



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 2

**IMPLANTAÇÃO DE ECOSSISTEMA COM IOT E IA NA GESTÃO DE
BICICLETÁRIOS EM OPERAÇÕES METROFERROVIÁRIAS: ABORDAGEM DE MOBILIDADE
INTELIGENTE NAS LINHAS 11, 12 E 13.**



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

SOBRE OS AUTORES

Claudio Soares Volpi é Gerente de Engenharia de Operações na TRIVIA Trens e atua no setor metroferroviário desde 2014. Pós-graduado em Engenharia Ferroviária, tecnólogo em Mecânica e especialista em Processos de Produção, é Black Belt certificado pelo CSSC. Participou de projetos nas Linhas 4, 5, 8, 9, 11, 12 e 13 de São Paulo, no VLT Carioca e no Metrô de Salvador.

José Ricardo Ferreira do Nascimento, Analista Sênior da equipe de Engenharia de Operações da TRIVIA Trens, com 16 anos de experiência em engenharia, planejamento e gestão operacional sobre trilhos. Engenheiro de Produção, com especializações em Engenharia de Transportes e Gestão de Projetos, atuou em projetos nas Linhas 4, 5, 8, 9, 11, 12 e 13 de São Paulo, no VLT Carioca e no Metrô de Salvador.

Vinicius Antônio Luz, Analista de Sistemas da equipe de Tecnologia da TRIVIA Trens/TIC Trens, com mais de 20 anos de experiência em Tecnologia da Informação, sistemas ERP e gestão de projetos. Possui MBA em Gestão de Serviços de TI, pós-graduação em Gestão de Projetos e Desenvolvimento de Sistemas, além de graduação em Sistemas Virtuais/Web Design.

Nathalie Aparecida Vieira, Analista Plena da equipe de Engenharia de Operações da TRIVIA Trens. Tecnóloga em Gestão Ambiental e Segurança do Trabalho, graduanda em Engenharia de Produção e pós-graduada em Compliance, Segurança Privada e Gestão de Contratos. Black Belt, atua no setor metroferroviário desde 2008, com experiência em planejamento, coordenação e segurança operacional ferroviária.

Gisele Santos Reis, Supervisora de Estações e integra a equipe de Gestão de Atendimento e Segurança da TRIVIA Trens. Tecnóloga em Gestão de Negócios e Inovação e especialista em Gestão de Projetos, possui



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

17 anos de atuação no setor metroferroviário, com foco em gestão, atendimento, experiência do cliente e melhoria contínua.

1. INTRODUÇÃO

A integração entre o transporte sobre trilhos e a micromobilidade ativa representa um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento de cidades sustentáveis.

Os fundamentos das cidades sustentáveis baseiam-se na criação de ambientes urbanos que priorizam as pessoas em vez dos veículos motorizados, integrando soluções de tecnologia para otimizar recursos e promover a qualidade de vida. No contexto do projeto de bicicletários autônomos para as Linhas 11, 12 e 13, esses pilares são aplicados de forma prática para fortalecer a mobilidade urbana inteligente, conforme será demonstrado a seguir:

Objetivo do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a implantação de um ecossistema inteligente para gestão de bicicletários utilizando Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), visão computacional e Edge Computing, visando ampliar a segurança operacional, automatizar o controle de acesso e a gestão das vagas, além de fortalecer a integração entre bicicleta e transporte metroferroviário.

- **Integração Intermodal e o Conceito de "Last Mile" (Última Milha)**

Cidades sustentáveis buscam a conexão perfeita entre diferentes modais de transporte. O conceito de "Last Mile" incentiva o uso de bicicletas para percorrer o primeiro ou o último trecho de uma viagem realizada por transporte público. O ecossistema formado pelos 15 bicicletários atingidos pelo projeto, transforma



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

estes locais em ativos de mobilidade inteligente que facilitam a transição entre a bicicleta e o trem. Com a tecnologia de reconhecimento biométrico ou por leitores de QR-Code, seria possível a validação do uso do bicicletário na área paga da estação, assegurando que o sistema atenda prioritariamente ao usuário do modal ferroviário, consolidando a integração física e operacional.

- **Planejamento Centrado no Ser Humano**

O projeto foca na segurança percebida pelo usuário, removendo a barreira do medo de furtos através de hardware inteligente (travas IoT de alta resistência). Ao oferecer uma infraestrutura gratuita, segura e moderna, o projeto qualifica a experiência de quem depende da bicicleta para o deslocamento diário.

- **Redução de Emissões e Impacto Ambiental**

A substituição de trajetos feitos por veículos motorizados por modos ativos de transporte (como a bicicleta) é vital para reduzir a emissão de gases de efeito estufa e a poluição sonora. Ao incentivar a mobilidade ativa na região leste de São Paulo, o projeto contribui diretamente para a redução da pegada de carbono da operação metroferroviária como um todo. O estímulo ao uso da bicicleta em vez de ônibus ou carros para chegar à estação está alinhado às políticas de mobilidade sustentável e preservação do meio ambiente.

2. DIAGNÓSTICO

A implantação do ecossistema de bicicletários autônomos nas Linhas 11-Coral, 12-Safira e 13-Jade tem um impacto direto e transformador na micromobilidade da região leste de São Paulo e do Alto Tietê. O projeto foca em converter os bicicletários convencionais em ativos de mobilidade inteligente, atendendo a uma das regiões com maior demanda por transporte público e integração modal.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

A falta de segurança é o principal fator que desestimula ciclistas urbanos em São Paulo, desta forma se torna fundamental a ampliação da sensação de segurança e redução real de furtos e roubos nos bicicletários.

O projeto atua nesse tema com soluções tecnológicas:

- **Hardware Inteligente:** O uso de travas com cabo de aço de alta resistência, com monitoramento por IoT, que em caso de rompimento emite alertas, dispensando o uso de cadeados pessoais, que muitas vezes são frágeis.
- **Segurança Preditiva com IA:** Algoritmos de visão computacional monitoram o ambiente em tempo real, identificando comportamentos suspeitos e tentativas de invasão, com emissão automática de avisos sonoros (P.As), com a possibilidade de travamento das portas de acesso até a chegada de apoio local.
- O sistema não depende de intervenção humana para liberação de acesso dos ciclistas registrados e monitoramento das vagas e das bicicletas depositadas.

Processo	Antes	Depois
Controle de acesso	Manual + Porteiro Presencial	Aplicativo + QRCode ou biometria
Controle de vagas	Manual	Automático
Segurança	Cadeado pessoal	Trava IoT
Monitoramento	Apenas CFTV	CFTV + IA + IoT



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A maior atratividade dos bicicletários, trará o Fortalecimento da Integração "Last Mile" (Última Milha), para muitos moradores da Zona Leste que residem à distâncias entre 2 km a 5 km das estações - longe demais para deslocamento diário à pé e perto demais para depender exclusivamente de ônibus, que podem sofrer com o trânsito local nos bairros mais afastados. Assim, a bicicleta poderia ser usada para o primeiro ou último trecho da viagem, sendo integrada ao sistema ferroviário de forma segura e gratuita.

A possibilidade simplificada de validação na área paga, pode garantir que as vagas sejam utilizadas por quem realmente usa o trem, neste caso o sistema incluiria dispositivos validadores na área paga das estações, assegurando o vínculo entre o uso do bicicletário e o modal ferroviário.

A gestão e disponibilidade de vagas acontece em tempo real, através de aplicativo específico que informa ao ciclista se há vagas no seu bicicletário de interesse, permitindo um melhor planejamento no uso da bicicleta em seu deslocamento.

O modelo convencional de controle de permanência por planilhas, registros manuais ou sistemas não integrados, gera muitas vezes dificuldade no controle do tempo de permanência, resultando em "vagas presas" por longos períodos por não usuários. O regulamento padrão da maioria das operadoras estabelece um prazo máximo de 3 a 4 dias consecutivos. A automação via HUB permite monitorar o status (Livre/Ocupado) em tempo real, garantindo que a rotatividade de vagas e envio de alertas de tempo excedido para os donos das bicicletas, através de mensagens, para que retirem as bicicletas, liberando as vagas para atendimento aos trabalhadores que dependem da bicicleta diariamente.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para atender aos requisitos e desafios apontados, o projeto de automação dos bicicletários da Trivia Trens, já aplicado no bicicletário da estação Poá conta com as seguintes soluções:

3.1. FLUXO DE UTILIZAÇÃO:

1. O ciclista faz o cadastro no site – Trivia Trens
2. Realiza a validação de dados de forma presencial na estação
3. Check-in: O usuário autentica-se no aplicativo Trivia Trens e o sistema aloca automaticamente uma vaga, liberando a trava correspondente.
4. Check-out: A retirada é assistida por reconhecimento facial ou digital, garantindo que apenas o proprietário legítimo possa destravar a bicicleta.

3.2. TECNOLOGIA UTILIZADA:

- Arquitetura Tecnológica e Infraestrutura de Rede: A solução adota uma topologia Edge + Central, baseada em uma plataforma HUB integradora. A comunicação entre os bicicletários e as estações é realizada via fibra óptica dedicada, garantindo baixa latência para o processamento de imagens e comandos das travas.
- Controladora IoT (Edge): Instalada localmente em cada unidade, a controladora industrial processa as regras de negócio de forma autônoma. Isso permite que, em caso de falha na conexão com o CCO, o bicicletário continue operando para usuários previamente cadastrados.

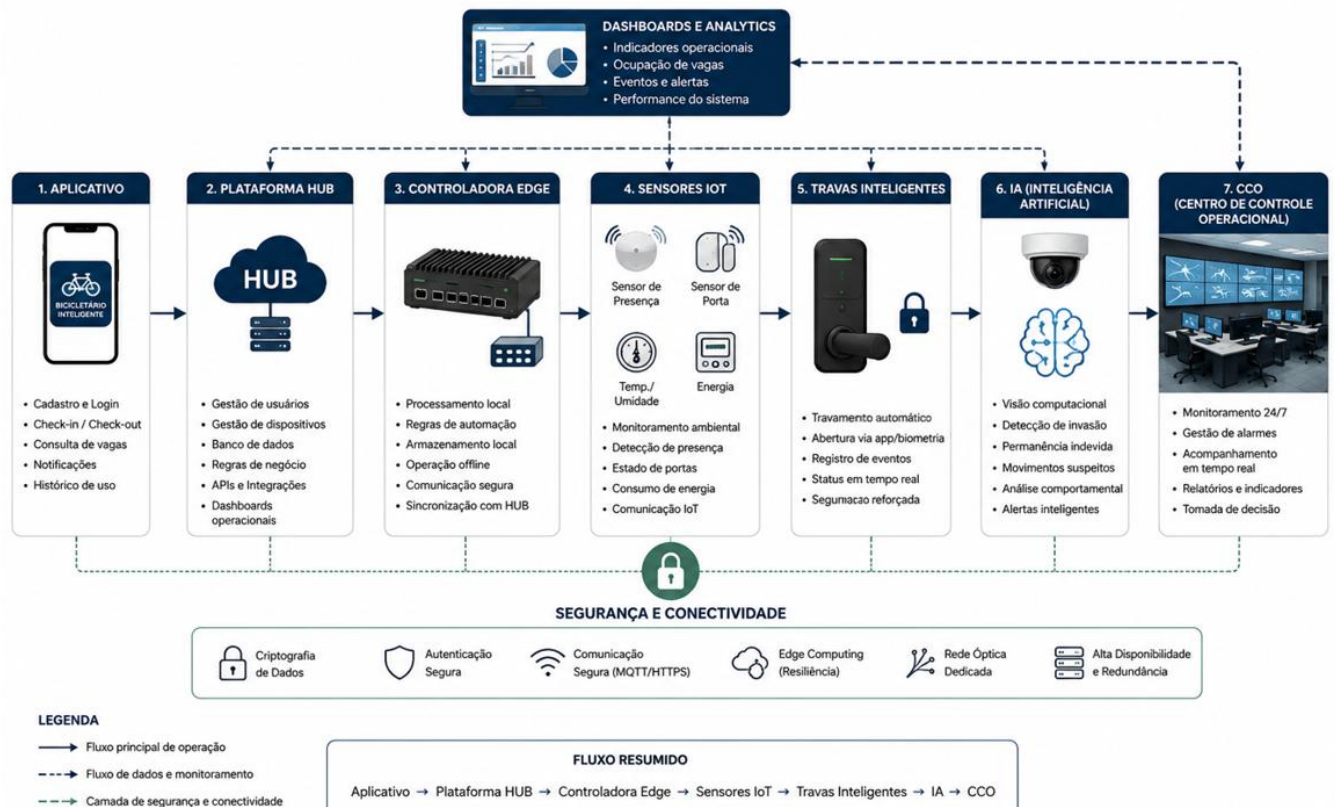


Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

FIGURA – ARQUITETURA DO ECOSISTEMA
ARQUITETURA DO SISTEMA



- **Redundância e Resiliência:** O sistema conta com Nobreaks senoidais de 10 kVA, garantindo que travas e câmeras permaneçam ativas mesmo em quedas de energia na estação.
- **Hardware Inteligente e Proteção Física:** Diferente dos bicicletários comuns, as unidades contam com travas de cabo de aço IoT.
- **Sensores Mecatrônicos:** Cada vaga possui um sensor de status (Livre/Ocupado) e uma trava eletrônica que dispensa o uso de cadeados pessoais, elevando o padrão de proteção antivandalismo.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



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

- Interface de Autoatendimento: Terminais com telas *touch screen* permitem a identificação rápida via QR Code ou biometria.
- Visão Computacional e Segurança Preditiva: O sistema de CFTV não é apenas para registro, mas para análise ativa via software VMS integrado.
- Algoritmos de IA: Utilizam-se redes neurais para identificar comportamentos anômalos, como tentativas de invasão, tumultos ou a presença de indivíduos sem vínculo com a guarda de bicicletas.
- Redução de Falsos Alarmes: A inteligência embarcada distingue ruídos visuais de ameaças reais, priorizando alertas para o Centro de Controle Operacional (CCO).

3.3. IMPLANTAÇÃO DO PRIMEIRO BICICLETÁRIO:





Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS





Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS





Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



5. CONCLUSÕES

O projeto está alinhado à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12.587/2012) e aos conceitos de Cidades de 15 Minutos, onde a integração bicicleta-trem reduz a pegada de carbono e o tempo de deslocamento.

Os resultados operacionais demonstram:

- Redução de Custos: A automação permite a realocação de agentes de segurança para áreas de maior risco, diminuindo gastos com postos fixos.
- Conformidade Legal: Todo o tratamento de dados pessoais e imagens segue rigorosamente a LGPD (Lei 13.709/2018).

Além dos benefícios operacionais, a solução implantada demonstrou a viabilidade da integração entre Internet das Coisas, Inteligência Artificial e Edge Computing aplicada à gestão de bicicletários



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

metroferroviários. A arquitetura desenvolvida permite monitoramento em tempo real, maior controle operacional e possibilidade de expansão para outras linhas ferroviárias, consolidando um modelo escalável para a mobilidade inteligente.

A modernização dos bicicletários nas Linhas 11, 12 e 13 prova que a tecnologia de ponta (IoT e IA) pode democratizar o acesso à mobilidade sustentável. O ecossistema implantado não apenas resolve a questão da segurança patrimonial, mas gera dados precisos para o planejamento urbano futuro, consolidando-se como uma referência para outras operadoras metroferroviárias no Brasil e no mundo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

"Estratégia Nacional de Promoção da Mobilidade por Bicicleta" — *Ministério das Cidades*.

Guia de Planejamento da Ciclo-Inclusão Urbana: Publicado pela [Associação Nacional de Transportes Públicos \(ANTP\)](#).

Eficiência na Última Milha: Estudos de caso do [WRI Brasil \(World Resources Institute\)](#).

LANHAM Micheal (2020) "Practical AI for IoT Developers".

LEA Perry (2018) "IoT and Edge Computing for Architects".