



**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA 3**

**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS: ELEVANDO A SEGURANÇA E EFICIÊNCIA NO**  
**TRANSPORTE METROFERROVIÁRIO**

**INTRODUÇÃO**

No século XXI, a segurança tornou-se um tema central, abrangendo diversos aspectos, como o trabalho, o trajeto e a informação. Frases como “Alguém te espera em casa”, “No trabalho você pode ser substituído, na sua casa não” e “Se não for seguro, não faça” são amplamente divulgadas em empresas, redes sociais, residências e afins. A segurança tem evoluído juntamente com a tecnologia, que também desempenha um papel crucial na sua promoção.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Quando aplicada corretamente, a tecnologia não só otimiza processos como também melhora significativamente a segurança. Um exemplo claro são as portas de plataforma presentes em certas estações de metrô, como na Linha 5-Lilás. Essas portas protegem os passageiros, impedindo o acesso a via, reduzindo drasticamente o risco de atropelamentos. O sistema, de forma autônoma, sincroniza a abertura das portas dos trens com as portas da plataforma, aumentando a segurança de todos os usuários.

A evolução tecnológica tem transformado profundamente diversos setores, automatizando tarefas que antes dependiam inteiramente do trabalho manual. Máquinas, algoritmos avançados e inteligência artificial agora desempenham papéis cruciais na execução e supervisão de processos, permitindo não apenas otimização, mas também a análise preditiva de comportamentos com base em dados históricos. No setor metroferroviário, esta transição tem sido particularmente notável.

Historicamente, a operação de trens exigia atenção e habilidades meticulosas dos maquinistas, que precisavam calcular manualmente a aceleração e frenagem adequadas, levando em consideração o peso dos vagões e as condições mecânicas para garantir uma parada precisa e segura. Além disso, inspeções visuais e mecânicas eram essenciais para a manutenção e a segurança operacional.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Atualmente, além das habilidades e conhecimentos dos Operadores de Trem, as composições são equipadas com tecnologias avançadas que facilitam uma operação mais eficiente, automatizada e mais segura. Nas cabines modernas, os operadores têm à disposição informações detalhadas como temperatura do ar, pressão dos sistemas pneumáticos e ocupação dos carros. Sistemas inteligentes de controle ajustam com precisão a aceleração e frenagem conforme o peso total do trem, permitindo que os operadores se concentrem apenas na escolha da velocidade desejada. Adicionalmente, sistemas como o CBTC (Controle de Trens Baseado em Comunicação), ao atingir altos níveis de automação, eliminam a necessidade de condutores a bordo, promovendo uma operação totalmente autônoma.

No contexto dos sistemas que requerem a presença de um operador, seja para supervisão ou condução manual, a tecnologia desempenha um papel crucial. No entanto, apesar de sua eficácia, a automação pode reduzir a interação humana criando uma zona de conforto, levando, em alguns casos, ao desvio de atenção. As inovações tecnológicas permitem o desenvolvimento de projetos que vão além dos sistemas originalmente embarcados nos trens, introduzindo novas possibilidades, como análises comportamentais computadorizadas e simulações visuais de condução. Essas inovações capacitam os condutores a agir corretamente em situações adversas, garantindo a segurança deles, dos passageiros e do próprio trem.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

### **DIAGNÓSTICO**

A constante busca por novas soluções tecnológicas é frequentemente impulsionada pela identificação de fragilidades inesperadas em processos existentes. Aperfeiçoar sistemas já em operação há algum tempo pode ser uma tarefa onerosa e economicamente inviável, dependendo da complexidade envolvida. Contudo, ações inovadoras e disruptivas, especialmente quando estimuladas, tendem a oferecer soluções eficazes, e tornam o projeto viável a curto prazo. Essas ações permitem a inclusão de tecnologias avançadas antes indisponíveis durante a implementação dos sistemas originais.

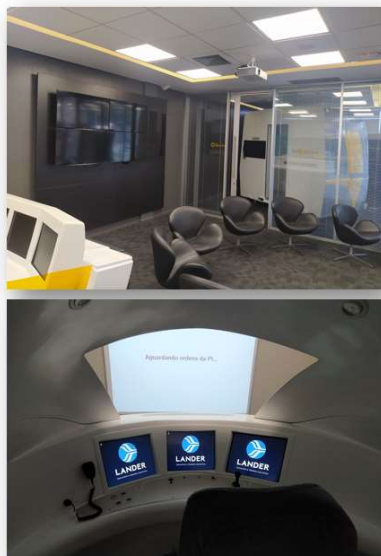
Um exemplo concreto de inovação é o uso de óculos de realidade virtual (VR) para o treinamento de funcionários na condução de trens. Esta tecnologia possibilita a realização de exercícios complexos que seriam praticamente impossíveis de simular no mundo real, proporcionando uma imersão extremamente realista. Além disso, os óculos de realidade virtual têm uma estrutura minimalista, oferecem facilidades de customização, atualização e são mais acessíveis economicamente do que os simuladores tradicionais que necessitam de uma maior infraestrutura. Seu caráter portátil permite que sejam utilizados em espaços restritos, sem a necessidade de uma infraestrutura complexa, além de permitir a simulação de mais de um modelo de trem.

Os simuladores de realidade virtual ganharam muito espaço nos últimos anos, muito devido à popularidade do metaverso. A realidade virtual é uma tecnologia que permite

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

aos usuários serem imersos em ambientes virtuais interativos, simulando experiências do mundo real ou imaginário. Suas vantagens incluem a capacidade de oferecer um ambiente seguro e supervisionado para treinamento e simulação de situações complexas. Além disso, a realidade virtual possibilita uma aprendizagem mais eficaz e envolvente, estimulando a criatividade e proporcionando experiências imersivas únicas. Sua flexibilidade permite a aplicação em diversos setores, como educação, saúde, entretenimento e treinamento profissional, transformando a maneira como interagimos com a tecnologia e o mundo ao nosso redor.

Simuladores Físicos



Simulador de Realidade Virtual

X



Figura 1 – Simuladores Físicos VS Realidade Virtual



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

A imagem da esquerda ilustra que os simuladores físicos ocupam espaços consideráveis e necessitam de uma infraestrutura complexa. Apesar de oferecerem uma sensação realista de condução do trem, graças à interação tátil, esses simuladores implicam altos custos de atualização de software, requerem um local físico específico para treinamento e apresentam custos elevados em caso de falhas, além do tempo de indisponibilidade para reparos.

Em contrapartida, o simulador mostrado à direita na imagem consiste em apenas três itens e pode ser facilmente transportado para qualquer local, tendo mais de um dispositivo disponível. Este modelo apresenta baixo custo de manutenção e facilidade na atualização de conteúdo. Além disso, pode integrar uma plataforma portátil com um console semelhante ao do trem, o que aumenta ainda mais a imersão dos treinamentos.

A realidade virtual ainda pode ser aplicada na manutenção de equipamentos fixos. Sua utilização permite a aplicação de simulações precisas que guiam os profissionais na execução passo a passo de tarefas específicas, sem a necessidade de interromper operações reais para treinamento.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 2 – Treinamento com realidade virtual**

Adicionalmente, sistemas avançados de monitoramento podem ser implementados para detectar sinais de sonolência ou distração dos operadores durante a condução de trens, ou veículos auxiliares. Estes sistemas analisam expressões faciais dos operadores, emitindo alerta para comportamentos displicentes ou de sonolência. Os alertas podem gerar relatórios sobre os padrões comportamentais monitorados, que podem ajudar a prevenir a reincidência de tais incidentes. Este diagnóstico destaca a importância de incentivar a inovação tecnológica como meio para resolver fragilidades processuais e melhorar a eficiência e segurança operacional.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 3 – Visão Computacional – Detecção de Padrões Comportamentais**

### **ESTUDO DE CASO – Simulador de Realidade Virtual**

A operação dos trens nas linhas 8 Diamante e 9 Esmeralda da ViaMobilidade tem como desafio a condução manual das composições. Entre todos os ativos e sistemas que compõem uma linha metroferroviária, o trem é o componente mais sensível e fundamental, dado que é por meio dele que milhares de vidas trilham diariamente seu caminho rumo à realização de seus sonhos. No interior das composições, as pessoas passam a maioria do tempo enquanto viajam.

Para contextualizar, cada trem das Linhas 8 e 9 comporta, em média, 2.000 passageiros. Considerando um intervalo de 5 minutos entre trens, temos 12 partidas em uma hora. Isso significa que, em uma hora, podemos transportar 24 mil vidas, 24 mil sonhos e 24





## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

mil pessoas no mesmo local, mas com destinos diferentes. Cada trem conta com um colaborador responsável por transportar essas 2 mil vidas, garantindo a segurança de cada um deles durante a viagem, realizando processos como os listados a seguir:

- Respeito aos limites de velocidade da via.
- Alinhamento correto do trem nas plataformas.
- Abertura das portas no sentido correto para embarque e desembarque.
- Verificação das condições da via, como a rede aérea, alinhamento da rota, o estado dos trilhos, a presença de pessoas na via, passagens em nível, sinalização e outros fatores.

Do total de colaboradores dedicados à condução dos trens nas linhas 8 e 9, uma parte atua apenas na Linha 8 Diamante e a outra na Linha 9 Esmeralda. Isso ocorre porque cada linha possui particularidades que os condutores precisam dominar ao trafegar pela malha. Essa mesma referência se aplica a outras linhas ferroviárias do estado, como as Linhas 7 Rubi, 10 Turquesa, 11 Coral e 12 Safira.

Agora, imaginemos que todos esses colaboradores têm suas próprias histórias e perfis individuais, tornando-os únicos. Assim, mesmo com procedimentos, processos e treinamentos bem definidos, haverá diferenças na condução do trem quando compararmos dois colaboradores distintos.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Diferentemente de um sistema de condução autônoma, como a Linha 4 Amarela, onde os trens seguem o mesmo padrão de condução, linhas em que a condução depende da ação humana estão sujeitas a desvios operacionais devido às particularidades de cada operador e/ou linha. Uma forma de otimizar isso é aproximar ao máximo o nível de conhecimento e experiência profissional de toda a equipe. Como? Possibilitando que todos tenham as mesmas experiências operacionais, como lidar com pane elétrica no trem, acionamento de dispositivos de emergência, operação sob chuva, acoplamento entre trens, operação em via singela, e muitos outros cenários que vão além da condução do trem dentro das normalidades operacionais da linha.

A disseminação eficaz de experiência em situações adversas requer treinamentos práticos específicos para a condução de trens. Tradicionalmente, esses treinamentos envolvem no mínimo a reserva de um período, um trecho e um trem para capacitação. No entanto, esse processo é moroso, exigindo um público restrito, um local específico e, muitas vezes, a repetição do treinamento em intervalos longos, como 6 ou 12 meses. Isso ocorre porque é necessário reservar um trem dedicado, um trecho disponível, um instrutor fixo e várias comunicações com o centro de controle para alterações de rota e liberação de trajeto.

Uma alternativa eficiente é o uso de simuladores. Essas ferramentas permitem mais horas de treinamento sem impactar diretamente a operação rotineira, e é muito

## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

utilizado em outras áreas como aviação, aeronáutica, medicina e afins. Basta criar uma agenda rotativa para que todos os colaboradores possam realizar o treinamento. Nas Linhas 8 e 9, além do treinamento prático em campo, a aquisição de um simulador foi adotada para potencializar a capacitação dos operadores. Dada a extensão da linha, o número de pessoas envolvidas e as bases dedicadas à equipe de trens, o simulador de realidade virtual foi escolhido para garantir resultados comparáveis à condução real dos trens, garantindo fácil acesso e praticidade.



**Figura 4 – Treinamento com Óculos de Realidade Virtual**

O procedimento atual, conta com alguns óculos de realidade virtual, abrangendo as duas bases de condutores. Além do treinamento periódico, rotineiramente, o condutor percorre o trajeto no simulador de realidade virtual antes de dar seguimento à operação com passageiros. Adicionalmente, são realizados diversos exercícios de interação com os equipamentos dos trens para aprimorar a prática operacional, incluindo a operação

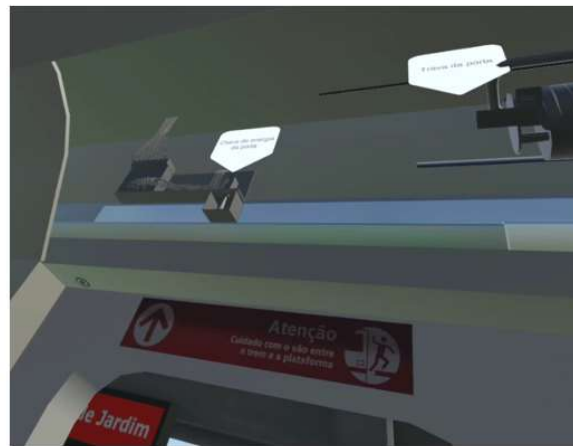
## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

do sistema de portas, acionamento de dispositivos de emergência e outras atividades pertinentes.

Atuação em Aparelhos de Mudança de Via (AMV)



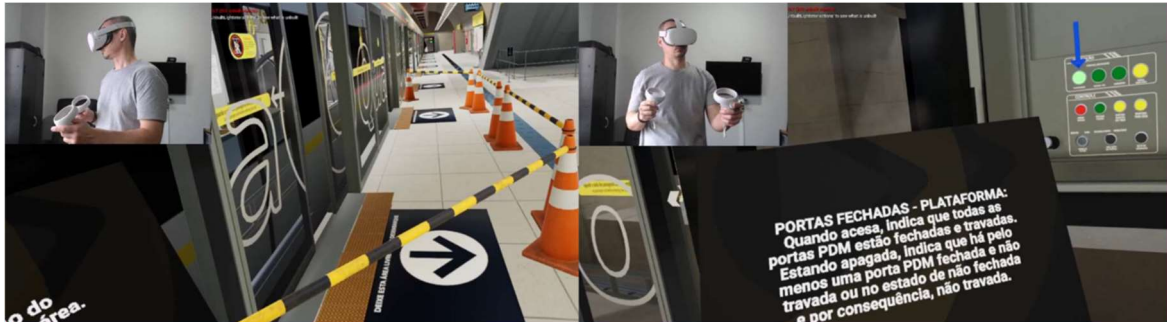
Atuação em Falha de Porta no Trem



**Figura 5 – Simulação de atuação em equipamentos da via e do trem**

Os simuladores de realidade virtual não se restringem apenas ao treinamento de condutores de trem. Suas aplicações são vastas e variadas. Após serem utilizados com sucesso no treinamento de condutores, surgiu a oportunidade de expandir sua utilização para as equipes de manutenção. Isso permite capacitá-los na operação de sistemas complexos, aumentando assim a confiança das equipes durante suas atividades reais.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 6 – Treinamento de manutenção da porta de plataforma**

O sistema voltado para manutenção foi inicialmente implementado para operar nas portas de plataforma da Linha 4 Amarela. Num primeiro momento, todos os colaboradores participantes do processo de manutenção desse sistema passarão por treinamento, com planos para estabelecer um programa de reciclagem periódico. Além disso, os dispositivos estarão sempre disponíveis para os funcionários praticarem no dia a dia.

A proposta para o futuro inclui a expansão do sistema para outras linhas, como a Linha 5 Lilás, que também está equipada com portas de plataforma. Além disso, planeja-se abranger diversas frentes de atuação, como nas Implantações Técnicas de Segurança (ITS). Isso envolverá atividades como desenergização de trechos da via, intervenções em equipamentos de salas técnicas e outras iniciativas correlatas.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

### **ESTUDO DE CASO – Visão Computacional (Detectores de Fadiga)**

Os treinamentos e capacitações têm um caráter preventivo, isso inclui também a condução e operação de trens. Com a crescente inovação tecnológica e a redução da interação entre operador e trem, podem ocorrer desvios de atenção devido à monotonia da atividade. Para lidar com esses casos, são necessárias ações corretivas de comportamento. Uma delas já está implantada de forma nativa nos trens: o dispositivo conhecido como 'Homem Morto'. Esse dispositivo obriga o condutor a acioná-lo em curtos intervalos de tempo para indicar que está atento e bem. No entanto, essa tecnologia pode não ser suficiente, pois, ao longo do tempo, o condutor tende a responder automaticamente ao padrão de acionamento do sistema, de forma inconsciente. Isso é semelhante à condução de um veículo rodoviário, onde muitos motoristas relatam que, após repetidas viagens pelo mesmo trajeto, chegam ao destino sem lembrar exatamente todas as ações tomadas para chegar lá. Esse fenômeno ocorre porque o cérebro já memorizou todas as etapas do caminho inconscientemente. No entanto, se algo inesperado acontecer, o tempo de resposta para uma pessoa em estado 'parcialmente atento' será maior, o que pode resultar em acidentes.

Muitas tecnologias e melhorias surgem após incidentes específicos. Foi assim que surgiram sistemas como o alerta de colisão em aeronaves, airbags em carros, cintos de

## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

segurança e afins. Após um abalroamento de trem na Linha 8 Diamante em 2022, foi instaurado um Comitê Interno para investigação e proposição de melhorias.

Baseando-se na pesquisa de Frank Bird Jr. (1931), criador da famosa Pirâmide de Bird, podemos compreender que os acidentes não são causados por um único motivo isolado, mas por uma série de fatores interligados. No contexto do abalroamento, um desses fatores avaliados foi o funcionamento do dispositivo "Homem Morto". A investigação concluiu que o dispositivo foi acionado corretamente durante todo o evento até o momento do incidente.



**Figura 7 – Exemplo de dispositivo ‘Homem Morto’.**



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Para aprimorar a segurança, a concessionária incansavelmente buscou tecnologias além das já existentes nos trens. Foi então que identificaram o modelo de visão computacional, utilizado mundialmente, especialmente no transporte rodoviário, para detectar sinais de desvios de atenção e fadiga. Nas linhas 8 e 9, foram implantadas duas câmeras embarcadas nas cabines dos trens. Esse sistema analisa as imagens, identificando comportamentos faciais dos condutores além de alertar, por exemplo, caso alguém bloqueie fisicamente a câmera. Uma detecção que o sistema faz é a sonolência do colaborador. Nesse caso o sistema dispara um alarme sonoro e envia um registro por e-mail à equipe de supervisão, indicando o trecho e local exato do evento.

Para conhecimento, encontramos uma situação de risco.

Operação: CCR - VIAMOB\_BE9

Frota: A05C08

Quantidade de eventos: 1

Indicador de intervenção: 1

Id de intervenção: [REDACTED]

Evento: Oclusão; Hora\_alarme: 2024-07-15 15:44:03

[Photo url](#)



Figura 8 – Exemplo de alerta de oclusão da câmera emitido para a liderança





## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Essa abordagem permite um tratamento humanizado e personalizado para cada condutor. Com auxílio especializado, é possível identificar se algum colaborador enfrenta questões profissionais ou pessoais que afetem seu sono, possibilitando práticas adaptadas, como folgas, trocas de horário e treinamento específico. Afinal, embora todos tenham a mesma função operacional, cada um é único e a análise individualizada possibilita um ganho ainda maior na gestão da equipe.

#### **ESTUDO DE CASO - Sistema Auxiliar de Portas**

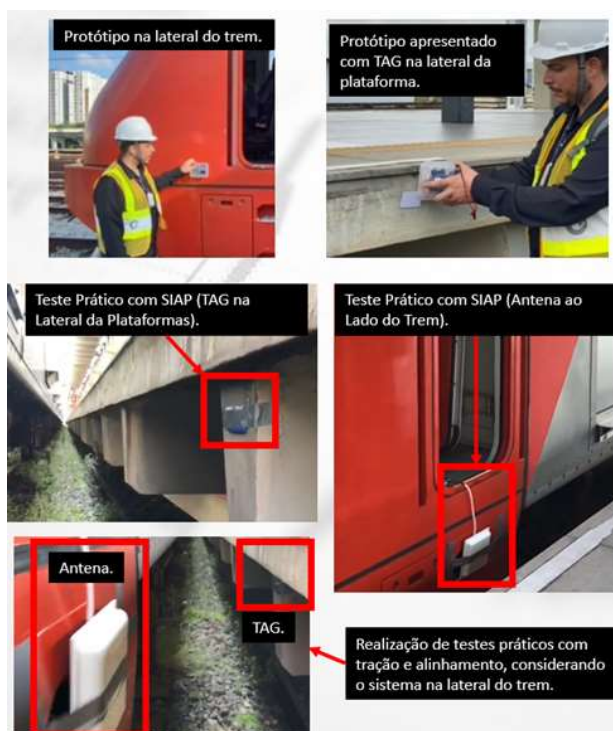
Ainda no âmbito de desenvolver tecnologias disruptivas voltadas para ações corretivas com o intuito de contribuir com a segurança operacional, existe o projeto intitulado Sistema Auxiliar de Portas (SIAP), o qual apresenta uma proposta inovadora. Em fase de estudo e validação, esse sistema visa identificar o sentido correto para a abertura das portas dos trens, permitindo o acionamento somente no sentido correto. O SIAP foi concebido para mitigar eventuais erros humanos no acionamento das portas, sem, contudo, substituir a decisão final do condutor.

Com seu conceito desenvolvido internamente, o SIAP visa reduzir o risco de acionamento equivocado das portas, aumentando a segurança durante a operação dos trens. Estudos de campo resultaram em um dispositivo que lê TAGs aplicadas nas plataformas, com uma antena na composição que identifica a presença das TAGs. Isso libera a botoeira de porta apenas no sentido correto.

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 9 – Funcionamento do SIAP.**



**Figura 10 – Primeiro Protótipo (Fase de Idealização).**

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O protótipo inicial foi desenvolvido utilizando um módulo controlador Arduino Uno e uma antena de leitura NFC. Após uma série de testes controlados, tanto em laboratório quanto em campo (sem passageiros), adotamos um princípio similar ao sistema de validação de pedágios, que, a uma velocidade de 40 km/h, lê e identifica cada veículo, verifica a validade do cadastro, realiza a cobrança e libera a passagem. Com base nesses testes, contratamos um fornecedor especializado em tecnologia de rádio frequência e desenvolvemos o protótipo final do projeto. Esse protótipo foi implantado de maneira similar aos sistemas de sinalização aplicados no sistema metroferroviário, utilizando TAGs na via e antenas de rádio frequência para leitura fixado no trem.

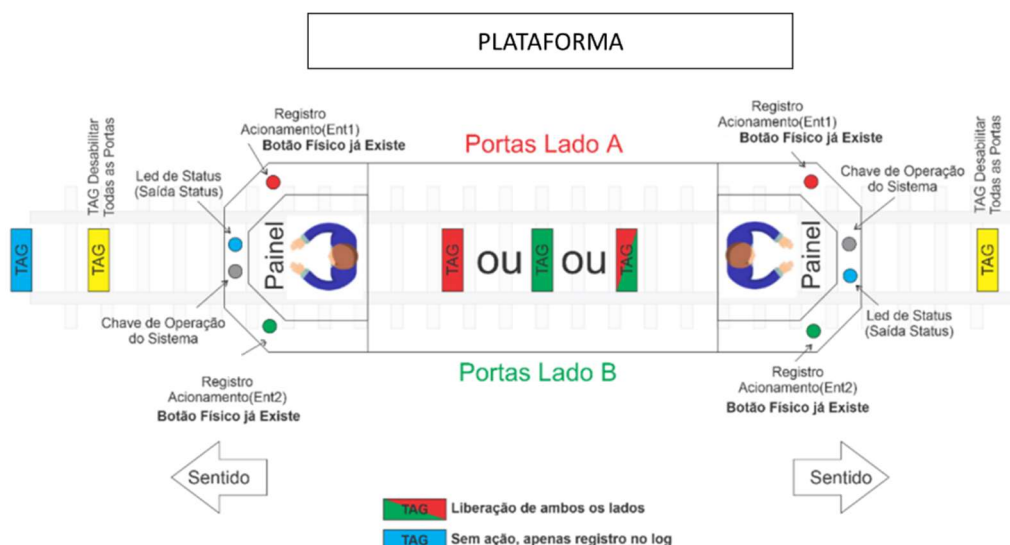


Figura 11 – Última versão do projeto

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O sistema permite endereçar diversos tipos de TAGs, sendo a principal aquela que determina o sentido de abertura das portas do trem. Para o condutor, a orientação de abertura muda conforme a cabine, variando da direita para a esquerda. No entanto, para o trem, as portas que se abrem são sempre as mesmas, localizadas em frente à plataforma. Assim, os sentidos foram definidos como Lado A e Lado B, existindo também TAGs que permitem a abertura dos dois lados, para as estações como Osasco da Linha 9.

Para aumentar a segurança e evitar a abertura das portas quando o trem está fora da área segura da plataforma, foram realizados testes com TAGs que desabilitam a abertura dos dois lados do trem. Dessa forma, se o operador parar com alguma porta fora da região da plataforma, não conseguirá abri-la. Além disso, há TAGs que registram apenas a localização do trem entre as estações.



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

**Figura 12 – Logica de Operação do SIAP.**

O SIAP possui contingências para garantir a continuidade da operação em caso de falhas no sistema. O ponto mais importante é que, mesmo em um hipotético e remoto caso de curto-circuito, o sistema não tem a capacidade de abrir as portas do trem automaticamente. Ele apenas secciona um dos condutores que vai para a botoeira. Caso ocorra um curto-circuito, o sistema apenas liberará o botão de abertura, mas as portas só serão efetivamente abertas se o botão for acionado pelo operador.



**Figura 13 – Esboço do esquema elétrico do SIAP na botoeira da porta.**

Para o protótipo do projeto, foram utilizados relés de alto desempenho para evitar que os contatos fiquem colados. Além disso, não houve nenhuma alteração nas características originais do trem, ou seja, não foram cortados cabos ou feitas outras modificações estruturais. O SIAP pode ser conectado diretamente ao switch, onde são realizadas as conexões e distribuições elétricas da composição.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Como medida de backup, as botoeiras da coluna lateral da cabine não são afetadas pelo SIAP, entendendo-se que o risco de abertura errônea das portas é muito menor por essas botoeiras, dado que o condutor precisa se levantar e andar até o botão de abertura da porta, sendo que normalmente ele andaré para o lado da plataforma. Adicionalmente, o sistema possui uma chave de isolamento, similar às de outros sistemas importantes do trem. De acordo com procedimentos internos, em determinadas circunstâncias pontuais, o condutor pode isolar o sistema e continuar a operação, adotando uma série de outras medidas cautelares.



**Figura 14 – SIAP e Contingências**

### 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O protótipo das Linhas 8 e 9 dos Trens Metropolitanos de São Paulo pode ser aplicável a outras linhas do sistema metroferroviário. O SIAP não só minimiza a possibilidade de acionamento incorreto, mas também fornece por conexão 4G informações em tempo real sobre a abertura das portas, incluindo plataforma, data e horário, além de registrar tentativas de acionamento no sentido oposto. Tais dados permitem um controle mais rigoroso do tempo de percurso dos trens, prestação de serviço e localização exata das composições.



Figura 15 – Análise preliminar de informações extraídas do SIAP



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Se os testes e estudos demonstrarem que é efetiva a aplicação do SIAP, este pode melhorar ainda mais a segurança operacional do sistema.

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Pelo exposto, nota-se que a aplicação de tecnologias modernas a sistemas defasados podem resultar em um ganho significativo para a segurança operacional. Ainda que as propostas aqui apresentadas não sejam classificadas como sistemas de controle vitais dos trens, elas supervisionam, coletam informações e permitem análises preditivas de comportamentos cotidianos. Isso possibilita a elaboração de planos de ação específicos e adequados para cada situação.

O simulador de realidade virtual foi introduzido inicialmente nas Linhas 8 e 9 em março de 2022, com a distribuição de óculos entre as duas bases de trem em Barra Funda e Osasco. A implementação deste projeto apresentou um custo, aproximadamente, 40% inferior ao de um simulador fixo tradicional. Com o tempo, as simulações foram expandidas, passando de exercícios de condução para abranger a interação com os dispositivos dos trens. A introdução do sistema resultou em uma substancial melhoria na padronização da condução pelas equipes, devido aos treinamentos que proporcionaram maior segurança e familiarização operacional, anteriormente restritos à prática. Os resultados positivos levaram à replicação do modelo nas Linhas 1 e 2 do Metrô Bahia, a qual está em fase de implantação. Esse conceito também foi aplicado



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

aos treinamentos das equipes de manutenção, como na atuação das portas de plataforma, com planos de expansão para outros sistemas, como equipamentos de salas técnicas e aparelhos de mudança de via. O sucesso da iniciativa foi tão expressivo que foi amplamente destacado na mídia e em eventos de tecnologia, como a 16ª Feira de Profissões da USP.



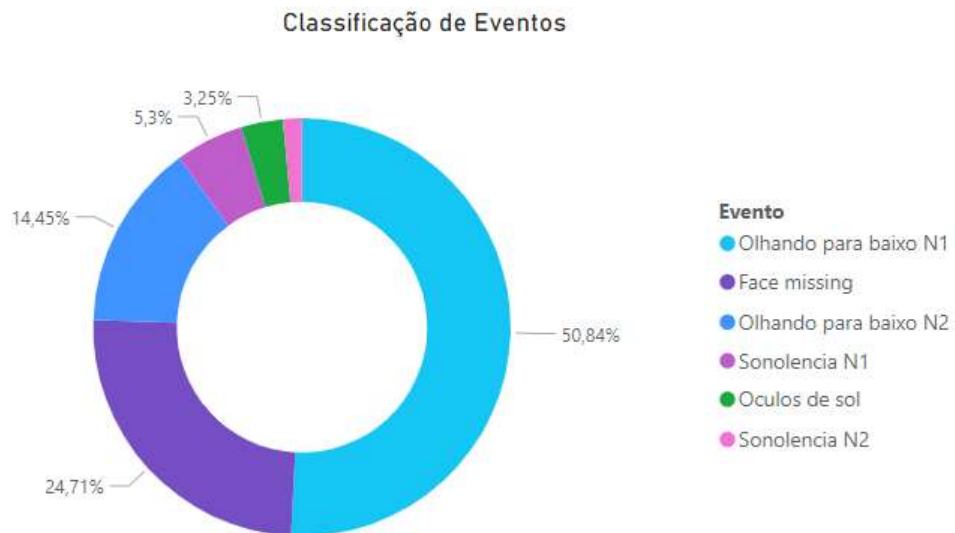
**Figura 16 – Apresentação do Simulador de Realidade Virtual na USP**

O sistema de detecção de fadiga foi implementado nas Linhas 8 e 9 em agosto de 2022. O sistema utiliza duas câmeras embarcadas direcionadas para o condutor e uma central digital de gravação de vídeo conectada via 4G, que também identifica a localização do trem por meio de georreferenciamento (latitude e longitude). O sistema avalia as expressões faciais dos condutores e as classifica segundo o grau de criticidade.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 17 – Exemplo de identificação de sonolência nível 1**



**Figura 18 – Classificação dos eventos gerados**

A partir das informações analisadas, é possível monitorar a quantidade de vezes que o condutor olha para baixo para acionar algum comando do trem ou por desatenção,



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

quantas vezes ele se levanta da cadeira e, principalmente, quantas vezes apresenta sinais de sonolência. Com esses dados, foi possível avaliar o comportamento individual de cada colaborador e propor um plano de ação personalizado, visando atender de forma específica cada caso.

O sucesso do sistema de detecção de fadiga foi tão significativo que ele foi implementado em veículos auxiliares das Linhas 8 e 9, estando em processo de estudo e expansão para os trens e veículos auxiliares das Linhas 5 Lilás e Metrô Bahia.

O SIAP por sua vez, registra tentativas de abertura de portas no sentido oposto à plataforma, permitindo uma avaliação dos riscos evitados e identificação dos trechos onde esse problema é mais recorrente. Além disso, o sistema pode ajudar a determinar se esse comportamento é individual ou coletivo. Nos testes do protótipo foi observada uma redução de 100% nas aberturas no lado oposto (APLOP). E foram registradas pelo menos quatro ações de tentativas durante o período, bloqueadas pelo sistema.

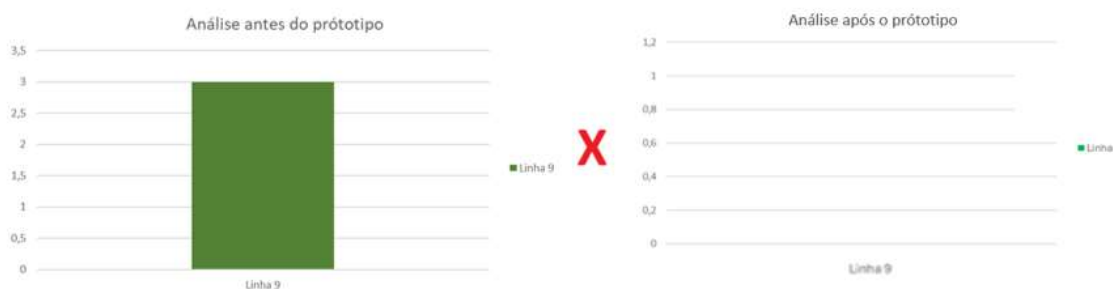


Figura 19 – Análise preliminar de informações extraídas do SIAP

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os resultados não se restringem apenas aos três projetos mencionados, nem à operação dos trens. A aplicação proativa de tecnologias voltadas para a segurança permeia todas as áreas e processos de uma empresa. Outros exemplos de resultados positivos obtidos com o auxílio dessas tecnologias inovadoras incluem, mas não se limitam a:

1. Informações sobre o horário de chegada do próximo trem e sobre o nível de ocupação dos carros. Isso permite que os passageiros façam escolhas mais informadas, optando por carros com maior conforto.



CCR Metrô Bahia



ViaQuatro

**Figura 20 – Exemplos de aplicação do sistema de indicação do próximo trem**

2. Implementação de testes com Etilômetro no início das atividades dos colaboradores, visando garantir maior segurança e foco nas tarefas realizadas, especialmente nas que envolvem alto risco, como manutenção, condução de veículos e operação de trens.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 21 – Etilômetro**

3. Outro exemplo é o projeto que está em fase de estudo e validação, semelhante ao SIAP. Esse projeto envolve a aplicação de indicações luminosas para orientar os passageiros sobre o sentido correto para embarque nos ônibus do PAESE, acionados como contingência em caso de interrupções no sistema ferroviário. Essa ação, combinada com avisos sonoros e cartazes de orientação, ajuda a direcionar melhor os passageiros para o local correto de embarque nos ônibus PAESE. Estratégias semelhantes são amplamente utilizadas em hospitais e aeroportos.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



**Figura 22 – Prova de conceito da indicação luminosa de orientação para o PAESE**

Cada projeto idealizado, desde a fase de prova de conceito para validação da proposta, conta com a contribuição de um time interno multidisciplinar e com a parceria de fornecedores altamente capacitados e com vasta experiência no campo de atuação. Esses parceiros não apenas executam a ideia apresentada, mas também propõem e implementam melhorias significativas e atuais que viabilizam uma solução mais segura e eficaz.

### CONCLUSÕES

A implantação e integração inovadora de tecnologias modernas no sistema metroferroviário reflete não apenas um avanço tecnológico, mas também um compromisso contínuo com a segurança e eficiência operacional. A introdução de simuladores de realidade virtual nas Linhas 8 e 9, aliada ao sistema de detecção de fadiga e o Sistema Auxiliar de Portas (SIAP), demonstraram resultados tangíveis na padronização operacional, redução de riscos e o aprimoramento da segurança dos



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

passageiros e colaboradores. Essas inovações não apenas aprimoraram a eficiência do sistema, mas também promoveram uma abordagem proativa em resposta a desafios operacionais e de segurança. Além disso, os benefícios observados não se limitam apenas aos projetos mencionados, abrangendo áreas diversas e destacando a importância da integração tecnológica para o futuro da operação metroferroviária. Com os resultados positivos evidenciados ao longo deste trabalho, é possível vislumbrar um cenário ainda mais promissor com a expansão e aprimoramento contínuo dessas tecnologias inovadoras, fortalecendo assim a infraestrutura e a segurança do sistema metroferroviário para o benefício de todos os envolvidos. Este avanço representa não apenas uma evolução tecnológica, mas uma mudança transformadora na forma como encaramos e operamos sistemas de transporte públicos com ênfase na preservação e valorização da vida, servindo de exemplo para futuras inovações neste setor.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

HOLLNAGEL, Erik (2009) - "Safer Complex Industrial Environments: A Human Factors Approach" - CRC Press. ISBN 1-4200-9248-0.

HEINRICH, H.W. (1931) - "Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach" - McGraw-Hill.

BIRD Jr., Frank E. Management Guide to Loss Control. 1974. Institute Press.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

FTA (2013) – Federal Transit Administration, “Transit Capacity and Quality of Service Manual”.

CONCESSIONÁRIA DA LINHA 4 DO METRÔ DE SÃO PAULO S.A – VIAQUATRO. **Subsistema Central de Controle de Arrecadação e Passageiros (SCAP)**. 2024a. Acesso restrito.

CONCESSIONÁRIA DA LINHA 5 DO METRÔ DE SÃO PAULO S.A – VIAMOBILIDADE. **Subsistema Central de Controle de Arrecadação e Passageiros (SCAP)**. 2024a. Acesso restrito.

COMPANHIA DO METRÔ BAHIA – CCR METRÔ BAHIA. **Subsistema Central de Controle de Arrecadação e Passageiros (SCAP)**. 2024a. Acesso restrito.

CONCESSIONÁRIA DAS LINHAS 8 E 9 DO SISTEMA DE TRENS METROPOLITANOS DE SÃO PAULO – VIAMOBILIDADE. **Subsistema Central de Controle de Arrecadação e Passageiros (SCAP)**. 2024a. Acesso restrito.

PORTAL MOBILIDADE – CCR ENGEMOB. **Análise Opr. De Trens**. Disponível em: <http://engemob.grupoccr.com.br/operacional/engenharia.asp#>. Acesso em: 10 jul. 2024a. Acesso restrito.