



**32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 3**

**Estudo para Aplicação de Analítico de Contagem de Passageiros no
Carregamento dos Trens da Linha 7 - Rubi**

1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem por finalidade descrever, de forma consolidada, o estudo para aplicação da solução de contagem de passageiros no carregamento dos trens da Linha 7 – Rubi. O sistema tem como objetivo principal o monitoramento da ocupação do trem ao longo da linha, utilizando os dados de contagem de passageiros obtidos nas plataformas para calcular a variação de ocupação da composição a cada parada.

A definição da solução foi precedida por uma Prova de Conceito (POC) realizada na Estação Barra Funda, na qual foram avaliados diferentes cenários de instalação,



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

posicionamento, altura, ângulo de visada e cobertura das câmeras de contagem, bem como a assertividade dos analíticos em ambiente real de operação.

A solução foi testada para atender à necessidade de geração de dados estatísticos confiáveis de entrada, saída e ocupação dos trens, por meio da utilização de câmeras com analíticos embarcados, integradas à plataforma de gerenciamento DSS, bem como à solução de OCR para identificação do trem, permitindo a associação dos dados de contagem à respectiva composição monitorada. Além da contagem de passageiros, a solução contempla recursos complementares de apoio à operação, incluindo monitoramento de áreas de risco, análise de permanência em fila, visualização operacional em tempo real e consolidação centralizada das informações.

2 VISÃO GERAL DA SOLUÇÃO

A solução é composta por câmeras de contagem, câmeras OCR posicionadas nas cabeceiras, switches PoE, infraestrutura de rede e armazenamento, e plataforma de gerenciamento DSS, responsável pela centralização operacional da solução. As câmeras de contagem executam, de forma embarcada, os analíticos de entrada e saída de passageiros, enquanto as câmeras OCR identificam a composição por meio da leitura da tag/placa frontal do trem, permitindo vincular os eventos de contagem ao respectivo trem monitorado. Os dados gerados pelos analíticos são recebidos e consolidados em servidores locais, responsáveis também pelo armazenamento das imagens.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Posteriormente, as informações estatísticas e operacionais são disponibilizadas ao servidor central, que consolida os dados de toda a linha e os torna acessíveis à operação e ao Poder Concedente. Toda a operação da solução é realizada por meio da plataforma DSS, incluindo visualização, gerenciamento, consolidação de dados, relatórios e interface com a lógica de integração entre a contagem de passageiros e a identificação OCR do trem.

2.1 Configuração de analíticos

O critério de contagem baseia-se no cruzamento de linhas virtuais de detecção, posicionadas de acordo com o arranjo físico da estação e com a geometria de parada do trem. Essas linhas são configuradas de forma a padronizar o sentido do fluxo e permitir a consolidação dos dados por porta, por composição e por estação.

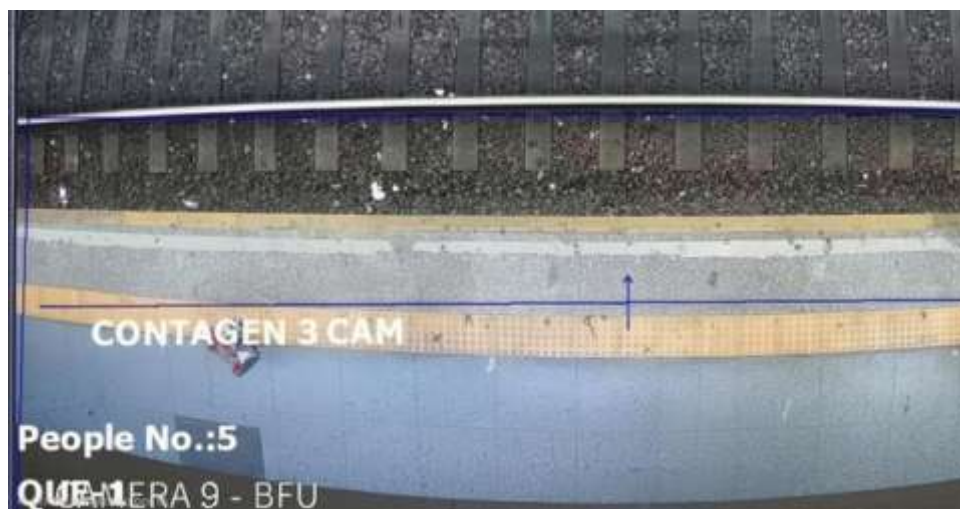


Figura 1 - Linha virtual de detecção. Fonte: Própria



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

O recurso principal avaliado na POC foi o *People Counting*, utilizado para contabilizar o fluxo de passageiros (entradas/saídas/ocupação) nos pontos monitorados e gerar relatórios por período. No contexto do projeto, os dados do analítico foram comparados com contagens manuais para avaliação de desempenho e assertividade. O *people counting* também contempla funcionalidades complementares associadas ao comportamento de fluxo, incluindo variações como detecção de aglomeração e detecção de permanência/ausência em área (conforme recursos do conjunto de *people counting*).

Figura 2 - Configuração People Counting. Fonte: Própria

Além da definição do sentido de contagem, foi realizado o ajuste do posicionamento e dimensão da linha de contagem considerando as condições reais de parada do trem.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A linha de contagem foi posicionada sobre a faixa amarela de segurança da plataforma, de forma que o analítico identificasse e contabilizasse os passageiros quando cruzam a linha, permitindo registrar o fluxo de saída do trem antes do passageiro ultrapassar a referência definida.

2.2 Monitoramento da Ocupação do Trem

O foco principal da solução é o monitoramento da ocupação do trem ao longo da operação na Linha 7 – Rubi. O sistema utiliza os dados de contagem obtidos nas plataformas para calcular a variação de ocupação da composição a cada parada, permitindo acompanhar de forma estruturada o carregamento dos trens ao longo das estações.

Para viabilizar essa lógica, os dados gerados pelas câmeras de contagem são associados ao respectivo trem por meio da integração com as câmeras OCR, responsáveis pela leitura da tag/placa frontal da composição. A partir dessa identificação, os eventos de contagem são vinculados ao trem monitorado, possibilitando consolidar a ocupação por composição.

As câmeras OCR são configuradas com foco exclusivo na área de leitura da tag frontal da composição, reduzindo interferências e falsas identificações. A janela de leitura é definida a partir de estudos de campo para absorver as variações usuais de parada do trem. Em situações esporádicas em que a composição ultrapasse significativamente a



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

faixa prevista de posicionamento (erro maior que um metro), a leitura OCR pode não ocorrer de forma confiável; nessa condição, os dados de contagem permanecem registrados no nível da estação, porém sem o vínculo correto à composição específica. A parada em questão deixa de ser considerada para o cálculo de ocupação do trem, e, quando a composição volta a ser corretamente identificada na parada seguinte, o sistema retoma normalmente a associação dos eventos a partir desse novo ponto de leitura. As câmeras de contagem geram os dados estatísticos de entrada e saída de passageiros, enquanto as câmeras OCR realizam a leitura da tag/placa frontal da composição. A partir dessa lógica, a plataforma DSS consolida as informações, vinculando os dados de contagem à composição identificada e permitindo a visualização operacional da ocupação por trem.



TREM D730
ESTAÇÃO ATUAL: LPA
SENTIDO: BFU
OCUPAÇÃO: 100
ENTRADAS: 4321
SAÍDAS: 4221

Figura 3 - Modelo de Layout Operacional. Fonte: Própria



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 4 - Identificação do trem. Fonte: Própria

2.3 Relatórios, Gráficos e Extração de Dados

A plataforma DSS disponibiliza recursos para extração, consolidação e visualização dos dados operacionais gerados pelo sistema, permitindo acompanhar de forma estruturada o comportamento do fluxo de passageiros e da ocupação das composições ao longo do tempo. Por meio da plataforma, é possível gerar relatórios históricos e dashboards gráficos em diferentes formatos, com destaque para gráficos de linhas e gráficos de colunas, facilitando tanto a análise de tendência quanto a comparação entre períodos distintos de operação. Os dados podem ser consultados e extraídos com diferentes filtros temporais, possibilitando análises diárias, semanais, mensais, anuais ou em intervalos personalizados, conforme a necessidade operacional. Essa flexibilidade permite identificar com maior clareza horários de pico, comportamento de demanda



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

em finais de semana, comportamento em feriados, dias de maior movimentação, variações de fluxo ao longo do tempo e evolução da ocupação por composição. Além das visualizações gráficas, o sistema permite a extração de dados consolidados para acompanhamento operacional e geração de histórico. Dessa forma, a plataforma não se limita à visualização em tempo real dos eventos do sistema, mas também atua como ferramenta de análise operacional e suporte à tomada de decisão, permitindo avaliar padrões de demanda, comportamento do fluxo de passageiros e desempenho da operação ao longo da linha.



Figura 5 - Exemplo de gráfico de barras diário. Fonte: Própria



Figura 6 - Exemplo de gráfico de linhas diário. Fonte: Própria



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



Figura 7 - Exemplo de gráfico de barras mensal. Fonte: Própria

2.4 Equipamentos

Os equipamentos utilizados na POC possuem características compatíveis com operação contínua, integração em rede IP, suporte ao DSS e recursos de proteção adequados ao ambiente de instalação, incluindo grau de proteção IP67 e resistência mecânica IK10 nos dispositivos de campo. A arquitetura também contempla equipamentos voltados à continuidade de operação, como switches PoE, servidores dedicados, armazenamento local, roteadores de acesso remoto e nobreaks. Os equipamentos também contam com recursos voltados à operação em condições variáveis de iluminação e exposição ambiental, incluindo tecnologias como iluminação infravermelha, HLC (Highlight Compensation), WDR (Wide Dynamic Range) e demais ajustes automáticos de imagem, permitindo melhor desempenho em cenários com baixa luminosidade, contraluz e incidência direta de luz solar. Dessa forma, situações de exposição ao sol, sombras intensas ou operação em períodos noturnos não tendem a comprometer a capacidade



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

de monitoramento e leitura das câmeras, desde que observados os critérios de instalação definidos para cada ponto.

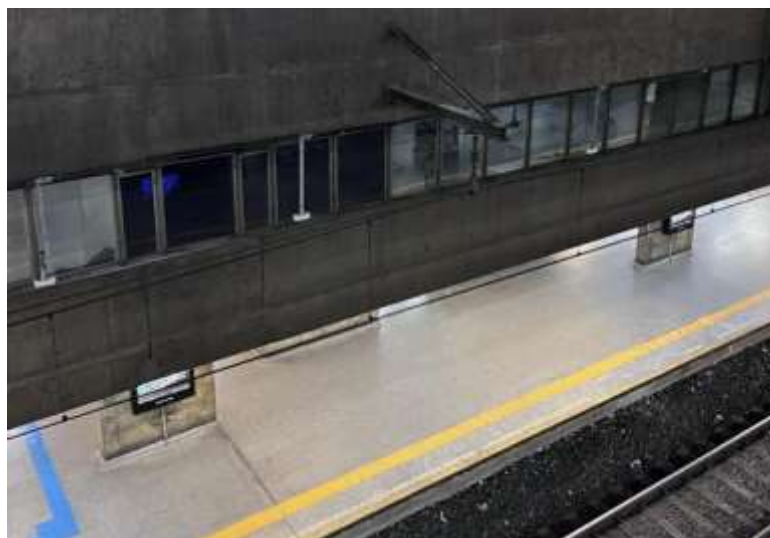


Figura 8 - Plataforma vista piso superior. Fonte: Própria

2.4.1 Câmera de Contagem - DH-IPC-HDW8441X-BV-3D

Para a solução de contagem de passageiros, foi considerada na POC a câmera Dahua DH-IPC-HDW8441X-BV-3D, da linha WizMind, desenvolvida para aplicações de People Counting com lente dupla. Na presente solução, considera-se a versão com lente 2.0 mm. Essa versão permite, para uma instalação em altura de aproximadamente 3 metros, uma cobertura horizontal próxima de 8,26 m. A câmera dispõe ainda de recursos como people counting, eventos associados à permanência e quantidade de pessoas em área, mascaramento de face, interface RJ-45, integração via SDK/API, interoperabilidade ONVIF, compatibilidade com DSS, armazenamento em micro SD até 512 GB e



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

alimentação em 12 VDC ou PoE (802.3af). Do ponto de vista construtivo, apresenta proteção IP67, IK10 e invólucro metálico.



Figura 9 - Câmera de contagem - DH-IPC-HDW8441X-BV-3D. Fonte:

www.dahuasecurity.com/products/network-products/network-cameras/wizmind-8-series/dual-lens-series/ipc-hdw8441x-bv-3d

2.4.2 Câmera OCR - Dahua ITC413-PW4D Series

Para a identificação da tag/placa frontal do trem, foi utilizado na POC a câmera Dahua ITC413-PW4D Series, voltada a aplicações de ANPR/OCR em ponto fixo. Trata-se de câmera com sensor CMOS de alto desempenho e algoritmos inteligentes de reconhecimento de caracteres, com estrutura all-in-one, suporte e caixa de junção integrados, além de proteção IP67 e IK10. Na solução, esse equipamento é empregado exclusivamente para a identificação da composição, funcionando como elemento de associação entre o trem monitorado e os dados de contagem gerados pelas câmeras instaladas na plataforma.



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



Figura 10 - Câmera OCR Dahua ITC413-PW4D Series. Fonte: <https://www.dahuasecurity.com/br/products/All-Products/Traffic/Smart-Parking-Products/Access-ANPR-Cameras/ITC413-PW4D-Series>

2.4.3 Acuracidade da solução

A solução foi previamente avaliada por meio de Prova de Conceito (POC) realizada em ambiente real de operação na Estação Barra Funda, na qual foi obtida acuracidade média de 96,39% no cenário analisado.

Na etapa de POC, a validação foi conduzida a partir de duas frentes de comparação: a leitura gerada pelo analítico embarcado na câmera e a contagem manual realizada sobre as gravações de vídeo. Adicionalmente, os resultados foram submetidos a tratamento estatístico, incluindo avaliação de amostras em diferentes horários e níveis de fluxo, gráficos de dispersão e análise de desvio padrão, de forma a verificar a consistência do comportamento do sistema em condições reais de operação.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da POC realizada, foi possível coletar e consolidar com sucesso os dados gerados pelos analíticos, permitindo uma visão quantitativa e operacional do comportamento dos passageiros na plataforma.

Como resultados obtidos, a solução possibilitou:

- Mensurar o fluxo de passageiros nos pontos monitorados, com registros de entradas e saídas ao longo do período de operação;
- Identificar padrões de movimento e distribuição de fluxo, evidenciando variações conforme horários e condições de demanda;
- Gerar informações relevantes para a operação, fornecendo um diagnóstico mais preciso do comportamento dos passageiros na plataforma, incluindo tendências de deslocamento e concentração em determinadas áreas;
- Apoiar a análise de ocupação do trem, a partir da consolidação do fluxo contabilizado, ampliando a capacidade de acompanhamento operacional.

CONCLUSÕES

A Prova de Conceito (POC) realizada na Estação Barra Funda – Linha 7 Rubi demonstrou a viabilidade técnica do uso de CFTV com analíticos de vídeo para geração de informações operacionais de contagem de passageiros e apoio à análise de ocupação, com gestão centralizada via plataforma. Ao longo do período avaliado, foi possível



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

coletar e consolidar dados de fluxo (entradas/saídas), identificar padrões de comportamento e distribuição de passageiros na plataforma e obter indicadores úteis para a operação.

Do ponto de vista de validação, a comparação com a contagem manual indicou alta correlação com a referência e desempenho estatístico consistente (ex.: correlação $\sim 0,985$, MAPE $\sim 9\%$ e acurácia média $\sim 96\%$), reforçando a aderência do sistema às variações de fluxo observadas. Dessa forma, conclui-se que a solução apresentou desempenho satisfatório no contexto da POC e gerou insumos relevantes para subsidiar decisões de implantação e evolução do sistema.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

www.dahuasecurity.com/products/network-products/network-cameras/wizmind-8-series/dual-lens-series/ipc-hdw8441x-bv-3d

<https://www.dahuasecurity.com/br/products/All-Products/Traffic/Smart-Parking-Products/Access-ANPR-Cameras/ITC413-PW4D-Series>