



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS TIC TRENS

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

CATEGORIA 3

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA DE
INTERTRAVAMENTO DO SISTEMA DE PORTAS NA FROTA DE TRENS DA
LINHA 07 RUBI DE SÃO PAULO**

INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas com maior risco operacional para ocorrências de incidentes ou acidentes com passageiros, estão as portas dos trens, pois estão em constante contato e interação com as pessoas usuárias do sistema ferroviário. Esta condição de contato direto gera um risco de alto potencial de danos, e demanda das operadoras ferroviárias constantes investimentos e estudos em tecnologias, técnicas e equipamentos que mitiguem estes riscos e que também tratem as ocorrências já registradas.

Com o objetivo de aumentar a segurança operacional nos serviços de transporte de passageiros da Linha 07 – Rubi, maior linha ferroviária de São Paulo com mais de 60 km de extensão e total de 17 estações, que conecta a região central de São Paulo à Região Metropolitana, o SIAP (sistema de intertravamento de abertura de portas) foi implantado e já está operacional em toda frota de trens. O SIAP tem como função primária impedir o acionamento involuntário ou incorreto no comando de abertura de portas ao lado oposto ou fora da região da plataforma de embarque, gerando um sistema mais seguro aos passageiros. Por consequência, outros objetivos podem ser alcançados com a aplicação deste sistema, como por exemplo o aumento da disponibilidade dos sistemas operacionais (redução de ocorrências e interrupções da linha ferroviária) e manutenção da imagem positiva da Companhia perante a sociedade.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O presente trabalho possui alta relevância principalmente no contexto de segurança operacional, pois atua diretamente na redução dos riscos de acidentes com pessoas e ativos. Com a proposta de mitigar a possibilidade de erro humano no comando de abertura de portas dos trens, é possível afirmar que o resultado deste trabalho ultrapassa os objetivos contratuais da Companhia ou objetivos financeiros, mas sim atingindo uma vertente de aumento de segurança para toda população usuária do sistema ferroviário em estudo. O sistema de portas, por ser um sistema crítico onde as pessoas têm contato físico direto com o equipamento, e onde historicamente já foram registradas ocorrências de segurança, é possível afirmar que este trabalho atinge diretamente a garantia de locomoção segura das pessoas.

Historicamente, na linha 7 Rubi, há esporádicos registros de ocorrências com o sistema de portas ao longo dos anos. Estas ocorrências se tornaram o foco principal do projeto para a total eliminação do risco associado. Estima-se que a frequência de ocorrências de segurança com sistemas de portas em anos anteriores seja de cerca de 10 a 12 fatos por ano.

A operadora atual, responsável pela operação e manutenção da linha 7 Rubi desde novembro de 2025, iniciou o projeto de melhoria do sistema de intertravamento de portas da frota dos seus 30 trens ainda no final do mesmo ano, quando iniciou oficialmente as operações sem a assistência da antiga operadora estatal. Desde então, iniciou-se uma pesquisa de mercado para definição do prestador de serviço adequado, e elaboração dos requisitos técnicos do projeto. Buscou-se uma empresa com experiência ferroviária e com competências alinhadas com os objetivos desejados. A equipe de Engenharia da operadora elaborou as especificações técnicas e junto com a expertise do prestador de serviço chegou a um modelo ideal e pronto para início dos testes protótipos. A partir disto e dos resultados obtidos, a implementação do SIAP foi concluída, estando operacional e funcional na frota de trens da operadora.

DIAGNÓSTICO

O SISTEMA DE PORTAS

O trem adotado como estudo de caso é da série 9500 do fabricante coreano Hyundai Rotem e é composto por 8 carros, sendo cada um dotado de 4 portas de passageiros por lado. Todas as portas possuem vão de abertura de 1600 mm. Em cada carro duas portas laterais de passageiros têm dispositivo de saída e o de acesso de emergência. O sistema lateral de portas de passageiro é feito de folha dupla e essas folhas se movem para dentro da lateral do veículo ao longo de um trilho. A porta do lado do passageiro é operada eletricamente e em cada passagem, ambas as folhas são sincronizadas através de uma unidade de linha.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

De forma bastante resumida, a abertura das portas ocorre de forma automática quando os sistemas integrados do trem informam os sinais lógicos: *low speed* = 1; *open enable* = 1 e *open command* = 1 (pulso). E para fechamento, anulando os sinais vitais ou recebendo o sinal lógico: *close command* = 1. Eventuais falhas serão registradas pela DCU (*Door Control Unit*) a fim de manter os dados para posterior análise da equipe de manutenção do material rodante, utilizando um *software* de monitoramento específico. Esta ferramenta é diariamente utilizada nos diagnósticos, uma vez que o sistema de portas possui o controlador eletrônico para comando das partes eletromecânicas e dos sistemas microprocessados.

A sequência resumida de ativação para energizar e desenergizar o relé de portas a partir da cabine do operador segue a seguir:

1. A cabine é ativada;
2. Ativação do relé da última cabine (LCAR), relé energizado e o contato do LCAR se fecha;
3. Relé de permissão de controle de porta (DCER) é energizado e o relé de velocidade zero (ZVR) do trem é acionado;
4. Contato do relé de controle de permissão de porta (DCER) se fecha e o comando de abertura é dado a todas as portas laterais do lado acionado;
5. Ao pressionar o botão de abertura da porta no painel de operação, o comando de abertura de porta é dado para as portas, e essas se abrem completamente.

A condição atual, antes da implementação do SIAP, era de potencial risco de acionamento equivocado por parte do operador. Ou seja, o projeto original do trem trazia uma condição de vulnerabilidade e dependência da decisão correta do operador. Caso ele trocasse equivocadamente o lado de abertura de portas, por exemplo, nenhuma barreira sistêmica era presente para evitar ou criar uma condição de redundância de confirmação.

O INTERTRAVAMENTO IMPLEMENTADO

O SIAP (sistema de intertravamento de abertura de portas) foi desenvolvido para criar uma camada adicional de proteção automática para impedir a abertura de portas para o lado da via e restringir a habilitação de abertura das portas apenas quando o trem executar a sequência correta de leitura das *tags* presentes nos dormentes na região de plataforma.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Dessa forma, trata-se de um circuito passivo que não injeta potencial adicional à linha de comando de portas, realizando apenas o seu seccionamento. Ele atua como uma lógica de segurança complementar, preservando as premissas de proteção propostas na especificação técnica e desenvolvidas pelo projetista do trem.

O sistema atua como uma barreira automática de segurança na abertura de portas dos trens através de um circuito gerenciado por uma unidade de controle que se comunica com uma antena tipo *RFID UHF* (identificação por radiofrequência em alta frequência). A partir da configuração de pista, os relés auxiliares do sistema são acionados permitindo assim a energização da linha de comando pelo operador somente do lado correspondente à plataforma.

Para a leitura das condições de via, utilizou-se uma antena fixada na parte inferior do estrado dos trens conectado por cabo coaxial de baixa perda. A interface é feita através de um processamento lógico de leitura e interpretação de *tags* fixos em conjunto com a interface do sistema de comando de portas e o sistema “*train-line*” do trem, intertravando os comandos de abertura de portas pelo operador.

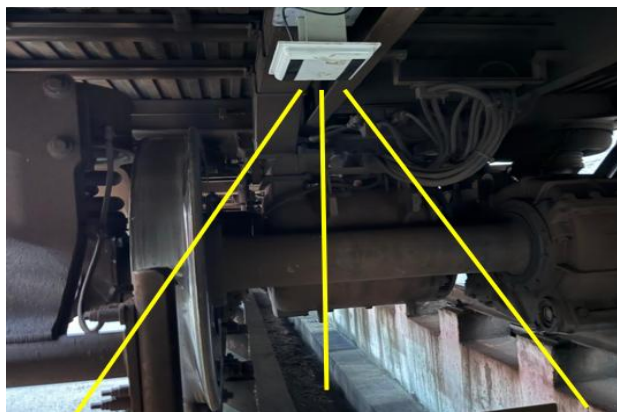


Figura 01: Demonstração do “leque” de leitura da antena fixada no subestrado do trem. Fonte: Autor, 2026.

Os *tags* são fixados nos dormentes da via permanente no eixo central da via contando com 4 pontos de leitura redundantes a fim de criar um fluxo de inicialização, validação, ação e limite das leituras.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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



Figura 02: Ilustração do modelo de comunicação trem – via. Fonte: Autor, 2026.

A interface do operador se dará pela visualização do status do led aceso no console de comando, onde apontará o estado de normalidade ou falha. Luz acesa continuamente aponta funcionamento normal das leituras e proteção em condição atuante, e luz piscando aponta falha na leitura sequencial dos *tags* ou falha em um dos dispositivos do sistema. Todas as informações de acionamento e falhas ficam salvas em um registrador para futuras investigações e análise de falhas, de responsabilidade da equipe técnica da operadora. O sistema é acondicionado a atuar dentro de uma zona de tolerância de 7,5 metros do marco padrão de parada dos trens nas plataformas, permitindo inclusive a possibilidade de funcionamento em situação de operação em via singela em sentido inverso. A completa leitura dos *tags* se dará na confirmação das 3 *tags* iniciais, e desabilitação após a confirmação da 4ª *tag* na saída do trem da plataforma. Condições de recuo, falhas, evacuações ou situações adversas diferentes das operações normais, serão passíveis de liberação da abertura das portas somente se o operador realizar a derivação do sistema por uma chave comutadora. Neste momento, o sistema estará totalmente no controle manual, previsto nos procedimentos e capacitações do operador.

O projeto, em contrapartida, não previu atuação nos sistemas integrados de controle eletrônico do trem, mas sim uma atuação restrita ao comando de portas somente. O SIAP é responsável apenas por abrir e fechar a linha de 72 volts entre o comando do operador e o sistema *trainline*. Desta forma, exclui-se a possibilidade de falhas interligadas, por exemplo em condição a partir da derivação do SIAP no console do operador.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

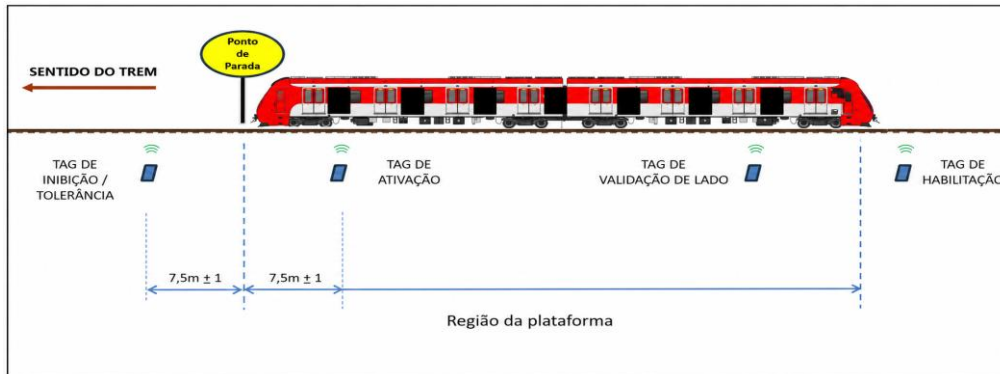


Figura 03: Esquema geral de posicionamento das tags do SIAP. Fonte: Autor, 2026.

Embora o SIAP não esteja integrado ao *TCMS (Train Control and Monitoring System)*, rede de comunicação principal que interliga os diversos sistemas embarcados, permitindo o controle, monitoramento, diagnóstico e troca de informações, o próprio controlador foi projetado de forma a armazenar os dados de falha e demais registros de eventos do sistema para funcionar como suporte em futuras análises. Além disso, todos os sinais do registrador de eventos foram preservados, mantendo assim a condição original de gravação dos dados de operação do trem.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo a ABNT NBR 15868 (2010), as causas dos acidentes ferroviários podem ser vinculadas a falhas humanas, problemas na via permanente, deficiências no material rodante, falhas nos sistemas de telecomunicação, sinalização e energia, atos de vandalismo e situações classificadas como casos fortuitos ou de força maior. Abaixo, alguns exemplos de ganhos nas condições ou riscos potenciais relacionados ao sistema de portas de um trem de passageiros, os quais estão sendo tratados neste projeto:

- Eliminação da abertura equivocada ao lado errado de plataforma (erro humano);
- Eliminação da abertura equivocada fora da região de plataforma (erro humano);
- Eliminação de acionamento por falha funcional dos botões de acionamento.

A causa das ocorrências relacionadas a erro humano é bastante presente nas investigações de acidentes em ferrovias pelo mundo. A exemplo, é apresentado a seguir o gráfico histórico obtido do Relatório de Visão Geral da Segurança Ferroviária, emitido pelo Departamento de Transportes dos EUA contendo dados de janeiro de 2015 a



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

dezembro de 2024. Neste estudo é possível perceber que em segundo lugar está o fator humano como uma das principais causas de acidentes.

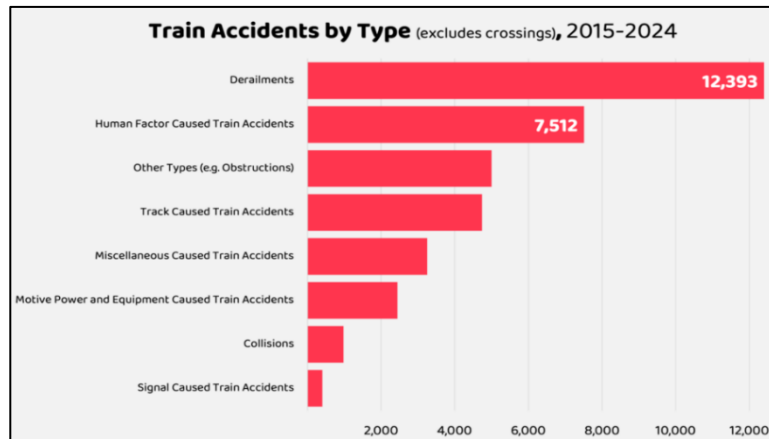


Gráfico 01: Acidentes ferroviários por tipo entre 2015 e 2024 nos EUA. Fonte: U.S. Department of Transportation, 2026.

A expectativa de resultado do projeto na linha ferroviária tomada como estudo de caso é a eliminação de incidentes ou acidentes vinculados a estas condições listadas acima. Os resultados estão demonstrados no gráfico a seguir.



Gráfico 02: Ocorrências históricas na linha ferroviária tomada como estudo de caso e expectativa de resultado para os próximos meses. Fonte: Autor, 2026.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CONCLUSÕES

Com tudo que foi demonstrado no estudo, é possível dizer que a implementação do projeto SIAP - sistema de intertravamento de portas é primordial para o aumento e a garantia da segurança das pessoas usuárias do sistema ferroviário em estudo, atuando diretamente em uma das principais causas de acidentes, o erro humano. A tecnologia instalada, apesar de bastante objetiva, fornece a segurança operacional desejada e a eliminação da possibilidade de acionamento involuntário ou acidental de abertura das portas do salão de passageiros dos trens.

Este trabalho abre possibilidades de implementação em muitos outros operadores ferroviários, nos quais os riscos são semelhantes ou iguais. Ou seja, a relevância deste estudo se amplia na possibilidade real de utilização em outras linhas ferroviárias brasileiras ou internacionais.

Os ganhos com melhoria de segurança geralmente são visualizados ao longo de anos, porém, através dos incansáveis testes e validações, já foi possível afirmar que o objetivo principal de criar uma barreira sistêmica contra o erro humano foi alcançada, concluindo com êxito o projeto implementado.

A contínua pesquisa, monitoramento e tratativa das ocorrências deverão fazer parte da rotina da equipe de Engenharia de Manutenção da operadora e mantenedora da linha ferroviária tomada como estudo. A aplicação de novas tecnologias, soluções práticas nos equipamentos atuais e estudos técnicos se fazem necessários no contexto de equipamentos ferroviários, principalmente quando tratam de transporte de passageiros, a exemplo do realizado neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABNT NBR 15868 - Acidente ferroviário - Classificação, comunicações e relatório. 2010.

[2] Dizero, J.C. Memorial Descritivo Funcional – Sistema de Intertravamento de Abertura de Portas - SIAP, rev. 0. 2026.

[3] Donato, Ailton. Mobilidade 360. Trem abre portas fora da plataforma na Linha 7-Rubi. Disponível em: <https://mobilidade360.com.br/2026/06/09/falha-linha-7-rubi-estacao-piqueri/>. Acesso em: 30 jun. 2026.

[4] Guimarães, M., Jacques, M. Identificação e Análise das Causas de Acidentes com Usuários nas Estações de Metrô. Brasília: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2004. Disponível em:



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/anpet_xviiiCongrpesqens/rt/RD_arq14.pdf.

[5] Manual de Operação e Manutenção – Capítulo 09 Sistema de Portas – Hyundai Rotem, rev. 2. 2020.

[6] Poiarei, C.; Adelé, S.; Burkhardt, J.M. Individual Accidents at the Interface Between Platform, Train and Tracks in the Subway: a Literature Review. 2023.

[7] U.S. Department of Transportation. Rail Safety Overview Report. 2024.