

ANEXO I

1.1 – MODELO DE PLANO DE TRABALHO PARA UTILIZAÇÃO DE RDT

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

RDT - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico

PLANO DE TRABALHO

**PORTÃO AUTOMÁTICO PARA PASSAGENS EM NÍVEL DE PEDESTRES
SEGURANÇA FERROVIÁRIA**

MRS Logística S.A.

31/10/2025

SUMÁRIO

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	3
1.1. Título do Projeto	3
1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento	3
1.1.2. Temas	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo Geral	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
2. JUSTIFICATIVA	4
2.1 Contexto Histórico e Panorama Urbano-Ferrovário no Brasil	4
2.2 Revisão da Literatura Técnica	5
2.3 Malha MRS como Exemplo da Relevância Nacional do Problema	6
2.4 Justificativa Técnica	7
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	7
3.1. Métodos e técnicas utilizadas	7
3.2. Etapas	10
4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL	13
5. LOCAL DE EXECUÇÃO	13
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA	13
6.1 Identificação da entidade	13
6.2. Identificação da equipe executora	14
7. PRODUTOS	15
7.1 Protótipo Funcional de Portão Automático para PNPs	16
7.2 Relatório Técnico da Prova de Conceito	16
7.3 Artigo Técnico com Resultados Preliminares da PoC	16
7.4 Relatório Técnico Final da Expansão	17
7.5 Artigo Científico Final com o Estudo Expandido	17
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS	17
9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO	18

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título do Projeto

O projeto é intitulado "Portão Automático para Passagens em Nível de Pedestres".

1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento

Este projeto está em estrita conformidade com a Resolução ANTT nº 6.021, de 20 de julho de 2023, em especial, atendendo aos objetivos elencados no Art. 3º, inciso I, ao promover a modernização da infraestrutura integrante do subsistema ferroviário federal por meio da aplicação de tecnologias avançadas focadas na segurança das Passagens em Nível para Pedestres (PNPs).

Adicionalmente, o projeto oferece soluções técnicas para problemas específicos, conforme previsto no Art. 4º, inciso III, por meio da implantação de tecnologias inovadoras destinadas à mitigação de atropelamentos e acidentes em PNPs.

Ao implementar sistemas tecnológicos de monitoramento, controle de acesso e alertas automáticos para pedestres em cruzamentos ferroviários, essa iniciativa fortalece a segurança operacional, buscando reduzir materialmente os riscos de acidentes. Dessa forma, promove-se um ambiente ferroviário mais seguro em seu entorno, eficiente e alinhado às diretrizes regulatórias de inovação, contínua modernização e excelência nos serviços prestados, direta ou indiretamente, à sociedade.

1.1.2. Temas

De acordo com a Deliberação 169/2024, este projeto está diretamente aderente ao Tema Prioritário RDT nº 4: Pesquisas e desenvolvimento de soluções para aumento da segurança ferroviária, com foco principal em passagens de nível e locais críticos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Este projeto tem por objetivo geral desenvolver uma solução automatizada de controle de acesso para PNPs, por meio da implementação de portões automáticos sincronizados com a circulação dos trens, como medida preventiva voltada à redução do risco de acidentes.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto encontram-se listados a seguir:

- Sistematizar as evidências disponíveis na literatura nacional e internacional sobre o tema.

- Estabelecer orientações para identificação de locais críticos para implantação da solução.
- Desenvolver e implementar um protótipo funcional de portão automático em uma PNP crítica de Juiz de Fora, validando sua viabilidade técnica e operacional por meio de uma Prova de Conceito (PoC).
- Realizar estudo técnico sobre o desempenho, segurança, confiabilidade e impacto da PoC na mitigação de riscos de atropelamentos e quase-acidentes.
- Ampliar a aplicação da solução tecnológica para outras PNPs prioritárias na região central de Juiz de Fora, com base em critérios técnicos e históricos de risco.
- Conduzir novo estudo de validação em escala ampliada, avaliando a eficácia da tecnologia na redução de ocorrências e subsidiando decisões de replicação em outras áreas da malha ferroviária.

2. JUSTIFICATIVA

2.1 Contexto Histórico e Panorama Urbano-Ferrovário no Brasil

A formação e expansão das cidades brasileiras estão intrinsecamente ligadas ao desenvolvimento da malha ferroviária. Desde o século XIX, a ferrovia exerceu papel fundamental no escoamento de produtos agrícolas e minerais, impulsionando a economia e conectando regiões. Contudo, o processo de urbanização acelerado nas décadas seguintes fez com que áreas antes periféricas ou rurais se transformassem em zonas densamente povoadas, incorporando trechos ferroviários ao tecido urbano sem a devida adequação de infraestrutura e segurança.

Esse crescimento urbano desordenado ao redor das linhas férreas gerou um cenário de coexistência entre o tráfego ferroviário, com suas restrições operacionais, e a circulação cotidiana de pedestres e veículos, por vezes sem separação física adequada. Como consequência, aumentaram as interferências entre ferrovia e população, refletindo-se em elevados índices de acidentes, sobretudo atropelamentos.

Dados do Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas (PROSEFER), conduzido pelo DNIT, apontam que, das 3.375 passagens em nível cadastradas no país, cerca de 1.856 estão localizadas em áreas urbanas, e aproximadamente 280 foram classificadas como críticas e prioritárias para intervenção (DNIT, 2022). Esses números evidenciam a magnitude do desafio de segurança nas travessias urbanas, especialmente para pedestres, que constituem um grupo mais vulnerável e menos protegido que motoristas.

Estudos acadêmicos reforçam esse quadro. Coutinho (2023), em pesquisa conduzida pela Universidade Federal de Minas Gerais, demonstrou que as mortes de pedestres por atropelamento ferroviário são uma preocupação de saúde pública global e, no contexto brasileiro, têm recebido pouca atenção em políticas públicas de segurança. O estudo aponta que fatores como imprudência, desatenção, consumo de álcool e tentativa de suicídio estão entre as principais causas associadas a essas ocorrências.

A análise também mostra que, nas travessias urbanas, a taxa de fatalidades de pedestres é três vezes superior à de motoristas em passagens controladas por sinalização ativa, o que revela a vulnerabilidade desse grupo. Esses achados se somam às estatísticas da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), segundo as quais cerca de 75% dos acidentes ferroviários no país decorrem da imprudência de terceiros (motoristas e pedestres que desrespeitam a sinalização existente).

Embora o poder público e as concessionárias tenham investido em sinalização passiva (placas, pinturas) e ativa (dispositivos luminosos e sonoros e cancelas automáticas), as evidências mostram que tais medidas são necessárias, mas insuficientes, uma vez que não impedem fisicamente o acesso de pedestres à faixa ferroviária durante a aproximação de uma composição.

2.2 Revisão da Literatura Técnica

Pesquisas internacionais corroboram a importância de sistemas ativos de proteção. Anagnostopoulos (2025) analisou, em simulações na União Europeia, o desempenho de travessias ferroviárias equipadas com barreiras completas e sistemas automáticos de controle, concluindo que tais soluções reduzem significativamente o risco de violação da travessia por usuários desatentos ou impacientes.

De forma semelhante, o relatório Enhancing Level Crossing Safety 2019–2029, da Network Rail (Reino Unido), recomenda o uso de barreiras completas ou mecanismos automáticos de fechamento em travessias com alto fluxo de pedestres, como escolas e estações urbanas, reconhecendo que a limitação física do acesso é a forma mais eficaz de mitigar condutas de risco.

Estudos nacionais também apontam a necessidade de medidas estruturais. A revisão Atropelamentos Ferroviários: Uma Revisão da Literatura (2018) identificou que a maior parte dos acidentes ocorre por comportamentos de risco, como travessias apressadas, distração e tentativa deliberada de acesso à ferrovia, reforçando a tese de que a simples sinalização não é suficiente para eliminar o risco.

Adicionalmente, pesquisa internacional publicada em 2024 (Effectiveness of signs for pedestrian-railroad crossings) avaliou o impacto da sinalização em travessias de pedestres e concluiu que, embora placas e avisos melhorem a compreensão das regras, “não influenciam de forma consistente o comportamento de travessia quando há pressa ou distração”. Nesse contexto, destaca-se também o estudo de Thompson e Kennedy (2016), desenvolvido para a Federal Railroad Administration dos Estados Unidos, que analisou treze tipos de intervenções voltadas à segurança de pedestres em passagens de nível, incluindo cancelas específicas, sinalização tátil, sistemas de alerta sonoro e visual, barreiras de canalização e superfícies direcionais. Os autores recomendam a aplicação combinada dessas medidas, adaptadas ao contexto local e às necessidades dos usuários, especialmente aqueles com mobilidade reduzida. Imagens extraídas do relatório ilustram a diversidade de soluções físicas e tecnológicas propostas para mitigar riscos em ambientes ferroviários, algumas bastante utilizadas no Brasil, como os direcionadores de fluxo exemplificados na **Figura 1(d)**.

Figura 1 – Modelos de Barreiras Físicas Exclusivas para Pedestres



Fonte: THOMPSON; KENNEDY (2016)

Esses estudos convergem para a conclusão de que a limitação física ou automática de acesso é o método mais eficaz de reduzir atropelamentos em travessias ferroviárias de pedestres, sobretudo em áreas urbanas, onde há fluxo intenso e comportamentos imprevisíveis.

2.3 Malha MRS como Exemplo da Relevância Nacional do Problema

A partir do panorama nacional apresentado, torna-se essencial compreender como esse cenário se manifesta no contexto operacional da MRS Logística, concessionária responsável pela administração de mais de 1.600 km de malha ferroviária, passando por áreas que concentram elevado adensamento urbano e, conseqüentemente, grande número de travessias de pedestres.

Nos últimos anos, a companhia vem registrando uma redução significativa nos índices de abalroamentos em passagens rodoviárias, resultado de investimentos em sinalização ativa, melhorias na geometria das travessias mais antigas e campanhas de conscientização. Entretanto, as ocorrências de atropelamentos continuam sendo uma grande preocupação, pois, assim como no cenário nacional, também representam grande parte dos acidentes registrados.

O Gráfico 1 ilustra a distribuição das causas mais recorrentes de acidentes nas PNP's sob gestão da MRS. Observa-se fatores que comportamentais, como desatenção, impaciência, álcool/drogas e suicídio, representam a ampla maioria dos casos registrados, evidenciando que o comportamento humano tem papel central na origem desses eventos.

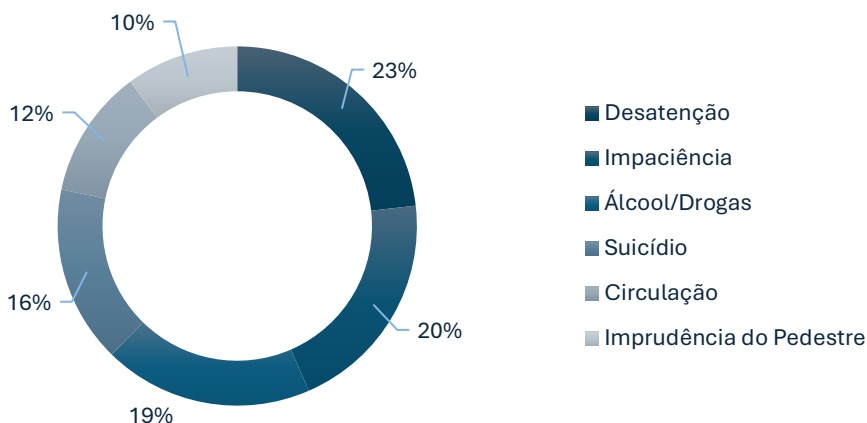


Gráfico 1 – Distribuição das Causas de Acidentes em PNPs de 2019 a 2025.

Fonte: MRS Logística S.A.

Além disso, dados históricos da companhia demonstram que, das PNPs com maior número de acidentes em centros urbanos, boa parte já conta com o maior nível de sinalização disponível, incluindo sinais luminosos, sonoros e de comunicação visual reforçada.

Apesar da adoção de diversos recursos de alerta, os registros de acidentes em passagens de pedestres indicam que a sinalização, por si só, não tem sido suficiente para impedir acessos indevidos durante a aproximação de trens. Esse cenário evidencia que as soluções atualmente aplicadas, embora atendam aos requisitos normativos, não conseguem eliminar totalmente o risco associado ao comportamento humano, especialmente em situações de pressa, distração, hábito de travessia irregular ou até mesmo intencionalidade suicida.

2.4 Justificativa Técnica

A experiência nacional e internacional demonstra que, em travessias de pedestres, o fator humano é o principal determinante de risco. A desatenção, o uso de celulares, a pressa e até a tentativa deliberada de atravessar durante a passagem de um trem, seja por imprudência ou ideia suicida, configuram situações que dificilmente são mitigadas apenas por alertas visuais ou sonoros.

Dessa forma, o projeto Portão Automático em Passagens em Nível de Pedestres propõe uma medida inovadora e eficaz, ao integrar tecnologia de detecção e controle de acesso ao sistema de sinalização existente. O mecanismo atuará impedindo fisicamente a travessia quando uma composição estiver em aproximação, abrindo-se novamente após a liberação segura da via.

A adoção desse sistema tem o potencial de:

- contribuir para a redução de atropelamentos em áreas urbanas;
- minimizar o impacto de comportamentos imprudentes, desatentos ou de viés suicida;
- aumentar a confiabilidade da travessia, reduzindo riscos de falhas humanas;
- aumentar a fluidez do tráfego ferroviário ao reduzir o número de acidentes ou quase-acidentes.

Portanto, o projeto justifica-se por sua relevância social, ao buscar contribuir diretamente para a redução de fatalidades e a preservação de vidas; por sua relevância operacional, ao tentar minimizar interrupções no tráfego ferroviário e reduzir o retrabalho decorrente de acidentes e quase-acidentes; e por seu potencial de inovação e replicabilidade, ao oferecer uma solução tecnológica que pode ser adaptada e implementada em diferentes contextos ferroviários urbanos em todo o Brasil, promovendo avanços significativos na segurança das passagens de nível em escala nacional.

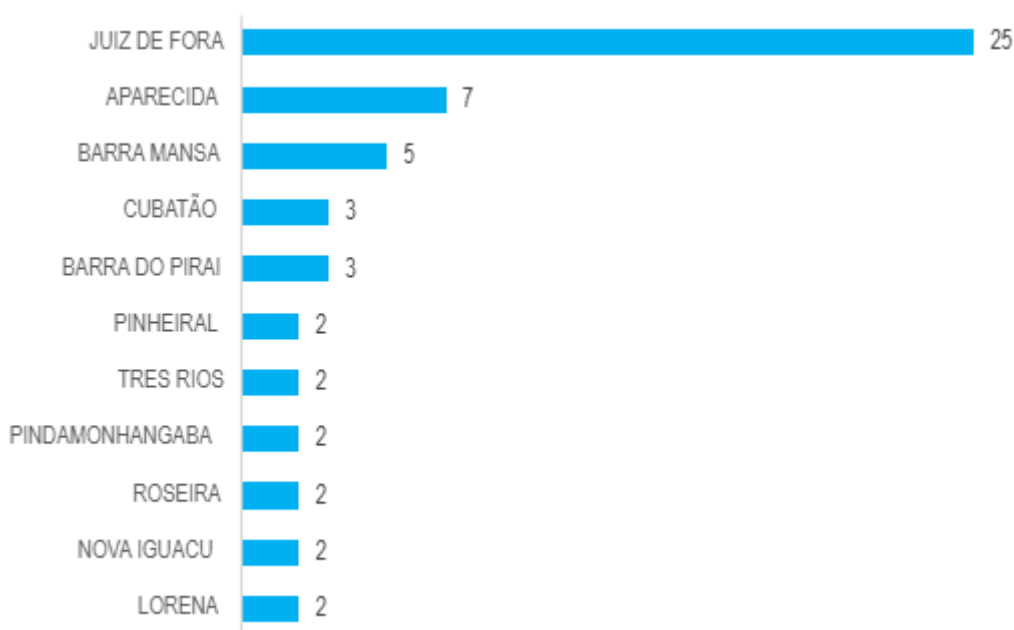
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas

Este projeto será conduzido com base na metodologia PDCA, que estrutura as atividades em ciclos contínuos de planejamento, execução, verificação e aprimoramento, assegurando consistência e sustentabilidade das ações. Para complementar esse processo, será realizado um estudo técnico comparativo do tipo “antes e depois”, abordagem amplamente reconhecida em avaliações de segurança viária e ferroviária. Essa análise tem como objetivo conferir maior rigor científico à avaliação da eficácia da solução, fundamentando os resultados obtidos em evidências robustas.

Na fase inicial, foram realizados estudos técnicos e análises de dados históricos sobre acidentes e quase-acidentes em PNPs localizadas nos municípios por onde passa a malha ferroviária da MRS. A partir desses dados, foi possível identificar os principais municípios críticos, considerando o número de acidentes. Como evidencia o Gráfico 2, o município de Juiz de Fora em Minas Gerais destoa largamente dos demais e, por isso, foi definido como município alvo dos estudos. Em paralelo, foi conduzido um benchmarking nacional e internacional, visando identificar soluções tecnológicas aplicáveis ao bloqueio físico de PNPs, o que resultou na seleção da alternativa mais adequada à realidade brasileira.

Gráfico 2 – Quantidade de Acidentes em PNPs por Municípios Críticos de 2019 a 2025.



Fonte: MRS Logística S.A.

Com base nesse diagnóstico, o projeto avança para a fase de execução, que compreende o desenvolvimento e instalação de um protótipo funcional de portão automático em uma PNP crítica de Juiz de Fora, como parte da PoC. O desempenho da solução será monitorado continuamente, com coleta de dados sobre sua eficácia na mitigação de riscos, confiabilidade operacional, especialmente cumprimento de normas internacionais de segurança e falha segura, e impacto na segurança dos usuários. Os resultados obtidos serão sistematizados em um estudo técnico que subsidiará a expansão da solução para outras nove PNPs prioritárias na região central da cidade. Após essa ampliação, será conduzido novo estudo técnico com foco na validação da eficácia da solução em escala ampliada, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, consolidando evidências para futuras replicações e melhorias contínuas.

Para garantir robustez e comparabilidade dos resultados, será adotado o método citado anteriormente de avaliação “antes-depois” com monitoramento assistido e não assistido, inspirado em boas práticas internacionais para análise de segurança em passagens de nível, conforme orientações da Federal Highway Administration (FHWA), Federal Railroad Administration (FRA) e International Union of Railways (UIC).

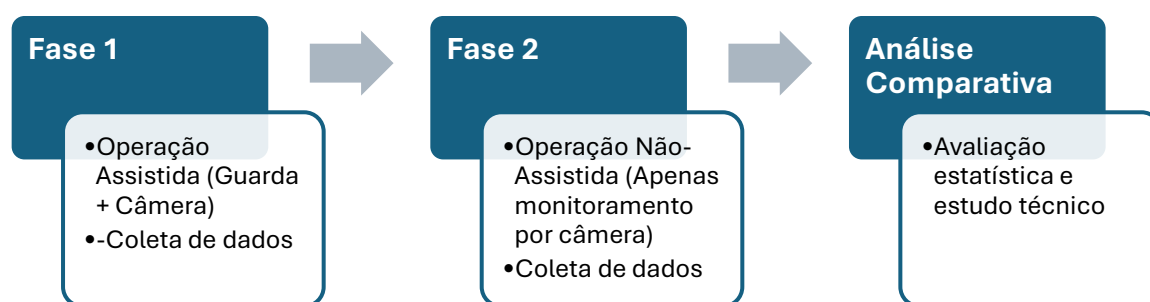
Esse método consiste em duas etapas complementares:

- Operação assistida (30 dias): Monitoramento com guarda-cancela e câmeras, permitindo observar o comportamento dos pedestres sob supervisão humana e validar o funcionamento técnico do sistema.
- Operação não assistida (30 dias): Monitoramento apenas por câmeras, simulando condições reais de operação futura sem intervenção humana.

Durante ambas as fases, serão coletados dados quantitativos e qualitativos, incluindo:

- Número de pedestres por composição ferroviária;
- Ocorrências de comportamentos de risco (atravessamentos indevidos, hesitações, tentativas de violação das barreiras);
- Incidentes ou quase-acidentes registrados por vídeo;
- Tempo médio de ativação e desativação do sistema;
- Falhas operacionais ou interrupções;
- Conformidade com requisitos de segurança (falha segura);
- Impacto percebido na segurança dos usuários.

Os dados serão sistematizados em um estudo técnico comparativo entre as duas fases, com aplicação de testes estatísticos (t-student, qui-quadrado) para avaliar a eficácia da solução, conforme fluxo abaixo:



A PNP da Rua Halfeld, localizada na altura do quilômetro ferroviário 274+592 da linha do centro, foi definida como local para instalação do protótipo por apresentar características que a tornam estratégica para a fase inicial do projeto. Situada no coração da região comercial de Juiz de Fora, essa PNP concentra um dos maiores fluxos diários de pedestres do município, incluindo milhares de pessoas que desembarcam de ônibus provenientes de cidades vizinhas.

Além de sua relevância para a mobilidade urbana, a escolha desse ponto também considera o papel educativo e demonstrativo do protótipo: sua visibilidade permitirá sensibilizar muitos usuários sobre práticas seguras de travessia ferroviária, reforçando a importância da prevenção de acidentes. As demais PNPs que receberão a solução na fase de expansão serão selecionadas posteriormente, seguindo rigorosamente os critérios da tabela de priorização abaixo:

Crítérios	Peso	
Teve histórico de acidentes?	5	Justificativa: A segurança é um dos aspectos mais críticos em qualquer projeto. Locais com maior quantidade de acidentes representam um risco significativo para os trabalhadores e a comunidade. Portanto, priorizar esses locais ajuda a reduzir riscos e melhorar a segurança geral.
Possui sinalização ativa?	4	Justificativa: A sinalização ativa é essencial para orientar e alertar as pessoas sobre possíveis perigos. Locais com sinalização ativa são mais seguros e organizados, reduzindo a probabilidade de acidentes.
Possui vedação?	3	Justificativa: A vedação impede o acesso não autorizado e protege contra intrusões, garantindo a segurança do local. É um fator importante, mas não tão crítico quanto a quantidade de acidentes ou a sinalização ativa.
Teve histórico de emergência devida?	2	Justificativa: Embora o histórico de emergências seja relevante, ele tem um peso menor porque pode ser menos frequente e menos indicativo de riscos contínuos comparado aos acidentes.
Monitoramento por câmera	1	Justificativa: O monitoramento por câmera ajuda na vigilância e na resposta rápida a incidentes. É um critério importante para a segurança, mas não tão crítico quanto a quantidade de acidentes ou a sinalização ativa.

Figura 2 – Critérios de Priorização de Ativos

A tabela de critérios estabelece cinco categorias com pesos diferenciados, definidos conforme o grau de criticidade de cada item. Elementos como sinalização ativa, vedação e monitoramento por câmeras assumem papel estratégico na fase de expansão, pois sua presença reduz a necessidade de intervenções estruturais complexas, especialmente na infraestrutura civil do

entorno das PNPs selecionadas. Essa abordagem contribui para otimizar custos e acelerar a implementação, garantindo maior eficiência no processo de replicação da solução.

3.2. Etapas

O projeto está estruturado com base no ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), uma metodologia amplamente utilizada para gestão e melhoria contínua de processos. O PDCA permite uma abordagem sistemática e iterativa, promovendo o planejamento cuidadoso das ações, a execução controlada das soluções, a verificação dos resultados obtidos e a condução de ajustes e expansões com base em evidências. Ao adotar esse ciclo, o projeto busca garantir a eficácia, a segurança e a escalabilidade da solução.

Etapas	Objetivos Específicos	Meses
ETAPA 1 PLANEJAR	<ul style="list-style-type: none"> •Sistematizar as evidências disponíveis na literatura nacional e internacional sobre o tema. •Estabelecer orientações para identificação de locais críticos para implantação da solução. 	Mês 01
ETAPA 2 EXECUTAR	<ul style="list-style-type: none"> •Desenvolver e implementar um protótipo funcional de portão automático em uma PNP crítica de Juiz de Fora, validando sua viabilidade técnica e operacional por meio de uma Prova de Conceito (PoC). 	Meses 02 a 04
ETAPA 3 VERIFICAR	<ul style="list-style-type: none"> •Realizar estudo técnico sobre o desempenho, segurança, confiabilidade e impacto da PoC na mitigação de riscos de atropelamentos e quase-acidentes. 	Meses 05 a 07
ETAPA 4 AGIR	<ul style="list-style-type: none"> •Ampliar a aplicação da solução tecnológica para outras PNPs prioritárias na região central de Juiz de Fora, com base em critérios técnicos e históricos de risco. •Conduzir novo estudo de validação em escala ampliada, avaliando a eficácia da tecnologia na redução de ocorrências e subsidiando decisões de replicação em outras áreas da malha ferroviária. 	Meses 08 a 20
		Meses 21 a 24

Etapa 1 – Sistematizar e Estabelecer

Descrição:

Estado da arte sobre tecnologias e soluções aplicadas à automação de passagens em nível, com foco em sistemas de controle de acesso e mitigação de riscos ferroviários. Esta etapa contempla a sistematização das evidências disponíveis na literatura nacional e internacional, o levantamento de boas práticas, e o estabelecimento de critérios técnicos para identificação de locais críticos prioritários à implantação da solução.

Período de execução: mês 01.

Resultado esperado: Consolidação de uma base teórica e técnica sobre o tema, com identificação de boas práticas e referenciais de desempenho, fornecendo suporte à definição

do escopo do protótipo e às etapas subsequentes do projeto.

Produto(s):

- Relatório técnico sobre o estado da arte de soluções automatizadas para passagens em nível;
- Documento orientador com critérios técnicos para identificação de locais críticos de implantação.

Etapa 2 – Desenvolver

Descrição:

Desenvolvimento e implementação de um protótipo funcional de portão automático em uma PNP no município de Juiz de Fora. Esta etapa compreende o detalhamento técnico da solução, a definição dos critérios de avaliação de desempenho e segurança, e a realização da PoC para validação da viabilidade técnica e operacional do sistema.

Período de execução: meses 02 a 04.

Resultado esperado: Implementação da solução em ambiente real, demonstrando a funcionalidade, confiabilidade e adequação do protótipo aos requisitos operacionais e de segurança ferroviária.

Produto(s):

- Protótipo funcional de portão automático instalado em PNP crítica.

Etapa 3 – Realizar

Descrição:

Realização de estudo técnico sobre o desempenho, segurança, confiabilidade e impacto da PoC na mitigação de riscos de acidentes e quase-acidentes. A etapa inclui o acompanhamento contínuo do funcionamento do protótipo, a coleta de dados em campo e a análise estatística dos resultados obtidos.

Período de execução: meses 05 a 07.

Resultado esperado: Avaliação quantitativa e qualitativa dos resultados da PoC, com evidências técnicas sobre a eficácia da solução e recomendações de aperfeiçoamento para futura expansão.

Produto(s):

- Relatório técnico do protótipo, com registros de desempenho e conformidade operacional;
- Relatório de avaliação de riscos e recomendações de aprimoramento;
- Artigo científico sobre o impacto da solução na prevenção de acidentes em PNPs.

Etapa 4 – Ampliar e Conduzir

Descrição:

Expansão da aplicação da solução tecnológica para outras nove PNPs prioritárias na região central de Juiz de Fora, com base nos resultados da PoC e nos critérios técnicos estabelecidos. Inclui a condução de um novo estudo de validação em escala ampliada, bem como a sistematização dos aprendizados e disseminação dos resultados para subsidiar futuras replicações na malha ferroviária nacional.

Período de execução: meses 08 a 24.

Resultado esperado: Confirmação da eficácia da tecnologia em escala ampliada, consolidação de diretrizes técnicas para implantação em outras localidades e fortalecimento das ações de segurança ferroviária em áreas urbanas.

Produto(s):

- Relatório técnico de validação em escala ampliada;
- Guia de diretrizes técnicas para replicação da solução em outras PNPs;
- Artigo científico com a avaliação do impacto da automação de portões na prevenção de acidentes em passagens em nível ferroviárias.

4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL

Previsão de Início: março de 2026

Tempo de Execução: 24 meses (março de 2026 a março de 2028)

Custo Total: R\$: 3.135.253,42.

O Projeto contemplará os seguintes anos da concessão total ou parcialmente:

- Ano 4 (entre março/2026 e julho/2026);
- Ano 5 (entre agosto/2026 e julho/2027);
- Ano 6 (entre agosto/2027 e março/2028).

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

O projeto do Portão Automático para PNPs será executado nos seguintes locais:

HUSK Eletrometalúrgica, matriz localizada em Araras, São Paulo: Sede principal para o desenvolvimento do projeto, onde serão executadas as etapas de projeto conceitual e executivo dos portões, bem como a fabricação dos produtos.

Instalações da Concessionária: Na sede administrativa da concessionária, localizada no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, serão concentradas as etapas de monitoramento dos sistemas instalados, coleta de dados de campo e construção dos relatórios técnicos e científicos.

PNPs Administradas pela Concessionária: A PNP contemplada com a instalação do protótipo está localizada na região central de Juiz de Fora, na altura do km ferroviário 274+592, sendo conhecida como PNP Halfeld. Seu acesso pode ser feito pelo lado direito, no sentido crescente da quilometragem, pela Avenida Brasil, e pelo lado esquerdo, pela Avenida Francisco Bernardino. As demais PNPs selecionadas para a expansão do projeto serão definidas com base nos critérios de priorização estabelecidos no estudo técnico, e também estarão situadas no município de Juiz de Fora.

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1 Identificação da entidade

A HUSK Eletrometalúrgica é a entidade executora responsável pelo desenvolvimento e implementação da solução de portões automáticos neste projeto. Com mais de 35 anos de experiência, a HUSK é uma empresa especializada no desenvolvimento e fabricação de componentes para o setor metroferroviário e para a indústria de alta performance. Fundada em Araras, São Paulo, a empresa se destaca por sua engenharia própria, tecnologia de ponta e capacidade de entregar soluções personalizadas.

A HUSK possui uma vasta experiência em projetos de alta complexidade, incluindo a fabricação de portas, janelas e subconjuntos para trens e metrô, além de oferecer serviços de retrofit, manutenção e terceirização especializada. Sua atuação é marcada pelo foco na eficiência operacional, segurança e inovação. A empresa conta com uma estrutura completa, uma equipe de mais de 50 especialistas e parcerias estratégicas internacionais, como a sul-coreana Samjung, fornecedora global de Platform Screen Doors (PSD).

Para este projeto, a HUSK será responsável por todo o desenvolvimento da engenharia, fabricação, instalação e comissionamento do sistema de portões automáticos, trabalhando em estreita colaboração com a MRS para garantir que a solução atenda a todos os requisitos técnicos e de segurança.

A escolha da HUSK Eletrometalúrgica como entidade executora se fundamenta na sua proposta diferenciada em relação às demais empresas consultadas. Entre as organizações que responderam ao nosso contato, a HUSK foi a única que se comprometeu a desenvolver uma solução 100% nacional, adaptada às condições específicas da realidade brasileira e às necessidades da população usuária das PNPs. Além disso, a empresa demonstrou alta capacidade de personalização do projeto, considerando as particularidades de cada passagem selecionada, o que é essencial para garantir eficiência e durabilidade em ambientes urbanos complexos. Em contraste, fornecedores que apresentaram produtos padronizados mostraram baixa flexibilidade para ajustes, o que representa um risco significativo diante dos desafios locais, como prevenção contra vandalismo e tentativas de furto de equipamentos.

Outro diferencial relevante da HUSK é o seu menor lead-time entre a concepção do projeto e a instalação dos produtos, resultado direto da nacionalização de sua cadeia produtiva. Enquanto outros fornecedores dependem da importação de componentes e tecnologias estrangeiras, o que pode acarretar atrasos e aumentar os custos operacionais, a HUSK garante maior agilidade na entrega e na implementação das soluções, contribuindo para o cumprimento dos prazos e para a efetividade do projeto. Essa abordagem customizada reforça a adequação da HUSK no momento para liderar este projeto.

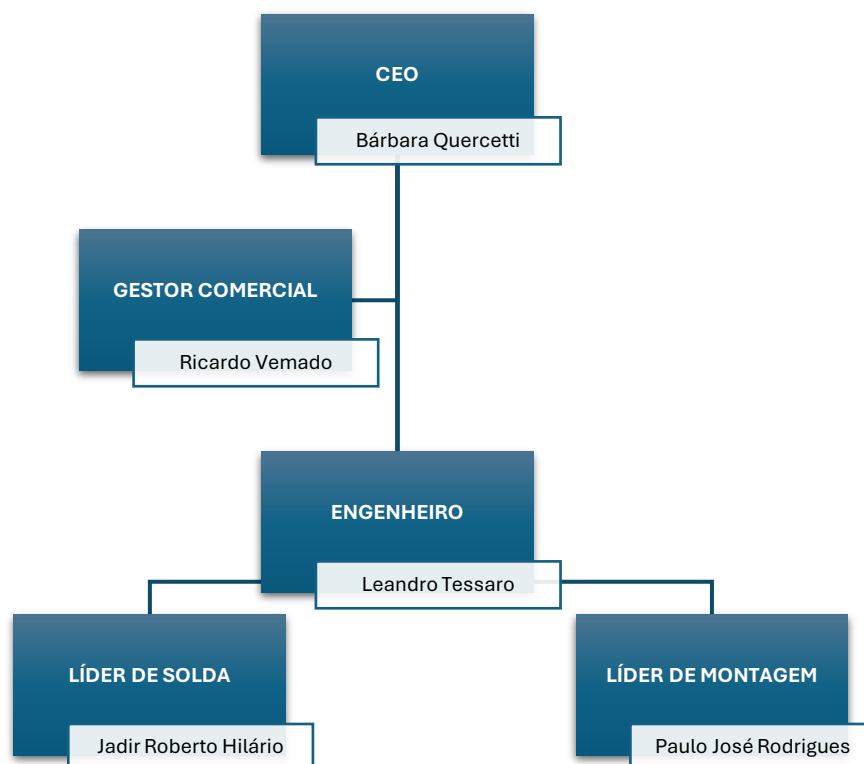
Projetos de referência:

- Instalação de Portas Automáticas de Plataforma (PSD) em 88 fachadas das Linhas 1-Azul, 2-Verde e 3-Vermelha Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô.
- Instalação do ATO (Automatic Train Operation) nos trens das séries 1000 e 2000 do Metrô Brasília.
- Instalação do CBTC (Communications-Based Train Control) nos trens das frotas E, G, H, I, J, K e L da Cia do Metropolitano de São Paulo – Metrô.

- Manutenção dos sistemas de ar-condicionado dos trens das linhas 1 e 3 frotas I, K e L da Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô e dos trens da linha 11 da CPTM.

6.2. Identificação da equipe executora

A equipe executora será liderada pelo Engenheiro Leandro Tessaro (CPF: 218.922.408-07), Engenheiro Mecânico com especialização em Desenvolvimento de Produtos e ampla experiência em Pesquisa e Desenvolvimento voltada ao setor industrial. O time de execução de campo será composto pelo Líder de Solda Jadir Roberto Hilário (CPF: 095.925.688-12) e pelo Líder de Montagem Paulo José Rodrigues (CPF: 213.201.138-93), ambos integrantes do quadro efetivo da HUSK, com qualificação técnica e experiência comprovada na instalação, calibração e ajustes de sistemas automatizados. Por parte da MRS Logística S/A. o projeto será coordenado por Marcos Tadeu Clemente Baia (CPF: 133.083.656-18). Os currículos dos coordenadores nominados encontram-se disponíveis no Anexo V.



Engenheiro Responsável: Leandro Tessaro, engenheiro mecânico, inscrito sob o CPF: 218.922.408-07.

Líder Montador: Paulo José Rodrigues, líder de montagem, inscrito sob o CPF: 213.201.138-93.

Líder Solda: Jadir Roberto Hilário, líder de solda, inscrito sob o CPF: 095.925.688-12.

Além da equipe de instalação de campo citada acima, haverá mão de obra direta na fabricação dos produtos na fábrica da HUSK.

7. PRODUTOS

O projeto tem como propósito gerar um conjunto de entregáveis que contribuirão de forma significativa para o aprimoramento da segurança ferroviária em áreas urbanas de alta circulação. Por meio da aplicação de soluções tecnológicas inovadoras e da realização de estudos técnicos em campo, os produtos desenvolvidos visam não apenas validar a eficácia da intervenção proposta, mas também fornecer subsídios para sua replicação em outras localidades da malha ferroviária nacional.

A seguir, são apresentados os principais produtos que serão gerados ao longo do projeto, com destaque para as suas funcionalidades, benefícios e potencial de reaplicação em diferentes contextos operacionais:

7.1 Protótipo Funcional de Portão Automático para PNPs

Descrição:

Sistema de sinalização e controle de automático acesso de pessoas a PNPs, composto por portões físicos, sinalização sonora e luminosa, acionados automaticamente por meio de sensores de aproximação de composições ferroviárias. O sistema será instalado na PNP da rua Halfeld, no município de Juiz de Fora como parte da PoC, permitindo a validação da solução em ambiente operacional real.

Utilidade e Vantagens:

Aumenta significativamente a segurança dos pedestres em áreas de cruzamento ferroviário. Atua de forma preventiva, bloqueando o acesso à faixa ferroviária durante a aproximação de trens.

Reduz a dependência de ações humanas para controle de risco, promovendo maior confiabilidade e padronização operacional.

Replicabilidade:

O sistema será acompanhado de documentação técnica detalhada, incluindo especificações de componentes, requisitos de instalação, protocolos de operação e manutenção, permitindo sua reprodução e adaptação em outras PNPs da malha ferroviária nacional.

7.2 Relatório Técnico da Prova de Conceito

Descrição:

Documento técnico contendo os resultados da fase de testes do protótipo, incluindo dados de operação, desempenho, confiabilidade, segurança e impacto na mitigação de riscos. O relatório também apresentará recomendações para ajustes e melhorias na solução, de acordo com a metodologia PDCA. O relatório servirá como referência para futuras implementações, orientando sobre boas práticas, desafios enfrentados e soluções adotadas.

Utilidade e Vantagens:

- Fornece subsídios técnicos para a tomada de decisão sobre a viabilidade da expansão da solução;
- Garante a rastreabilidade dos resultados obtidos na fase inicial do projeto;
- Identifica oportunidades de melhoria antes da replicação em outras localidades.

7.3 Artigo Técnico com Resultados Preliminares da PoC

Descrição:

Artigo técnico elaborado com base nos dados coletados durante a PoC, abordando a metodologia aplicada, os resultados obtidos e as perspectivas de expansão. O artigo será submetido a evento técnico-científico nacional ou internacional da área de transportes. O artigo poderá ser utilizado como base para estudos acadêmicos, projetos similares e iniciativas de modernização em outras operadoras ferroviárias.

Utilidade e Vantagens:

- Disseminação dos resultados iniciais do projeto para a comunidade técnica e científica;
- Estímulo à troca de experiências e ao aprimoramento da solução por meio de feedback especializado.

7.4 Relatório Técnico Final da Expansão**Descrição:**

Documento consolidado com os resultados da implementação da solução em nove PNPs adicionais na região central de Juiz de Fora. Inclui análise comparativa entre os dados da PoC e da expansão, avaliação da eficácia em escala ampliada e diretrizes para replicação em outras localidades.

Utilidade e Vantagens:

- Validação da solução em diferentes contextos operacionais e urbanos;
- Subsídio técnico para decisões estratégicas sobre investimentos em segurança ferroviária;
- Consolidação dos ganhos obtidos com a tecnologia implementada.

Replicabilidade:

O relatório incluirá modelos de planejamento, cronogramas, indicadores de desempenho e recomendações técnicas, facilitando a adoção da solução por outras operadoras ou municípios.

7.5 Artigo Científico Final com o Estudo Expandido**Descrição:**

Artigo científico baseado nos resultados da fase de expansão, com análise aprofundada da eficácia da solução na redução de acidentes e quase-acidentes em PNPs urbanas. O artigo será submetido a congresso ou revista científica de relevância nacional ou internacional e servirá como referência técnica e científica para novos projetos, políticas públicas e iniciativas de inovação voltadas à segurança em passagens de nível.

Utilidade e Vantagens:

- Contribuição para o avanço do conhecimento técnico sobre segurança ferroviária em áreas urbanas;
- Divulgação dos resultados do projeto em fóruns especializados, promovendo o reconhecimento da iniciativa;
- Estímulo à adoção de soluções similares em outras regiões e contextos ferroviários.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS

COUTINHO, Elaine Verdi e SOUZA. Análise de fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes ferroviários envolvendo pedestres em travessias urbanas no Brasil. 2023. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2023

ANAGNOSTOPOULOS, A. Assessing Safety and Infrastructure Design at Railway Level Crossings Through Microsimulation Analysis. *Future Transportation*, v. 5, n. 1, p. 24, 2025. DOI: 10.3390/futuretransp5010024.

NETWORK RAIL. Enhancing Level Crossing Safety 2019–2029. Londres: Network Rail, 2019.

SOUZA, R. Atropelamentos Ferroviários: Uma Revisão da Literatura. [S.l.]: s.n., 2018.

AHMED, J. Effectiveness of signs for pedestrian-railroad crossings. *Journal of Safety Research*, 2024.

THOMPSON, Alison; KENNEDY, Bernard J. *Engineering design for pedestrian safety at highway-rail grade crossings*. Cambridge, MA: U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, John A. Volpe National Transportation Systems Center, 2016. Tech. Report DOT-VNTSC-FRA-15-01; DOT/FRA/ORD-16/24. Disponível em: <https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/16553/Engineering_for_Ped_Safety_At_Crossings_final.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Programa Nacional de Segurança Ferroviária em Áreas Urbanas – PROSEFER. Brasília: DNIT, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Vidas em primeiro lugar: ANTT reforça alerta sobre segurança ferroviária e redução de acidentes no Brasil. Brasília: ANTT, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/>>.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). *Railroad-Highway Grade Crossing Handbook – Assessment of Crossing Safety and Operation*. Revised Second Edition, 2007. Disponível em: <<https://toolkits.ite.org/gradecrossing/sec03.htm>>.

INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS (UIC). *Best Practice for Level Crossing Risk Assessment*. Paris: UIC Safety Platform, 2022. ISBN 978-2-7461-3233-7.

JAIRUS, T.; METLITSKI, S.; KASKA, M.; KÖRBE, K. Methodology for the Measurement and Estimation of Pedestrian and Cycle Traffic at Level Crossings. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, v. 74, n. 2, p. 126–131, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Via férrea – Travessia rodoviária – Requisitos de projeto para passagem em nível pública*. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. 28 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Via férrea – Travessia rodoviária – Determinação do grau de importância e momento de circulação*. Rio de Janeiro: ABNT, 25 set. 2020. 20 p. ISBN 978-65-5659-526-9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Via férrea – Travessia rodoviária – Passagem de nível pública – Classificação e requisitos para equipamento de proteção*. Rio de Janeiro: ABNT, 31 jan. 2019. 13 p. ISBN 978-85-07-07910-1.

Regulamentação da SIL4 - IEC 61508 – Functional Safety of E/E/PE Systems; IEC 61508 Sistemas elétricos/eletrônicos/programáveis - Norma fundamental para todas as aplicações de SIL até o SIL 4

IEC 62061 Segurança em máquinas - Específica para sistemas de comando em máquinas, baseada em SIL;

9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO

Resumo do Plano de Trabalho.

Cronograma físico-financeiro do projeto.

Propostas técnicas e comerciais dos fornecedores.

Orçamento analítico previsto.