



RAILFLECT

Retrovisor digital com detecção de perigos por IA
Digital mirror with AI-based hazard detection

Cliente: Transporte público rodoviário e ferroviário
Versão: Pré-lançamento — PRR WP5
Data: Julho 2026

Conteúdo

1	Visão Geral	2
2	Arquitetura do Sistema	2
3	Deteção de Perigos e Segurança Ativa	3
4	Redundância e Falha Segura (Watchdog)	3
5	Quadro de Características	4
6	Câmara Exterior — Classe de Referência	6
7	Estado de Desenvolvimento	6

1. Visão Geral

Overview

Visão e Segurança Embarcada · Onboard Vision & Safety

RAILFLECT

O **RAILFLECT** é um sistema de retrovisor digital para veículos de transporte público: substitui os espelhos retrovisores mecânicos por uma câmara exterior e um monitor de cabine, com deteção de perigos por inteligência artificial processada localmente a bordo do veículo.

RAILFLECT is a digital mirror system for public-transport vehicles: it replaces mechanical rearview mirrors with an exterior camera and a cabin monitor, with AI-based hazard detection processed locally on board.

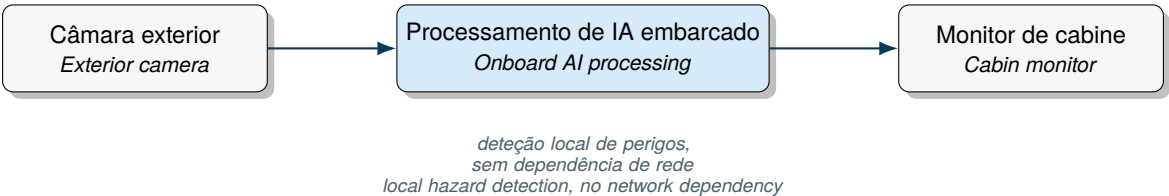
Cada instalação combina duas câmaras exteriores (lado esquerdo e lado direito) com dois monitores de cabine correspondentes, mostrando imagem em tempo real, ecrã completo, sem sobreposição de múltiplas fontes. Um modelo de deteção de objetos por IA analisa o vídeo em permanência e sinaliza ao condutor, de forma visual e imediata, o cruzamento de uma linha de perigo definida (zona de risco junto ao veículo).

Each installation pairs two exterior cameras (left and right side) with two corresponding cabin monitors, showing real-time, full-screen video from a single source at a time. An onboard AI object-detection model continuously analyses the video feed and immediately alerts the driver, visually, when a defined danger line is crossed (risk zone near the vehicle).

Nota: Todo o processamento de deteção de perigos corre localmente, a bordo do veículo — sem dependência de rede ou de ligação à nuvem para o alerta de segurança chegar ao condutor. *All hazard-detection processing runs locally, on board the vehicle — the safety alert reaching the driver does not depend on network or cloud connectivity.*

2. Arquitetura do Sistema

System Architecture



Pipeline de Processamento — Processing Pipeline

1. Captura de vídeo	RTSP, câmara exterior <i>RTSP capture, exterior camera</i>
2. Decodificação acelerada	Aceleração por GPU embarcada <i>Hardware-accelerated decode, onboard GPU</i>
3. Deteção de objetos	Modelo de IA (deteção de pessoas/objetos, precisão FP16) <i>AI detection model (person/object detection, FP16 precision)</i>
4. Seguimento e análise	Seguimento de trajetória + análise de cruzamento de linha <i>Object tracking + line-crossing analytics</i>
5. Sobreposição gráfica	Alerta visual sobre a imagem (moldura + aviso textual) <i>Graphic overlay (border + text warning)</i>
6. Saída de vídeo	Ligação direta ao monitor de cabine (HDMI) <i>Direct output to cabin monitor (HDMI)</i>

Componente	Função
Câmara exterior <i>Exterior camera</i>	Capta a imagem lateral/traseira em tempo real, montada em substituição do espelho retrovisor mecânico. <i>Captures the real-time side/rear view, mounted in place of the mechanical rearview mirror.</i>
Unidade de processamento <i>Processing unit</i>	Executa o modelo de deteção de IA e o pipeline de análise de vídeo, embarcada no veículo. <i>Runs the AI detection model and video-analysis pipeline, onboard the vehicle.</i>
Monitor de cabine <i>Cabin monitor</i>	Reproduz a imagem da câmara em ecrã completo, com sobreposição de alerta quando aplicável. <i>Renders the camera feed full-screen, with alert overlay when applicable.</i>
Vigilante de estado <i>Watchdog</i>	Monitoriza continuamente a chegada de imagem; comuta para ecrã preto em caso de falha de sinal. <i>Continuously monitors incoming frames; switches to a black screen on signal failure.</i>

3. Deteção de Perigos e Segurança Ativa

Hazard Detection & Active Safety

O sistema utiliza um modelo de deteção de objetos por IA (arquitetura YOLO, inferência acelerada por GPU) para identificar pessoas e objetos de interesse no campo de visão da câmara exterior, em cada imagem do vídeo.

The system uses an AI object-detection model (YOLO architecture, GPU-accelerated inference) to identify persons and objects of interest in the exterior camera's field of view, on every video frame.

- **Linha de perigo configurável** — zona de risco definida por câmara (ex.: área imediatamente lateral ao veículo). *Configurable danger line — risk zone defined per camera (e.g. the area immediately alongside the vehicle).*
- **Alerta visual imediato** — ao ser detetado o cruzamento da linha, o monitor apresenta uma moldura vermelha e o aviso “**PERIGO**” sobre a imagem. *Immediate visual alert — on a line-crossing event, the monitor shows a red border and the “PERIGO” (danger) warning over the image.*
- **Persistência do alerta** — o aviso mantém-se visível por um curto período após o último evento, para não desaparecer de forma abrupta. *Alert persistence — the warning stays visible for a short window after the last event, so it doesn't disappear abruptly.*
- **Processamento local, sem ronda por rede** — a deteção e a sobreposição do alerta ocorrem no mesmo pipeline de vídeo, a bordo do veículo. *Local processing, no network round-trip — detection and alert overlay happen within the same on-board video pipeline.*

4. Redundância e Falha Segura (Watchdog)

Redundancy & Fail-Safe (Watchdog)

Um espelho retrovisor digital só é seguro se o condutor puder confiar plenamente na imagem apresentada. Por isso o RAILFLECT inclui um vigilante de estado (*watchdog*) dedicado a garantir que uma falha de sinal nunca é confundida com uma imagem real.

A digital rearview mirror is only safe if the driver can fully trust the image shown. That is why RAILFLECT includes a dedicated watchdog to ensure a signal failure is never mistaken for a live image.

Mecanismo	Comportamento
Deteção de perda de sinal <i>Signal-loss detection</i>	Deteta a interrupção da chegada de imagem em menos de 2 segundos. <i>Detects the interruption of incoming frames in under 2 seconds.</i>
Comutação para ecrã preto <i>Switch to black screen</i>	Em vez de manter a última imagem (potencialmente enganadora), o monitor comuta para preto até o sinal ser restabelecido. <i>Instead of holding the last frame (potentially misleading), the monitor switches to black until the signal recovers.</i>
Reconexão automática <i>Automatic reconnection</i>	Nova tentativa de ligação com atraso crescente, sem intervenção manual e sem reiniciar o sistema. <i>Reconnection retried with increasing backoff, no manual intervention and no system restart.</i>
Deteção de hardware do monitor <i>Display-hardware detection</i>	Reconhece automaticamente a ligação ou remoção do monitor físico. <i>Automatically recognises the physical monitor being connected or disconnected.</i>

O vigilante de estado protege contra falha de sinal e imagem congelada; não substitui a verificação periódica do hardware físico do monitor e da câmara (cablagem, fixação). *The watchdog protects against signal failure and frozen frames; it does not replace periodic physical inspection of the monitor and camera hardware (cabling, mounting).*

5. Quadro de Características

Table of Characteristics

Parâmetro <i>Parameter</i>	Valor <i>Value</i>
Configuração por veículo <i>Configuration per vehicle</i>	2 câmaras exteriores + 2 monitores de cabine (esquerdo/direito)
Modo de exibição <i>Display mode</i>	Tempo real, ecrã completo, uma câmara por monitor (sem picture-in-picture)
<i>Real-time, full-screen, one camera per monitor (no picture-in-picture)</i>	
Resolução de captação <i>Capture resolution</i>	Até 1920×1080
Modelo de deteção <i>Detection model</i>	IA de deteção de objetos (arquitetura YOLO), inferência FP16 em GPU embarcada
<i>AI object-detection model (YOLO architecture), FP16 inference on onboard GPU</i>	
Classes detetáveis <i>Detectable classes</i>	Pessoas e objetos de interesse, conjunto configurável
<i>Persons and objects of interest, configurable set</i>	

Parâmetro <i>Parameter</i>	Valor <i>Value</i>
Alerta de perigo <i>Danger alert</i>	Moldura vermelha + aviso “PERIGO” sobre a imagem, ao cruzamento da linha de perigo
<i>Red border + “PERIGO” (danger) warning overlay, on danger-line crossing</i>	
Persistência do alerta <i>Alert persistence</i>	Alguns segundos após o último evento detetado
Latência de processamento <i>Processing latency</i>	Ordem de grandeza de 1 frame de vídeo — pipeline local dedicado
<i>On the order of 1 video frame — local dedicated pipeline</i>	
Interface de vídeo <i>Video interface</i>	Saída direta para o monitor (HDMI), sem servidor gráfico intermédio
<i>Direct output to the monitor (HDMI), no intermediate graphics server</i>	
Failsafe de imagem <i>Frame failsafe</i>	Deteção de perda de sinal em segundos → comutação automática para ecrã preto
<i>Signal-loss detection within seconds → automatic switch to black screen</i>	
Reconexão automática <i>Automatic reconnection</i>	Atraso exponencial, sem reinício do sistema
<i>Exponential backoff, no system restart</i>	
Independência de rede <i>Network independence</i>	Alerta de perigo processado localmente — sem dependência de rede/nuvem
<i>Danger alert processed locally — no network/cloud dependency</i>	
Unidade de processamento <i>Processing unit</i>	GPU dedicada embarcada, de classe automóvel/industrial
<i>Dedicated onboard automotive/industrial-class GPU</i>	
Arquitetura de implantação <i>Deployment architecture</i>	Contentorizada, um serviço por câmara/monitor, orquestração declarativa por veículo
<i>Containerized, one service per camera/monitor, declarative per-vehicle orchestration</i>	
Integração <i>Integration</i>	Compatível com o MAESTRO (mesa interativa do maquinista) e com o SENTINEL (videovigilância embarcada NSS)
<i>Compatible with MAESTRO (driver's interactive desk) and SENTINEL (NSS onboard CCTV system)</i>	
Alimentação <i>Power supply</i>	Rede elétrica de bordo do veículo, conforme instalação

Parâmetro <i>Parameter</i>	Valor <i>Value</i>
Vehicle onboard electrical network, per installation	
Aplicação <i>Application</i>	Veículos de transporte público rodoviário e ferroviário
Road and rail public-transport vehicles	

6. Câmara Exterior — Classe de Referência

Exterior Camera — Reference Class

Nota: As características abaixo descrevem a **classe** de câmara exterior em avaliação para o RAILFLECT, não um modelo ou fabricante específico — características em consolidação até à homologação final por variante de veículo.
*The characteristics below describe the reference **class** of exterior camera being evaluated for RAILFLECT, not a specific model or manufacturer — characteristics under consolidation pending final homologation per vehicle variant.*

Parâmetro	Valor de referência
Sensor de imagem <i>Image sensor</i>	Classe CMOS ≥ 2 MP
Codec de vídeo <i>Video codec</i>	H.265 (HEVC)
Campo de visão <i>Field of view</i>	Grande angular (tipicamente $>100^\circ$ horizontal, dependente da ótica)
Wide-angle (typically $>100^\circ$ horizontal, lens-dependent)	
Classe de proteção <i>Protection class</i>	IP66/IP67, resistência a impacto (classe IK10)
Gama de temperatura <i>Temperature range</i>	Classe alargada, tipicamente -40°C a $+70^\circ\text{C}$
Extended class, typically -40°C to $+70^\circ\text{C}$	
Certificação-alvo <i>Target certification</i>	Normativa de material circulante (ex. EN 50155, EN 45545) — em avaliação/homologação por variante
Rolling-stock standards (e.g. EN 50155, EN 45545) — under evaluation/homologation per variant	
Alimentação <i>Power</i>	PoE ou alimentação DC dedicada, conforme instalação
PoE or dedicated DC supply, per installation	

7. Estado de Desenvolvimento

Development Status

Nota: O RAILFLECT encontra-se em **fase final de desenvolvimento** no âmbito do PRR — Agenda RRStock, com a arquitetura core (captura, deteção de perigos, falha segura) validada em piloto embarcado. A integração com o MAESTRO (mesa interativa do maquinista) está concluída ao nível de arquitetura. As características apresentadas nesta ficha refletem o estado de desenvolvimento atual e estão sujeitas a consolidação até à disponibilização comercial. *RAILFLECT is in the **final phase of development** under the PRR — RRStock Agenda, with the core architecture (capture, hazard detection, fail-safe) validated on an onboard pilot. Integration with MAESTRO (the driver's interactive desk) is architecturally complete. The characteristics in this datasheet reflect the current development state and are subject to consolidation prior to commercial availability.*

- Câmara exterior + monitor de cabine em substituição do espelho retrovisor mecânico — **validado**. *Exterior camera + cabin monitor replacing the mechanical rearview mirror — **validated**.*
- Deteção de perigos por cruzamento de linha, com alerta visual local — **validado**. *Line-crossing hazard detection with local visual alert — **validated**.*
- Vigilante de estado (watchdog) com falha segura para ecrã preto — **validado**. *Watchdog with fail-safe black-screen behaviour — **validated**.*
- Integração com o MAESTRO (mesa interativa do maquinista) — **concluída ao nível de arquitetura**. *Integration with MAESTRO (driver's interactive desk) — **architecturally complete**.*
- Homologação da câmara exterior por variante de veículo — **em consolidação**. *Exterior camera homologation per vehicle variant — **under consolidation**.*

NSS – New Sign Solutions, Desenvolvimento de Sistemas Electrónicos Lda
Documento gerado em Julho 2026 — RAILFLECT, pré-lançamento PRR WP5
Document generated July 2026 — RAILFLECT, PRR WP5 pre-release