



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 1

PROJETO FUNCIONAL FERROVIÁRIO: LIGAÇÃO REGIONAL SANTOS –

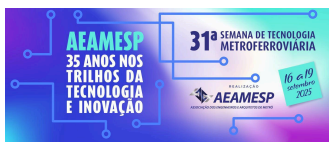
CAJATI¹

SOBRE OS AUTORES

Cesar Massao Tamaru - Engenheiro com MBA em Gestão de Projetos, trabalha na CPTM desde 2013, com atuação nas áreas de Gestão de Território, Projetos de Via Permanente e Serviços Preliminares. Atualmente, Assessor Executivo na Assessoria de Desenvolvimento e Expansão de Transporte. Experiência em usucapião, reintegração de posse, regularização fundiária e manutenção da faixa de domínio. Atuação em projetos de via permanente, fiscalização de serviços e aplicação de metodologias como Lean Office em projetos funcionais.

Fábio Takayama Garrafoli - Arquiteto e Urbanista pela FAUUSP, cursando o Master of Urban Administration and Planning (em andamento) – Universidade de Seul (Coreia do Sul), com especializações em Gestão da Mobilidade Urbana – Insper, Comprehensive Urban Transportation Planning – JICA (Japão), e, Geografia, Cidade e Arquitetura da América Latina – Escola da Cidade. Na CPTM desde 2013, atuando na Gerência Adm., no Dep. de Projetos de Edificações, no Planejamento da Mobilidade e Pesquisa, no Comitê de Inovação e, atualmente, dedica-se à Assessoria de Desenvolvimento e Expansão do Transporte.

¹ Artigo vencedor na Categoria 1 do 12º Prêmio Tecnologia & Desenvolvimento Metroferroviários



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



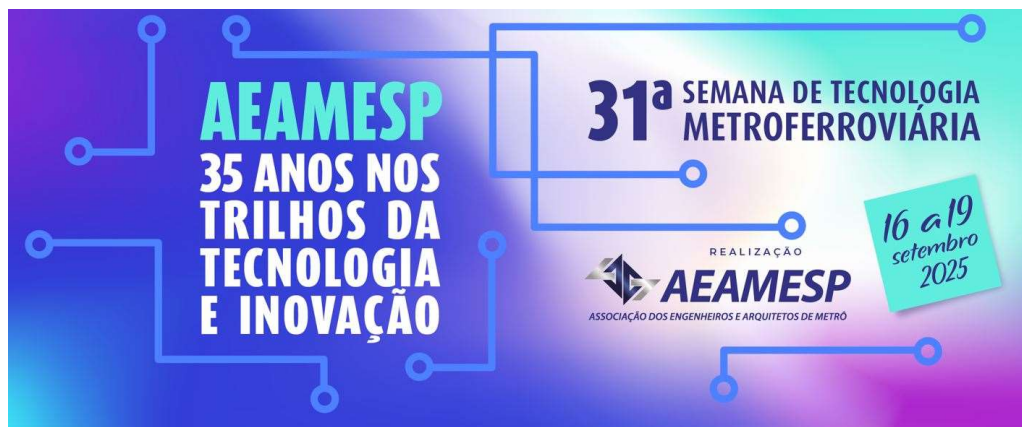
31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Fabio Augusto Medina - Engenheiro de Produção com MBI em Tecnologias Ferroviárias, MBA em Gestão da Produção e Operações. É engenheiro na CPTM desde dez/2012, com atuação na área de Engenharia de Operação e, atualmente, como Assessor Executivo na Assessoria de Desenvolvimento e Expansão de Transporte. Experiência em análises operacionais, documentos técnicos, implantação de indicadores, planos de contingência, metodologias como AHP e Lean Office e elaboração de Projetos Funcionais. Tem atuação como instrutor e facilitador em treinamentos técnicos e projetos.

Rafael Bruno Falavinha - Engenheiro de Produção Mecânica, com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e MBA em Gerenciamento de Projetos. Profissional com mais de 22 anos de experiência na CPTM, com atuação em manutenção mecanizada de via permanente, engenharia de operação e, atualmente, como Assessor Executivo na Assessoria de Desenvolvimento e Expansão de Transporte. Experiência em manutenção mecanizada de via permanente, análises e estudos operacionais, documentos técnicos, elaboração de projetos funcionais e capacitação técnica nas áreas de manutenção e operação.

Fabio Tadeu de Oliveira Marcondes - Engenheiro civil, pós-graduado em Gestão de projetos e Gestão de Negócios. Possui uma vasta experiência, cobrindo o período de 2004 a 2025, concentrada em planejamento, gestão de contratos e liderança no setor de transportes metropolitanos. Sua trajetória inclui diversos cargos de liderança na Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), e atualmente como Chefe da Assessoria de Desenvolvimento e Expansão de Transporte. Sua experiência se estende à Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP) onde foi Assessor da Presidência e anteriormente, serviu no Exército Brasileiro como Oficial de Intendência.

Rodrigo Sartoratto de Alencar - Engenheiro Eletricista com pós-graduação em Planejamento e Operação de Transporte e Inteligência Artificial para Negócios. Trabalha na CPTM desde 1998 e atualmente como coordenador do Núcleo de Planejamento e Análise na Assessoria de Expansão e Desenvolvimento de Transporte na CPTM, com passagens pela São Paulo Transportes S.A. – SPTrans e Secretaria de Transportes Metropolitanos do estado de São Paulo – STM, todas nas áreas de planejamento e gestão de transportes. Sólida experiência em planejamento de transportes, liderando a realização de pesquisa origem-destino, projeções de demanda em modelo quatro etapas, análise estatística de dados sobre mobilidade urbana, estudos estratégicos em logística de transportes e gestão de equipes multidisciplinares.



CATEGORIA 1

PROJETO FUNCIONAL FERROVIÁRIO: LIGAÇÃO REGIONAL SANTOS – CAJATI

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise técnica e a definição das diretrizes de traçado ferroviário para o desenvolvimento do Projeto Funcional da Ligação Regional Santos–Cajati (CPTM RT P3.1, 2025), inserida no conjunto de empreendimentos regionais atualmente em estudo no âmbito do planejamento da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM).

No contexto das políticas públicas estaduais, destaca-se o Programa SP nos Trilhos, instituído pelo Decreto nº 68.566, de 29 de maio de 2024, cujo objetivo é promover a reativação e expansão da infraestrutura ferroviária no Estado de São Paulo, com foco na mobilidade



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

regional, sustentabilidade logística e valorização de ativos públicos. Nesse escopo, a CPTM atua como ente técnico estruturador, responsável pela elaboração de estudos que subsidiem a implementação de novas ligações ferroviárias regionais e a requalificação de trechos ociosos ou desativados. O projeto funcional da ligação Santos–Cajati insere-se como uma das principais iniciativas estratégicas vinculadas ao programa, reforçando o papel da CPTM como promotora da integração territorial e do desenvolvimento socioeconômico por meio da ferrovia.

Considerando-se os principais aspectos econômicos, ambientais, sociais, urbanos, funcionais e técnicos inerentes a projetos de infraestrutura de transporte sobre trilhos, a estratégia geral e as diretrizes que orientam este empreendimento fundamentam-se na implantação de uma rede integrada de serviços ferroviários regionais voltada à logística, mobilidade e turismo. Essa abordagem multisserviços visa promover o desenvolvimento econômico e social da região de forma estruturada, por meio da melhoria dos tempos e das condições de deslocamento de pessoas e mercadorias.

Adicionalmente, busca-se fomentar o uso do transporte ferroviário em razão de seu elevado desempenho em termos de capacidade, eficiência operacional e energética, regularidade, segurança e confiabilidade, bem como por seu potencial de dinamização econômica e revitalização urbana, especialmente nas áreas de influência de estações e terminais. A integração com outros modos de transporte (intermodalidade) é considerada uma medida estratégica para ampliar a acessibilidade, reduzir desigualdades socioespaciais e promover melhorias na qualidade de vida da população do Estado.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A expansão da malha ferroviária ativa também é vista como uma ação relevante para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de outros poluentes, contribuindo para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas (CPTM RT P1.2, 2025). Por fim, o empreendimento visa impulsionar diversos setores industriais – como os de componentes, sistemas, construção civil, serviços e turismo – por meio dos efeitos multiplicadores gerados pela implantação da infraestrutura, atraindo investimentos e gerando oportunidades de negócios, empregos e renda ao longo de vetores regionais estratégicos.

A ligação Santos-Cajati possui algumas singularidades que devem ser destacadas: Percorrendo 13 municípios¹ das regiões da Baixada Santista e do Vale do Ribeira ao longo de aproximadamente 230,1 km (extensão total do traçado funcional inicialmente proposto) (CPTM RT P3.1, 2025), segundo dados do IBGE (2022), sua reativação possui o potencial de beneficiar diretamente 1.508.308 pessoas, número equivalente a aproximadamente 3,4% da população estadual, sendo superior às populações de Guarulhos (1.291.771), segunda cidade mais populosa do estado, ou a de Campinas (1.139.047), cidade mais populosa do interior paulista.

Outro aspecto relevante é o fato deste trecho já ter operado com sucesso diversos padrões de serviços: carga, metropolitano (Trem Intrametropolitano – TIM – entre os anos 1990 e 1999), regional (Expresso Ouro Branco que ligava a capital até Peruíbe) e turístico (Trem do Pettená) (GIESBRECHT, 2025). Este histórico gera precedentes positivos junto ao modelo de

¹ Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Itariri, Pedro de Toledo, Miracatu, Juquiá, Registro, Jacupiranga e Cajati.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

negócio multisserviços, uma vez que demonstra que há viabilidade, atratividade e flexibilidade do ramal em atender diferentes demandas de transporte. Essa experiência acumulada pode ser aproveitada para otimizar a operação e a gestão desta ligação, garantindo eficiência e qualidade nos serviços prestados (CPTM RT P1.2, 2025).

O estudo de traçado priorizou, sempre que tecnicamente viável, a utilização da faixa ferroviária existente, com o objetivo de otimizar recursos e minimizar impactos socioambientais. No entanto, foram consideradas desapropriações estratégicas quando necessárias para atender aos requisitos operacionais, de segurança e acessibilidade do sistema (CPTM RT P3.1, 2025). O traçado também contempla a implantação de obras de arte especiais (OAEs), como pontes, túneis e viadutos, nos trechos em que as condições topográficas e urbanas exigem soluções de engenharia mais complexas. Trechos em via elevada foram considerados nas regiões de urbanização mais densa e consolidada, com o intuito de reduzir impactos urbanos, aumentar a segurança – evitando conflitos com a circulação de pedestres e veículos –, garantir maior resiliência operacional frente a eventos como enchentes, e ampliar o aproveitamento dos espaços urbanos uma vez que as áreas sob as estruturas elevadas poderão ser requalificadas para uso público (ciclovias, áreas de convivência ou empreendimento associados), contribuindo para a valorização do entorno e a melhoria da qualidade de vida da população.

Neste estudo, foi utilizada a metodologia de Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar o melhor traçado ferroviário, considerando múltiplos



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

fatores técnicos, ambientais, econômicos e sociais, com o objetivo de fundamentar a escolha mais adequada entre diferentes alternativas de implantação.

DIAGNÓSTICO

FUNDAMENTAÇÃO

O desenvolvimento de projetos funcionais ferroviários demanda a articulação entre fundamentos conceituais, referenciais normativos e diretrizes institucionais, visando garantir a consistência técnica e a viabilidade dos empreendimentos no contexto da mobilidade e logística regional. A proposta de ligação ferroviária entre Santos e Cajati insere-se nesse escopo, sendo estruturada com base em premissas operacionais consolidadas, alinhamento a normas nacionais e aplicação de metodologias de análise multicritério.

O conceito de projeto funcional ferroviário, conforme orienta a ISF 227 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), corresponde à fase intermediária entre os estudos de viabilidade e o projeto básico. Seu objetivo é estabelecer as condições técnicas e operacionais do empreendimento, incluindo: definição preliminar do traçado, estimativa de demanda, hierarquia de estações, soluções de integração modal, estimativas de CAPEX e alternativas tecnológicas. A ISF 205 complementa esse entendimento ao definir os parâmetros para os estudos de traçado, abordando aspectos topográficos, ambientais, funcionais e de compatibilidade territorial.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A proposta analisada adota como diretrizes estruturantes cinco premissas institucionais estabelecidas no âmbito dos Projetos de desenvolvimento e expansão da CPTM, a saber: interoperabilidade; padrão CAVA (Carga de Alto Valor Agregado); reutilização de infraestrutura existente; alta e média capacidade; e desenvolvimento sustentável. Tais princípios estão alinhados às recomendações ao Cadernos Técnicos de Viabilidade da ANPTrilhos (2020), além de observarem padrões geométricos e operacionais previstos nos Relatórios Técnicos internos da CPTM.

O projeto se caracteriza ainda como "yellowfield", tipologia que define iniciativas que reaproveitam ativos subutilizados, com potencial de reativação e modernização. Esse enquadramento exige soluções de engenharia adaptativa e uma gestão integrada de riscos técnicos, fundiários e regulatórios.

Para apoiar tecnicamente a tomada de decisão, foram estruturados dois modelos complementares com base na metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process), conforme proposta por Saaty (2012). O primeiro modelo destinou-se à seleção do traçado ferroviário mais vantajoso, considerando múltiplos critérios técnicos, territoriais, ambientais e econômicos (CPTM RT P3.1, 2025). O segundo modelo teve como foco a hierarquização de tecnologias de material rodante autopropulsado, considerando critérios como desempenho energético, viabilidade técnica, aspectos ambientais e adequação operacional (CPTM RT P6.1, 2025). Ambos os modelos foram operacionalizados com o uso da ferramenta SuperDecisions, que permitiu a aplicação estruturada dos pares comparativos e o cálculo dos vetores de prioridade. A aplicação da AHP conferiu robustez ao processo de seleção, com destaque para



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

a integração de diferentes pontos de vista técnicos e operacionais na definição das diretrizes do projeto funcional. Neste artigo, apresenta-se com maior profundidade o modelo voltado à seleção do traçado ferroviário, embora o processo de análise para o material rodante tenha seguido estrutura metodológica análoga. Essa abordagem multicritério permitiu hierarquizar as opções de forma transparente, com base em critérios técnicos, econômicos, operacionais, ambientais e territoriais, reforçando a robustez do processo decisório.

Por fim, salienta-se que o levantamento aerofotogramétrico do trecho em estudo foi contratado, para permitir maior detalhamento das alternativas selecionadas, consolidando as bases técnicas para os projetos subsequentes.

CARACTERIZAÇÃO DO TRAÇADO PRELIMINAR

Atualmente, a faixa ferroviária que conecta essas regiões possui aproximadamente 230,1 km de extensão, sendo que 6,7 km estão em operação sob gestão do consórcio da BR Mobilidade (VLT Baixada Santista) e o restante da faixa ferroviária encontra-se desativado, necessitando requalificação e ajustes no traçado para viabilizar um serviço ferroviário eficiente (CPTM RT P3.1, 2025).

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

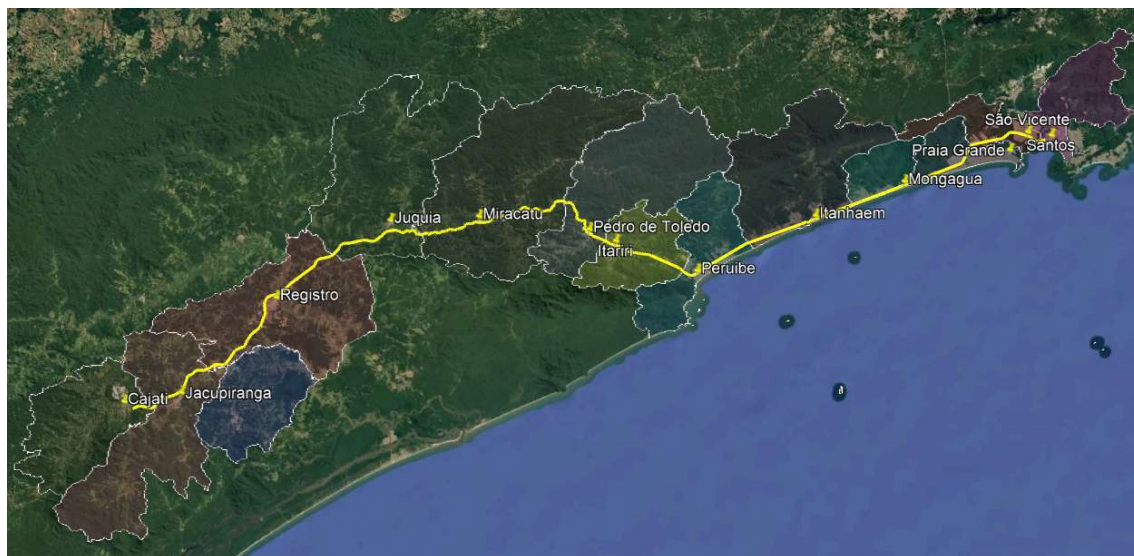


Figura 1 – Mapa do traçado existente. Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

CARACTERIZAÇÃO DO TRAÇADO PROPOSTO

O grande desafio do projeto é implantar uma ferrovia, conectando grandes áreas urbanas e densamente povoadas, utilizando o máximo da faixa ferroviária existente, sem diminuir a eficiência do transporte de passageiros de média velocidade e com menor impacto ambiental.

Entre os parâmetros técnicos adotados para o projeto, conforme o Relatório Técnico CPTM 3.1 (2025) destacam-se: a utilização de bitola larga (1.600 mm); espaçamento entre eixos de vias paralelas de 4,00 metros, conforme especificações operacionais para ferrovias de média velocidade; recomendado raios mínimos de curva de 1.000 metros na geometria horizontal e 500 metros na vertical; e declividades máximas de até 3% nas vias principais, visando evitar esforços excessivos nos sistemas de tração e frenagem. Nas áreas de estações e pátios, foi adotada declividade nula (0%), garantindo maior estabilidade e segurança nas operações de embarque e desembarque. Esses parâmetros permitem a operação de trens de média



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

velocidade – até 160 km/h – em conformidade com padrões internacionais de segurança, desempenho e eficiência.

Quanto a alimentação elétrica, o Projeto Funcional foi concebido sem a previsão inicial de rede aérea, porém contempla a reserva de gabarito adequado para futura eletrificação, evitando a necessidade de intervenções estruturais significativas em fases posteriores (CPTM RT P3.1, 2025). O limite de carga por eixo foi estabelecido em 22.500 kgf, assegurando compatibilidade com a resistência da superestrutura ferroviária existente e projetada (CPTM RT P3.1, 2025). Essa especificação visa garantir operações seguras e eficientes, além de contribuir para a durabilidade da infraestrutura ao reduzir o desgaste prematuro dos componentes da via permanente.

Com relação a localização das estações e infraestrutura ferroviária as principais características são: utilização das áreas das antigas estações e complexos de manutenção, integração com o transporte público e outros modais, acessibilidade e menor impacto ambiental.

METODOLOGIA

Segmentação do Traçado

Para facilitar a análise, o traçado de 230,1 km foi segmentado em quatro trechos principais:

Trecho A (Santos - Praia Grande), **Trecho B** (Mongaguá - Peruíbe), **Trecho C** (Itariri - Juquiá) e **Trecho D** (Registro - Cajati) (CPTM RT P3.1, 2025). O desenvolvimento do projeto foi norteado por um conjunto de critérios que asseguram a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental, muitas vezes conflitantes entre si.

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 2 - Traçado do Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Baixada Santista e Cajati com a Segmentação por Trechos. Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

TRECHO A: Santos-Praia Grande



Figura 3 - Traçado do Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Baixada Santista e Cajati – Trecho A e Alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

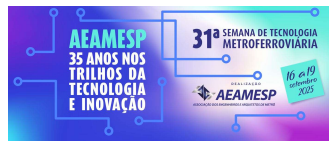


31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

No município de Santos, foram identificados dois pontos para implantação da estação Santos: um no bairro Valongo e outro no bairro José Menino. Na alternativa 1A (bairro Valongo), tornou-se a mais atrativa pela proximidade ao centro histórico de Santos e a possibilidade de conexão com o VLT da Baixada Santista, futuro Trem Intercidades (TIC) Eixo Sul e ao porto de Santos – implantação de terminal Intermodal (CPTM RT P3.1, 2025). As alternativas 2A e 3A (bairro José Menino) são atrativas por estarem mais próximas da Zona da Orla. Nas 3 alternativas haverá desapropriações, reassentamentos de comunidades e construções de obras de artes especiais (OAE). Porém nas alternativas 2A e 3A temos uma interferência mais significativa com o Morro Santa Teresinha, logo na saída da estação, com isso a necessidade de construção de um novo túnel para transpor o Morro dificulta a escolha dessas alternativas (CPTM RT P3.1, 2025). Nas 3 alternativas quase 90% serão com estrutura elevada para minimizar impactos urbanos (interferências com residências e áreas densamente povoadas), impactos na mobilidade urbana (viários e passagens de pedestres) e interferências com a infraestrutura operacional do VLT da Baixada (CPTM RT P3.1, 2025).

Tabela 1 – Resumo das características do trecho A. Fonte: Elaborado pelo autor

DESCRIÇÃO	ALTERNATIVA 1A	ALTERNATIVA 2A	ALTERNATIVA 3A
Extensão	35 km	32 km	32 km
Trecho em elevado	89 %	88 %	100 %



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

TRECHO B: Mongaguá-Peruíbe

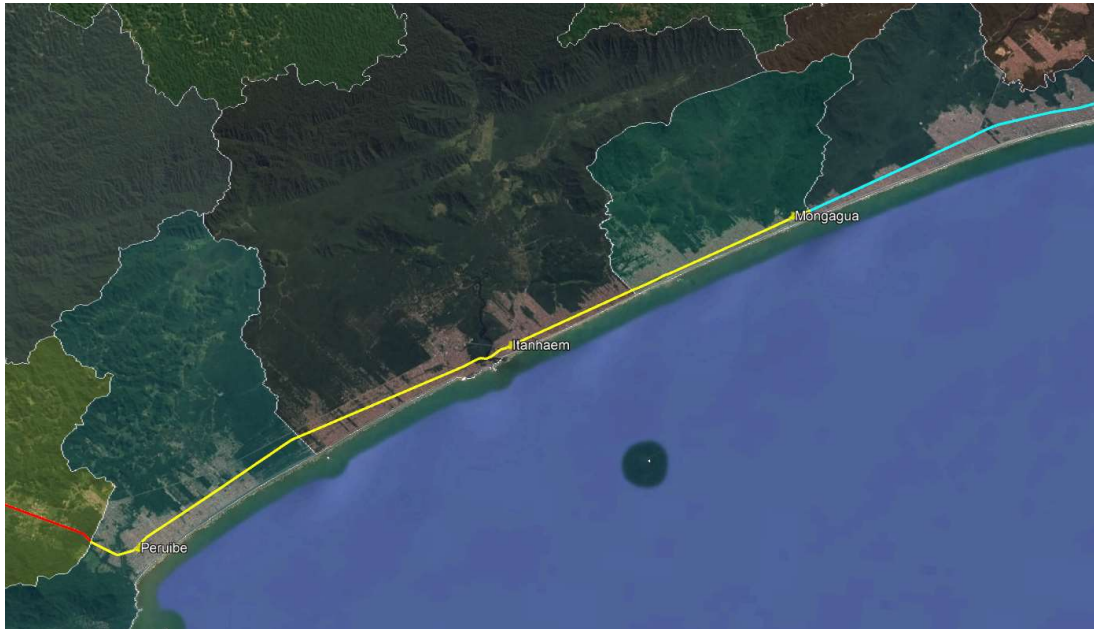
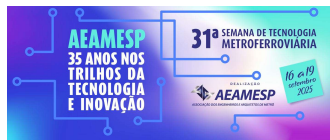


Figura 4 - Traçado do Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Baixada Santista e Cajati – Trecho B. Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

O traçado ferroviário com extensão de 51,2 km seguirá a faixa ferroviária existente e será implantado em estrutura elevada para minimizar impactos urbanos (interferências com residências e áreas densamente povoadas) e impactos na mobilidade urbana (viários e passagens de pedestres) (CPTM RT P3.1, 2025).



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

TRECHO C: Itariri – Juquiá



Figura 5 - Traçado do Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Baixada Santista e Cajati – Trecho C e Alternativas Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

Neste trecho temos 2 alternativas: alternativa 1C que segue a faixa ferroviária existente em nível com 87,3 km de extensão, onde a faixa segue as margens do Rio Guanhanha, Rio São Lourencinho e Rio Juquiá, com isso boa parte do traçado estará em Áreas de Preservação Permanente (APP) (CPTM RT P3.1, 2025). Outro ponto importante é que, margeando os rios, o traçado segue geometria mais sinuosa e com raios pequenos que poderão interferir desfavoravelmente no desempenho operacional do trem regional de média velocidade.

A alternativa 2C, com 80,3 km de extensão, proposta para minimizar a interferência com o meio ambiente e melhorar o desempenho do trem de média velocidade, boa parte do traçado (62,5%) foi retificado e segue rota contígua às rodovias Padre Manoel da Nóbrega (SP-55) e Régis Bittencourt (BR-116) (CPTM RT P3.1, 2025).

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

TRECHO D: Registro-Cajati

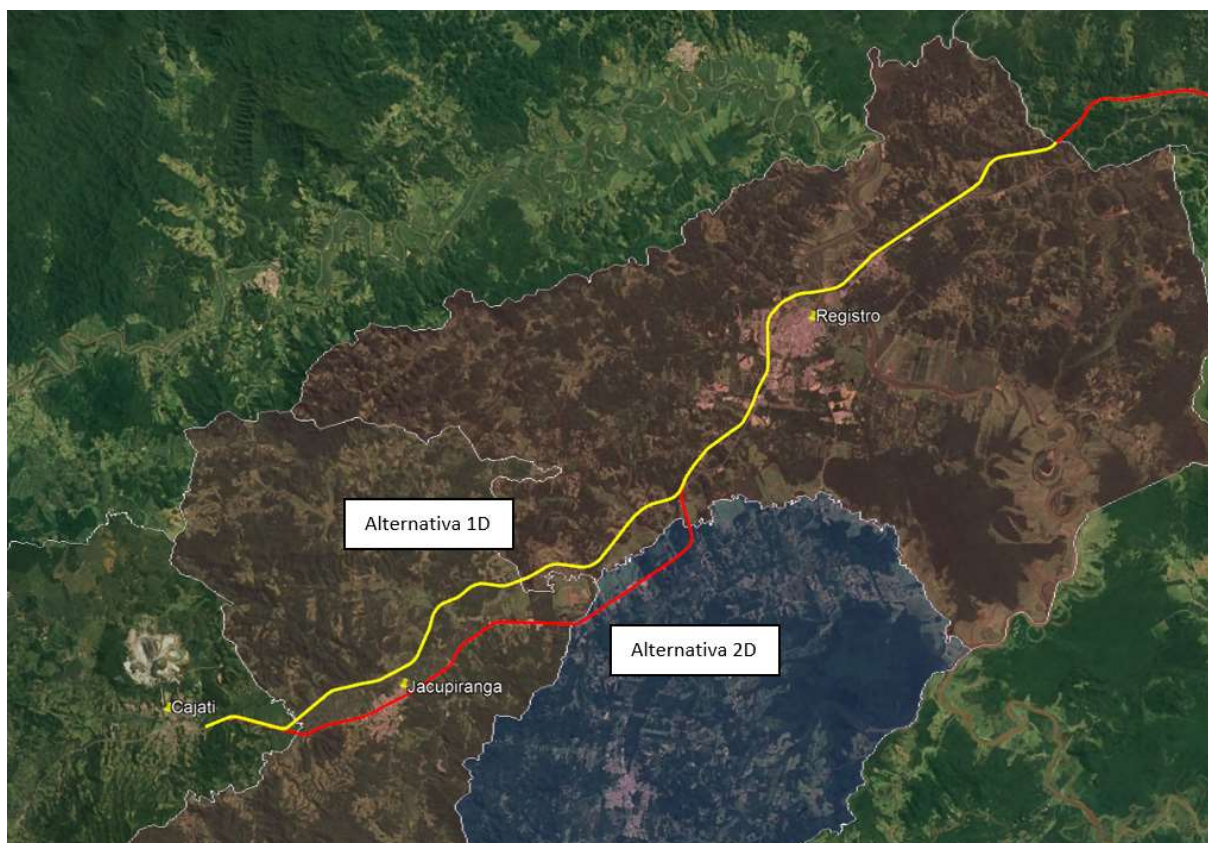


Figura 6 - Traçado do Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Baixada Santista e Cajati – Trecho D e Alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base em imagem do Google Earth (2025).

Neste trecho final contamos com 2 alternativas: a alternativa 1D com 57,1 km de extensão em nível, segue majoritariamente a faixa ferroviária existente (89,5%) e a alternativa 2D com 58,6 km de extensão com 53,2% lindeiros à rodovia BR-116 (CPTM RT P3.1, 2025). Nas 2 alternativas haverá interferências com o meio urbano e implantação de OAEs.

Abordagem Multicritério

A metodologia escolhida para avaliação e escolha das alternativas de traçado ferroviário foi o Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process - AHP), desenvolvido na década

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

de 1970 pelo Prof. Dr. Thomas L. Saaty (SAATY; VARGAS, 2012). O AHP fundamenta-se na decomposição dos critérios envolvidos em níveis hierárquicos e na síntese das relações entre eles (Figura 7), permitindo a priorização dos indicadores com base em julgamentos comparativos. Essa abordagem possibilita a obtenção de uma medida única de desempenho, orientando a tomada de decisão de forma estruturada e racional.

Para a operacionalização do modelo AHP, a utilização do software SuperDecisions permitiu a aplicação estruturada das comparações paritárias realizadas pelo corpo técnico e o cálculo dos vetores de prioridade, que resultaram na pontuação final e na hierarquização das alternativas de traçado para cada trecho.

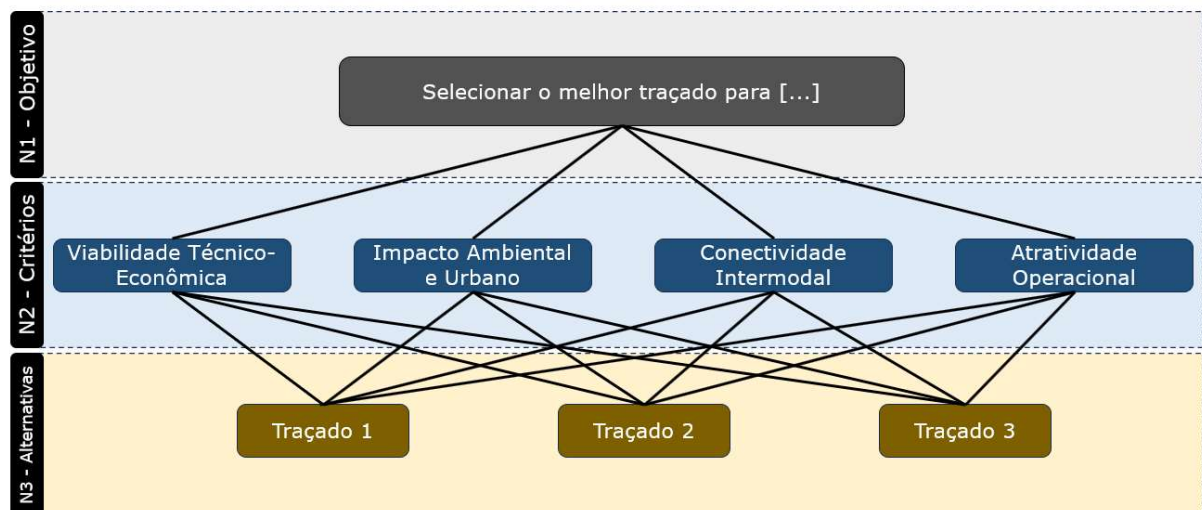


Figura 7 – Abordagem para seleção de traçado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A aplicação de uma metodologia estruturada como o AHP é de fundamental importância em projetos de infraestrutura desta magnitude. Ela confere um caráter de objetividade e rastreabilidade ao processo decisório, permitindo justificar as escolhas técnicas de forma robusta perante órgãos reguladores, a sociedade e demais partes interessadas. Ao invés de



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

uma análise puramente baseada em custos, o AHP viabiliza a incorporação formal de fatores qualitativos, como impacto ambiental, conectividade e atratividade, garantindo que a solução final represente o melhor balanço entre todas as variáveis pertinentes ao projeto.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para avaliação dos critérios foram convidados gestores, analistas e técnicos da CPTM com ampla experiência de atuação nas áreas de planejamento, engenharia e operação ferroviária, além de especialistas em meio ambiente. A participação desse corpo técnico qualificado assegurou a consistência dos julgamentos e a representatividade das diferentes dimensões envolvidas no projeto, contribuindo para uma análise multicritério robusta e alinhada às diretrizes estratégicas do empreendimento.

A estrutura hierárquica foi definida com o objetivo de selecionar o melhor traçado, avaliado segundo quatro critérios principais (CPTM RT P3.1, 2025):

- 1. Viabilidade Técnico-Econômica:** Considera custos de implantação e operação (CAPEX/OPEX), eficiência técnica e análises de topografia e geotecnia.
- 2. Impacto Ambiental e Urbano:** Avalia a interferência em ecossistemas, recursos hídricos, além de desapropriações e impactos em comunidades.
- 3. Conectividade Intermodal:** Prioriza a integração com outros modais, como o VLT Baixada Santista, o futuro Trem Intercidades (TIC) Eixo Sul, o Porto e o sistema rodoviário.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

4. Atratividade Operacional: Analisa a capacidade de atrair passageiros e cargas, conectando polos econômicos de forma eficiente.

A importância relativa (peso) de cada critério foi ajustada para cada trecho, refletindo as prioridades locais específicas. Essa ponderação contextualizada evidencia uma aplicação sensível da metodologia, que reconhece como os desafios e oportunidades variam ao longo do corredor. No Trecho A, por exemplo, a viabilidade de execução em uma área urbana complexa e a conectividade com o porto foram priorizadas. Já nos trechos do Vale do Ribeira (C e D), o impacto ambiental em áreas de Mata Atlântica e a viabilidade econômica em terrenos desafiadores adquiriram maior peso.

Trecho A: Santos – Praia Grande

Na primeira etapa de avaliação, a Alternativa 1A — com acesso via Valongo — foi selecionada como a mais vantajosa entre as opções analisadas. Apesar de apresentar maior impacto ambiental devido à travessia de áreas de manguezal, sua superioridade nos critérios de maior peso — Viabilidade Técnico-Econômica (57,8%) e Conectividade Intermodal (23,4%) — foi decisiva para sua escolha (CPTM RT P3.1, 2025). A conexão direta com o Porto de Santos e a futura integração com o TIC Eixo Sul, no bairro do Valongo, conferem à alternativa um valor estratégico elevado.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tabela 2 – Pesos dos critérios para Trecho A. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Crítérios	Pesos
Atratividade Operacional	11,6 %
Conectividade Intermodal	23,4 %
Impacto Ambiental e Urbano	7,2 %
Viabilidade Técnico-Econômica	57,8 %

Como medida de mitigação dos impactos ambientais, o traçado proposto contempla a implantação predominante em via elevada (88,6%), reduzindo interferências diretas sobre áreas sensíveis e contribuindo para a sustentabilidade do projeto.

Tabela 3 – Ranking Final das Alternativas do Trecho A (Santos – Praia Grande). Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Alternativa	Descrição	Pontuação Final (Ideal)	Ranking
1A	Acesso via TIC Santos, VLT / Valongo	1,0000	1º
2A	Acesso via VLT / José Menino (Túnel)	0,2763	2º
3A	Acesso via Ponte sobre o Mar Pequeno / José Menino (Túnel)	0,2433	3º

Apresenta-se, a seguir, a distribuição dos critérios por análise de cada alternativa.

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

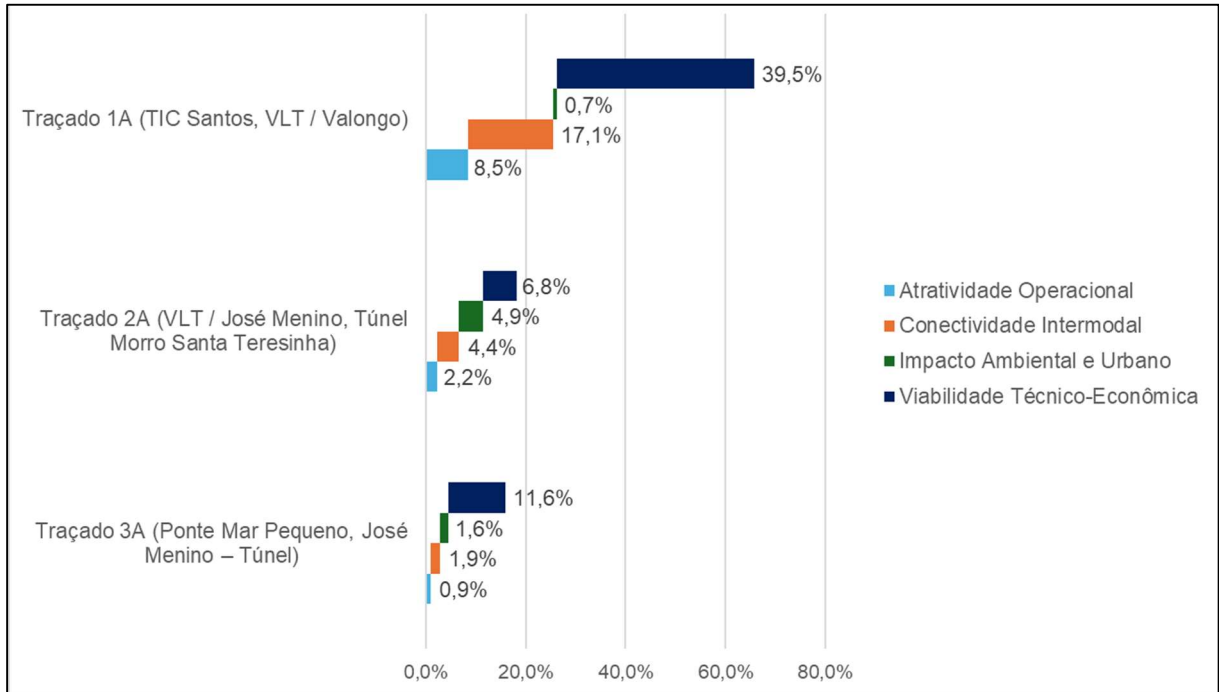


Figura 8 – AHP A - Contribuição dos critérios por alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions.

Trecho C: Itariri – Juquiá

Neste segmento observa-se um aumento significativo no critério de meio ambiente (27%), uma vez que o traçado segue em área de APP, margeando os rios existentes.

Tabela 4 – Pesos dos critérios para Trecho C (Itariri - Juquiá). Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Critérios	Pesos
Atratividade Operacional	12,2 %
Conectividade Intermodal	6,4 %
Impacto Ambiental e Urbano	27,0 %
Viabilidade Técnico-Econômica	54,4 %



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Alternativa 2C – que propõe um traçado parcialmente novo com integração às rodovias – foi selecionada como a solução mais adequada. A escolha refletiu a priorização da eficiência operacional e da mitigação de riscos técnicos e ambientais. O traçado existente (Alternativa 1C), que acompanha margens sinuosas de cursos d’água, foi considerado incompatível com os requisitos de operação em média velocidade, além de apresentar elevada sensibilidade ambiental. A proposta de um novo alinhamento, mais retilíneo e paralelo às rodovias SP-055 e BR-116, mostrou-se tecnicamente mais vantajosa, mesmo com a necessidade de abandono parcial da faixa de domínio atual, ao oferecer melhores condições geométricas e menor vulnerabilidade a interferências naturais (CPTM RT P3.1, 2025).

Tabela 5 – Ranking Final das Alternativas do Trecho C (Itariri – Juquiá). Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Alternativa	Descrição	Pontuação Final (Ideal)	Ranking
2C	Traçado Parcialmente Novo / Integração às Rodovias	1,0000	1º
1C	Uso da Faixa de Domínio Existente	0,4053	2º

Apresenta-se, a seguir, a distribuição dos critérios por análise de cada alternativa.

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

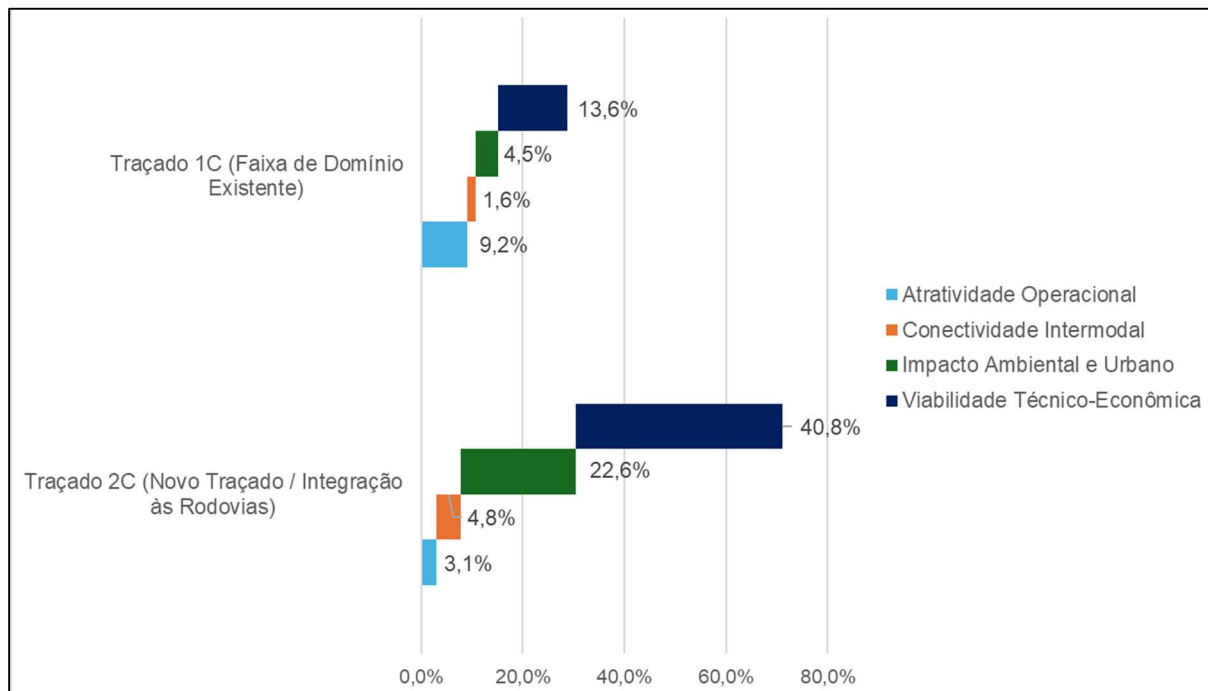


Figura 9 – AHP C - Contribuição dos critérios por alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions.

Trecho D: Registro – Cajati

No trecho final do estudo, a Alternativa 1D – que aproveita a faixa de domínio existente (89,5%) – foi considerada a mais adequada (CPTM RT P3.1, 2025). Neste caso, o alinhamento atual já apresentava geometria mais favorável em comparação ao trecho anterior, permitindo sua reutilização com menores adaptações. O fator decisivo para a escolha foi a maior Viabilidade Técnico-Econômica, critério com peso de 42,4%, em razão dos custos de implantação significativamente inferiores aos da Alternativa 2D, que demandaria a construção de uma extensa estrutura em elevado (CPTM RT P3.1, 2025).



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tabela 6 – Pesos dos critérios para Trecho D (Registro - Cajati). Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Crítérios	Pesos
Atratividade Operacional	16,0 %
Conectividade Intermodal	5,3 %
Impacto Ambiental e Urbano	36,3 %
Viabilidade Técnico-Econômica	42,4 %

Essa decisão evidencia uma abordagem pragmática, na qual o aproveitamento do corredor existente é priorizado sempre que atende aos requisitos técnicos, operacionais e econômicos do projeto.

Tabela 7 – Ranking Final das Alternativas do Trecho D (Registro – Cajati). Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Alternativa	Descrição	Pontuação Final (Ideal)	Ranking
1D	Faixa Existente	1,0000	1º
2D	Paralelo à Rod. Régis Bittencourt	0,4542	2º

Apresenta-se, a seguir, a distribuição dos critérios por análise de cada alternativa.

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

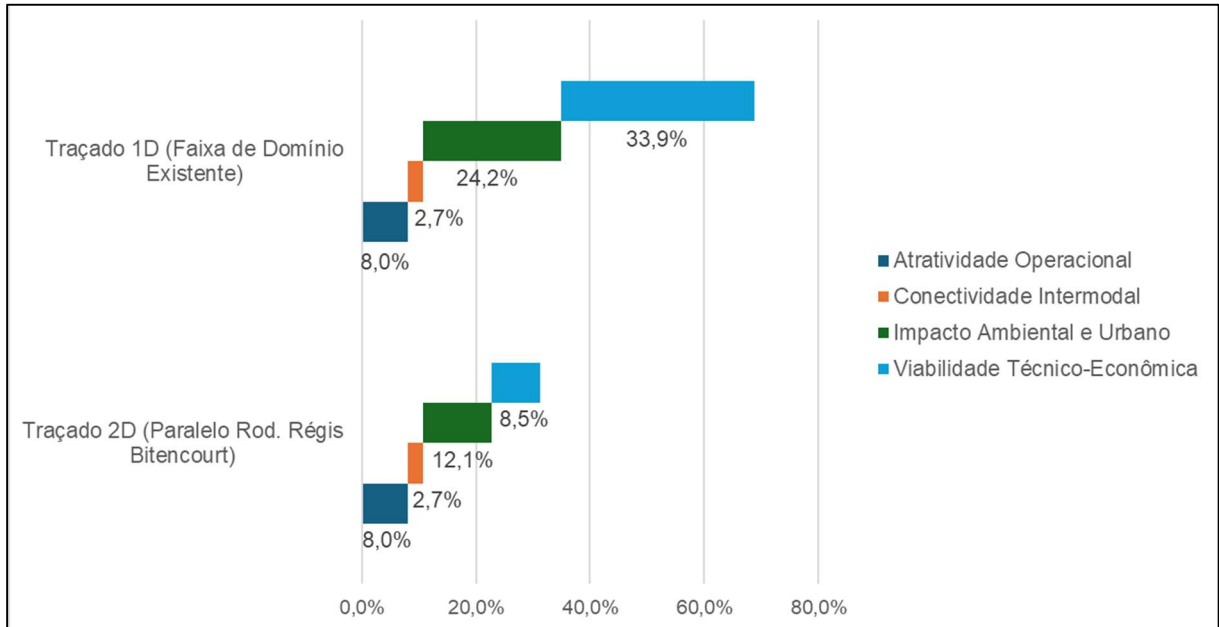


Figura 10 – AHP D - Contribuição dos critérios por alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores, com base na modelagem realizada no software SuperDecisions

Traçado Final Consolidado

A integração das alternativas selecionadas, juntamente com o Trecho B — que segue a faixa de domínio existente em via elevada — resultou em um traçado final com extensão total de 223,6 km², com tempo de viagem estimado em cerca de 150 minutos com uma velocidade média esperada de 90 km/h (CPTM RT P3.1, 2025). A análise dos resultados evidencia que o projeto não se configura como uma linha homogênea, mas sim como a junção de dois corredores com características funcionais distintas:

Corredor Costeiro (Trechos A e B): atravessa a Baixada Santista e se caracteriza como um sistema de transporte urbano e metropolitano. Apresenta infraestrutura predominantemente

² A extensão inicialmente analisada no estudo foi de 230,1 km. Após a aplicação do método AHP para seleção de alternativas, a extensão consolidada do traçado final resultou em 223,6 km. Para fins de transparência, todas as métricas percentuais e absolutas subsequentes passam a referir-se a 223,6 km.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

elevada (109,5 km, equivalente a 49% do traçado total), solução necessária para transpor áreas densamente urbanizadas e ambientalmente sensíveis. A prioridade neste corredor é o transporte de passageiros, com estações próximas entre si e forte integração com outros modos urbanos, como o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).

Corredor Interior (Trechos C e D): localizado no Vale do Ribeira, assume características de ferrovia regional voltada à logística e ao transporte de passageiros de média distância. O traçado é majoritariamente em superfície (114,1 km, ou 51% do total), com retificações estratégicas que garantem eficiência operacional para o transporte de cargas de alto valor agregado (CAVA) e passageiros. O foco está na conexão entre municípios e no suporte à atividade logística, com previsão de implantação de terminais de carga.

Essa concepção híbrida demonstra alto grau de adaptabilidade da engenharia e do modelo de negócio às diferentes realidades territoriais, otimizando os investimentos e ampliando a funcionalidade do sistema ferroviário regional.

Tabela 8: Resumo das Características do Traçado Final Consolidado. Fonte: CPTM.

Descrição	Extensão (km)	Percentual
Extensão total	223,6	100,00 %
Trecho sobre faixa existente	153,5	68,65 %
Trecho fora da faixa existente	70,1	31,35 %
Trecho em elevado	109,5	48,97 %
Trecho em superfície	114,1	51,03 %



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

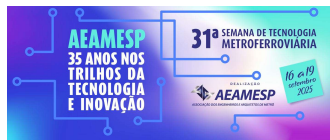
Plano Diretor de Estações e Infraestrutura

O projeto prevê a implantação de 13 estações, sendo uma por município, além de uma rede de infraestruturas de apoio essenciais à operação e manutenção do sistema ferroviário (CPTM RT P3.1, 2025). A disposição dessas estruturas define os principais polos operacionais e logísticos da linha, conforme detalhado na Tabela 9.

Polos Principais:

- Santos (Valongo): Principal polo multimodal do sistema, concentrando a estação terminal de passageiros, terminal logístico intermodal, pátio de estacionamento, posto de abastecimento e a conexão com o futuro Trem Intercidades (TIC) Eixo Sul.
- São Vicente (Samaritá): Núcleo operacional do sistema, abrigando a estação de integração com o VLT, o principal Complexo de Manutenção de trens e o Centro de Controle Operacional (CCO).
- Registro: Polo secundário estratégico no Vale do Ribeira, com estação de passageiros, terminal logístico e base de apoio à manutenção.
- Cajati: Terminal sul da linha, equipado com estação, pátio de estacionamento e posto de abastecimento.

As demais estações – Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Itariri, Pedro de Toledo, Miracatu, Juquiá e Jacupiranga – foram estrategicamente posicionadas para revitalizar áreas centrais, aproveitar estruturas ferroviárias históricas e garantir capilaridade ao sistema. Essas estações têm papel fundamental no atendimento à demanda local, no estímulo ao turismo regional e na dinamização da economia dos municípios atendidos.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

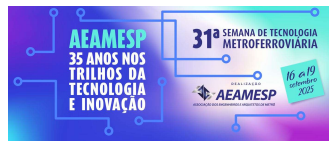
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tabela 9: Relação de Tipos de Estações e Infraestruturas de Apoio Planejadas. Fonte: Elaborado pelos autores

Município	Tipo de Estação	Terminal Logístico	CCO	Complexo / Base de Manutenção	Pátio de Estacionamento	Posto de Abastecimento
Santos	Terminal	X			X	X
São Vicente	Parada Simples / Integração VLT		X	X (Complexo)		
Praia Grande	Parada Simples					
Mongaguá	Parada Simples					
Itanhaém	Parada Simples					
Peruíbe	Terminal / Integração					
Itariri	Parada Simples					
Pedro de Toledo	Parada Simples					
Miracatu	Parada Simples					
Juquiá	Parada Simples					
Registro	Parada Simples	X		X (Base)		
Jacupiranga	Parada Simples					
Cajati	Terminal				X	X

PLANO OPERACIONAL PRELIMINAR

No estágio atual de desenvolvimento, o projeto funcional da ligação Santos–Cajati contempla uma estrutura preliminar de operação, com base em três loops operacionais principais,



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

estruturados de acordo com os volumes estimados de demanda, as características geográficas da linha e os objetivos de conectividade regional:

1) Serviço Expresso Santos–Cajati

Operação com paradas restritas a estações principais e estratégicas. Estão previstas partidas simultâneas nos extremos em dois períodos por dia:

- Pico manhã: 7h30
- Pico tarde: 17h
- Tempo médio estimado de percurso: 136 minutos, com velocidade operacional média de 98 km/h.

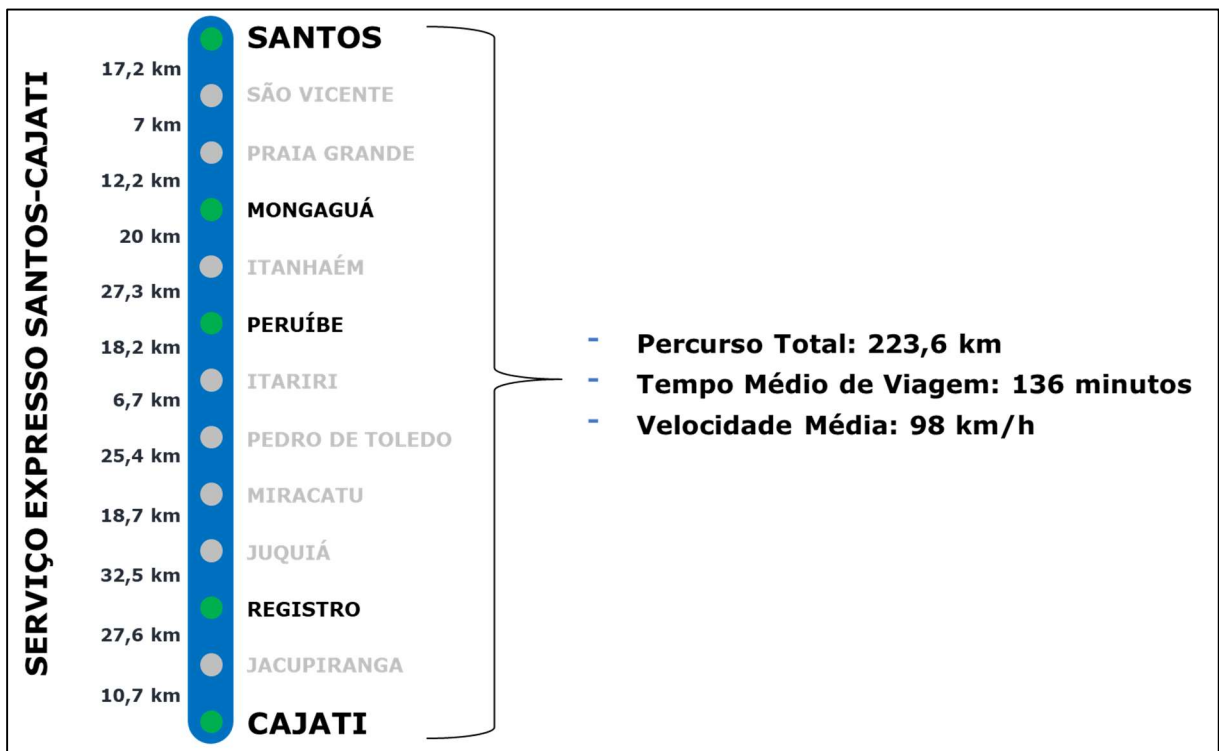
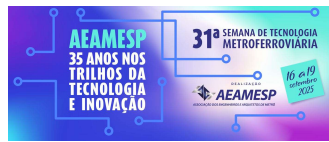


Figura 11 – Serviço Expresso Santos-Cajati - Dados Operacionais. Fonte: Elaborado pelos autores



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS

CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2) Serviço Parador Santos–Peruíbe

Operação com atendimento a todas as estações do trecho de maior demanda. A oferta é segmentada por faixa horária e intensidade da demanda:

- Pico manhã: intervalos entre trens de 1h a 1h30 (3 viagens/sentido em alta demanda)
- Vale manhã/tarde e pico tarde: intervalos entre trens de 1h a 2h
- Vale noite: 1 viagem/sentido às 22h
- Tempo médio estimado de percurso: 50 minutos, com velocidade média de 100 km/h.

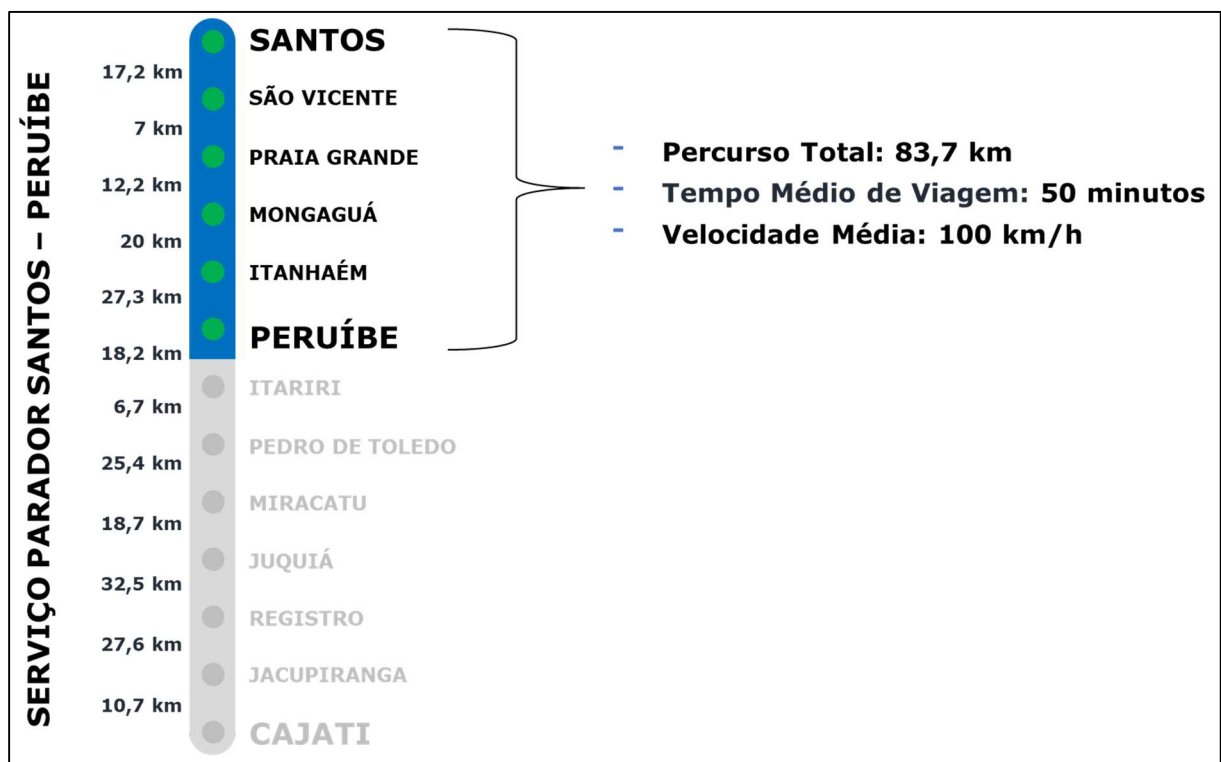
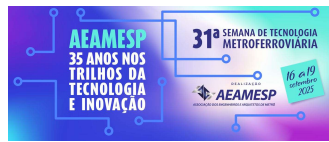


Figura 12 – Serviço Parador Santos-Peruíbe - Dados Operacionais. Fonte: Elaborado pelos autores

3) Serviço Parador Peruíbe–Cajati

Operação em região de menor densidade populacional, com menor frequência:



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Pico manhã: 3 viagens/sentido (intervalo entre trens de 2h)
- Vale manhã/tarde: 2 viagens/sentido
- Pico tarde e noite: intervalos entre trens de até 2h
- Tempo médio estimado de percurso: 100 minutos, com velocidade média de 83 km/h.

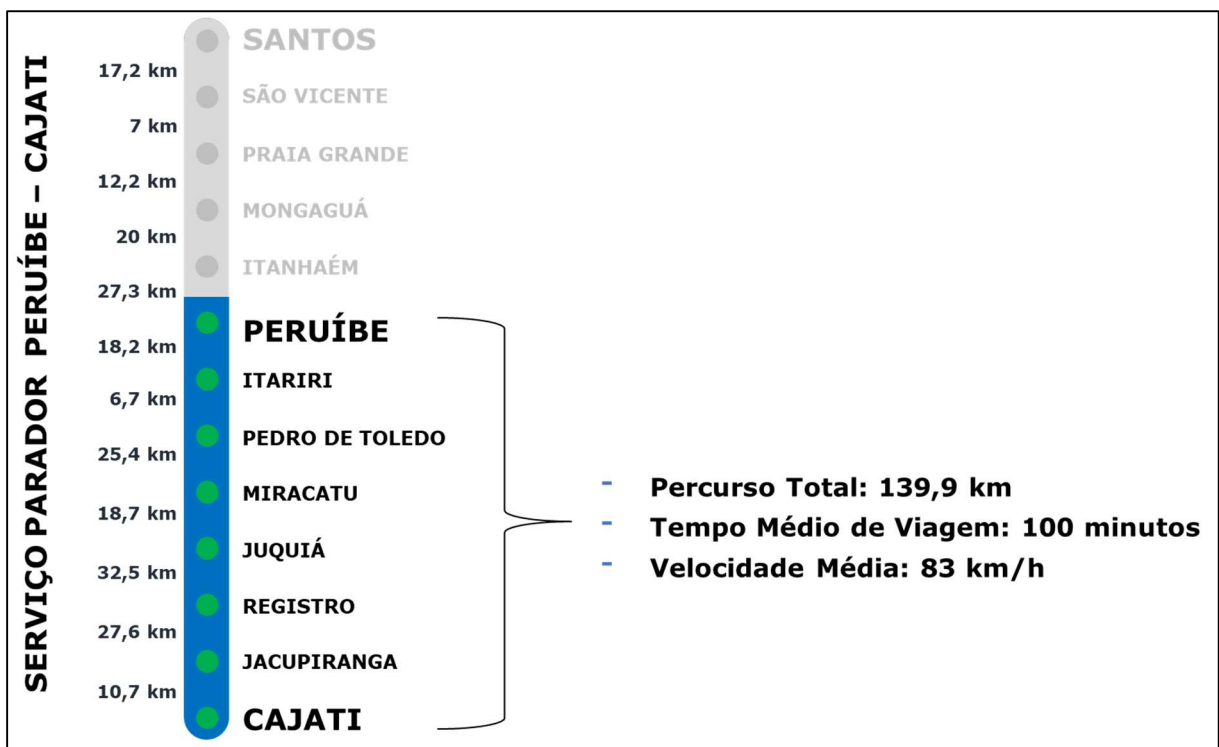


Figura 13 – Serviço Parador Peruíbe-Cajati - Dados Operacionais. Fonte: Elaborado pelos autores

Essa proposta visa balancear o atendimento da demanda real com a racionalidade da oferta, otimizando o uso de frota e a ocupação da infraestrutura. A segregação por loops permite adaptar a oferta à variação espacial da demanda, com maior frequência nos trechos urbanos da Baixada Santista e menor frequência no trecho sul do Vale do Ribeira.

Além disso, o planejamento considera partidas cruzadas (bidirecionais) nos horários de pico, o que pode facilitar a operação intermodal, a CAVA e a integração com outros sistemas, como



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

o VLT da Baixada e eventuais conexões com o TIC Santos. A estrutura de intervalos entre trens segue práticas observadas em projetos similares (ex.: TIC Campinas), alinhando-se aos padrões de serviços regionais sustentáveis e interoperáveis conforme as premissas da CPTM.

CONCLUSÕES

As informações e processos apresentados neste documento referem-se ao Projeto Funcional da Ligação Regional entre a Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e a Região Administrativa de Registro (RAR), no Vale do Ribeira. Esta proposta estabelece as bases iniciais para o desenvolvimento dos projetos básico e executivo, com foco na reativação e modernização da infraestrutura ferroviária como vetor estratégico para o desenvolvimento regional sustentável. A iniciativa busca promover melhorias na mobilidade, logística e integração territorial, por meio de investimentos estruturados que respeitam as especificidades técnicas, ambientais e socioeconômicas das regiões impactadas.

A análise técnica apresentada neste estudo, fundamentada na metodologia de decisão multicritério AHP, permitiu a definição de uma solução de traçado funcional tecnicamente viável e estrategicamente equilibrada para a reativação da ligação ferroviária Santos–Cajati. O projeto final representa um balanço criterioso entre viabilidade técnico-econômica, impactos ambientais e urbanos, e os requisitos contemporâneos de conectividade e atratividade operacional.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

As escolhas de traçado para cada segmento refletem uma abordagem adaptativa e contextualizada: a adoção de via elevada na Baixada Santista (Trecho B), em resposta à densidade urbana e sensibilidade ambiental; a retificação do traçado no Vale do Ribeira (Trecho C), visando ganhos de eficiência operacional; e o aproveitamento da geometria existente onde tecnicamente viável (Trecho D). A seleção da Alternativa 1A para o acesso a Santos, apesar dos desafios ambientais, foi justificada por seu elevado potencial de integração logística e de transporte de passageiros, consolidando o papel estratégico da ferrovia na malha de transportes do Estado.

Além do traçado, o projeto contempla uma infraestrutura robusta, composta por 13 estações, terminais intermodais em Santos e Registro, e um complexo de manutenção em São Vicente. Esses elementos não apenas garantem a funcionalidade e a operação eficiente do sistema, como também promovem a requalificação urbana e a valorização do patrimônio ferroviário.

A conectividade entre as duas regiões revela inter-relações territoriais e fluxos significativos de pessoas, mercadorias e serviços, configurando-se como um eixo estratégico para o desenvolvimento econômico e social do Estado de São Paulo. Nesse contexto, a reativação da conexão ferroviária entre Santos e Cajati representa uma oportunidade de elevado interesse público e institucional. A articulação entre a Baixada Santista e o Vale do Ribeira é essencial para a consolidação de um modelo de desenvolvimento socioeconômico sustentável, integrando mobilidade, logística e inclusão territorial. Investimentos em infraestrutura de transporte regional sobre trilhos, como a reativação da linha ferroviária Santos-Cajati,



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

constituem passos fundamentais para alcançar esse objetivo, promovendo equilíbrio entre progresso econômico, preservação ambiental e justiça social.

Estimativa Preliminar de Investimento (CAPEX)

A estimativa preliminar de investimento (CAPEX) tem como base em valores referenciais obtidos dos projetos Linha 9 (via permanente) e Linha 13 (via elevada), além da faixa de valores práticos para sinalização ETCS N2 aferidos em projetos como o TIC Campinas e Linhas 8 e 9. A distribuição percentual considera os componentes principais do empreendimento e está alinhada às práticas de planejamento orçamentário adotadas por agências de transporte e organismos internacionais. Os valores absolutos foram estimados para um CAPEX base de R\$ 20,0 bilhões no estágio atual do projeto, compatível com a fase funcional e os referenciais nacionais disponíveis.

Tabela 10: Estimativa Preliminar de Investimento (CAPEX). Fonte: Elaborado pelos autores

Componente	Faixa (%)	Valor estimado (R\$ bilhões)	Observação técnica
Infraestrutura e obras civis	55–60 %	11,00 a 12,00	Inclui via em solo e via elevada
Estações, pátios e edifícios operacionais	12–15 %	2,40 a 3,00	Estruturas físicas, terminais, oficinas
Sinalização, controle e telecomunicações (ETCS N2)	10–15 %	2,00 a 3,00	Inclui TETRA, RBC
Material rodante (biocombustível)	8–12 %	1,60 a 2,40	Composições regionais autopropulsadas
Planejamento, desapropriações e contingências	10–15 %	2,00 a 3,00	Projetos, licenças, gestão e risco
Total estimado (R\$ bilhões)	19 a 23,4		



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A reativação da ligação ferroviária Santos-Cajati, conforme delineada no Projeto Funcional e apresentada neste trabalho, transcende a mera recuperação de uma infraestrutura de transporte histórica, configurando-se como um projeto de desenvolvimento regional com profundos benefícios sociais, econômicos e sustentáveis. No âmbito social, a melhoria da mobilidade facilitará o acesso da população do Vale do Ribeira e da Baixada Santista a serviços essenciais de saúde e educação, muitas vezes concentrados em polos como Santos e Registro. Economicamente, o projeto impulsionará o turismo e fortalecerá a logística para o escoamento da produção agrícola e mineral do Vale do Ribeira, conectando essas atividades ao Porto de Santos. Sob a perspectiva da sustentabilidade, a ferrovia representa um modo de transporte alternativo e eficiente, capaz de reduzir congestionamentos, o tráfego intenso de caminhões e as emissões de carbono. Além disso, o projeto está alinhado a princípios como o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), promovendo a requalificação de espaços urbanos, criação de novas oportunidades de negócio e emprego, e, ao priorizar a reutilização da faixa ferroviária existente, busca minimizar os impactos socioambientais, contribuindo para um equilíbrio entre o progresso urbano e a preservação ambiental.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS (ANPTrilhos). **Caderno técnico de estudos de viabilidade**. Brasília: ANPTrilhos, 2018.

Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/caderno-tecnico-de-estudos-de-viabilidade/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS (CPTM). **RT P1.2 – Caracterização da área de estudo: aspectos do sistema de transporte**. Adequação do projeto funcional da ligação regional entre a Baixada Santista e Cajati. São Paulo: CPTM, 2025. Documento técnico interno.

COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS (CPTM). **RT P1.3 – Aspectos do meio urbano**. Adequação do projeto funcional do trecho ferroviário Santos–Cajati. São Paulo: CPTM, 2025. Documento técnico interno.

COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS (CPTM). **RT P3.1 – Adequação de traçado e localização de estações**. Adequação do projeto funcional da ligação regional entre a Baixada Santista e Cajati. São Paulo: CPTM, 2025. Documento técnico interno.

COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS (CPTM). **RT P6.1 – Características do material rodante**. Adequação do projeto funcional da ligação regional entre a Baixada Santista e Cajati. São Paulo: CPTM, 2025. Documento técnico interno.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Instrução de Serviço Ferroviário (ISF) nº 205: Estudos de Traçado**. Brasília: DNIT, 2015. Disponível em:



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

<https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-205-estudos-de-tracado.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Instrução de Serviço Ferroviário (ISF) nº 227: Estudos Operacionais**. Brasília: DNIT, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-227-estudos-operacionais.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

GIESBRECHT, Ralph M. **Trem do Pettená**. Estações Ferroviárias do Brasil. Disponível em: http://www.estacoesferroviarias.com.br/trens_sp/trem%20do%20pettena.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.

GOOGLE EARTH. **Imagem de satélite entre as cidades de Santos e Cajati, SP**. Visualização obtida pelo autor. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2022: resultados preliminares**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. 2. ed. New York: Springer, 2012.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 68.566, de 29 de maio de 2024**. Institui o Programa SP nos Trilhos e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, 30 maio 2024.