

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
RDT - Recurso de Desenvolvimento Tecnológico

PLANO DE TRABALHO

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA FAIXA DE DOMÍNIO
FERROVIÁRIA VIA SATÉLITE**

**TEMA PRIORITÁRIO: AUTOMAÇÃO E APRIMORAMENTO DA
FISCALIZAÇÃO DA ANTT**

VALE S.A. – ESTRADA DE FERRO CARAJÁS

18/03/2026

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	4
2. JUSTIFICATIVA.....	4
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	6
3.1. Métodos e técnicas utilizadas	6
3.2. Etapas	7
4. PREVISÃO DE INÍCIO, TEMPO DE EXECUÇÃO E CUSTO TOTAL	20
5. LOCAL DE EXECUÇÃO	21
6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA.....	21
6.1. Identificação da entidade	21
6.2. Identificação da equipe executora.....	21
7. PRODUTOS.....	22
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS.....	24
9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO	24

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título do Projeto

Sistema Inteligente de Monitoramento da Faixa de Domínio Ferroviária Via Satélite

1.1.1. Linha de inovação e desenvolvimento

Em consonância com a Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, este projeto se enquadra prioritariamente na diretriz descrita em seu artigo 3º:

- **Inciso II – “melhoria da qualidade dos serviços objeto de concessão ferroviária federal, inclusive relacionada aos atributos de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas”.**

O projeto contribui diretamente para a melhoria da eficiência e da segurança da operação ferroviária ao viabilizar a detecção tempestiva de alterações na faixa de domínio, tais como ocupações irregulares e intervenções não autorizadas, que podem comprometer a integridade da via e a continuidade do serviço. A solução proposta amplia a capacidade de fiscalização em larga escala territorial, reduz o tempo entre a ocorrência de irregularidades e sua identificação, e estrutura evidências técnicas para processos administrativos, contribuindo para os atributos de regularidade, continuidade, segurança e eficiência previstos no referido inciso.

Adicionalmente, o projeto atende aos objetivos de inovação definidos no art. 4º da mesma Resolução, conforme detalhado a seguir:

- **Inciso III – “soluções técnicas para problemas específicos”:**

A solução proposta endereça um problema operacional que é a dificuldade de monitorar de forma contínua e em larga escala, alterações no uso e ocupação do solo da faixa de domínio ferroviária. Atualmente, a atuação baseada em inspeções pontuais e levantamentos de campo apresenta limitações quanto à cobertura, periodicidade e capacidade de resposta. O projeto oferece resposta técnica estruturada por meio de plataforma digital integrada.

1.1.2. Temas

Em conformidade com a Deliberação ANTT nº 28/2026, que estabelece os temas prioritários para a destinação dos Recursos para Desenvolvimento Tecnológico (RDT), o presente projeto enquadra-se no seguinte tema:

- **Tema 5 – “Automação e aprimoramento da fiscalização da ANTT.”**

O projeto também está relacionado ao tema:

- **Tema 4 – “Tecnologias para acompanhamento e definição da faixa de domínio.”**

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um sistema inteligente de monitoramento contínuo da faixa de domínio ferroviária, baseado em imagens de satélite, drones e inteligência artificial, capaz de estruturar uma linha de base geoespacial, detectar alterações no uso e ocupação

do solo, gerar alertas qualificados e integrar os resultados ao Sistema de Acompanhamento e Fiscalização Ferroviária – SAFF, subsidiando as atividades de fiscalização da ANTT com dados estruturados e rastreáveis.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estruturar a linha de base geoespacial (imagens ópticas/SAR, MDT/MDS e vetores) das faixas de domínio das ferrovias EFVM e EFC.
- Implantar, no ambiente da concessionária, plataforma de armazenamento, processamento, analytics e visualização com detecção de mudanças por IA e geração de dashboards/relatórios.
- Implantar, no ambiente da ANTT, plataforma de armazenamento, visualização e geração de dashboards/relatórios.
- Executar rotina de monitoramento com aquisição periódica de imagens, calibração de modelos e emissão de alertas validados.
- Integrar dados e serviços ao SAFF (APIs e formatos compatíveis), viabilizando ingestão, consulta e auditoria.
- Capacitar equipes ANTT e concessionárias para a plena utilização da solução tecnológica e dos produtos gerados, assegurando a internalização do conhecimento e a sustentabilidade do sistema.
- Prover suporte técnico evolutivo e manutenção da plataforma.

2. JUSTIFICATIVA

A gestão e fiscalização da faixa de domínio ferroviária representam um desafio estrutural para o setor, especialmente em função da extensão territorial das malhas, da elevada dispersão geográfica dos ativos e da dinâmica contínua de alterações no uso e ocupação do solo.

Nesse contexto, a atuação tradicional baseada em inspeções pontuais e levantamentos de campo apresenta limitações relevantes quanto à cobertura, periodicidade e capacidade de resposta, dificultando a identificação tempestiva de situações como invasões, construções irregulares, supressão vegetal e demais alterações que possam impactar a segurança, a operação ferroviária e o cumprimento das obrigações contratuais.

Adicionalmente, observa-se a necessidade de evolução dos instrumentos de fiscalização para um modelo baseado em dados estruturados, evidências rastreáveis e integração sistêmica, conforme diretrizes de modernização regulatória e aprimoramento da eficiência institucional.

O presente projeto tem como objetivo endereçar essas lacunas por meio do desenvolvimento de solução tecnológica inovadora, que combina sensoriamento remoto, inteligência artificial e integração de sistemas para viabilizar o monitoramento contínuo da faixa de domínio.

A proposta contribui diretamente para:

- Ampliar a capacidade de detecção de irregularidades em larga escala territorial;
- Reduzir o tempo entre a ocorrência e sua identificação;
- Aumentar a confiabilidade e padronização das análises;

- Estruturar evidências técnicas para processos administrativos;
- Apoiar a tomada de decisão regulatória baseada em dados;
- Fortalecer a transparência e rastreabilidade das ações de fiscalização.

A solução proposta possui caráter estruturante e replicável, uma vez que seus produtos serão concebidos de forma interoperável, permitindo sua adoção por outras concessionárias ferroviárias e sua integração ao ecossistema regulatório da ANTT por meio do SAFF. Nesse sentido, o projeto possui potencial de sinergia com iniciativas futuras de RDT voltadas à gestão de ativos ferroviários e à modernização da fiscalização.

Contribuição para o setor ferroviário, a concessionária, a União, os usuários e a sociedade

O projeto contribui para o interesse público ao promover maior segurança operacional, melhor uso dos ativos públicos ferroviários e maior eficiência da atuação regulatória, beneficiando diretamente a União, os usuários do sistema ferroviário e a sociedade em geral. Para a concessionária, representa o avanço na gestão de seus ativos e no cumprimento de suas obrigações. Para a ANTT, viabiliza a automação e o aprimoramento de suas atividades de fiscalização com dados estruturados e rastreáveis.

Enquadramento na Resolução nº 6.021, de 2023

O projeto está plenamente alinhado à Resolução ANTT nº 6.021/2023, ao caracterizar-se como iniciativa de desenvolvimento tecnológico voltada à solução de problema específico do setor ferroviário, sem substituição de obrigações operacionais rotineiras da concessionária.

Adicionalmente, o projeto se destaca por possibilitar automação, eficiência e transparência nas atividades de fiscalização da ANTT, alinhando-se às diretrizes estratégicas e normativas da Agência, especialmente quanto à automação e aprimoramento da fiscalização previstos na Deliberação nº 28/2026.

O presente projeto, foi elaborado em consonância com o disposto no inciso I, do artigo 8º, da Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023, não se destinando ao cumprimento das obrigações contratuais regulares atribuídas à concessionária. As obrigações contratuais da concessionária relativas à faixa de domínio referem-se à manutenção e conservação da via permanente e de suas estruturas no âmbito operacional rotineiro. O presente projeto, por sua vez, propõe o desenvolvimento de solução tecnológica inovadora, envolvendo inteligência artificial, sensoriamento remoto e integração sistêmica com o SAFF — atividades que transcendem o escopo das obrigações regulares de operação e manutenção. O objetivo primordial reside no desenvolvimento de soluções tecnológicas direcionadas para atender às demandas do setor ferroviário, proporcionando suporte técnico e científico que favoreça o aprimoramento da fiscalização da ANTT.

Participação em Eventos e Congressos

Por se tratar de um projeto inovador, está prevista a participação de equipe executante e stakeholders em eventos e congressos para a divulgação do trabalho realizado no projeto, com a proposição de apresentação da solução e seus benefícios. Como as chamadas para os eventos são feitas entre seis meses e um ano antes da sua realização, ainda não é

possível definir com absoluta certeza em quais eventos a equipe participará, uma vez que serão os congressos para os quais os trabalhos científicos forem aceitos. Entretanto, desde já, foi selecionado o seguinte evento:

- Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET): é o principal evento científico da área de transportes no Brasil. Realizado anualmente, reúne pesquisadores, professores, estudantes e profissionais para discutir os avanços e desafios do setor.

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1. Métodos e técnicas utilizadas

O desenvolvimento do Sistema Inteligente de Monitoramento da Faixa de Domínio Ferroviária seguirá uma abordagem estruturada de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) alinhada às diretrizes aplicáveis a projetos de natureza tecnológica com uso de recursos de RDT.

A metodologia adotada combina técnicas avançadas de processamento de dados geoespaciais, inteligência artificial, integração sistêmica e validação operacional, garantindo não apenas a construção da solução, mas também sua robustez, escalabilidade e aderência regulatória.

A execução do projeto envolverá processamento avançado de dados geoespaciais, simulações e ensaios de desempenho de algoritmos, implantação de módulos piloto e trechos experimentais, ensaios de integração com o sistema da ANTT (SAFF), calibração contínua dos modelos analíticos e avaliações de qualidade com base em padrões reconhecidos, como OGC, ISO e EDGV.

O projeto utilizará as faixas de domínio das ferrovias Estrada de Ferro Carajás (EFC) e Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) como *cases* de desenvolvimento. Serão utilizados os seguintes recursos, fundamentais para garantir processamento eficiente, precisão analítica e escalabilidade da solução:

- Imagens de satélite óptico de alta resolução (50 cm GSD) para composição do baseline e resolução de 2 metros para monitoramento periódico;
- Imagens de radar (SAR) para mitigação de cobertura de nuvens;
- Drones para mapeamento complementar;
- Câmeras embarcadas nas locomotivas para mapeamento complementar;
- Infraestrutura em nuvem (servidores, armazenamento, GPU) para processamento de dados;
- Estações de processamento com GPU para treinamento de modelos de IA;
- Sistemas de geoprocessamento para fornecimento de imagens;
- Bibliotecas de processamento de dados;
- Ferramentas para integração com o SAFF.

Não está prevista a aquisição de ativos como drones, câmeras, servidores etc., no escopo do projeto.

Desenvolvimento científico

O projeto permitirá o desenvolvimento de estudos aplicados em detecção automatizada de mudanças, análise multi-sensor (originadas de fontes distintas) e evolução de modelos de inteligência artificial. Esses estudos poderão resultar em relatórios técnicos e publicações científicas, contribuindo para o avanço do conhecimento no setor ferroviário.

3.2. Etapas

O projeto é dividido nas seguintes etapas:

ETAPA 1: Mobilização, Planejamento Detalhado e Definição da Solução

A Etapa 1 é fundamental para o sucesso do projeto, pois estabelece as bases técnicas, organizacionais e estratégicas que irão orientar todas as fases subsequentes. Nessa etapa são definidas as diretrizes de governança, arquitetura da solução, padrões de dados, requisitos técnicos e operacionais, além do alinhamento institucional entre as partes envolvidas.

Durante esta etapa será realizado o mapeamento do ambiente da arquitetura de dados da ANTT para que seja possível elaborar um fluxo do processo determinando como será realizada a integração do ambiente garantindo governança e segurança dos dados.

A adequada execução desta etapa reduz riscos de retrabalho, inconsistências técnicas e desalinhamentos de escopo, assegurando que o desenvolvimento da solução ocorra de forma estruturada, eficiente e aderente às diretrizes corporativas da Vale e às exigências regulatórias.

Além disso, esta etapa garante:

- Consistência entre escopo, cronograma e orçamento;
- Clareza nos papéis e responsabilidades;
- Definição de padrões técnicos e critérios de qualidade;
- Base sólida para aquisição, processamento e integração de dados;
- Alinhamento com sistemas institucionais (SAFF – ANTT).

Atividade 1.1: Mobilização, Planejamento Detalhado e Definição da Solução

- **Objetivo:** Realizar a mobilização da equipe, estruturar a governança, definir os aspectos técnicos da solução e consolidar o planejamento executivo assegurando alinhamento entre stakeholders e aderência aos requisitos estratégicos e operacionais.
- **Subatividade 1.1.1: Mobilização, Planejamento Detalhado e Definição da Solução**

Esta subatividade contempla de forma integrada todas as ações necessárias para a estruturação do projeto, incluindo: mobilização inicial, organização da governança, definição dos papéis e responsabilidades, elaboração do plano de trabalho detalhado e desenvolvimento da arquitetura da solução.

Serão definidos os fundamentos técnicos e operacionais da solução, incluindo arquitetura, fluxo de dados, parâmetros de captura e processamento, e diretrizes de integração dos sistemas, incluindo SAFF. Serão realizados estudos preliminares, definição de baseline geoespacial e planejamento das campanhas de aquisição de dados.

Serão adotados procedimentos técnicos como análise de requisitos, definição de padrões de dados conforme EDGV 3.0, estruturação de metadados segundo ISO 19115 e definição de critérios de qualidade baseados em ISO 19157. Também serão definidas diretrizes de precisão, como erro posicional máximo ($RMSE \leq 1,5$ m) e acurácia vertical ($\leq 2,5$ m), garantindo consistência técnica do projeto.

A subatividade contempla também a consolidação do planejamento, com revisão de escopo e cronograma, definição do backlog priorizado e validação final da arquitetura e abordagem técnica junto às áreas responsáveis da VALE, assegurando aderência às diretrizes corporativas e alinhamento estratégico do projeto.

- **Duração:** 3 meses
- **Entregáveis:**
 - Ata de mobilização e reunião de início do projeto;
 - Matriz de responsabilidades (RACI);
 - Plano de governança e ritos de acompanhamento;
 - Plano de trabalho detalhado (cronograma, riscos e comunicação);
 - Documento de arquitetura da solução;
 - Estratégia de dados e integração;
 - Backlog priorizado do projetos;
 - Aprovação formal da arquitetura e planejamento;
 - Relatório com levantamento de requisitos;
 - Protótipo navegável da interface Versão 1.

ETAPA 2 – Desenvolvimento e Implantação da Solução

A Etapa 2 tem como objetivo desenvolver, integrar, validar e implantar a solução tecnológica de monitoramento da faixa de domínio ferroviária, abrangendo a construção da plataforma digital, a implementação e operacionalização dos modelos analíticos, a estruturação dos fluxos de dados e a integração com sistemas externos, com destaque para o sistema da ANTT (SAFF).

Esta etapa compreende a consolidação da base tecnológica da solução, incluindo o desenvolvimento da arquitetura da plataforma (backend, frontend, APIs e pipelines de dados), a integração de múltiplas fontes de dados geoespaciais e imagens, e a implantação de modelos de inteligência artificial para detecção automatizada de mudanças e geração de alertas.

Adicionalmente, a etapa contempla a validação técnica e operacional da solução em ambiente integrado, por meio da execução de testes funcionais, de desempenho, de

integração e de aceitação com usuários, assegurando a aderência aos requisitos definidos, bem como a confiabilidade, rastreabilidade, segurança e qualidade dos dados e processos.

Por fim, a etapa abrange a preparação para entrada em produção, a execução do go-live e a estabilização operacional da solução, garantindo sua disponibilização em ambiente produtivo, com governança estabelecida, riscos mitigados e capacidade de operação contínua, integrada e auditável. A capacitação técnica dos usuários finais (equipe da ANTT e concessionária) para a utilização plena da solução desenvolvida será realizada ao final da etapa.

Atividade 2.1 – Desenvolvimento da Plataforma e Integração de Sistemas

- **Objetivo:** Construir a base tecnológica da solução, incluindo backend, interface, processamento de dados e integração com o sistema da ANTT, garantindo o funcionamento completo do fluxo operacional.

- **Subatividade 2.1.1 – Desenvolvimento da Plataforma e Integração de Sistemas**

A Subatividade 2.1.1 contempla o desenvolvimento da plataforma tecnológica que suportará a operação do sistema de monitoramento da faixa de domínio ferroviária, bem como a integração dos diferentes componentes e sistemas envolvidos no projeto.

Esta subatividade abrange a construção da solução digital central, responsável por integrar dados geoespaciais, imagens provenientes de múltiplas fontes (satélite, drones e sistemas embarcados), resultados dos modelos analíticos e informações operacionais, permitindo a consolidação, processamento, análise e visualização estruturada dos dados.

O desenvolvimento da plataforma será realizado por meio de arquitetura modular e escalável, contemplando backend, frontend, serviços de integração e pipelines de dados. Serão desenvolvidos os principais módulos da solução, incluindo funcionalidades para visualização georreferenciada da faixa de domínio, gestão de alertas e ocorrências, registro de tratativas, armazenamento de evidências e histórico operacional, garantindo rastreabilidade completa das ações realizadas.

Adicionalmente, esta subatividade inclui a implementação dos mecanismos de integração com sistemas externos, com destaque para o sistema da ANTT (SAFF), assegurando interoperabilidade, envio estruturado de informações, controle de status e registro de logs e auditoria. Para tanto, serão adotadas interfaces baseadas em APIs e padrões de interoperabilidade (OGC, como WMS e WFS), garantindo conformidade técnica e integração sistêmica eficiente.

A integração com o Sistema de Acompanhamento e Fiscalização Ferroviária (SAFF), depende de fatores técnicos e operacionais externos ao controle direto do projeto, tais como a disponibilização de APIs, credenciais de acesso e ambientes de homologação pela ANTT. Nesse contexto, a arquitetura da solução não se restringe a aspectos técnicos internos, estando também condicionada à maturidade e disponibilidade dos sistemas integrados. Dessa forma, a construção da plataforma e sua capacidade de interoperabilidade serão desenvolvidas de forma incremental ao longo do período de execução, com gestão contínua de riscos associados a essas dependências externas, de modo a assegurar a evolução progressiva e controlada da solução.

A subatividade contempla também o desenvolvimento de pipelines de ingestão e processamento de dados, permitindo a automatização do fluxo operacional desde a

aquisição dos dados até a geração de alertas e disponibilização das informações na plataforma.

Os procedimentos técnicos adotados envolverão desenvolvimento iterativo, testes funcionais contínuos, versionamento de código e controle de configuração, assegurando qualidade, rastreabilidade e evolução controlada da solução ao longo do ciclo de desenvolvimento.

Complementarmente, será desenvolvido e implantado o ambiente da solução no contexto da ANTT, contemplando funcionalidades de visualização, acompanhamento e análise dos dados e alertas gerados, bem como dashboards gerenciais e instrumentos de apoio à fiscalização. Esta camada institucional permitirá que a ANTT tenha acesso estruturado às informações processadas, garantindo rastreabilidade, governança e uso regulatório dos dados.

Diferentemente do ambiente da concessionária, onde ocorrerá o processamento e a inferência dos modelos de inteligência artificial, o ambiente da ANTT será dedicado exclusivamente à visualização, análise e acompanhamento dos dados já processados. Não haverá execução de modelos de IA no ambiente da Agência, sendo este estruturado como uma camada institucional de monitoramento e fiscalização.

A plataforma da ANTT será desenvolvida para consolidar e apresentar informações provenientes das concessionárias, incluindo alertas gerados a partir da análise automatizada de imagens, tratativas realizadas após inspeções, evidências associadas (imagens de satélite, drone e, quando aplicável, imagens embarcadas), bem como o histórico das ocorrências.

- **Duração:** 15 meses
- **Entregáveis:**
 - Plataforma digital de monitoramento da faixa de domínio implementada e operacional
 - Interface web com visualização georreferenciada (mapa, camadas e histórico)
 - Módulo de gestão de alertas e ocorrências
 - Módulo de registro de tratativas, evidências e histórico operacional
 - Estrutura de controle de usuários e perfis de acesso
 - Painéis operacionais e gerenciais (indicadores de desempenho e monitoramento)
 - Pipeline automatizado de ingestão, processamento e disponibilização de dados
 - Integração com o sistema SAFF (homologação e ambiente produtivo)
 - Mecanismo de envio estruturado de dados (incluindo botão de envio e workflows)
 - Registros de logs e trilhas de auditoria da solução
 - APIs e serviços de integração documentados

- Ambiente configurado em nuvem, com escalabilidade e controle de desempenho
 - Relatório técnico de integração e interoperabilidade com sistemas externos
- **Subatividade 2.1.2 – Desenvolvimento e Implantação dos Modelos e Captura de Dados**

A Subatividade 2.1.2 contempla o desenvolvimento, validação e implantação dos modelos analíticos baseados em inteligência artificial, bem como a estruturação e operacionalização dos processos de captura, preparação e integração das diferentes fontes de dados utilizadas no projeto.

Esta subatividade abrange o ciclo completo de construção dos modelos de análise de imagens, incluindo as etapas de preparação e curadoria dos dados, rotulagem e classificação das amostras, definição das arquiteturas dos modelos, treinamento, calibração, validação e implantação em ambiente operacional. Serão empregadas técnicas avançadas de visão computacional, incluindo redes neurais convolucionais (CNN), arquiteturas do tipo UNet e modelos baseados em transformers geoespaciais, adaptados para detecção de mudanças em ambientes lineares.

Serão realizados simulações e ensaios de desempenho com diferentes configurações de modelos, utilizando técnicas de validação cruzada e testes comparativos (A/B) com diferentes conjuntos de dados e algoritmos. A avaliação dos modelos seguirá critérios técnicos definidos, incluindo métricas de acurácia, precisão e recall (superiores a 80%), taxa de falso positivo (inferior a 15%) e latência de processamento (inferior a 20 minutos por área processada), de forma a garantir confiabilidade e robustez da solução.

No que se refere à captura de dados, serão integradas múltiplas fontes de informação, incluindo imagens de satélites ópticas, radar (SAR) para mitigação de cobertura de nuvens, , imagens complementares obtidas por drones e provenientes de câmeras embarcadas em locomotivas. Os dados capturados serão submetidos a processos de pré-processamento, como ortorretificação, correção geométrica, normalização radiométrica e organização em bases geoespaciais estruturadas.

Adicionalmente, será implementado o pipeline completo de processamento de dados e inferência, permitindo a automatização do fluxo desde a ingestão das imagens até a geração de alertas qualificados na plataforma. Este processo incluirá mecanismos de atualização periódica dos dados, análise comparativa com o baseline, identificação de alterações relevantes e integração dos resultados com os sistemas operacionais e regulatórios.

Também serão incorporados mecanismos de anonimização automática das imagens capturadas por dispositivos embarcados, garantindo conformidade com requisitos de privacidade e proteção de dados, além de viabilizar o uso operacional das evidências geradas.

- **Duração:** 13 meses
- **Entregáveis:**
 - Conjunto de datasets estruturados e organizados (satélite, drone e câmeras embarcadas)
 - Bases de dados rotuladas para treinamento dos modelos analíticos

- Modelos de inteligência artificial treinados e calibrados
- Relatórios técnicos de treinamento e validação dos modelos
- Métricas de desempenho dos modelos (acurácia, precisão, recall, falso positivo)
- Modelos implantados em ambiente operacional (produção)
- Pipeline automatizado de inferência e geração de alertas
- Sistema de detecção automatizada de mudanças e classificação de ocorrências
- Integração dos modelos com a plataforma de monitoramento
- Processo de captura e ingestão de imagens estruturado e operacional
- Pipeline de processamento de dados geoespaciais
- Mecanismo de anonimização de imagens (blur de faces/placas, quando aplicável)
- Relatórios de desempenho e evolução contínua dos modelos
- Documentação técnica dos modelos e dos fluxos de dados

Atividade 2.2 – Validação, Entrada em Produção e Estabilização da Solução

- **Objetivo:** Assegurar que a solução esteja totalmente validada em ambiente integrado, apta para operação real, com riscos mitigados e governança estabelecida, garantindo uma entrada controlada em produção (go-live) e estabilização operacional adequada. Esta etapa é essencial para garantir que todos os módulos funcionem de forma integrada, segura e rastreável.

Serão adotados métodos de validação técnica, acompanhamento de métricas, testes e acompanhamento da operação para garantir que os requisitos definidos nas etapas anteriores estejam aderentes no ambiente de produção.

- **Subatividade 2.2.1-Validação Integral da Solução**

Essa subatividade consiste na validação integral da solução, contemplando todos os seus componentes técnicos. Seu objetivo é verificar se a solução desenvolvida atende aos requisitos definidos para o projeto, garantindo que os módulos da plataforma operem de forma integrada.

A validação deve abranger o fluxo completo da solução, desde a aquisição ou recebimento das imagens, organização dos dados geoespaciais, processamento e análise automatizada, aplicação dos modelos de visão computacional, detecção de mudanças, consolidação de evidências, visualização em dashboards e se a disponibilização das informações foi realizada para os usuários. Todas as análises serão realizadas registrando históricos, mantendo a rastreabilidade e auditabilidade das análises.

Serão executados testes integrados abrangendo todos os componentes da solução, incluindo plataforma, dados, modelos analíticos e integração com o SAFF. Serão realizados testes funcionais, de integração, de carga e de regressão, garantindo consistência do sistema.

A subatividade contempla:

- Executar testes integrados dos módulos da plataforma.
- Validar os fluxos de aquisição, processamento e análise de imagens.
- Validar os modelos analíticos.
- Realizar testes de integração com o sistema da ANTT (SAFF).
- Realizar ajustes técnicos identificados durante a homologação.
- Executar a operação assistida inicial.
- Monitorar o desempenho da solução nos primeiros ciclos de uso.

Essas ações permitem verificar se a solução funciona de maneira integrada e coerente com os objetivos do projeto. Confirmando que os dados, imagens, modelos, alertas e dashboards se conectam de forma adequada, fornecendo uma base confiável para o uso da plataforma.

Os testes abrangem cenários operacionais reais, incluindo identificação de ocorrências, geração de alertas, tratamento de eventos e envio das informações para o ambiente externo.

- **Duração:** 3 meses
- **Entregáveis:**
 - Plano de testes completo.
 - Casos de teste executados.
 - Relatórios de execução de testes.
 - Evidências de validação dos módulos da plataforma.
 - Registro de falhas e inconsistências.

Os entregáveis previstos nesta atividade documentam a comprovação do funcionamento integrado da solução. Eles demonstram quais cenários foram avaliados, quais critérios foram utilizados, quais evidências foram coletadas e prepara para o avanço para as etapas de preparação, homologação operacional e entrada em produção.

• **Subatividade 2.2.2 – Validação Técnica e Operacional**

Esta subatividade tem como objetivo assegurar que a plataforma apresenta desempenho, segurança, qualidade de dados e funcionamento adequado, assim como a aderência da solução aos fluxos reais de trabalho. Sendo responsável por reduzir os riscos de implantação e garantir que a solução seja efetivamente utilizável. Além de verificar se a solução de fato funciona, será avaliado se os alertas, dashboards e análises contribuem de forma prática para os usuários finais.

A subatividade contempla:

- Avaliar desempenho da plataforma.
- Verificar estabilidade, disponibilidade e tempo de resposta da solução.
- Avaliar a segurança, integridade e rastreabilidade das informações.
- Realizar testes de aceitação com usuários-chave.

- Coletar feedback estruturado dos usuários.
- Identificar ajustes obrigatórios, recomendáveis e melhorias na plataforma.
- **Duração:** 3 meses
- **Entregáveis:**
 - Relatórios de desempenho (tempo de resposta, volume processado).
 - Relatórios de acurácia dos modelos.
 - Validação com usuários (homologação).
 - Registro de ajustes necessários.

Os entregáveis registram a avaliação detalhada da solução quanto ao seu funcionamento técnico e à sua aderência às necessidades operacionais. Eles permitem demonstrar que a plataforma foi testada por critérios objetivos, validada pelos usuários-chave e ajustada conforme os pontos críticos identificados antes da entrada em produção.

• Subatividade 2.2.3 – Preparação para Entrada em Produção

Nesta subatividade é realizada a preparação final do ambiente produtivo, incluindo configuração de infraestrutura, revisão de segurança, validação de acessos e garantia de disponibilidade dos serviços necessários para operação. Também será realizado o planejamento do go-live, definição de estratégia de implantação, configuração final dos ambientes e alinhamento com as equipes envolvidas.

A subatividade contempla:

- Preparar e validar o ambiente produtivo.
- Revisar o ambiente de homologação.
- Configuração dos parâmetros finais da plataforma.
- Configuração dos perfis de usuários, permissões e regras de acesso.
- Organizar dados iniciais necessários para a operação.
- Elaborar checklist de prontidão.
- Preparar manuais, guias e materiais de capacitação.
- Validar critérios finais para autorização do go-live.
- Realizar treinamentos com usuários e equipes de apoio.

Essas ações têm como propósito garantir que todos os elementos necessários à operação estejam preparados antes da entrada oficial em produção. A subatividade busca evitar falhas de acesso, indisponibilidade, garantir a documentação dos processos e quaisquer problemas que possam comprometer o uso da solução.

- **Duração:** 3 meses
- **Entregáveis:**
 - Checklist de prontidão para produção.

- Ambiente produtivo configurado.
- Plano de entrada em produção.
- Validação de acessos e segurança.
- Manual do usuário.

Os entregáveis descritos formalizam a preparação da solução para a operação. São reunidas as evidências de que o ambiente produtivo foi configurado, os acessos foram definidos e os procedimentos necessários para a operação foram documentados, permitindo a autorização segura da entrada em produção.

• Subatividade 2.2.4 – Execução do Go-live e Formalização

Esta subatividade compreende a entrada oficial da solução em operação e a formalização das entregas. Esta etapa marca a transição da solução do ambiente de preparação para o uso efetivo.

Durante o go-live, a plataforma deverá ser disponibilizada aos usuários autorizados, com seus módulos configurados, dashboards ativos, alertas operacionais e integrações validadas. A operação inicial deverá ser acompanhada de forma próxima, permitindo identificar incidentes, corrigir instabilidades e apoiar os usuários.

A subatividade contempla:

- Executar o plano de entrada em produção.
- Comunicar a entrada em produção aos públicos envolvidos.
- Liberar acessos aos usuários autorizados.
- Ativar fluxos de monitoramento e geração de alertas.
- Monitorar estabilidade, desempenho e disponibilidade da plataforma.
- Registrar incidentes.
- Apoiar usuários durante a operação assistida.
- Formalizar o aceite da etapa e os documentos finais da entrega.

Essas ações buscam garantir que a solução entre em operação com o acompanhamento adequado e suporte aos usuários. A execução do go-live contempla a disponibilização, o monitoramento e a formalização da entrega.

- **Duração:** 1 mês
- **Entregáveis:**
 - Solução ativa em produção.
 - Testes iniciais em ambiente produtivo.
 - Registro de execução do go-live.
 - Termo de aceite da entrada em operação.

Os entregáveis desta atividade comprovam que a solução foi efetivamente disponibilizada, acompanhada e monitorada em ambiente operacional. Eles também formalizam a entrega da plataforma, assim como testes iniciais em ambiente produtivo e evidências do funcionamento dos módulos em produção.

- **Subatividade 2.2.5 – Capacitação Técnica e Transferência de Conhecimento**

Esta subatividade contempla o planejamento, desenvolvimento e execução de ações estruturadas de capacitação, com foco na transferência de conhecimento técnico e operacional sobre a solução implementada.

Serão abordados, de forma integrada:

- Operação da plataforma digital de monitoramento;
- Interpretação de produtos de sensoriamento remoto;
- Análise e qualificação de alertas gerados por IA;
- Utilização de dashboards e relatórios;
- Procedimentos de integração e envio de dados ao SAFF;
- Boas práticas de fiscalização apoiada por dados geoespaciais.

A capacitação será realizada por meio de 4 (quatro) treinamentos virtuais teóricos e práticos, com utilização de casos reais e simulações operacionais, assegurando aderência às rotinas de fiscalização.

- **Entregáveis:**

- Materiais didáticos (apostilas, tutoriais e manuais).
- Relatório de avaliação da capacitação.
- 4 (quatro) sessões de treinamento realizadas.
- Registros de presença.

ETAPA 3 – Sustentação e Operação

Esta etapa possui o objetivo de garantir continuidade da operação e estabilidade da solução.

Atividade 3.1 – Suporte e Operação Contínua

- **Objetivo:** Garantir a continuidade da solução após sua entrada em produção, assegurando que a plataforma permaneça disponível, atualizada e aderente às necessidades. Esta atividade contempla o suporte técnico, a operação contínua, o acompanhamento de desempenho, a correção de falhas, a evolução dos modelos e a manutenção dos fluxos de aquisição e processamento de imagens, buscando assegurar que solução implantada continue gerando valor ao longo do tempo. A atividade garante não apenas a sustentação técnica da plataforma, mas também sua evolução progressiva, permitindo que os resultados sejam continuamente acompanhados, ajustados e aperfeiçoados conforme a evolução da plataforma.
- **Subatividade 3.1.1 – Suporte e Operação Contínua, Evolução dos Modelos e Gestão Operacional**

O suporte e a operação contínua têm como objetivo assegurar o funcionamento regular da plataforma após sua entrada em produção, garantindo a continuidade e qualidade do serviço, o atendimento às demandas dos usuários, o tratamento de incidentes e a evolução dos modelos.

A subatividade contempla:

- Realizar atendimento técnico e operacional aos usuários da plataforma.
- Monitorar a disponibilidade da solução.
- Acompanhar o desempenho dos módulos, dashboards, processamentos e integrações.
- Realizar ajustes, calibração ou atualização dos modelos.
- Executar ajustes de falhas técnicas identificadas durante a operação.
- Elaborar relatórios mensais de suporte, operação e evolução da solução.

Essas ações buscam garantir que a plataforma permaneça operacional, confiável e progressivamente mais aderente às necessidades dos usuários. O suporte contínuo permite tratar falhas e dúvidas, enquanto o acompanhamento dos modelos e indicadores possibilita a evolução da solução com base em evidências reais de uso.

- **Duração:** 24 meses
- **Entregáveis:**
 - Relatórios mensais.

Os relatórios mensais documentam o acompanhamento contínuo da solução em operação. Eles demonstram as demandas recebidas, os incidentes tratados, as melhorias realizadas e a evolução dos modelos, permitindo o acompanhamento de forma objetiva do desempenho da solução.

- **Subatividade 3.1.2 – Processamento de Aquisição das Imagens para monitoramento**

O processamento de aquisição de imagens tem como objetivo executar e acompanhar as rotinas associadas aos procedimentos necessários para assegurar que as imagens e os dados estejam aptos a alimentar todos os módulos da plataforma.

A subatividade contempla:

- Verificação de integridade dos arquivos (corrupção e inconsistências).
- Validação de metadados (data/hora, coordenadas geográficas e sensor/origem).
- Conferência da cobertura espacial (área prevista vs. capturada).
- Avaliação da qualidade da imagem (resolução, nitidez, ruídos, iluminação e cobertura de nuvens).
- Verificação da continuidade visual e ausência de lacunas.
- Comparação com baseline e validação de consistência temporal.
- Identificação de anomalias e inconsistências nos dados.
- Preparação dos dados para detecção de mudanças com uso de IA.
- Verificação de precisão geoespacial e continuidade de mosaicos.
- Validação da coerência dos dados processados e consolidação das análises de qualidade.

O processo compreende um fluxo integrado de validação e controle de qualidade de imagens, desde a ingestão até a disponibilização final para uso analítico e operacional.

Inicialmente, as imagens passam por verificações de integridade e consistência de metadados, garantindo sua adequação ao processamento.

Em seguida, é realizada uma avaliação técnica da qualidade, considerando parâmetros como resolução, nitidez e interferências. Após o processamento, os dados são submetidos a análises de consistência, incluindo comparações com históricos e identificação de anomalias. Por fim, é conduzido um controle de qualidade consolidado, assegurando a precisão, coerência e confiabilidade dos produtos gerados.

- **Duração:** 6 meses
- **Entregáveis:**
 - Relatórios mensais.

Os relatórios mensais comprovam que as imagens utilizadas no monitoramento foram adquiridas, organizadas, verificadas e disponibilizadas de forma estruturada. Eles também permitem rastrear a qualidade das imagens e a sua utilização nos processos de análise automatizada, contribuindo para maior transparência e confiabilidade dos resultados.

• **Subatividade 3.1.3 – Atualização de Imagens para monitoramento**

A atualização de imagens tem como objetivo realizar a renovação periódica da base de imagens utilizada pela plataforma, garantindo que o monitoramento da faixa de domínio ferroviária permaneça baseada em dados recentes e adequados à identificação de alterações ao longo do tempo. A atualização periódica é essencial para identificar novas ocupações, intervenções, alterações físicas, construções ou demais mudanças relevantes na faixa de domínio.

A subatividade contempla:

- Planejar os ciclos periódicos de atualização das imagens.
- Definir periodicidade de atualização conforme trechos, criticidade ou disponibilidade de dados.
- Realizar novas aquisições de imagens para os segmentos ferroviários monitorados.
- Receber e organizar novas imagens.
- Manter histórico das versões de imagens utilizadas nos ciclos de monitoramento.

Essas ações mantêm a plataforma alimentada com informações recentes e permitem que o monitoramento seja feito de forma recorrente. A atualização periódica das imagens contribui para que os alertas gerados reflitam a situação mais atual possível.

- **Duração:** 12 meses
- **Entregáveis:**
 - Novas aquisições de imagens.
 - Atualização da base de dados.

ETAPA 4 – Documentação da Solução

A etapa dedicada à documentação da solução, ocorre como um eixo transversal ao longo do ciclo de implementação, mas se consolida a partir dos resultados obtidos na Etapa 2, uma vez que depende diretamente da maturidade da plataforma, da estabilidade das integrações e da definição final dos modelos de dados, garantindo governança e continuidade da solução.

Atividade 4.1 - Documentação da Solução

- **Objetivo:** Estruturar, organizar e disponibilizar toda a documentação técnica necessária para suportar a implantação, operação, manutenção e evolução da solução.

A documentação contempla todos os componentes da arquitetura desenvolvida, incluindo a plataforma digital, os processos de integração com sistemas externos como o SAFF, os fluxos operacionais de geração e gestão de alertas, bem como os requisitos de infraestrutura, segurança e governança.

Além disso, abrange a formalização dos modelos de dados utilizados, incluindo a estrutura dos alertas e dos pacotes de informação enviados ao SAFF, garantindo padronização e interoperabilidade.

Entre os principais artefatos documentados estão guias de administração da plataforma, instruções de instalação e configuração, documentação de integração via API, manuais de uso e dicionário de dados. Esses elementos são essenciais para assegurar que a solução possa ser operada de forma autônoma pelas concessionárias e pela ANTT, além de permitir sua manutenção evolutiva ao longo do tempo.

- **Subatividade 4.1.1 – Documentação Inicial, Documentação Contínua e Documentação Final**

A subatividade 4.1.1 compreende a produção e atualização da documentação ao longo de todo o ciclo do projeto, estruturando-se em três momentos complementares: documentação inicial, documentação contínua e documentação final. Esse processo acompanha diretamente a evolução da solução durante a Etapa 2, refletindo as definições arquiteturais, os ajustes realizados durante os testes e homologações e a consolidação dos componentes em produção.

É importante ressaltar que a qualidade e completude da documentação dependem diretamente da estabilidade dos componentes desenvolvidos durante a Etapa 2, especialmente da consolidação da plataforma tecnológica (Atividade 2.1) e da definição dos modelos de dados (Subatividade 2.2.2). Dessa forma, a documentação não é apenas um produto, mas um reflexo estruturado de todo o processo de desenvolvimento, validação e implantação da solução, garantindo sua continuidade operacional e evolução controlada.

- Elaborar manual de utilização para usuários finais
- Elaborar instruções de instalação e configuração da solução
- Produzir documentação de integração via APIs
- Estruturar e manter o dicionário de dados

De forma geral, essas ações consolidam a documentação necessária para assegurar que a arquitetura da solução, os fluxos operacionais, os modelos de dados, e os demais módulos e ferramentas da solução estejam devidamente registrados, padronizados e acessíveis às equipes envolvidas.

○ **Entregáveis:**

- Consolidação dos Manuais de uso para usuários finais.
- Consolidação completa da documentação técnica, garantindo rastreabilidade, padronização e suporte à operação e evolução da plataforma.
- Consolidação de guias de resoluções de problemas, contendo listas de erros comuns, causas e soluções, procedimentos de diagnóstico da integração com o SAFF.
- Consolidação do manual de dicionário de dados com a descrição de todos os campos, tabelas de dados da plataforma.
- Consolidação de guias de requisitos de infraestrutura, guias de passo a passo, guias de configuração de integração com o SAFF e manual do usuário.

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

Este projeto será desenvolvido em 48 meses, com previsão de início em 01/09/2026.

O custo total do projeto será de **R\$ 16.434.098,41** (dezesesseis milhões, quatrocentos e trinta e quatro mil, noventa e oito reais e quarenta e um centavos), distribuídos anualmente conforme indicado:

- Valor de investimento 2026 (ano contratual 3): R\$ 950.759,97
- Valor de investimento 2027 (ano contratual 3): R\$ 4.893.624,01
- Valor de investimento 2028: R\$ 3.543.849,24, sendo:
 - Ano contratual 3: R\$ 401.607,28
 - Ano contratual 4: R\$ 3.142.241,96
- Valor de investimento 2029: R\$ 4.178.354,55, sendo:
 - Ano contratual 4: R\$ 2.482.750,17
 - Ano contratual 5: R\$ 746.186,60
 - Ano contratual 9: R\$ 949.417,78
- Valor de investimento 2030 (ano contratual 10): R\$ 2.867.510,64

Este valor contempla também o provisionamento da concessionária para despesas administrativas (5%) e reserva técnica (5%), conforme § 5º do art. 10. da Resolução nº 6.021, de 2023 e § 4º do art. 6 da Portaria nº 17, de 06 de dezembro de 2023 respectivamente.

A tabela abaixo resume a distribuição do orçamento prevista para o projeto.

Ano contratual	Execução prevista (R\$)					Alocação por ano contratual
	2026	2027	2028	2029	2030	
3	950.759,97	4.893.624,01	401.607,28			6.245.991,26
4			3.142.241,96	2.482.750,17		5.624.992,13
5				746.186,60		746.186,60
9				949.417,78		949.417,78
10					2.867.510,64	2.867.510,64
Total	950.759,97	4.893.624,01	3.543.849,24	4.178.354,55	2.867.510,64	16.434.098,41

O detalhamento total dos custos do projeto é apresentado no Anexo II - Cronograma Físico-Financeiro e no Anexo VI – Orçamento Analítico.

5. LOCAL DE EXECUÇÃO

O desenvolvimento deste projeto será realizado de forma remota tendo a gestão baseada em Vitória (ES), utilizando a infraestrutura tecnológica da VALE composta por ambientes virtuais seguros, servidores internos e ferramentas de colaboração integradas.

As atividades de monitoramento e análise de dados estão associadas aos trechos ferroviários sob concessão da EFVM e EFC, consideradas para o desenvolvimento do sistema.

6. ENTIDADE E EQUIPE EXECUTORA

6.1. Identificação da entidade

O projeto será desenvolvido por uma parceira tecnológica selecionada em processo concorrencial interno. Este processo visa garantir a seleção da proposta que apresente a melhor relação entre capacidade técnica e razoabilidade de custos. Após a conclusão do processo, a documentação técnica e comercial da parceira será formalmente apresentada à ANTT.

A gestão do projeto será realizada pela equipe da Diretoria de Tecnologia e Inovação da VALE composta por profissionais com experiência consolidada em gestão de projetos de desenvolvimento de sistemas.

O projeto não contempla a participação da concessionária como parte executora, restringindo-se à gestão da execução por parte da entidade responsável, em conformidade com as exigências regulatórias e contratuais estabelecidas pelo poder concedente.

6.2. Identificação da equipe executora

O desenvolvimento da solução contará com uma equipe multidisciplinar composta por profissionais com experiência comprovada nas áreas de tecnologia e desenvolvimento de sistemas, atendendo às exigências do §4º do art. 10 da Resolução ANTT nº 6.021/2023.

A equipe VALE S.A. será responsável pela coordenação e gestão geral do projeto. A empresa contratada atuará como parceira tecnológica, prestando serviço especializado de desenvolvimento.

Equipe Executora

- Ralf Filho– Analista de Tecnologia da Informação Sênior (VALE S.A.) – CPF: [139.933.107-80] Função no projeto: Coordenação e Gestão Geral do projeto.
- Equipe desenvolvedora do sistema será definida após a contratação do fornecedor.

7. PRODUTOS

- Plataforma digital de monitoramento e gestão de faixa de domínio, com recurso de integração com o SAFF (concessionária)

Plataforma implementada e configurada para armazenamento, processamento, análise e visualização integrada de dados geoespaciais (vetoriais, matriciais, tabulares), imagens e demais artefatos operacionais, incluindo painéis (dashboards), consultas e relatórios gerenciais, controles de acesso e perfis de usuário, e a capacidade de geração e gestão de alertas. Essa plataforma consolida o ciclo operacional de monitoramento contínuo e viabiliza a rastreabilidade das ocorrências para subsidiar ações de fiscalização e tomada de decisão.

No que se refere à integração institucional, será entregue o recurso de integração com o SAFF, com testes de interoperabilidade, relatório técnico e mecanismo operacional de envio dos dados (incluindo botão de envio, registro de logs, status e histórico), além do controle automatizado do SLA semestral de envio. Esse conjunto garante que os produtos do monitoramento e os alertas qualificados possam ser transmitidos ao sistema corporativo da ANTT conforme padrões definidos, assegurando rastreabilidade, governança e conformidade com as rotinas regulatórias.

- Plataforma digital de monitoramento e gestão de faixa de domínio (ANTT)

Plataforma implementada e configurada para armazenamento, análise e visualização integrada de dados geoespaciais (vetoriais, matriciais, tabulares), imagens e demais artefatos operacionais, incluindo painéis (dashboards), consultas e relatórios gerenciais, controles de acesso e perfis de usuário, e a capacidade de gestão de alertas e instrumentos de apoio à fiscalização. Esta camada institucional permitirá que a ANTT tenha acesso estruturado às informações processadas, garantindo rastreabilidade, governança e uso regulatório dos dados.

- Módulos de detecção automatizada de mudanças por inteligência artificial

No âmbito dos softwares e sistemas, serão entregues os módulos de detecção automatizada de mudanças por inteligência artificial, responsáveis por analisar e correlacionar múltiplas fontes de dados (imagens de satélite e drone, e, quando aplicável, câmeras embarcadas), identificar princípios de construção irregular e gerar alertas qualificados após validação por analistas, incluindo campos mínimos obrigatórios (coordenadas, tipologia da ocorrência, data/hora, imagens comparativas antes/depois, criticidade, trecho ferroviário e data estimada). O principal benefício é reduzir tempo de detecção e aumentar consistência e padronização das análises, ampliando a capacidade de fiscalização em grandes extensões territoriais.

- **Modelo Digital da faixa de domínio EFC e EFVM**

Como produto operacional estruturante, será entregue o Modelo Digital das faixas de domínio (EFC e EFVM), entendido como uma representação digital dinâmica e atualizada da faixa ferroviária monitorada, integrando o baseline geoespacial, as imagens periódicas e os resultados dos algoritmos de IA permitindo consulta histórica, visualização integrada e acompanhamento do status dos alertas. O modelo digital eleva a eficiência ao correlacionar diferentes fontes de evidência e apoiar a identificação precoce de irregularidades.

- **Documentação técnica completa e replicável**

Para projetos que envolvem o desenvolvimento de sistemas, softwares, ferramentas e infraestrutura tecnológica, o produto deverá ser acompanhado de documentação completa e replicável, com instruções e especificações necessárias para que terceiros (por exemplo, equipes de TI de outras concessionárias) possam reproduzir, implantar e operar a solução sem dependência do fornecedor original.

Essa documentação inclui, no mínimo, guia de requisitos de infraestrutura, guia de instalação passo a passo, guia de configuração da integração com o SAFF, guia de integração com a plataforma digital de monitoramento e gestão de faixa de domínio ANTT, manual do usuário, manual do administrador, guia de atualização, guia de resolução de problemas (troubleshooting) e dicionário de dados (incluindo modelo de alertas e pacotes enviados ao SAFF), em formatos digitais editáveis e versionados.

- **Código-fonte aberto**

Em linha com o modelo de distribuição previsto, ao final do projeto o código-fonte aberto será disponibilizado às concessionárias ferroviárias sob jurisdição da ANTT, viabilizando implantação independente em suas infraestruturas.

- **Capacitação e treinamento**

Será disponibilizado um programa estruturado de capacitação para equipes da ANTT e da concessionária, contemplando 4 (quatro) sessões de treinamento, com abordagem teórica e prática, incluindo operação da plataforma, interpretação de dados geoespaciais, análise de alertas e uso de dashboards.

Como evidências, serão entregues materiais didáticos (apostilas, tutoriais e manuais), registros de presença e relatório de avaliação da capacitação, assegurando a transferência de conhecimento e a plena utilização da solução.

- **Publicações técnico-científicas**

O projeto prevê a geração de conhecimento técnico aplicável, com expectativa de desenvolvimento de publicações técnico-científicas e relatórios aplicados sobre temas como detecção automatizada de mudanças em infraestrutura linear, correlação multi-sensor (satélite/drone/câmeras) para identificação de irregularidades, métricas de acurácia e redução de falsos positivos em visão computacional, e estratégias de governança e interoperabilidade para integração regulatória. Essas publicações podem ser materializadas como relatórios técnicos, artigos aplicados e apresentações em fóruns especializados, reforçando a disseminação de boas práticas e a inovação no setor ferroviário.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / NORMATIVOS APLICÁVEIS

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Resolução nº 6.021, de 20 de julho de 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Portaria nº 17, de 06 de dezembro de 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Deliberação nº 28, de 30 de janeiro de 2026.

9. ANEXOS DO PLANO DE TRABALHO

I - Resumo do Plano de Trabalho;

II - Cronograma físico-financeiro;

III - Propostas técnicas e comerciais;

IV - Cotações comerciais;

V - Currículo do coordenador;

VI - Orçamento analítico previsto;

VII - Lista de bens, produtos e estudos com previsão de transferência;

VIII - Declaração de observância ao disposto na Resolução nº 6.021, de 2023, e na Portaria nº 17, de 2023.