

CARACTERIZAÇÃO DO LASTRO DE FERROVIAS

Fabício Braga¹

Marcus Ramon dos Santos Dias¹

Rita de Cássia Teixeira Assis Piccoli²

ritaassis.univertix@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

Este trabalho investiga a caracterização do lastro ferroviário, com foco em sua influência na segurança e eficiência dos sistemas de sinalização ferroviária. O lastro, composto por brita graduada, desempenha funções críticas como distribuição de cargas, drenagem e isolamento elétrico. No entanto, sua contaminação por finos (como minério de ferro) reduz a resistência elétrica, comprometendo os circuitos de via e aumentando riscos operacionais. A pesquisa combina revisão bibliográfica com um estudo de caso em Três Rios/RJ, onde a resistência do lastro será avaliada usando o equipamento Shortfinder. Os resultados obtidos em campo serão comparados com parâmetros internacionais. A pesquisa tem potencial para subsidiar estratégias de manutenção, buscando equilibrar custos e segurança. O estudo visa contribuir com critérios técnicos para lastro contaminado, visando otimizar impactos operacionais por falhas de Intertravamento do sistema de sinalização e reforçando o compromisso da Engenharia Civil com uma infraestrutura resiliente e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: lastro ferroviário; resistência; contaminação; circuitos de via; sinalização ferroviária.

1 INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário desempenha um papel crucial na logística e na economia de diversos países, incluindo o Brasil, movimentando grandes volumes de cargas e passageiros de forma eficiente segundo a ANTT (2025). Para garantir a segurança e a eficiência desse sistema, a sinalização ferroviária é um componente indispensável, evoluindo ao longo dos séculos desde métodos rudimentares até sistemas complexos e automatizados.

Nesse contexto, o lastro ferroviário se destaca como um elemento essencial da superestrutura da via, responsável por distribuir as cargas, garantir a estabilidade da via e o funcionamento do sistema de sinalização. A caracterização do lastro, portanto,

¹ Acadêmicos do 10º período do curso de Engenharia Civil. Faculdade Vértix Trirriense – UNIVÉRTIX.

² Doutoranda em Engenharia Civil pela UFJF. Professora da Faculdade Vértix Trirriense – UNIVÉRTIX.

é de suma importância para assegurar o desempenho do sistema de sinalização, influenciando diretamente na segurança e na eficiência da operação ferroviária. Esses sistemas, por mais modernos que sejam, dependem fundamentalmente da resistência de lastro para sua eficácia (Brina, 1979).

A superestrutura ferroviária é um sistema crítico para a segurança e eficiência do transporte de cargas e passageiros, sendo composta por trilhos, dormentes, fixações e lastro, este último, é responsável por distribuir cargas, drenar águas pluviais e garantir a estabilidade geométrica da via (Selig; Waters, 1994). No entanto, a contaminação do lastro por finos (partículas de solo, minério e outros detritos) compromete suas propriedades mecânicas, reduzindo a capacidade de suporte e acelerando a degradação da infraestrutura.

No contexto das ferrovias brasileiras a manutenção do lastro é essencial para evitar falhas nos circuitos de via, sistemas elétricos que detectam trens e trilhos partidos. A contaminação do lastro pode alterar a condutividade elétrica dos trilhos, interferindo na detecção de trens e aumentando riscos operacionais.

Apesar da importância do tema, há escassez de estudos que definam parâmetros claros para a resistência de lastro contaminado. Enquanto a AREMA (2017) estabelece limites de finos (<5% em peso), estudos recentes (Indraratna et al., 2020) sugerem que outros fatores, como tipo de contaminante e condições climáticas, devem ser considerados.

Este trabalho tem como objetivo principal de realizar a caracterização do lastro ferroviário, contribuir na investigação de critérios técnicos para avaliação do lastro contaminado, com base nos parâmetros utilizados atualmente pelas ferrovias brasileiras para detectar baixa resistência de lastro, que prejudica a condutividade elétrica e compromete o sistema de sinalização, ocasionando falhas nos circuitos de vias e gerando impactos operacionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundamentos da Superestrutura Ferroviária

Nesta seção, serão abordados os conceitos essenciais da superestrutura ferroviária, com foco na importância e nas funções do lastro. Segundo (BRINA, 1979) a superestrutura é o conjunto de elementos que suportam diretamente o rolamento dos trens, sendo o lastro um componente crucial. Stopatto (1987) detalha as múltiplas

funções do lastro, que incluem a distribuição uniforme das cargas transmitidas pelos dormentes ao subleito, a garantia da estabilidade lateral da via, o amortecimento de vibrações, a facilitação da drenagem das águas pluviais e a manutenção da geometria da via. O DNIT (2024) complementa essa visão, apresentando diretrizes para o projeto de superestrutura, com ênfase nas especificações e nos requisitos de qualidade para o lastro e o sublastro. A brita utilizada em um lastro ferroviário remonta ao século XIX, quando as primeiras ferrovias utilizavam materiais como cascalho e pedras brutas. Inicialmente, usava-se qualquer rocha disponível, sem padronização, o que causava desgaste acelerado e instabilidade.

Com o aumento da carga e velocidade dos trens, percebeu-se a necessidade de britas duras, angulares e bem graduadas para melhor compactação e resistência. Desta forma, os estudos geológicos comprovaram que as rochas ígneas ou metamórficas como granito, basalto e quartzito atendem as especificações para a superestruturas atuais segundo (ABNT NBR 6490:1985).

A Brita tem granulometria padronizada, como brita 1 ou brita graduada com as seguintes recomendações conforme (ABNT NBR 5564:2021)

- Granulometria típica: 25 mm a 50 mm (pode variar conforme norma da ferrovia).
- Material Pedra britada durável (ex.: basalto, granito).
- Limites de degradação: Resistência à abrasão (teste Los Angeles) e desgaste.
- Forma angular: Para melhor compactação e travamento.

2.2 Degradação do Lastro e a Contaminação por Minério de Ferro

A durabilidade e a eficiência do lastro podem ser comprometidas por diversos fatores, incluindo a degradação física dos materiais e a contaminação por substâncias estranhas. Pires (2017), em seu estudo sobre a degradação do lastro ferroviário, discute os principais aspectos desse processo, como a quebra de partículas, o atrito entre os grãos e a intrusão de materiais finos. Segundo Selig e Watters (1994) a presença desse material pode alterar significativamente as propriedades do lastro, como a permeabilidade, a capacidade de drenagem e a resistência mecânica, como discutido anteriormente.

A acumulação de minério de ferro pode levar à colmatação do lastro, dificultando a sua função de suporte e drenagem, e potencialmente afetando a isolamento elétrica dos circuitos de via.

Os circuitos de via são sistemas de sinalização ferroviária que utilizam os próprios trilhos para detectar a presença de trens em um determinado trecho da via. Conforme detalhado por Brandi (2004), o bom funcionamento desses circuitos depende da adequada isolamento elétrica entre os trilhos e o solo, proporcionada principalmente pelo lastro e pelos dormentes.

A resistência elétrica do lastro é, portanto, um parâmetro fundamental para garantir a integridade da sinalização. Alvarenga (2023) em sua pesquisa sobre a identificação de falhas em circuitos de via, ressalta a importância de monitorar a resistência do lastro para diagnosticar problemas de isolamento.

A contaminação do lastro, especialmente por materiais condutores como o minério de ferro, pode reduzir significativamente a resistência do lastro, comprometendo a operação segura dos circuitos de via (ACADEMIA MRS, 2016).

A avaliação da resistência do lastro in situ é crucial para monitorar a condição da via e garantir a segurança operacional.

O equipamento Shortfinder, conforme descrito no seu Manual de Instruções (Model 344 Shortfinder Plus Instruction Manual, 2012), é um instrumento utilizado para medir a resistência elétrica entre os trilhos e o solo. Este equipamento permite obter valores de resistência em diferentes pontos da via, fornecendo informações importantes sobre a condição do lastro.

A interpretação desses valores é essencial para identificar trechos com baixa resistência, que podem indicar problemas de contaminação ou umidade excessiva. A AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association, 2025), em suas publicações e normas, estabelece diretrizes e recomendações para a manutenção e avaliação da via permanente, incluindo a importância da medição da resistência do lastro.

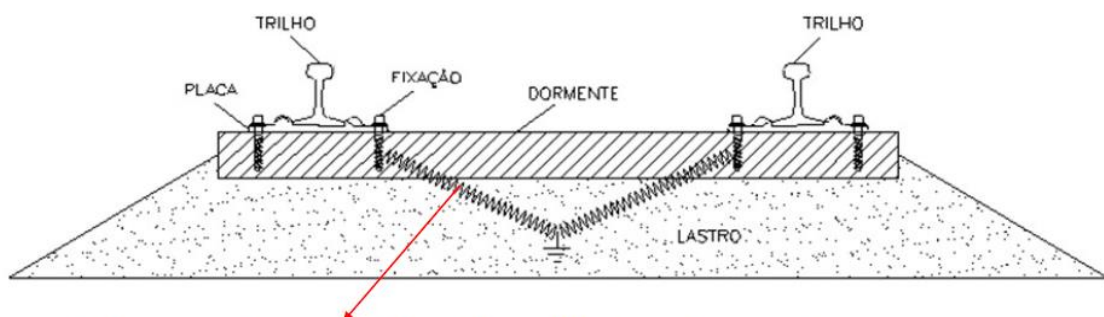
A resistência do lastro não é um valor estático, variando em função de diversos fatores, incluindo o tipo de material, o grau de compactação e, principalmente, o teor de umidade. Conforme mencionado por (PIRES, 2017), a umidade excessiva no lastro pode reduzir significativamente a sua resistência elétrica.

A contaminação por minério de ferro pode exacerbar esse efeito, pois o material particulado pode reter mais umidade e aumentar a condutividade do lastro. Portanto, a compreensão dos valores de resistência em diferentes condições (úmido, colmatado e/ou seco) é fundamental estabelecer um valor de referência aceitável para o lastro contaminado por minério de ferro, utilizando o equipamento Shortfinder.

As diretrizes da AREMA (2025), podem fornecer informações relevantes sobre os valores de referência para lastro não contaminado, que podem servir como ponto de partida para a análise dos resultados obtidos em condições de contaminação.

O lastro ferroviário desempenha um papel fundamental na estabilidade e eficiência dos circuitos de via, influenciando diretamente na resistência elétrica entre os trilhos (Guimarães, 2017). Essa resistência, conhecida como resistência de lastro, é um parâmetro crítico para o funcionamento adequado dos sistemas de sinalização e detecção de trens.

Figura 01: A figura abaixo ilustra a resistência de lastro na superestrutura ferroviária.



- Representação da resistência elétrica do lastro – não existe fisicamente

Fonte: Instituto Militar de Engenharia - IME, 2017.

Conforme a figura 01 a resistência de lastro representa a oposição à passagem de corrente elétrica entre os trilhos, sendo determinada pela qualidade do lastro, dormentes, fixações e condições ambientais. Sua medição é essencial para garantir a confiabilidade do circuito de via Segundo (Guimarães, 2017).

Segundo a norma AREMA (2017), o valor mínimo aceitável para operação segura é $0,915 \Omega \cdot \text{km}$ (equivalente a $3 \Omega \cdot 1.000 \text{ pés}$); quanto menor a resistência de lastro, maior a fuga de corrente, reduzindo a eficiência do circuito.

3 METODOLOGIA

O processo metodológico desta pesquisa, ilustrado no Fluxograma, foi desenvolvido em três etapas sequenciais para alcançar os resultados esperados.

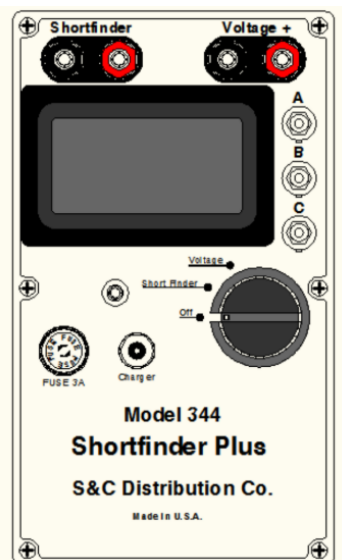
Figura 2 – Fluxograma do processo metodológico.



Fonte: Autoria própria, 2025

A primeira etapa consistiu na definição de uma estrutura conceitual-teórica abrangente, por meio do mapeamento de artigos científicos que focam em como a degradação do lastro influencia o sistema de sinalização ferroviária. Posteriormente, na segunda etapa, analisou-se um trecho de via permanente construído em 2025, localizado em Três Rios (RJ). Neste local, os dados de resistência do lastro foram coletados a intervalos de 5 e 10 metros. Para essa coleta, utilizou-se o equipamento Shortfinder (modelo 324), que permite obter valores de resistência elétrica entre trilhos e solo, fornecendo informações precisas sobre a condição do lastro.

Figura 3: Shortfinder modelo 324, equipamento para medir a resistência elétrica entre trilhos e solo.



Fonte: Manual da S & C Distribution Company, 2012.

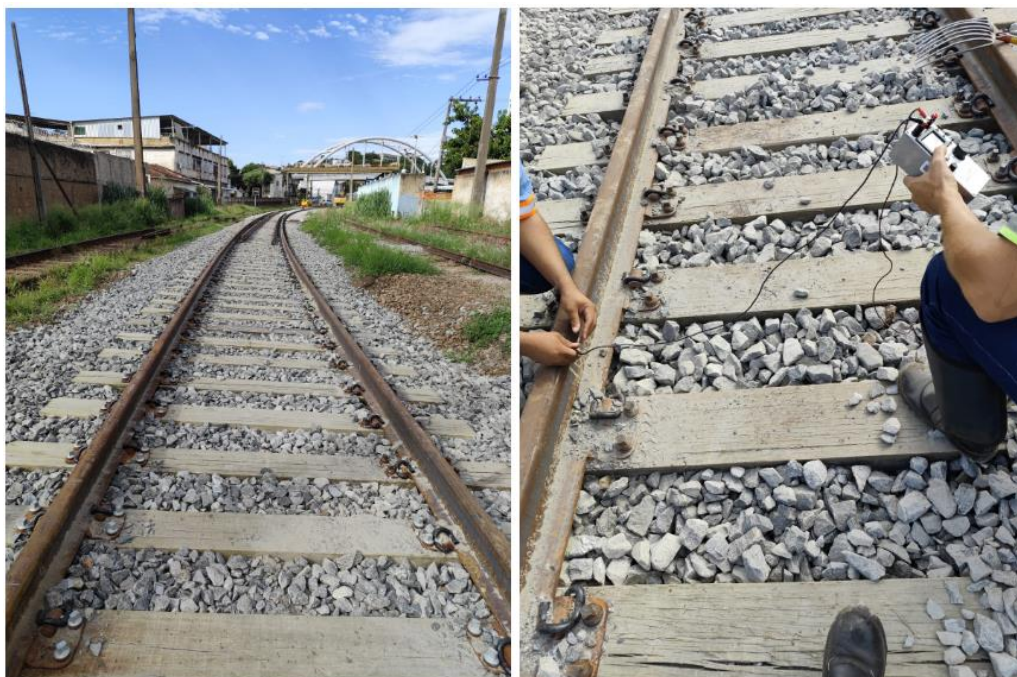
Na terceira e última etapa, os dados coletados foram confrontados com parâmetros de linhas em operação no estado do Rio de Janeiro. Utilizou-se como base o valor de $0,915 \Omega \cdot \text{km}$, que, segundo a American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (AREMA, 2017), é o mínimo aceitável para o bom funcionamento do circuito de via.

Os resultados visam embasar decisões técnicas que equilibrem custos de manutenção e prevenção de impactos operacionais, como destacado por Selig e Waters (1994) em sua abordagem sobre vida útil do lastro. A contaminação do lastro ferroviário reduz sua resistência, podendo causar ocupações indesejadas do circuito de via (GUIMARÃES, 2017), o que reforça a relevância prática desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições de campo realizadas nos circuitos da ilha e da aproximação da passagem de nível (PN) Nelson Viana, em Três Rios (RJ), fornecem evidências empíricas decisivas para a caracterização do lastro ferroviário. A figura abaixo ilustra o processo de medição de resistência de lastro ferroviário utilizando o equipamento ShortFinder em campo.

Figura 3: Medição de resistência de lastro circuito da passagem de nível Nelson Viana

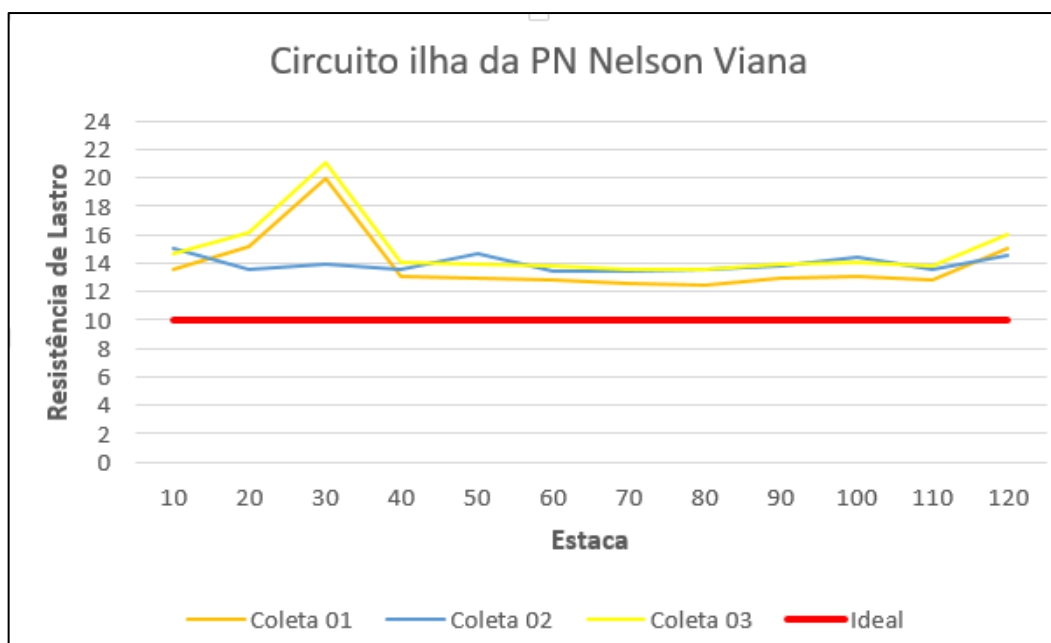


Fonte: Autoria própria, 2025.

O método consiste na aplicação direta do instrumento sobre os trilhos, que injeta corrente elétrica e mede a resistência do lastro por meio de eletrodos acoplados ao trilho. A técnica permite diagnóstico rápido e não destrutivo do estado de contaminação do lastro, conforme metodologia descrita por Guimarães (2017).

O circuito ilha da passagem de nível da Nelson Viana apresentou valores de resistência de lastro consistentemente elevados, com média na faixa de 13-15 $\Omega \cdot \text{km}$ mais de dez vezes superior ao parâmetro mínimo de 0,915 $\Omega \cdot \text{km}$ estabelecido pela AREMA (2017), conforme figura abaixo.

Figura 4: Medida de resistência de lastro circuito ilha.

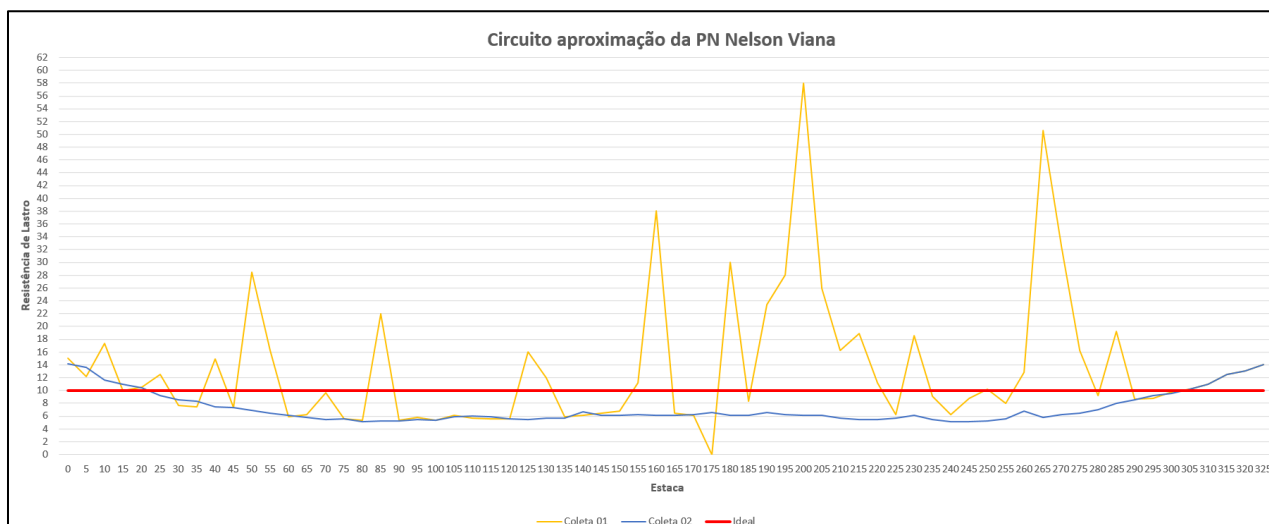


Fonte: Autoria própria, 2025.

Este comportamento é indicativo de um lastro em estado íntegro, com granulometria preservada, boa drenagem e, conseqüentemente, excelente capacidade de isolamento elétrico. Caracteriza, portanto, a condição ideal almejada para a operação segura dos circuitos de via.

Entretanto, o circuito de aproximação apresentou variações significativas na resistência do lastro, conforme figura 5.

Figura 5: Medida de resistência de lastro circuito aproximação da PN Nelson Viana.

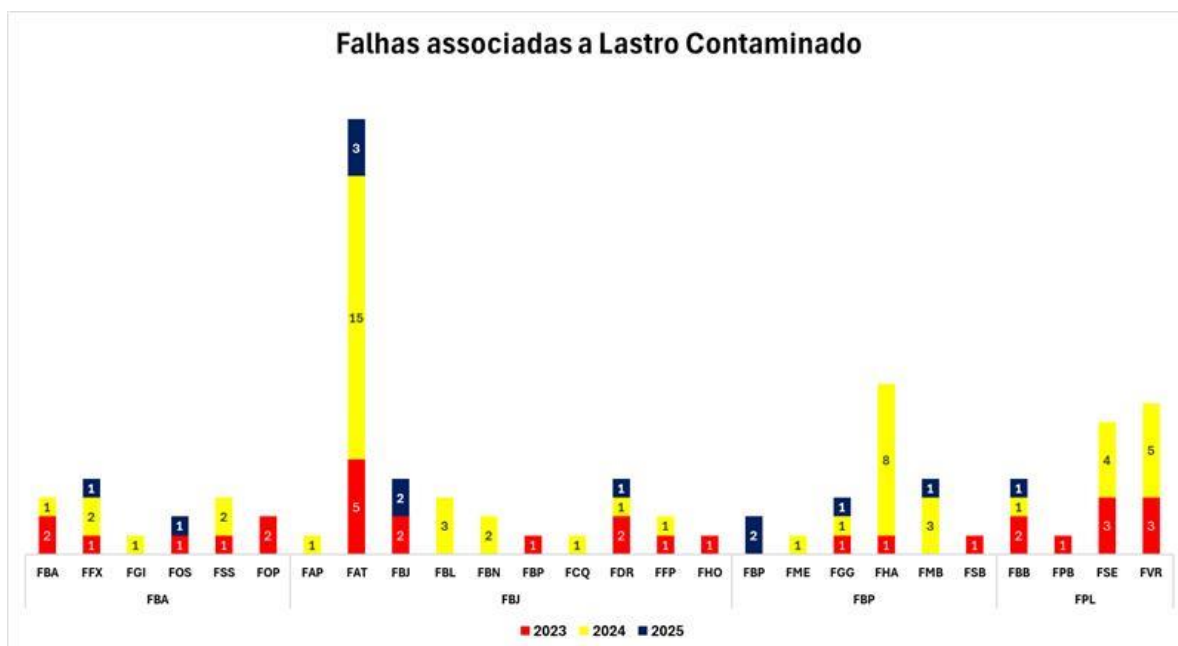


Fonte: Autoria própria, 2025.

Circuito Aproximação da PN Nelson Viana: Configurou-se como um caso de paradigma de estudo. O trecho exibiu um padrão de resistência crítico, com vastos segmentos (especialmente entre as estacas 30 e 295) registrando valores alarmantes, muitos inferiores a $6,0 \Omega \cdot \text{km}$. Diversos pontos registram valores que, embora ainda acima, aproximam-se perigosamente do limite mínimo da AREMA, indicando uma degradação avançada. Entretanto é um trecho remodelado e construído novo, sem indício de contaminação. Este resultado caracteriza condição crítica para o funcionamento dos circuitos de via. Este resultado indica a influência direta da contaminação do lastro na redução da resistência elétrica, corroborando os estudos de Alvarenga (2023) e Guimarães (2017), que destacam o risco de falhas de sinalização em condições de baixa isolamento elétrica.

Além da análise realizada na cidade de Três Rios da resistência de lastro, torna-se relevante avaliar o histórico de falhas associadas à contaminação do lastro em diferentes trechos da ferrovia. Conforme ilustrado abaixo.

Figura 6: Falhas associadas a lastro contaminado



Fonte: MRS Logística, 2025.

Observa-se que os anos de 2023 a 2025 registraram recorrências significativas de falhas em vários pátios ferroviários do estado do Rio de Janeiro. Essa tendência reforça a correlação direta entre a degradação do lastro e a maior probabilidade de falhas de sinalização, confirmando os resultados obtidos no gráfico 2.

O uso do equipamento Shortfinder mostrou-se eficaz na identificação precisa de trechos críticos, permitindo um diagnóstico rápido e confiável do estado do lastro.

A comparação dos dados com o padrão AREMA demonstrou a utilidade prática e a validade deste parâmetro internacional como referência para as ferrovias brasileiras. O estudo de caso confirma que valores abaixo de 1 $\Omega \cdot \text{km}$ são indicativos de contaminação severa que exige intervenção de manutenção.

Conforme alertado por Guimarães (2017) e evidenciado na prática, a baixa resistência pode causar falsas ocupações ou falhas na detecção de trens, paralisando o movimento na via e gerando significativos impactos operacionais e econômicos para a ferrovia.

Os resultados obtidos evidenciaram que trechos com menor presença de contaminação apresentaram valores de resistência superiores ao limite mínimo de 0,915 $\Omega \cdot \text{km}$, o que garante condições adequadas de isolamento elétrico para o funcionamento dos circuitos de via. Entretanto, em áreas onde foram identificados indícios de contaminação por finos, especialmente minério de ferro, os valores de

resistência ficaram abaixo do recomendado, configurando risco para a confiabilidade da sinalização ferroviária.

Outro aspecto observado foi a influência da umidade, que contribuiu para a redução adicional da resistência elétrica, corroborando os estudos de Selig & Waters (1994) e Pires (2017). Isso demonstra que, além da contaminação, fatores ambientais exercem papel decisivo no desempenho do lastro, devendo ser considerados em análises de manutenção e planejamento de inspeções.

Essa descoberta reforçam a necessidade de critérios técnicos específicos para o lastro contaminado em ferrovias brasileiras. A simples adoção de limites percentuais de finos (<5%) conforme AREMA (2017) pode não ser suficiente para garantir a segurança operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo caracterizar o lastro ferroviário, com ênfase na avaliação de sua resistência elétrica e na influência da contaminação por finos – especialmente minério de ferro – no desempenho dos circuitos de via e, conseqüentemente, na segurança do sistema de sinalização ferroviária.

Por meio de um estudo de caso no município de Três Rios (RJ), utilizando o equipamento Shortfinder para medições in situ, foi possível obter dados concretos que corroboram a premissa central da pesquisa. Os resultados demonstraram uma variação significativa na resistência do lastro, com trechos críticos no circuito de aproximação da PN Nelson Viana registrando valores alarmantes, muitos abaixo de $6,0 \Omega \cdot \text{km}$ e perigosamente próximos do limite mínimo de $0,915 \Omega \cdot \text{km}$ estabelecido pela norma AREMA (2017). Este fato é particularmente preocupante por se tratar de um trecho recém-construído, indicando que os parâmetros convencionais de qualidade do lastro podem não ser suficientes para garantir o isolamento elétrico necessário.

Os dados coletados validaram a eficácia do uso do Shortfinder como ferramenta essencial para um diagnóstico rápido, preciso e não destrutivo do estado de degradação e contaminação do lastro. A pesquisa também reforçou a correlação direta, evidenciada pelo histórico de falhas da MRS (2023-2025), entre a baixa resistência de lastro e o aumento na ocorrência de falhas nos circuitos de via, que resultam em significativos impactos operacionais e econômicos.

Diante dos resultados, conclui-se que a simples adoção de limites percentuais de finos, como o <5% preconizado pela AREMA, é insuficiente para garantir a segurança operacional das ferrovias brasileiras em contextos de contaminação por minério de ferro. É imperativo que as ferrovias desenvolvam critérios técnicos específicos e complementares que integrem:

- A inspeção visual e granulométrica tradicional;
- Medições sistemáticas da resistência elétrica com equipamentos como o Shortfinder;
- A consideração de fatores ambientais, como a umidade, que agravam a perda de resistência.

Dessa forma, este estudo contribui com uma base técnica sólida para a otimização de estratégias de manutenção preventiva, permitindo um melhor equilíbrio entre custos e segurança, e reforçando o compromisso da Engenharia Civil com o desenvolvimento de uma infraestrutura ferroviária mais resiliente, confiável e sustentável.

Recomenda-se que estudos futuros investiguem a relação quantitativa entre o teor de contaminantes específicos (como o minério de ferro) e a resistência elétrica medida, além de testarem métodos de limpeza ou renovação do lastro em trechos críticos identificados por esta metodologia

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, T. A. **Identificação e localização de falhas em circuitos de via de ferrovias baseada em reflectometria no domínio da frequência**. UFJF, 2023.

ANTT. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br>>. Acesso em: 20/05/2025.

AREMA Home. 2017. Disponível em: <<https://www.arema.org/>>. Acesso em: 25/04/2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6490**: 1985 Rochas - Caracterização de ocorrência – Reconhecimento e amostragem.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5564**: 2021 Via Férrea - Lastro Ferroviário - Requisitos e Métodos de Ensaio.

BRANDI, Eng. Rubens Sergio. **Eletroeletrônica Ferroviária Sinalização Circuito de Via**: engenharia de eletroeletrônica. Rio de Janeiro: Academia Mrs, 2004.

ELETROELETRONICA, Engenharia de. BLOQUEIO E INTERTRAVAMENTO. Rio de Janeiro: Academia Mrs, 2016.

GUIMARAES, Jorge. **Especialização em Transporte Ferroviário de Carga** © 2016-2017 | Instituto Militar de Engenharia (IME).

HELVECIO LAPORTOSA BRINA. **Estradas de ferro**. [s.l: s.n.]. Model 344 Shortfinder Plus Instruction Manual Revised 11-24-12 Page#1. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://stt-solutions.ie/wp-content/uploads/2017/03/344-Instr-Man-11-24-12.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2025.

PIRES, J. et al. **Degradação do lastro ferroviário** – principais aspectos e estudos de caso. TRANSPORTES, v. 25, n. 3, p. 62, 29 out. 2017.

SF-212 - **Projeto de Superestrutura da Via Permanente** - Lastro e Sublastro.pdf — Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-212-projeto-de-superestrutura-da-via-permanente-lastro-e-sublastro.pdf/view>>. Acesso em: 30 março. 2025.

SELIG, E. T.; WATERS, J. M. **Track geotechnology and substructure management**. [s.l.] London: Thomas Telford, (Rep, 1994.).

STOPATTO, SÉRGIO. **Via permanente ferroviária**: Conceitos e aplicações. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.