essenciais para manter a confiabilidade e a segurança da Linha Férrea. O sistema da locomotiva realiza a inspeção em tempo real de diversos dados de geometria de via e bitola (MRS, 2024).

Instrumentar vagões e locomotivas torna possível a análise de desempenho, velocidade e carga em tempo real. Com os dados obtidos por esse tipo de equipamento, pode-se aprimorar as operações de manutenção (Silva, 2022).

A grande vantagem tanto da locomotiva instrumentada quanto do vagão instrumentado é o fato de realizar as medições em condições reais, sem a necessidade de parar a circulação no trecho onde serão realizadas as medições.

Além disso, torna possível a análise de trechos da via num menor intervalo de tempo.

Conclusão

Este estudo enfatiza a importância crítica da manutenção na confiabilidade e disponibilidade da via permanente em ferrovias. Ao longo da análise bibliográfica, ficou evidente que a Via Permanente, desempenha um papel central na garantia de confiabilidade e disponibilidade do sistema ferroviário. A aplicação da Engenharia de Manutenção, planejando as intervenções com base em parâmetros reais impactam diretamente na redução de falhas, redução de custos e melhoria do desempenho operacional.

Ficou evidente que a manutenção deixou de ser o ato de “realizar o reparo emergencial” de um sistema e passou a representar um conjunto de práticas que visam manter a ferrovia operando com segurança, confiabilidade e disponibilidade. O trabalho nos traz práticas como o esmerilhamento de trilhos, reaperto e substituição de talas de junção e a correção geométrica através da socaria e desgumamento, que são importantíssimas para prolongar a vida útil da Via e reduzir o número de falhas.

Os dados utilizados como exemplo, nos mostram que mais de 84% do tempo de paradas da Via Permanente são relacionados à quebra de trilhos, falhas em talas de junção e desnivelamento da via. Atuar na redução do tempo de intervenção nessas paradas não planejadas, possibilita a abertura de janelas operacionais para mais trens na linha, elevando a produtividade e a competitividade do transporte ferroviário.

A utilização de ferramentas de manutenção preditiva através do carro controle, ultrassom, locomotiva e o vagão dotados de instrumentos de medição de via, são ferramentas valiosas na detecção dos pontos que necessitam de manutenção.

Assim, conclui-se que a gestão da manutenção, com base na confiabilidade e disponibilidade, é fundamental para o bom desempenho do sistema ferroviário.

Referências

AGUIAR, Lucas Toledo de. **Inspeção de Via Permanente: Um fator determinante no processo de direcionamento da Manutenção Ferroviária**. 2011.

ANTF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **Mapa ferroviário**. Disponível em: <https://www.antf.org.br/boletim-antf/mapa-ferroviario/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

BARRETO, Roberto Carlos Pessanha; RIBEIRO, Antonio José Marinho. Logística no Brasil: uma análise do panorama dos modais rodoviários e ferroviários no cenário nacional demonstrando as vantagens e desvantagens das referidas modalidades. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 5, n. 3, p. 145-176, 2020.

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

COLAVITE, Alessandro Serrano; KONISHI, Fabio. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, v. 12, p. 28, 2015.

CNT (a) - Confederação Nacional do Transporte (CNT(a)). **Painel CNT do Transporte – Modal Ferroviário**. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/painel-cnt-transporte-ferroviario> . Acesso em: 3 ago. 2025.

CNT (b)- Confederação Nacional do Transporte (CNT (b)). **Boletim Unificado – setembro 2025. Brasília**: CNT, 2025. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/>. Acesso em: 1 out. 2025.

DANGRE, Harish. **A review on insulated rail joints (IRJ) failure analysis**. International Journal of Advance Research and Publication, v. 3, n. 1, p. 5-9, 2019.

MOURA, Diogo Furtado. **Priorização da manutenção de superestrutura ferroviária através de programação por metas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Vitória, 2018.

DENARDI, Lucas Seroni. Diagnóstico das principais falhas de via permanente ferroviária visando reduzir a indisponibilidade na circulação de trens. **Anais do Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM**, 2019.

SANTOS, Debora Brito et al. A infraestrutura no transporte ferroviário no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 10, p. 38-51, 2018.

ESVELD, Coenraad. **Modern railway track**. 3. ed. Zaltbommel: MRT Productions, 2016.

FOGLIATTO, Flávio. S.; RIBEIRO, José. L.D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2011.

FRANZÃO, Alexandre Antônio et al. **Análise estatística das ocorrências de acidentes ferroviários na região Centro-sudeste paulista, causas e consequências**. 2018.

JENS, Rodrigo Dias. **Modelo de monitoramento e avaliação da confiabilidade e disponibilidade de sistemas de distribuição de energia elétrica com base nas condições de uso de transformadores**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

JUNQUEIRA, Angelo Samuel. **Avaliação da condição de via férrea por meio de vagão instrumentado e carro controle**: estudo de caso na Estrada de Ferro Vitória-Minas. 2024. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

LORAM MAINTENANCE OF WAY. **Inc. Rail Grinding** – manutenção de trilhos. Disponível em: <https://www.loram.com/pt-br/maintenance-of-way/rail-grinding/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

MACÊDO, Fernanda Bittencourt. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

MANUTENÇÃO de Vias. **Esmerilhamento De Trilhos Especializado**. Disponível em: <https://loram.com/pt-br/maintenance-of-way/rail-grinding/specialty-rail-grinding/>. Acesso em 05 jan. 2025.

MAPA ferroviário. [S. l.], 18 ago. 2024. Disponível em: <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/#>. Acesso em: 18 ago. 2024.

MENDES, Brendon Maia. **Análise da produtividade de máquinas de grande porte em obra de correção geométrica ferroviária na Estrada de Ferro de Carajás. Monografia** (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

METROPOLITAN ATLANTA RAPID TRANSIT AUTHORITY. **Track Inspection Training** – Rail. Rev. 1. Atlanta: Facilities Training, 2011.

MORAES, Ana Flávia et al. **ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO NA SUPERESTRUTURA FERROVIÁRIA: ESTUDO DE CASO EM UM TRECHO DA MRS. XVIII Congresso Rio de Transportes**. 2021. Rio de Janeiro.

NABAIS, Rui. J. S. **Manual básico de Engenharia Ferroviária**. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

NETO, Camilo Borges. **Manual Didático de Ferrovias**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2012.

PASCHOAL, D. R. et al. Disponibilidade e confiabilidade: aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA**, p. 1-14, 2009.

PEREIRA, Jamille Albuquerque. **Impactos das condições das vias permanentes na operação ferroviária: avaliação de um método de inspeção das condições de manutenção e reabilitação de ferrovias**. 2016.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga; RIBEIRO, Rômulo Castello Henriques. **Estradas de ferro: projeto, especificação & construção** [recurso eletrônico]. Vitória: EDUFES, 2016. 352 p. ISBN 978-85-7772-384-3. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/774>. Acesso em: 7 set. 2025.

SCHUINA, Polyana Alves Vilela. **Estudo sobre a qualidade na manutenção do lastro na estrada de Ferro Vitória a Minas**. 2014.

SILVA, Andressa Santos. **Sensoriamento otimizado de vagões como alternativa ao uso de rodeiros instrumentados**. 2022. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, 2022.[Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/4043>.

SILVA, Luiz Francisco Muniz da. **Fundamentos teórico-experimentais da mecânica dos pavimentos ferroviários e esboço de um sistema de gerência aplicado à manutenção da via permanente**. Coope, Rio de Janeiro, 2002.

SISTEMA de Locomotiva Instrumentada gera confiabilidade e segurança para a Zona de Autossalvamento. Disponível em: <https://www.mrs.com.br/post-newsletter/sistema-de-locomotiva-instrumentada-gera-confiabilidade-e-seguranca-para-a-zona-de-autossalvamento/>. Acesso em: 17 nov. 2024.

STTEFFLER, Fábio. **Via Permanente Aplicada: Guia Teórico e Prático**. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2013.

VIANA, Thiago; SCHIMTZER, Gabriel. Estudo de contato roda-trilho para esmerilhamento de trilhos na VLI. In: **Semana de Tecnologia Metroferroviária**. 21., 2015, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô, 2015.

Recebido: 17/12/2025

Aprovado: 18/12/2025

Publicado: 30/12/2025