



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

SOLUÇÕES PARA MANUTENÇÃO DE REDES AÉREAS:
INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS APLICADAS AO PROJETO TIC EIXO NORTE



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

RESUMO

A crescente demanda por disponibilidade operacional em sistemas ferroviários eletrificados exige que a manutenção da rede aérea evolua continuamente, incorporando tecnologias e estratégias capazes de aumentar a eficiência, reduzir o tempo de resposta e elevar os níveis de segurança operacional. Nesse cenário, a TIC Trens adotou uma abordagem inovadora baseada na integração de ativos especializados para manutenção da rede aérea, estruturando um sistema capaz de atender diferentes necessidades operacionais sem restringir as capacidades técnicas a um único equipamento.

A solução implementada é composta por dois ativos de manutenção dotados de elevada convergência funcional: um caminhão multitarefas rodoferroviário e um veículo ferroviário pesado de manutenção de rede aérea. Ambos incorporam recursos como plataformas de trabalho em altura, sistemas de movimentação de cargas, mastros telescópicos, pantógrafos de aterramento, transporte de bobinas e controle remoto para deslocamentos de precisão durante as atividades de manutenção. Essas características permitem que ambos os equipamentos executem diversas atividades de inspeção, manutenção preventiva, corretiva e apoio operacional.

A principal inovação do modelo adotado não está na especialização exclusiva de cada veículo, mas na criação de um sistema integrado de ativos capazes de atuar de forma complementar, permitindo selecionar o recurso mais adequado conforme fatores como acessibilidade ao local, condições operacionais da via, logística de mobilização, disponibilidade dos equipamentos e planejamento da intervenção. Essa flexibilidade amplia significativamente a capacidade de resposta das equipes de manutenção, reduz tempos de indisponibilidade da infraestrutura e aumenta a confiabilidade do sistema ferroviário.

Este artigo apresenta os fundamentos dessa estratégia operacional, descrevendo as características técnicas dos ativos incorporados ao projeto da TIC Trens e discutindo como sua utilização integrada representa um avanço na gestão da manutenção de redes aéreas ferroviárias, alinhando o empreendimento às melhores práticas de engenharia e gestão de ativos ferroviários.

Palavras-chave: Rede aérea. Catenária. Manutenção ferroviária. Inovação tecnológica. TIC Trens



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

1. INTRODUÇÃO

A expansão da malha ferroviária brasileira e a crescente demanda por sistemas de transporte mais eficientes, sustentáveis e confiáveis têm impulsionado importantes avanços na engenharia ferroviária. Nesse cenário, a infraestrutura de eletrificação assume papel estratégico, uma vez que a disponibilidade da rede aérea de alimentação está diretamente relacionada à continuidade da operação, à segurança da circulação ferroviária e ao desempenho global do sistema.

A rede aérea ferroviária constitui um conjunto de elementos mecânicos e elétricos responsáveis pela transferência contínua de energia entre o sistema de alimentação e o material rodante. Por operar permanentemente exposta às condições ambientais, às solicitações mecânicas e às interações dinâmicas com os pantógrafos dos trens, essa infraestrutura está sujeita a processos contínuos de desgaste, tornando indispensável a realização de inspeções periódicas e intervenções de manutenção planejadas.

Tradicionalmente, a manutenção da rede aérea é executada por meio de diferentes equipamentos especializados, frequentemente empregados de forma independente para atender necessidades específicas de inspeção, movimentação de cargas, acesso em altura, medições geométricas ou substituição de componentes. Embora esse modelo tenha contribuído para o desenvolvimento dos sistemas ferroviários ao longo das últimas décadas, a crescente complexidade operacional dos empreendimentos modernos exige soluções capazes de integrar diferentes capacidades técnicas, proporcionando maior flexibilidade, rapidez de resposta e otimização da utilização dos recursos disponíveis.

Essa evolução também está alinhada aos princípios da gestão de ativos físicos, que preconizam a integração entre pessoas, processos e tecnologias para maximizar o desempenho, a confiabilidade e o valor dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. De acordo com a ABNT NBR ISO 55000, a gestão de ativos constitui uma abordagem sistemática voltada à obtenção de valor por meio da gestão coordenada dos ativos de uma organização (ABNT, 2014).

Nesse contexto, a evolução da manutenção ferroviária deixa de estar associada exclusivamente à aquisição de novos equipamentos e passa a incorporar conceitos relacionados à gestão integrada de ativos, à racionalização logística e ao aumento da disponibilidade operacional. Mais do que dispor de equipamentos tecnologicamente avançados, torna-se essencial estruturar um sistema de manutenção que permita selecionar, de forma dinâmica, o recurso mais adequado para cada cenário operacional, considerando fatores como acessibilidade, disponibilidade da via, tempo de mobilização, características da intervenção e planejamento das atividades.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Foi com essa visão que a TIC Trens incorporou uma estratégia inovadora para manutenção da rede aérea, baseada na integração de ativos especializados com elevada convergência funcional. Em vez de concentrar diferentes capacidades em um único equipamento ou estabelecer uma divisão rígida entre tipos de intervenção, o projeto adotou um modelo que disponibiliza múltiplos recursos operacionais aptos a executar inspeções, medições, movimentação de materiais, trabalhos em altura e diversas atividades de manutenção da infraestrutura de eletrificação.

Essa abordagem amplia significativamente a flexibilidade operacional das equipes de manutenção, permitindo que a escolha do equipamento seja orientada pelas condições reais da intervenção e não apenas pelas características individuais de cada ativo. Como resultado, obtêm-se ganhos relacionados à redução dos tempos de mobilização, maior disponibilidade dos recursos, otimização logística, aumento da segurança operacional e melhoria da confiabilidade da rede aérea ao longo de todo o ciclo de vida da infraestrutura.

Além dos benefícios operacionais imediatos, essa estratégia está alinhada aos princípios modernos de gestão de ativos físicos, nos quais a integração entre equipamentos, pessoas, processos e planejamento constitui um fator determinante para a obtenção de elevados níveis de desempenho operacional e sustentabilidade da manutenção ferroviária.

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo apresentar a estratégia adotada pelo Projeto TIC Eixo Norte para manutenção da rede aérea ferroviária, destacando como a integração de ativos especializados contribui para uma gestão mais eficiente da infraestrutura de eletrificação. Também são discutidas as principais características técnicas dos equipamentos empregados, sua complementaridade operacional e os ganhos obtidos em termos de flexibilidade, segurança, produtividade e disponibilidade do sistema ferroviário.

2. FUNDAMENTOS DA REDE AÉREA

A eletrificação ferroviária constitui um dos pilares tecnológicos mais relevantes para sistemas modernos de transporte sobre trilhos. Sua adoção permite elevada eficiência energética, maior capacidade de aceleração, redução de emissões locais e melhor desempenho operacional quando comparada a sistemas movidos exclusivamente por tração térmica.

Entre as tecnologias de eletrificação ferroviária, a alimentação por rede aérea de contato é amplamente utilizada em sistemas metropolitanos, suburbanos, regionais e de alta velocidade. Essa solução permite o fornecimento contínuo de energia elétrica ao material rodante sem necessidade de armazenamento embarcado em larga escala.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A rede aérea ferroviária é composta por um conjunto de elementos mecânicos e elétricos cuja função é garantir a transmissão estável de energia elétrica ao trem em movimento. O funcionamento do sistema depende da interação contínua entre o pantógrafo instalado no material rodante e o fio de contato da catenária.

Entre os principais componentes da rede aérea destacam-se, fio de contato, fio mensageiro, isoladores pendóis, braço de sustentação, dispositivo de seccionamento, postes estruturais e sistema de aterramento.

O fio de contato é o elemento diretamente responsável pela transferência de corrente elétrica ao trem. Seu posicionamento geométrico precisa ser rigorosamente controlado para assegurar contato contínuo com o pantógrafo.

O fio mensageiro, posicionado acima do fio de contato, possui função estrutural. Ele distribui esforços mecânicos e contribui para manutenção da geometria da catenária ao longo do trecho eletrificado.

Os pendóis conectam mecanicamente o fio mensageiro ao fio de contato, ajudando a manter a altura correta do sistema. Já consoles e braços de sustentação fixam a rede aérea aos postes ou estruturas laterais.

Além da integridade estrutural, a geometria da rede aérea é um fator crítico para a operação segura. Entre os parâmetros geométricos monitorados destacam-se a altura do fio de contato, zig-zag, tensionamento mecânico, inclinação local e desgaste por atrito.

O zig-zag do fio de contato merece atenção especial. Esse parâmetro define o deslocamento lateral controlado do fio em relação ao eixo da via. Sua função é distribuir o desgaste ao longo da lâmina de contato do pantógrafo, evitando concentração de abrasão em um único ponto. Caso o zig-zag apresente desvios excessivos ou insuficientes, podem surgir problemas como, desgaste irregular do fio e prematuro do pantógrafo, perda de qualidade de contato, instabilidade elétrica, falhas de captação de corrente e redução de vida útil dos componentes.

Por essa razão, a medição geométrica da rede aérea é parte essencial da manutenção preventiva moderna.

Outro aspecto crítico da rede aérea está relacionado à sua exposição ambiental. Diferentemente de sistemas enclausurados, a catenária está sujeita continuamente a chuva, vento, variações térmicas, poluição atmosférica, vibrações dinâmicas, ações mecânicas externas. Esses fatores aceleram processos de degradação e aumentam a necessidade de inspeção periódica.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A manutenção da rede aérea pode ser dividida em três grandes categorias:

Manutenção preventiva: inspeções programadas e substituições por desgaste esperado.

Manutenção corretiva: reparos após identificação de falhas ou degradações.

Manutenção emergencial: resposta imediata a falhas críticas que afetam a operação.

Em corredores ferroviários de alta disponibilidade, como a linha 7-Rubi, essas três frentes precisam coexistir de maneira coordenada. Isso exige não apenas equipes qualificadas, mas também equipamentos especializados capazes de atender diferentes níveis de intervenção com elevada eficiência.

3. DESAFIOS DA MANUTENÇÃO CONVENCIONAL DE REDES AÉREAS

A complexidade da manutenção de redes aéreas, decorre da combinação entre fatores elétricos, mecânicos, operacionais e logísticos, que tornam cada intervenção potencialmente crítica para a segurança e para a continuidade da operação ferroviária.

Diferentemente de outros ativos ferroviários localizados ao nível da via, a rede aérea encontra-se suspensa em altura, energizada em condições normais de operação e distribuída por longas extensões lineares. Essas características tornam o acesso, a inspeção e a manutenção mais desafiadores.

Historicamente, intervenções em rede aérea dependem da mobilização de múltiplos recursos de apoio como caminhões-plataforma, guindastes, geradores externos, equipamentos de aterramento, veículos auxiliares de transporte e equipes especializadas multidisciplinares. Embora esse modelo seja funcional, ele apresenta limitações operacionais importantes.

3.1 Complexidade Logística

Um dos principais desafios da manutenção convencional está relacionado à logística de mobilização. Antes mesmo do início de qualquer intervenção, normalmente é necessário:

- transportar equipamentos até o local;
- organizar acesso à via;
- isolar a área de trabalho;
- desligar circuitos energizados;
- posicionar plataformas e sistemas auxiliares.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Esse processo pode representar uma parcela significativa do tempo total da intervenção. Em muitos casos, o tempo gasto com preparação supera o próprio tempo efetivo de manutenção.

3.2 Restrição de Janelas Operacionais

Outro desafio importante é a disponibilidade de janelas para manutenção. Sistemas ferroviários de alta utilização operam com níveis elevados de ocupação da infraestrutura, reduzindo o tempo disponível para intervenções programadas. Isso significa que as equipes frequentemente precisam executar serviços em:

- períodos noturnos;
- janelas operacionais reduzidas;
- situações emergenciais.

Esse cenário exige alto grau de eficiência. Quanto maior o tempo de mobilização, menor o tempo útil de manutenção. Como consequência, métodos convencionais podem limitar a quantidade de atividades executadas por janela.

3.3 Riscos Operacionais

A manutenção da rede aérea envolve riscos significativos devido à combinação entre trabalho em altura e proximidade com sistemas energizados.

Entre os principais riscos operacionais destacam-se:

- choque elétrico;
- arco elétrico;
- queda de operadores;
- movimentação inadequada de cargas;
- instabilidade de plataformas;
- falhas de aterramento.

Mesmo com procedimentos rigorosos de segurança, o risco residual permanece relevante. Quanto maior a quantidade de equipamentos independentes envolvidos na intervenção, maior tende a ser a complexidade de gerenciamento operacional. Esse fator reforça a necessidade de soluções integradas.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3.4 Limitações de Inspeção Geométrica

A manutenção moderna de rede aérea vai além da simples substituição de componentes danificados. Hoje, a confiabilidade operacional depende fortemente de inspeções geométricas precisas. Alguns parâmetros precisam ser monitorados continuamente, como:

- altura do fio de contato;
- zig-zag;
- alinhamento lateral;
- tensionamento;
- desgaste superficial;

Em métodos tradicionais, medições geométricas frequentemente exigem instrumentos manuais, interrupções de circulação, inspeções ponto a ponto, alta dependência de operadores. Esse modelo reduz produtividade e dificulta a adoção de manutenção preditiva.

3.5 Resposta a Ocorrências Emergenciais

Falhas em rede aérea frequentemente exigem resposta imediata. Entre as ocorrências críticas mais comuns estão, rompimento de fio, quebra de pendóis, danos em consoles, desalinhamentos severos, falhas estruturais após eventos externos, impactando em disponibilidade operacional, regularidade da circulação, segurança do sistema e custos de indisponibilidade.

Métodos convencionais nem sempre conseguem responder com rapidez suficiente. Isso evidencia a necessidade de ativos especializados com elevada mobilidade e autonomia operacional.

3.6 Necessidade de Modernização

À medida que os sistemas ferroviários evoluem, torna-se insuficiente depender exclusivamente de abordagens tradicionais de manutenção. A modernização da manutenção de rede aérea requer soluções capazes de integrar a mobilidade e a capacidade de intervenção.

Nesse contexto, a inovação tecnológica torna-se elemento estratégico para elevar a maturidade operacional da manutenção ferroviária.

4. SISTEMA INTEGRADO DE MANUTENÇÃO DA REDE AÉREA

A crescente complexidade dos sistemas ferroviários eletrificados exige que a manutenção da rede aérea evolua continuamente, incorporando tecnologias capazes de aumentar a disponibilidade



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

da infraestrutura, reduzir o tempo de resposta às ocorrências e proporcionar maior segurança às equipes de manutenção. Nesse contexto, o Projeto TIC Eixo Norte adotou uma abordagem baseada na integração de ativos e soluções tecnológicas, estruturando um sistema de manutenção que privilegia flexibilidade operacional, eficiência logística e elevada capacidade de intervenção.

Sob a perspectiva da gestão de ativos, essa abordagem está alinhada aos princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 55000, segundo os quais a geração de valor depende da integração entre ativos físicos, planejamento, processos e tomada de decisão ao longo do ciclo de vida da infraestrutura.

Diferentemente dos modelos convencionais, nos quais cada equipamento costuma ser destinado a uma atividade específica, o sistema implementado pelo Projeto TIC Eixo Norte foi concebido para reunir diferentes capacidades técnicas em ativos altamente versáteis. Essa estratégia permite que um mesmo conjunto de recursos seja empregado em inspeções, manutenções preventivas, intervenções corretivas, atividades de apoio operacional e medições geométricas da rede aérea, reduzindo a necessidade de múltiplos equipamentos especializados para uma mesma intervenção.

A principal característica desse modelo é a complementaridade operacional entre os ativos de manutenção. Em vez de estabelecer uma divisão rígida de funções, ambos os equipamentos compartilham diversas capacidades técnicas, possibilitando que a escolha do recurso mais adequado seja realizada de acordo com as condições reais de cada intervenção. Dessa forma, fatores como acessibilidade ao local, distância da ocorrência, disponibilidade da via, planejamento operacional, logística de materiais e disponibilidade dos ativos passam a orientar a tomada de decisão, tornando o processo de manutenção mais eficiente e flexível.

Essa filosofia operacional proporciona maior resiliência ao sistema de manutenção, uma vez que reduz a dependência de um único equipamento para execução de atividades críticas. Caso um dos ativos esteja indisponível ou as condições operacionais favoreçam outra alternativa de mobilização, a equipe poderá utilizar o equipamento mais adequado sem comprometer a qualidade da intervenção, aumentando a disponibilidade dos recursos e reduzindo impactos sobre a operação ferroviária.

A integração entre os ativos também favorece a padronização dos procedimentos de manutenção. Ambos incorporam tecnologias destinadas ao trabalho seguro em altura, movimentação de cargas, inspeção da geometria da rede aérea, transporte de materiais, aterramento da rede e deslocamento controlado durante as intervenções. Essa convergência



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

tecnológica reduz a curva de aprendizado das equipes, simplifica os processos operacionais e amplia a versatilidade das atividades executadas em campo.

Entre as soluções tecnológicas incorporadas ao sistema destacam-se as plataformas de trabalho em altura, os sistemas hidráulicos para movimentação de cargas, os mastros telescópicos, os dispositivos para transporte e manuseio de bobinas, os pantógrafos de aterramento, os sistemas embarcados para medição do zig-zag do fio de contato e os controles remotos para deslocamento preciso dos ativos durante as atividades de manutenção. Em conjunto, essas tecnologias proporcionam maior produtividade, reduzem o tempo de execução dos serviços e aumentam a segurança operacional das equipes.

Outro aspecto relevante é a capacidade de adaptação do sistema às diferentes características da infraestrutura ferroviária. Dependendo das condições de acesso ao local da intervenção, da extensão do trecho afetado ou da natureza do serviço a ser executado, a equipe de manutenção pode selecionar o ativo que ofereça a melhor relação entre tempo de mobilização, capacidade operacional e eficiência logística. Essa flexibilidade representa um avanço em relação aos modelos tradicionais, nos quais a escolha do equipamento frequentemente é limitada por sua especialização funcional.

Sob a perspectiva da gestão de ativos, essa abordagem está alinhada às práticas modernas de engenharia de manutenção, nas quais equipamentos, processos e planejamento são tratados de forma integrada. A disponibilidade de ativos com elevada convergência tecnológica amplia a capacidade de resposta da organização, otimiza a utilização dos recursos disponíveis e contribui para a redução dos custos associados às intervenções e às indisponibilidades da infraestrutura.

Dessa forma, o Sistema Integrado de Manutenção da Rede Aérea implementado no Projeto TIC Eixo Norte representa uma evolução na forma de planejar e executar as atividades de manutenção da infraestrutura de eletrificação. Mais do que incorporar novos equipamentos, o projeto estabelece uma nova filosofia operacional, baseada na integração de soluções tecnológicas capazes de aumentar a flexibilidade, a confiabilidade e a disponibilidade do sistema ferroviário, proporcionando ganhos operacionais que serão detalhados nos capítulos seguintes por meio da apresentação dos ativos que compõem essa estratégia.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

5. CAMINHÃO MULTITAREFAS RODOFERROVIÁRIO COMO ATIVO DO SISTEMA INTEGRADO DE MANUTENÇÃO

Como parte do sistema integrado, foi incorporado 2 caminhões multitarefas rodoferroviário que representam um dos principais ativos destinados à execução de inspeções, manutenções e intervenções na infraestrutura de eletrificação. Sua concepção reúne diferentes soluções tecnológicas embarcadas, permitindo que um único equipamento execute atividades de acesso à rede aérea, movimentação de materiais, inspeção da infraestrutura, apoio logístico e intervenções em altura com elevados níveis de segurança e eficiência operacional.



Figura 1 - Caminhão Multitarefas com Plataforma Aérea

Esse equipamento representa a primeira camada de resposta da arquitetura de manutenção, sendo especialmente eficiente em situações que exigem mobilização rápida, acesso facilitado à infraestrutura e elevada flexibilidade operacional. O modelo do caminhão é o Mercedes-Benz Atego 2730, possui cabine estendida para transporte de até 5 pessoas.

Uma das principais características desse ativo é sua capacidade de operação tanto no modo rodoviário quanto ferroviário, proporcionando elevada flexibilidade de mobilização e permitindo que as equipes de manutenção selecionem a forma de acesso mais adequada às condições operacionais de cada intervenção. Essa característica reduz restrições logísticas ferroviária, amplia a capacidade de resposta às ocorrências, contribui para maior disponibilidade da infraestrutura ferroviária.

Além da mobilidade híbrida, o caminhão incorpora um conjunto de tecnologias embarcadas que potencializam sua aplicação em diferentes atividades de manutenção da rede aérea. Entre elas



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

destacam-se a plataforma elevatória para trabalhos em altura, o sistema hidráulico de movimentação de cargas (Munck), o mastro telescópico para apoio às atividades de instalação e posicionamento de componentes, o sistema de medição do zig-zag do fio de contato, o pantógrafo de aterramento para execução segura das intervenções, o sistema de transporte e manuseio de bobinas e o controle remoto para movimentação precisa do equipamento durante os serviços em campo.

Mais do que um veículo de manutenção, o caminhão multitarefas constitui uma plataforma tecnológica integrada, concebida para reunir em um único ativo diferentes recursos normalmente distribuídos entre equipamentos distintos. Essa integração reduz a necessidade de mobilização de equipamentos auxiliares, otimiza o planejamento das intervenções e aumenta a produtividade das equipes de manutenção.

Nos tópicos a seguir são apresentadas as principais soluções tecnológicas incorporadas ao caminhão multitarefas rodoferroviário, destacando sua contribuição para a modernização das atividades de manutenção da rede aérea no Projeto TIC Eixo Norte.

5.1 Configuração Rodoferroviária

O caminhão multitarefas foi concebido para transitar em dois modos operacionais distintos, modo rodoviário e modo ferroviário. No modo rodoviário, o veículo desloca-se de maneira convencional, permitindo mobilização rápida entre as bases operacionais e pontos de acesso à via. No modo ferroviário, sistemas auxiliares de guiamento sobre trilhos permitem operação segura ao longo da infraestrutura ferroviária. Essa configuração proporciona vantagens importantes:

- Flexibilidade de acesso;
- redução de tempo de deslocamento;
- menor dependência de pátios;
- atendimento ágil em ocorrências emergenciais.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 2 - Caminhão com o modo ferroviário acionado

Em cenários de falha crítica, a capacidade de acesso híbrido reduz o tempo entre acionamento da equipe e início da intervenção.

5.2 Plataforma Aérea de Trabalho

Um dos principais sistemas embarcados no caminhão multitarefas é a plataforma aérea hidráulica de manutenção. Essa plataforma foi projetada para permitir acesso seguro a rede aérea e posicionamento preciso dos operadores em altura, melhorando ergonomia e segurança durante a execução das atividades. Ela é dividida em 2 partes, oferecendo acesso lateral para ambos os lados. A capacidade de carga na posição centralizada é de 800 kg e na posição lateralizada é de 300 kg. A plataforma tem alcance de até 7 metros em relação ao boleto do trilho.



Figura 3 - Plataforma aérea com deslocamento lateral



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Sua aplicação é especialmente relevante em atividades como:

- inspeção visual da catenária;
- ajuste de componentes;
- substituição de peças leves;
- verificação de suportes;
- manutenção de isoladores;
- inspeções preventivas.

Comparada a métodos convencionais com plataformas externas rebocadas, a solução embarcada oferece ganhos importantes em agilidade operacional. Entre os principais benefícios destacam-se a redução de tempo de preparação, menor necessidade de equipamentos auxiliares, maior precisão de posicionamento e melhor estabilidade operacional.

5.3 Sistema de Estabilização e Guindaste Hidráulico (Munck)

Além da plataforma aérea, o veículo incorpora sistema hidráulico de estabilização e movimentação de cargas.



Figura 4 - Caminhão equipado com guindaste (Munck)

Durante intervenções em altura ou movimentação de materiais, a estabilidade estrutural torna-se essencial para garantir segurança. O sistema de estabilização permite:

- distribuição adequada de carga;
- redução de vibração;



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- maior segurança operacional;
- melhor controle de movimentos.

Em complemento, possibilita operação do guindaste através de um controle remoto para operação a distância e controle de velocidade do veículo nos modos tartaruga (5 km/h) e modo lebre (10 km/h).



Figura 5 - Controle Remoto

O guindaste hidráulico embarcado aumenta ainda mais a versatilidade do equipamento. Esse sistema é utilizado para movimentação de materiais, elevação de componentes, apoio logístico em manutenção e auxílio em instalação de equipamentos. Esse recurso reduz dependência de guindastes externos em serviços de menor porte.

5.4 Vagoneta Auxiliar para Bobinas

O caminhão multitarefas opera em conjunto com uma vagoneta ferroviária auxiliar dedicada ao transporte de bobinas. A vagoneta possui capacidade para duas bobinas simultaneamente podendo ser utilizada para substituição de fios, correção de trechos danificados e lançamento de cabos, gerando uma autonomia logística maior do conjunto durante intervenções em rede aérea. A vagoneta tem 6 metros de comprimento e capacidade de transportar até 2 bobinas.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 6 - Vagoneta porta-bobinas

5.5 Pantógrafo de Aterramento

Entre os sistemas de segurança incorporados ao caminhão multitarefas, destaca-se o pantógrafo de aterramento. Esse dispositivo possui papel fundamental na proteção das equipes de manutenção durante intervenções na rede aérea, estabelecendo aterramento controlado da estrutura de trabalho, reduzindo riscos associados a energização residual, indução elétrica ou falhas de seccionamento.



Figura 7 - Pantógrafo de aterramento

Em operações com sistemas de alta tensão, o aterramento adequado representa uma etapa crítica de segurança reduzindo riscos operacionais.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

5.6 Pantógrafo de Medição do Zig-Zag

Como discutido anteriormente, o zig-zag é essencial para distribuição uniforme do desgaste na interface entre o fio de contato e pantógrafo do trem.

Um dos elementos mais inovadores do caminhão multitarefas é a presença de um pantógrafo de medição geométrica do fio de contato. O pantógrafo de medição é destinado à medição do parâmetro conhecido como zig-zag, ou stagger lateral da rede aérea. Tradicionalmente, a medição desse parâmetro demandava processos manuais e baixa produtividade. Com o sistema embarcado, torna-se possível realizar inspeções geométricas com maior rapidez, repetibilidade e confiabilidade.



Figura 8 - Pantógrafo de medição do deslocamento "zig-zag"

5.7 Mastro Telescópico

O emprego do mastro telescópico amplia o alcance operacional durante atividades de posicionamento de cabos e componentes, reduzindo a necessidade de reposicionamentos sucessivos do ativo onde este atinge um comprimento máximo de 7,6 metros.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 9 - Mastro Telescópico

6. VEÍCULO FERROVIÁRIO PESADO DE MANUTENÇÃO DE REDE AÉREA

Outro veículo que compõem o sistema integrado de manutenção da rede aérea, é o veículo ferroviário de manutenção que representa um dos principais ativos destinados à execução de inspeções, manutenções e intervenções na infraestrutura de eletrificação. Sua concepção reúne soluções tecnológicas embarcadas que flexibilizam as operações das equipes, permitindo executar diferentes atividades de manutenção com elevado nível de segurança, produtividade e precisão.

6.1 Sistema de Tração e Deslocamento

O veículo possui sistema de tração próprio, permitindo deslocamento autônomo pela via eliminando a necessidade de locomotivas para movimentação operacional. O sistema foi projetado para oferecer elevado torque em baixa velocidade, precisão de posicionamento, estabilidade com carga elevada, movimentação segura em manutenção.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 10 - Vista diagonal do VRA 01 sentido Jundiaí



Figura 11 - Vista diagonal do VRA 01 sentido Barra-Funda

6.2 Cabines operacionais

Um diferencial importante do veículo é sua configuração com duas cabines operacionais. As cabines são amplas e estão localizadas em extremidades opostas da composição. Isso permite condução bidirecional sem necessidade de manobras complexas para inversão de sentido, garantindo visibilidade da via durante deslocamento.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 12 - Inspeção de Fábrica da cabine de operação

6.3 Câmeras de monitoramento

Como solução para viabilizar uma segurança operacional ainda maior e o controle das atividades de manutenção, o veículo ferroviário incorpora um sistema embarcado de monitoramento por vídeo. As câmeras auxiliam o operador durante as manobras de circulação, proporcionam melhor visualização da via e da sinalização ferroviária, aumentam o campo de visão em áreas com pontos cegos e aumentam a segurança nas operações de acoplamento e desacoplamento do vagão auxiliar. Adicional a isso, permitem o monitoramento contínuo de sistemas embarcados, contribuindo para a identificação de anomalias e para o acompanhamento das condições operacionais do equipamento.

O sistema é composto por dez câmeras estrategicamente distribuídas ao longo do veículo, sendo:

- 1 câmera frontal em cada cabine de operação (2 câmeras);
- 1 câmera para voltada para cada engate nas extremidades do veículo (2 câmeras);
- 2 câmeras instaladas na parte superior do veículo;
- 2 câmeras destinadas aos principais sistemas do veículo como motor, gerador e compressor;
- 1 câmera em cada cabine de operação (2 câmeras).



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 13 - Tela touch screen das cameras de monitoramento

6.4 Controle Remoto

O maior diferencial é a possibilidade de movimentação de um veículo pesado através de controle remoto. Esse artifício permite que a operação do veículo seja realizada de fora da cabine, como por exemplo em cima da plataforma durante uma atividade, suprimindo assim o uso de rádio durante pequenas movimentações.



Figura 14 - Controle remoto de operação do veículo

Além disso, o controle remoto permite várias funções, como:

- Movimentação do veículo em 2 modos de velocidades: Tartaruga – 5 km/h e Lebre – 10 km/h;
- Aplicação de freio do veículo;
- Seleção do sentido de operação do veículo;



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Aplicação de freio;
- Movimentação de subida e descida das plataformas;
- Rotação da Plataforma;
- Botão de parada emergencial.

6.5 Sistema de Plataforma

O veículo dispõe de uma plataforma onde pode ser dividida em 3 partes, plataforma elevatória fixa, plataforma elevatória rotativa e miniplataforma tipo tesoura. Quando as 3 partes da plataforma estão alinhadas, a plataforma possui um comprimento de 10 metros e largura de 2 metros, totalizando 20 m², além de guarda corpo de 1,2 metro. Sua grande área útil permite atuação segura e simultânea de múltiplos operadores, movimentação de ferramentas, manipulação de componentes longos. O tempo de subida e descida das plataformas é da ordem de 30 segundos.



Figura 15 - Plataformas

6.5.1 Plataforma Elevatória Fixa

Esta plataforma pode atingir 6,5 metros de altura. Quando sozinha, esta possui um comprimento de 5 metros.

6.5.2 Plataforma Elevatória Rotativa

Esta plataforma proporciona um melhor posicionamento para execução de manutenções. Possui o comprimento de 4 metros, porém seu diferencial é possibilidade de rotação de até 120°.

6.5.3 Miniplatforma Tipo Tesoura

Complementando o sistema de plataforma, o equipamento possui miniplataforma tipo tesoura de 1 metro de comprimento e podendo atingir a altura de elevação em até 3 metros. Essa



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

combinação entre as duas plataformas gera um alcance vertical adicional de até 9,5 metros em relação ao boleto do trilho.



Figura 16 - Plataforma rotativa e tipo tesoura em destaque

6.6 Mastro Hidráulico

O veículo também incorpora mastro hidráulico telescópico. O mastro auxilia na condução de cabos, posicionamento de materiais, ajustes em altura e suporte à instalação de componentes.



Figura 17 - Mastro Telescópico

6.7 Vagão Auxiliar de Alta Capacidade

Esse módulo atua como plataforma logística embarcada, representando um dos maiores diferenciais do veículo. O vagão de 40 toneladas inclui:



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- transportar até 3 bobinas;
- transportar até 1 poste;
- Sistema de guindaste Munck com patolas para carregamento e descarregamento de materiais;
- Guia de cabos para lançamento;



Figura 18 - Vagão Rede Aérea

6.7.1 Sistema de Bobineiros

O vagão auxiliar incorpora 3 bobineiros dedicados que permitem o transporte e manuseio de bobinas de cabos sendo essencial para lançamento de fio de contato, instalação de mensageiro e substituição de cabos. O acionamento de rotação do bobineiro soltar e recolher os cabos, ocorre de forma automática através de um dispositivo hidráulico.



Figura 19 - Bobinas sem alocadas nos bobineiros



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

6.7.2 Transporte de Postes

Outro diferencial importante é a capacidade de transporte de postes e componentes estruturais de grandes dimensões, tais como braços de sustentação e perfis metálicos. Há espaço para alocação de poste na lateral do vagão. Esse recurso permite que o veículo execute serviços de grande porte sem depender de apoio externo significativo.

6.7.3 Equipamento Munck (Guindaste)

Para reduzir a dependência de equipamentos externos durante substituições de componentes estruturais da rede aérea, o ativo possui um sistema guindaste embarcado de movimentação de cargas.



Figura 20 - Guindaste Munck

Abaixo é apresentada a tabela que relaciona o comprimento da lança com a respectiva capacidade máxima de içamento.

Tabela 1 - Relação de comprimento da lança pela capacidade máxima de içamento. Fonte: Fabricante XCMG

Comprimento da lança (m)	Capacidade máxima (kg)
2,5	18.000
4,3	10.250
6,1	7.100
8,0	5.000
9,8	3.850

O guindaste pode ser movimentado tanto pelas alavancas hidráulicas do próprio guindaste, quanto por um controle remoto além das alavancas no próprio.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

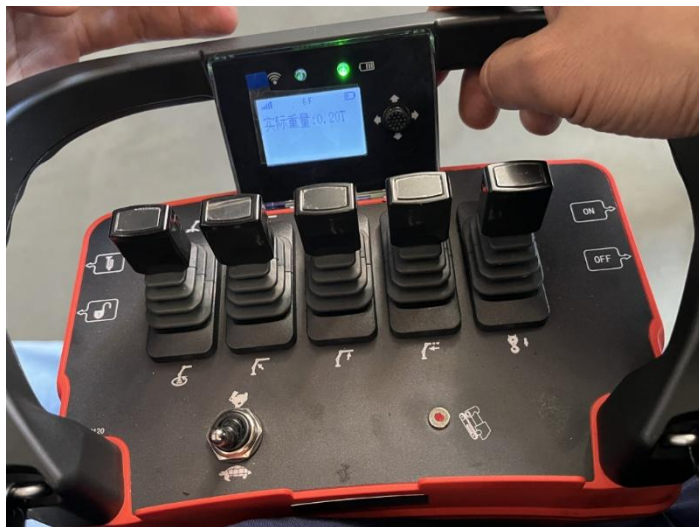


Figura 21 - Controle remoto do Guindaste (Munck)

7. INTEGRAÇÃO DAS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS NA MANUTENÇÃO DA REDE AÉREA

A eficiência das atividades de manutenção da rede aérea não depende exclusivamente da capacidade técnica de um determinado equipamento, mas da forma como os diferentes recursos disponíveis são integrados para atender às diversas demandas operacionais da infraestrutura ferroviária. Nesse contexto, a TIC Trens estruturou um sistema integrado de manutenção da rede Aérea, no qual os ativos disponíveis compartilham soluções tecnológicas capazes de proporcionar flexibilidade operacional, segurança e produtividade.

Embora apresentem características construtivas distintas e diferentes configurações para determinadas aplicações, o caminhão multitarefas rodoferroviário e o veículo ferroviário pesado foram concebidos para executar um amplo conjunto de atividades relacionadas à manutenção da rede aérea. Ambos incorporam tecnologias como plataformas para trabalho em altura, sistemas hidráulicos de movimentação de cargas, mastros telescópicos, dispositivos para transporte de bobinas, pantógrafos de aterramento, sistemas de medição do zig-zag do fio de contato e controle remoto para movimentação durante as intervenções. Essa convergência tecnológica amplia significativamente as possibilidades de utilização dos ativos em diferentes cenários operacionais.

Dessa forma, a escolha do equipamento deixa de estar associada exclusivamente ao tipo de manutenção a ser executada e passa a considerar um conjunto mais amplo de fatores operacionais. Aspectos como localização da ocorrência, condições de acesso ao trecho,



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

disponibilidade da via, planejamento da intervenção, logística de mobilização, disponibilidade dos ativos e recursos necessários para execução do serviço passam a orientar a definição da solução mais adequada para cada atividade.

Essa filosofia de trabalho proporciona maior flexibilidade operacional, permitindo que as equipes de manutenção utilizem o ativo mais conveniente para cada situação, sem comprometer a qualidade técnica das intervenções. Em complemento, a existência de capacidades tecnológicas convergentes reduz a dependência de um único equipamento para execução de atividades críticas, aumentando a disponibilidade dos recursos de manutenção e viabilizando maior resiliência ao sistema.

Outro benefício decorrente dessa integração está relacionado à padronização dos procedimentos operacionais. Como ambos os ativos compartilham diversas tecnologias embarcadas, os processos de inspeção, movimentação de materiais, execução de serviços em altura, aterramento da rede aérea e medição da geometria do fio de contato tornam-se mais uniformes, facilitando a capacitação das equipes e promovendo maior eficiência na execução das atividades.

Sob a perspectiva da engenharia de manutenção, a integração das soluções tecnológicas também favorece o planejamento das intervenções. A possibilidade de selecionar dinamicamente o ativo mais adequado reduz tempos de mobilização, otimiza o aproveitamento dos recursos disponíveis e aumenta a capacidade de resposta diante de ocorrências programadas ou emergenciais. Como consequência, minimizam-se os impactos sobre a operação ferroviária e ampliam-se os níveis de confiabilidade e disponibilidade da infraestrutura de eletrificação.

Assim, o sistema integrado implementado, representa uma evolução na gestão da infraestrutura ferroviária. Mais do que disponibilizar equipamentos tecnologicamente avançados, o projeto estabelece uma estratégia operacional baseada na integração de soluções complementares, permitindo que os ativos atuem de forma coordenada para atender às diferentes necessidades da manutenção da rede aérea com elevados padrões de segurança, eficiência e desempenho operacional.

8. BENEFÍCIOS OPERACIONAIS E TECNOLÓGICOS

A incorporação de ativos com elevada convergência tecnológica amplia a capacidade operacional das equipes, viabilizando versatilidade para atendimento das diferentes demandas da ferrovia e contribuindo para o aumento da confiabilidade do sistema.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Um dos principais benefícios observados é a maior eficiência na mobilização dos recursos de manutenção. A disponibilidade de ativos capazes de executar diferentes tipos de atividades permite que a seleção do equipamento seja realizada de acordo com as características de cada intervenção, considerando fatores como acessibilidade ao local, logística de deslocamento, disponibilidade operacional e planejamento das atividades. Essa flexibilidade reduz restrições operacionais e otimiza a utilização dos recursos disponíveis.

Outro aspecto relevante está relacionado ao aumento da segurança das equipes de manutenção. A integração de plataformas para trabalho em altura, sistemas de movimentação de cargas, pantógrafos de aterramento, sistemas de monitoramento por câmeras, controles remotos para movimentação dos ativos e demais tecnologias embarcadas proporciona melhores condições para execução das atividades, reduzindo a exposição dos profissionais aos riscos inerentes às intervenções na rede aérea e favorecendo a adoção de procedimentos operacionais mais seguros.

A incorporação de sistemas destinados à medição da geometria da rede aérea, como o monitoramento do zig-zag do fio de contato, também amplia a capacidade técnica das equipes responsáveis pela manutenção. A obtenção de informações precisas sobre as condições da infraestrutura permite identificar desvios geométricos, apoiar inspeções técnicas e subsidiar o planejamento de intervenções preventivas, contribuindo para a preservação da qualidade da rede aérea ao longo de sua vida útil.

Do ponto de vista logístico, a integração de diferentes soluções tecnológicas em um mesmo ativo reduz a necessidade de mobilização de equipamentos auxiliares para execução de diversas atividades de manutenção. Recursos como plataformas elevatórias, sistemas hidráulicos de movimentação de cargas, transporte de bobinas, mastros telescópicos e dispositivos de aterramento passam a estar disponíveis durante uma única operação, tornando as intervenções mais ágeis e racionalizando o emprego das equipes em campo.

Outro benefício importante é o fortalecimento da disponibilidade operacional da infraestrutura ferroviária. A maior versatilidade dos ativos e a possibilidade de selecionar o equipamento mais adequado para cada cenário operacional contribuem para reduzir o tempo necessário para preparação e execução das atividades de manutenção, favorecendo o cumprimento das janelas operacionais e minimizando impactos sobre a circulação ferroviária.

Esse resultado está alinhado aos princípios da engenharia de manutenção, segundo os quais a manutenção deve ser entendida como uma função estratégica capaz de aumentar a confiabilidade, a disponibilidade dos ativos e a competitividade das organizações, por meio do planejamento e da utilização eficiente dos recursos disponíveis (KARDEC; NASCIF, 2019).



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Sob a perspectiva da gestão de ativos, o modelo adotado demonstra que a inovação não está restrita à incorporação de novas tecnologias embarcadas, mas também à forma como essas tecnologias são organizadas para apoiar os processos de manutenção. A integração entre equipamentos, planejamento operacional e procedimentos técnicos apresenta maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis, aumenta a capacidade de resposta às demandas da operação e fortalece a confiabilidade do sistema de eletrificação.

Dessa forma, os benefícios obtidos ultrapassam as características individuais dos ativos empregados, refletindo uma estratégia de manutenção orientada pela integração de soluções tecnológicas.

9. CONCLUSÃO

A manutenção da rede aérea constitui uma das atividades mais relevantes para garantir a confiabilidade, a segurança e a disponibilidade operacional de sistemas ferroviários eletrificados. À medida que os empreendimentos ferroviários incorporam maiores níveis de complexidade tecnológica e operacional, torna-se necessário adotar estratégias de manutenção capazes de integrar recursos, otimizar processos e aumentar a eficiência das intervenções ao longo de toda a infraestrutura.

A TIC Trens demonstra que a inovação aplicada à manutenção da rede aérea vai além da incorporação de equipamentos tecnologicamente avançados. O principal diferencial observado está na implantação de um sistema integrado, estruturado a partir da utilização coordenada de ativos dotados de elevada convergência tecnológica, capazes de executar diferentes atividades de inspeção, manutenção preventiva, manutenção corretiva, movimentação de materiais e apoio operacional.

A integração de soluções como plataformas de trabalho em altura, sistemas hidráulicos para movimentação de cargas, mastros telescópicos, sistemas de medição do zig-zag do fio de contato, pantógrafos de aterramento, transporte de bobinas, monitoramento por vídeo e controles remotos para deslocamento operacional mostra um aumento significativo da flexibilidade das equipes de manutenção. Essa abordagem permite selecionar o ativo mais adequado para cada cenário operacional, considerando aspectos como acessibilidade, logística, disponibilidade dos recursos e planejamento das intervenções, promovendo maior eficiência na utilização dos equipamentos e melhor aproveitamento das janelas de manutenção.

Sob a perspectiva da engenharia ferroviária, fica evidenciado que a integração entre tecnologia, planejamento operacional e gestão de ativos representa um importante avanço na manutenção



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

da infraestrutura de eletrificação. A convergência de diferentes soluções tecnológicas em ativos capazes de atuar de forma complementar fortalece a capacidade de resposta às demandas operacionais, contribui para a padronização dos procedimentos de manutenção e amplia a confiabilidade da rede aérea.

Além dos ganhos relacionados à produtividade e à segurança das equipes, essa estratégia favorece uma utilização mais racional dos recursos disponíveis, reduz a necessidade de mobilização de equipamentos auxiliares e beneficia com maior flexibilidade para atendimento das diferentes condições encontradas ao longo da ferrovia. Dessa forma, a manutenção deixa de ser compreendida apenas como um conjunto de intervenções corretivas ou preventivas e passa a constituir um processo integrado de gestão da infraestrutura, orientado pela eficiência operacional e pela disponibilidade do sistema.

Os conceitos apresentados convergem com as atuais práticas internacionais de gestão de ativos ferroviários, nas quais a integração entre tecnologia, planejamento operacional e manutenção constitui um dos principais fatores para aumento da disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de transporte.

Conclui-se, portanto, que as soluções tecnológicas aplicadas ao Projeto TIC Eixo Norte representam uma evolução na forma de planejar e executar a manutenção da rede aérea ferroviária. Mais do que incorporar novos equipamentos, o projeto estabelece um modelo de manutenção baseado na integração de tecnologias e na complementaridade operacional dos ativos, proporcionando maior segurança, flexibilidade, produtividade e confiabilidade para a infraestrutura ferroviária. Essa abordagem reforça o compromisso da TIC Trens com a inovação tecnológica e contribui para a consolidação de práticas modernas de engenharia e gestão de ativos voltadas ao desenvolvimento do transporte ferroviário brasileiro.



13ª edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação — Referências — Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 55000: Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

TIC Trens. Documentação técnica interna do Projeto TIC Eixo Norte. São Paulo, 2026.

TIC Trens. Manual operacional de manutenção de rede aérea. São Paulo, 2026.

TIC Trens. Procedimentos técnicos de inspeção e manutenção de catenária. São Paulo, 2026.

MOUBRAY, John. Reliability-Centered Maintenance. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

BRINA, H. L. Estradas de Ferro: Via Permanente. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

HAY, W. H. Railroad Engineering. New York: Wiley, 1982.