PROJETO TAV BRASIL

Consórcio Halcrow – Sinergia

Setembro 2009

VOLUME 5

CUSTO DE CAPITAL

Relatório Final – 2ª Edição

SINERGIA ESTUDOS E PROJETOS LTDA.

Halcrow

TAV Brasil

Consórcio Halcrow - Sinergia

VOLUME 5

Custo de Capital

Relatório Final - 2ª Edição

Registro de Alteração de Conteúdo

Este relatório foi emitido e ajustado conforme a seguir:

Edição	Revisão	Descrição	Data	Responsável
1	0	Capex split from operations	01/05/09	MJ/DR
1	1	Review of document	03/05/09	MJ
1	2	Update of unit rates	12/06/09	MJ/DR/RM
2	1	Final Report following Rio de Janeiro meetings	26/06/09	MJ/DR
2	2	Update of CAPEX	24/07/09	MJ/DR
2	3	Contingencies removed following Government clarification	21/09/09	DR

Tradução de inglês para português feita por:

Mariana Lopes Martins
Chiswick
London, United Kingdom
W4 3PN

Contents

1 Visão Geral 7
1.1 Introdução ao Projeto TAV 7
1.2 Introdução ao Trem de Alta Velocidade 7
1.3 Padrões de Engenharia do TAV 9
1.4 Traçado e Estações do TAV 9

2 Custos de Capital TAV 12
2.1 Introdução 12
2.2 Incertezas associadas à estimativa de custos 12
2.3 Acuidade e premissas envolvendo a análise 12
2.4 Fonte de quantidades 13
2.5 Fonte de custos unitários 14
2.6 Organização de custos e Contingência 16
2.7 Obras de Engenharia Civil 16
2.8 Via permanente 22
2.9 Edificações e equipamentos 24
2.10 Elementos do Sistema 27
2.11 Ações sócio-ambientais 29
2.12 Material Rodante 30
2.13 Serviços complementares 31

3 Resultados e conclusões 34
3.1 Introdução 34
3.2 Custo de Capital – Rota Inteira 34
3.3 Custo de Capital – Trechos ao longo da rota 36
3.4 Benchmarking 36

Apêndice A – Custos de CAPEX 40

Apêndice B – Descrição das Estruturas 41

Apêndice C – Custos das Estações 42

Apêndice D – Área de Manutenção e Equipamentos - Componentes Principais 43

Apêndice E – Relatório Técnico de Sinalização e Telecomunicações 44

Apêndice F – Relatório Técnico de Eletrificação 45

Apêndice G – Analise de Custo Operacional PROMPT Engenharia 46

Index of Figures

Figura 1-1: Estudo TAV 8
Figura 1-2: Esquema TAV 10
Figura 2-1: Exemplo de Relatório do Quantm (traduzido) 14
Figura 3-1: Composição de Custo de Capital (Em Bilhões de R$ e %) 35
Figura 3-2: Total de despesas dividido entre as diversos seções da rota (em Bilhões de R$ e %) . 37

Index of Tables

Tabela 2-1: Indices de conversão 2009 13
Tabela 2-2: Fonte de dados para quantidades e custos unitários 15
Tabela 2-3: Custos unitários de túneis aplicados à análise do Capex 20
Tabela 2-4: Sumário de custos de Obras de Engenharia Civil 21
Tabela 2-5: Sumário de custos da Via permanente 23
Tabela 2-6: Premissas de custo para as estações 24
Tabela 2-7: Custo de capital estimado para cada estação 24
Tabela 2-8: Sumário de custos de Edificações e equipamentos (Ano 2014) 26
Tabela 2-9: Sumário dos custos dos elementos de sistema 28
Tabela 2-10: Sumário de custos sócio-ambientais 29
Tabela 2-11: Benchmark de custos de Material Rodante 30
Tabela 2-12: Sumário de Custo de Material Rodante (ano de 2014) 30
Tabela 2-13: Sumário dos Serviços complementares 33
Tabela 3-1: Custo de Capital por tipo de Ativo 34
Tabela 3-2: Posição dos dez itens mais custosos envolvidos na construção do TAV 35
Tabela 3-3: Resumo de custos (Milhões de R$) estimado para cada seção do traçado 37
Tabela 3-4: Custo por km em comparação às características de traçado para cada seção da rota 38
Tabela 3-5: Benchmark de projetos de alta velocidade, incluindo o TAV 39

GLOSSÁRIO DE ACRÔNIMOS E ABREVIAÇÕES

	Portugues	English
AGETRANSP	Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos de Transportes Aquaviários, Ferroviários, Metroviários e de Rodovias do Estado do Rio de Janeiro	Regulatory agency of Concessioned Public Transport Services (Water, Rail, Metro, and Roads) of the state of Rio de Janeiro
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil	National Agency of Civil Aviation
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres	National Agency of Land (Ground) Transportation
ARTESP	Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo	Regulatory Transport Agency of the state of São Paulo
BCR		Benefit-Cost Ratio
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento	
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Economico e Social	
CAPEX		Capital Expenditure
CBD		Central Business District
CNT	Confederação Nacional do Transporte	National Confederation of Transport
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos	São Paulo Metropolitan Train Company
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito	National Department of Transport
DER-SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo	Department of Roads of the state of São Paulo
DETRO/RJ	Departamento de Transportes Rodoviários do Estado do Rio de Janeiro	Department of Road Transport in the State of Rio de Janeiro
DfT		UK Department for Transport
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes	National Department of Transport Infrastructure
EMBRATUR	Instituto Brasileiro de Turismo	Brazilian Institute of Tourism
FEA		Financial and Economic Appraisal
GDP		Gross Domestic Product
HS/HSR		High Speed Train/High Speed Rail
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	Brazilian Institute of Geography and Statistics
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística	Brazilian Institute of Public Opinion and Statistics
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária	Airport Infrastructure Company of Brazil
IRR		Internal Rate of Return
MCA		Multi Criteria Analysis
NATA		New Approach to Transport Appraisal (UK Government)

	Portugues	English
NPV		Net Present Value
OPEX		Operating Expenditure
PDDT-Vivo 2000/2020	Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes 2000/2020	Transport Development Master Plan Study
PDTU-RMRJ	Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	Urban Transport Master Plan of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro
PITU	O Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2020	Integrated Urban Transport Plan for the Metropolitan Region of São Paulo
PPP		Public-Private Partnership
PV		Present Value
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados de São Paulo	State Agency of Data Analysis of São Paulo
TAV	Trem de Alta Velocidade	High Speed Train
TOR		Terms of Reference
VfM		Value for Money
VOC		Vehicle Operating Costs
VOT		Value of Time
WEBTAG		The Web-based version of the UK DfT's Transport Appraisal Guidance

AVISO IMPORTANTE

O CONSÓRCIO NÃO ADVOGA NEM ENDOSSA NENHUM TIPO ESPECÍFICO DE TREM OU TECNOLOGIA DE ALTA VELOCIDADE; SEMPRE QUE POSSÍVEL FORAM UTILIZADOS ESPECIFICAÇÕES E NORMAS GENÉRICAS DE FERROVIA DE ALTA VELOCIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE TODOS OS ASPECTOS DESTE ESTUDO DE VIABILIDADE, INCLUSIVE NESTE VOLUME. QUANDO SE FAZ REFERÊNCIA A UM TIPO DE TREM OU TECNOLOGIA DE ALTA VELOCIDADE, ISTO NÃO IMPLICA UMA PREFERÊNCIA OU RECOMENDAÇÃO POR PARTE DO CONSÓRCIO. TODOS OS TEMPOS DE VIAGEM SÃO APROXIMADOS E SÃO BASEADOS EM SIMULAÇÕES FEITAS PELO CONSÓRCIO; ESTÃO SUJEITOS A ALTERAÇÃO, DEPENDENDO DO TRAÇADO FINAL ADOTADO.

1 Visão Geral

1.1 Introdução ao Projeto TAV

1.1.1 Em 2008, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) comissionou a Halcrow Group Ltd e a Sinergia Estudos e Projetos LTDA (conjuntamente o "Consórcio") para preparar um estudo de viabilidade para uma linha ferroviária de alta velocidade, com uma velocidade de linha máxima de 350 km/h, ligando as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas[1] no Brasil.

1.1.2 O Consórcio empreitou estudos detalhados, resumidos nos seguintes volumes, como segue:

- Resumo Executivo;
- Volume 1: Estimativa de Demanda e Receita;
- Volume 2: Estudos de Traçado;
- Volume 3: Análise Econômica e Financeira, incluindo concessão;
- Volume 4: Operações e Tecnologia;
- Volume 5: Custo de Capital TAV; e
- Volume 6: Estudos Imobiliários

1.1.3 A Figura 1-1 mostra o relacionamento geral entre cada volume do estudo.

1.1.4 Este volume apresenta os resultados do trabalho no Volume 4: Parte 1 – Operações, e está organizado como segue:

- Capítulo 2: Custo de Capital; e
- Capítulo 3: Resultados e Conclusões

1.2 Introdução ao Trem de Alta Velocidade

1.2.1 Não existe uma única definição aceita sobre o que constitui uma ferrovia de alta velocidade, mas geralmente se refere a trens operando a mais de 200 km/h. A ferrovia de alta velocidade é mais adequada pares de cidades quando a distância entre elas é menos que 500 km a 600 km; acima desta distância, a viagem aérea torna-se competitiva e a participação relativa de mercado da ferrovia de alta velocidade fica menor.

1.2.1 Vários países investiram em serviços ferroviários de alta velocidade, sendo o Japão e a França os maiores proponentes. A Europa desenvolveu uma extensa rede ferroviária de alta velocidade, com muitos milhares de quilômetros de via agora em operação, com velocidades comerciais variando de 300 km/h a 330 km/h, sendo 300 km/h a velocidade mais comum. A linha recém concluída entre Madrid e Barcelona tem potencial para operar a uma velocidade maio que 350 km/h.

[1] Ao longo de todo este Resumo Executivo, o projeto é referido genericamente como TAV (Trem de Alta Velocidade)

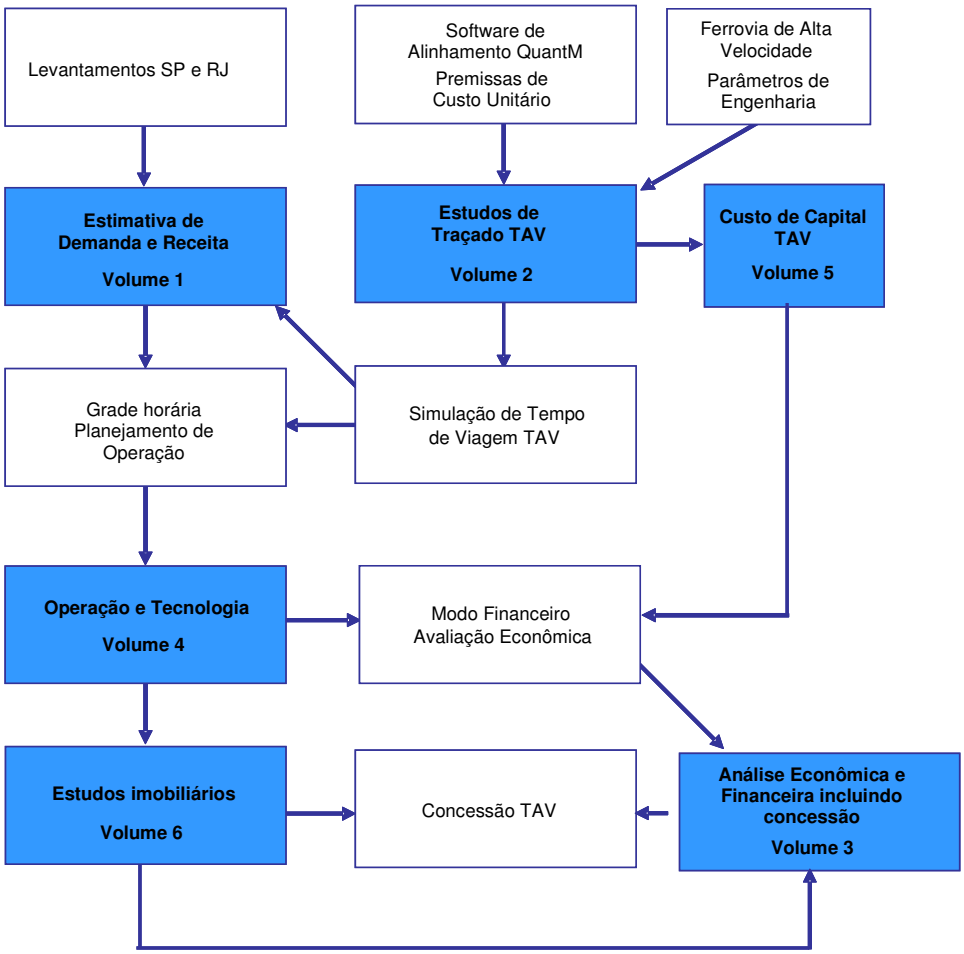


Figura 1-1: Estudo TAV

1.2.2 As principais características da ferrovia de altar velocidade são:

- Tempos de viagem de centro a centro das cidades competitivos quando comparados a aéreo, conseguidos por operação a alta velocidade;
- capacidade do trem muito alta, com entre 450 e 750 assentos, dependendo da configuração e comprimento;
- novos traçados, separados e dedicados, inteiramente nivelados, operacionalmente independentes das existentes infra-estruturas ferroviárias convencionais, na maioria dos casos;
- serviços freqüentes no mesmo horário de cada hora, com paradas limitadas em estações para atingir tempos competitivos de viagens;
- altos níveis de conforto de passageiros, inclusive classes executiva e econômica e serviços de alimentação;
- alto desempenho e pontualidade; e
- estações convenientemente localizadas, frequentemente com melhor acessibilidade quando comparadas com aeroportos.

1.3 Padrões de Engenharia do TAV

1.3.1 O projeto para o TAV é baseado em tecnologia de ferrovia de alta velocidade genérica, com provisão específica para um traçado dedicado e totalmente segregado para maximizar a velocidade de operação e assegurar alto desempenho operacional em termos de confiabilidade e pontualidade, conforme as características descritas acima.

1.3.2 Não é esperado nos atuais estudos de viabilidade que o TAV compartilhe qualquer via existente ou opere conjuntamente com serviços brasileiros existentes ferroviários ou de metro. O traçado do TAV prevê vias dedicadas para a estação principal em cada cidade, com o traçado frequentemente localizado em túneis em áreas urbanas densamente povoadas. A Figura 1-2 mostra uma disposição esquemática do TAV.

1.3.3 O traçado do TAV foi desenvolvido baseado em padrões internacionais de linhas de alta velocidade, mais especificamente:

- uma velocidade máxima de projeto de 350 km/h e bitola de 1.435 mm, com via eletrificada. **Isto não deve ser confundido com a velocidade máxima de operação, que neste caso está prevista como 300 km/h (ver seção 2.4);**
- um gradiente máximo de projeto de 3,5% e carga por eixo de 25 toneladas[2];
- túneis de perfuração dupla e simples projetados quando cabíveis para operação a 350 km/h, e uma altura máxima de viaduto de 70 metros para pontes principais;
- estações com linhas de 'desvio', ou 'passantes' para manter operação em alta velocidade, e plataformas capazes de acomodar trens de 400 m de comprimento. As linhas 'passantes' evitam a necessidade dos trens reduzirem a velocidade por razões de segurança, o que seria o caso se passassem pelas plataformas;
- um sistema de sinalização capaz de operar com 3 minutos de intervalo entre trens, com sinalização na cabina e rádio seguro de cabina;
- padrões de infra-estrutura TSI (usados para fins de modelagem operacional e definição de CAPEX, o padrão de interoperabilidade da Organização Trans-Européia de Padrões Nacionais, datado de 19/03/2008);
- foram também usados genericamente padrões europeus de CEN (Centro Europeu par Padronização), CENELEC (Comitê Europeu para Padronização Eletrotécnica) e ETSI (Instituto Europeu de Padrões de Telecomunicações) e
- folhetos UIC (União Internacional de Ferrovias) e normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

1.3.4 Os parâmetros precisos de engenharia estão estabelecidos nos Termos de Referência deste estudo (Anexo 2, Seção 2-14).

1.4 Traçado e Estações do TAV

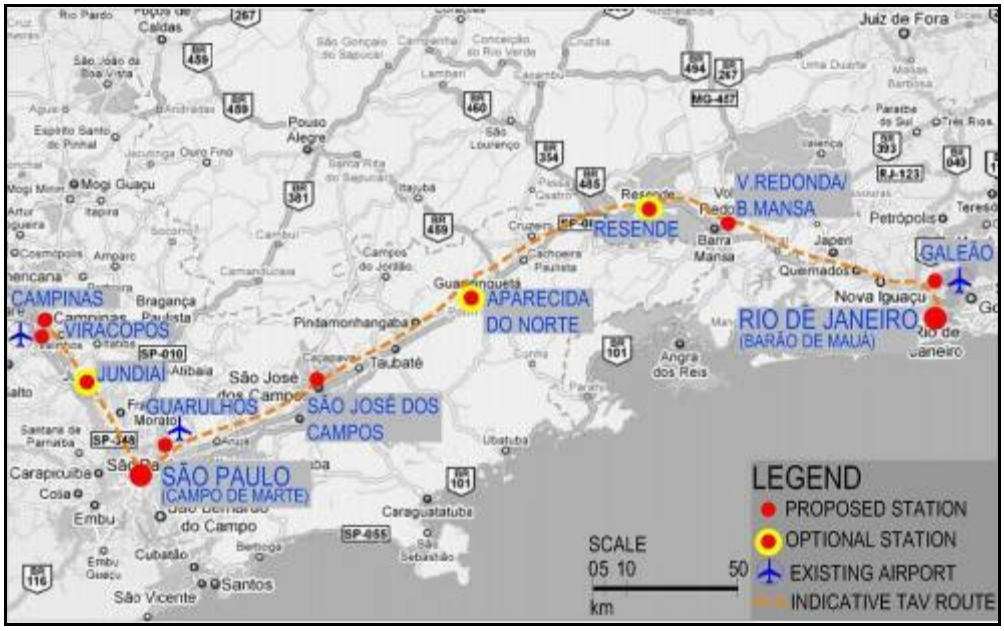
1.4.1 O TAV operará entre Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro (ver Figura 1-2). O traçado desenvolvido para o TAV atende também a uma aspiração de conectar os aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão com as principais áreas urbanas. A distância total estimada entre Campinas e Rio de Janeiro é de 511 km, enquanto a distância entre São Paulo e Rio de Janeiro é de aproximadamente 412 km. Existem oito estações

[2] Favor observar que os trens de FAV normalmente tem um peso por eixo por volta de 17 toneladas. Trens japoneses de alta velocidade recentes têm uma carga por eixo ainda mais baixa, de 11 toneladas. Entretanto, durante os períodos de construção e manutenção, seriam usados trens de frete, que têm uma carga por eixo mais alta; mas cargas por eixo menores durante a operação real terão um impacto sobre desgaste e manutenção da via. A carga por eixo de 25 toneladas é especificada nos Termos de Referência (Anexo 2 - Seção 2-14).

propostas/obrigatórias no caso base, e mais tres estações opcionais. As estações opcionais são mostradas em amarelo na Figura 1-2.

1.4.2 Baseado no traçado desenvolvido para o TAV, o tempo de viagem sem paradas entre as duas cidades é estimado em aproximadamente 1 hora e 33 minutos, baseado em operação a 300 km/h. É importante ressaltar que os tempos de viagem no TAV variarão em função do número de paradas em estações, com serviços Regionais de longa distância entre Rio de Janeiro a Campinas levando até 2 horas e 23 minutos. Todos os tempos de viagem são aproximados e dependem do traçado final, padrões de paradas e desempenho do trem, incluindo velocidade máxima, frenagem e características de aceleração. **Os tempos de viagem mostrados neste relatório são portanto indicativos e foram desenvolvidos para avaliar a viabilidade global do projeto**.

Figura 1-2: Esquema TAV



PROPOSED ESTAÇÃO = ESTAÇÃO PROPOSTA OPTIONAL ESTAÇÃO = ESTAÇÃO OPCIONAL

EXISTING AIRPORT = AEROPORTO EXISTENTE INDICATIVE TAV ROUTE = ROTA INDICATIVA DO TAV

1.4.3 O TAV terá uma mistura de estações novas e reformadas, e um novo traçado próprio. No Rio de Janeiro existem planos de reformar e reconstruir a estação abandonada em Barão de Mauá (km 0[3]), que está perto da principal estação de ônibus em Novo Rio. Foi feita também uma provisão para uma instalação de manutenção leve[4] e vias de estacionamento em Barão de Mauá. A próxima estação é uma nova estação subterrânea para servir o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro no Galeão (km 15,2). Do Galeão, a linha sobe através da região montanhosa da Serra das Araras, que é o principal desafio de engenharia, exigindo inúmeras seções de túneis e viadutos.

1.4.4 Planeja-se mais uma estação em Volta Redonda/Barra Mansa (km 118,3), localizada dentro do estado do Rio de Janeiro. Volta Redonda é uma importante área industrial, com a maior siderúrgica da América Latina. Existe também provisão para uma futura estação opcional em Resende[5], a oeste de Volta Redonda/Barra Mansa.

[3] Todas as distâncias são a partir de Barão de Mauá, no Rio de Janeiro.

[4] Os termos manutenção 'leve' e 'pesada' são usados como segue: manutenção 'leve' refere-se a limpeza, verificações de manutenção e abastecimento dos trens com água, enquanto manutenção 'pesada' refere-se a manutenções maiores, tais como remoção de truques, usinagem de rodas, verificações maiores de serviço e assim por diante. São necessárias vias de estacionamento em todas as grandes estações terminais, de forma que os trens possam ser preparados para serviço.

[5] O traçado foi retificado para permitir uma estação em Resende.

1.4.5 Viajando-se para o oeste, o TAV então cruza a fronteira estadual entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Foi feita provisão para um possível ramal saindo do traçado principal para servir uma nova estação opcional em Aparecida. Aparecida é um importante local de peregrinação que gera 6,5 milhões de visitantes por ano (2008).

1.4.6 Depois de Aparecida, o TAV então chega à grande cidade industrial de São José dos Campos (km 328,7). São José dos Campos é um importante centro de alta tecnologia centrada em aeroespacial e engenharia, com uma população de 1,4 milhões. Propõe-se localizar nesta cidade o depósito de manutenção do material rodante, já que tem acesso à principal rede rodoviária, tem um aeroporto regional bem desenvolvido, abriga a planta de montagem da Embraer, e tem terrenos disponíveis para acomodar uso de terreno de alto impacto.

1.4.7 A oeste de São José dos Campos, a próxima estação é no aeroporto internacional de São Paulo em Guarulhos (km 390,4), que será uma construção subterrânea.

1.4.8 Ao chegar a São Paulo, foi identificado um local preferencial para estação no Campo de Marte (km 412,2), atualmente um campo de aviação federal na parte norte da cidade. Na opinião do Consórcio, a seleção de Campo de Marte fornece uma oportunidade de construir uma grande estação, mas serão necessárias melhorias para lidar com a distribuição de passageiros dentro de São Paulo, já que o local não é servido pelo sistema de metrô.

1.4.9 A estação de Campo de Marte terá várias plataformas 'passantes' para permitir que trens possam operar de São José dos Campos para São Paulo e depois a noroeste para Campinas, sem reversão.

São Paulo para Campinas

1.4.10 A partir de São Paulo, o traçado do TAV vira para o noroeste na direção de Campinas. O Consórcio empreendeu análises adicionais para examinar a possibilidade de reduzir a velocidade máxima da linha entre Campo de Marte e Campinas. Dadas as preocupações com os altos custos globais de construção, reduzir a velocidade máxima da linha é uma estratégia potencial para reduzir o custo capital, ao permitir com que o TAV evite obstáculos naturais, ao invés de utilizar túneis ou pontes para atender a rígidos critérios geométricos para operar a 350 km/h. Isto também faz sentido do ponto de vista de demanda porque, mesmo a velocidades relativamente modestas, o TAV terá uma considerável vantagem competitiva em relação às existentes modalidades de ônibus e carro, devido ao congestionamento de tráfego no corredor entre Campinas e São Paulo. Entretanto, devido à topografia entre São Paulo e Campinas, contendo uma série de colinas atravessando o traçado, seria necessária uma significativa redução de velocidade, potencialmente para menos de 100 km/h, antes que se pudesse conseguir qualquer real economia, e, por essa razão, não foram empreendidas análises adicionais. Reduzir a velocidade máxima da linha nesta seção para Campinas também teria um impacto sobre quaisquer futuras aspirações para que o TAV servisse estações além de Campinas em projetos futuros.

1.4.11 Existe provisão no traçado para uma estação opcional tipo estacionamento em Jundiaí, localizado entre as rodovias Anhanguera e Bandeirantes. O traçado do TAV então prossegue ao norte para incluir mais uma estação no aeroporto de Viracopos (km 487,6). O traçado do TAV assim atende uma aspiração do Governo de conectar os aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão com as principais áreas urbanas. A estação final é em Campinas (km 510,7), a terceira maior cidade do estado de São Paulo, depois de São Paulo e Guarulhos. Isto também seria uma estação reformada, incluindo vias de estacionamento.

2 Custos de Capital TAV

2.1 Introdução

2.1.1 O projeto TAV envolverá a construção, equipagem e operação de uma nova ferrovia de alta velocidade. O objetivo deste volume é descrever o processo empírico e analítico executado para estimar o custo de investimento associado ao Projeto TAV.

2.1.2 Esta seção oferece uma análise das seguintes áreas:

- Incertezas associadas à estimativa de custos;
- Acuidade e premissas envolvendo a análise;
- Fonte de quantidades;
- Fonte de custos de unidades; e
- Premissas adotadas para estimar todas as categorias de custo.

2.2 Incertezas associadas à estimativa de custos

2.2.1 Estimar o custo de investimento pode ser o elemento mais crítico e difícil de um projeto de engenharia, principalmente devido aos seguintes fatores:

- Dados disponíveis em publicações técnicas e artigos em geral apresentam custos excessivamente agrupados, devido à necessidade da editora de preservar seus direitos de propriedade intelectual, garantindo assim um benefício comercial;
- Falta de projetos similares na área analisada, fazendo com que seja dificultada uma compilação de informação de custos confiável. Apesar de esquemas similares estarem sendo desenvolvidos paralelamente em muitos países da região (Argentina, México, Estados Unidos, etc.), não há linha férrea de alta velocidade operando no continente;
- Apesar da tecnologia aplicada à linha de alta velocidade ter muito em comum com as ferrovias convencionais, o que facilita a estimativa de custos do sistema, alguns de seus elementos são significativamente diferentes. Este é o caso, por exemplo, do sistema de sinalização. Ao contrário das linhas convencionais, nas quais sinais são informados por uma combinação de dispositivos localizados dentro e fora da cabine, a comunicação nas ferrovias de alta velocidade é quase que totalmente integrada dentro da cabine; e
- O tempo entre as estimativas de custo inicial e o momento de construção do esquema, como por exemplo, melhorias em tecnologia, mudanças na economia local e internacional, novas restrições geradas ao longo do traçado da via proposto, etc. Este é o caso de projetos de escala muito grande, como o TAV, já que o período de construção é mais extenso e a área impactada também é maior, o que ocasiona frequentemente contingências adicionais.

2.2.2 Fazer um *benchmarking*, ou comparação, entre projetos similares é um exercício apropriado para validar esquemas de engenharia, porque possibilita checar os resultados e garante que o projeto esteja dentro de um patamar previsto de custos. A Seção 3 mostra os resultados obtidos quando o *benchmarking* do TAV foi feito em comparação com sistemas similares.

2.3 Acuidade e premissas envolvendo a análise

2.3.1 O projeto TAV está em estágio de viabilidade, no qual algumas áreas-chave foram desenvolvidas com mais detalhamento que outras. Por exemplo, mais esforço foi

colocado em desenvolver um traçado TAV, já que este é o item de maior custo e impõe maior risco ao projeto. Outros custos, como as estações, são menores em proporção ao custo total e, assim, sua análise detalhada não oferece garantias neste estágio. O objetivo principal desta análise é avaliar a viabilidade econômica total do projeto TAV, com um nível razoável de precisão, antes de proceder a estudos mais detalhados.

2.3.2 Caso o governo decida continuar com este projeto além do escopo atual, para os estágios de design e implementação, será necessária uma análise mais detalhada de todas as disciplinas de engenharia envolvidas. Apesar de este estudo objetivar uma estimativa razoável de custos para cada categoria de gastos (traçado de via, eletrificação, material rodante, etc.), mais refinamentos dos custos só poderão ser obtidos quando o detalhamento do design de todos os elementos do projeto tenha sido completado, incluindo a tecnologia da construção e estimativa de recursos.

2.3.3 Para obter custos unitários confiáveis, especialistas locais foram consultados. No entanto, em alguns casos foi inevitável o uso de custos internacionais convertidos em Reais, já que o TAV é baseado em tecnologia internacional e muitos de seus equipamentos precisarão ser importados.

2.3.4 Todos os preços estão em valores de 2008/09 e onde outras estimativas foram usadas estes valores foram inflacionados adequadamente, sob a premissa de que custos unitários de inflação idênticos se aplicam a todos os itens custeados, o que é uma abordagem comum em estudos de viabilidade. A Tabela 2-1 mostra as taxas de câmbio para conversão em reais (R$).

Tabela 2-1: Indices de conversão 2009

Moeda	Custo unitário
Índice de conversão de Libras Esterlinas (£) para Reais (R$)	3.46
Índice de conversão de Euros (€) para Reais (R$)	2.90
Índice de conversão de Dólares (US$) para Reais (R$)	2.55

2.4 Fonte de quantidades

2.4.1 No que tange as quantidades, três fontes de informação foram usadas:

- **Produção/ resultado do software Quantm** (validado por especialistas da Halcrow). Como o Quantm cobre especificamente o estudo do traçado, esta ferramenta foi aplicada apenas para conseguir as quantidades relativas a esses custos. Este software produz um relatório condensado (ver Figura 2-1 abaixo) que inclui todas as quantidades aplicadas a cada um dos itens da análise de custos realizada pelo software. Para mais detalhes sobre o software Quantm, favor consultar o Volume 2.
- **Análise de Engenharia.** Quando o processo do Quantm não era aplicável, a fonte de quantidades era obtida pelas estimativas de engenharia baseadas nos dados obtidos do traçado e dos estudos de operação, melhor descrito a seguir.
- **Outras fontes.** A análise social e de meio ambiente para esse projeto estava fora do escopo de trabalhos do Consórcio. No entanto, seguindo um pedido do Cliente, os valores obtidos pelo consultor brasileiro Prime Engenharia, responsável por esse estudo, foram incluídos na estimativa de Custo de Investimento. O Consórcio não realizou uma validação destas quantidades.

Figura 2-1: Exemplo de Relatório do Quantm[6] (traduzido)

```
Relatório do Traçado QuantM
Data:              23/06/09  14:49:04

Projeto: TAV Brasil
ID do Projeto:           1642
Cenário:                 TAV SP 101_5
Traçado:                 Eixos da via férrea


Item                     Quantidade              Custo

Corte                    38.200.000 m3     1.640.000.000
Escombros de túnel        1.020.000 m3                 0
Vol Importado                     0 m3
Material de Empréstimo    2.190.000 m3        54.300.000

Aterro
Vol Exportado
Bota-fora

Pavimentação
Momento de transporte

Muro de Contenção
Bueiros
Ponte
Túnel

Área
Linear
Custo Fixo
```

2.4.2 A Tabela 2-2 apresenta um sumário de dados do Capex para quantidades e custos de unidades.

2.5 Fonte de custos unitários

2.5.1 Várias fontes foram consultadas para a obtenção de custos unitários adequados para cada item.

- **Especialistas da Halcrow/ Documentos internos:** A extensa experiência da Halcrow em projetos de ferrovia em todo o mundo oferece sólida fonte de dados, em particular para aquelas categorias nas quais custos unitários internacionais foram considerados aplicáveis. Para itens como sinalização e telecomunicações, a análise foi apoiada por dados fornecidos por especialistas externos.
- **Informações Publicadas:**

  A. Publicações técnicas. Foi conduzida uma pesquisa feita em publicações técnicas internacionais para poder balizar as estimativas de custos unitários. No entanto, em muitos casos, os valores fornecidos em tais publicações apresentavam custos agregados em tal nível que se tornou difícil a obtenção de resultados confiáveis. Há um risco, sem uma análise própria dos dados coletados, de se comparar elementos que parecem similares, mas que na verdade possuem diferenças vitais;

[6] As quantidades e custos mostrados nesta tabela são apenas ilustrativos.

B. Série de Franklin e Andrews Spon[7]: Alguns itens foram estimados usando a série de livros de Preço de Construção de Franklin e Andrew Spon e seguindo um exercício de validação, estes custos de unidade foram convertidos em custos equivalentes, adequados para refletirem o mercado de preços brasileiro. O processo de validação foi realizado tomando os projetos conhecidos e as sugestões de engenheiros especialistas da Halcrow para garantir que são aplicáveis à construção da Linha de Alta Velocidade.

- **Terceiros:**

  A. PROMPT Engenharia Ltda. Esta firma foi contratada pelo Governo Brasileiro para revisar os custos de unidades associadas a esse projeto. Seus custos unitários são baseados principalmente naqueles publicados pelo SICRO2 (Sistema de Custos Rodoviários) de São Paulo, atualizados para Dezembro de 2008. O Apêndice G contém um relatório elaborado pela PROMPT descrevendo a origem dos custos unitários estimados por eles.

  B. PRIME Engenharia. Conforme menção acima, o estudo sócio-ambiental deste projeto estava fora do escopo de trabalhos do Consórcio. Os custos unitários incluídos nesta categoria foram fornecidos pela consultoria da Prime Engenharia, responsável por aqueles estudos. O Consórcio não fez uma validação desses custos unitários.

2.5.2 A Tabela 2-2 apresenta um sumário de dados do Capex para quantidades e custos de unidades.

Tabela 2-2: Fonte de dados para quantidades e custos unitários

Categoria	Fonte de Quantidades	Fonte de Custos Unitários
Terraplanagem (corte, aterro, etc.)	Software Quantm	Prompt Engenharia
Estruturas – Pontes & Túneis	Software Quantm	Prompt Engenharia
Via permanente	Comprimento do traçado: do Quantm Quantidade de cruzamentos: do Vol. 4 – Estudo de operações	Halcrow + Prompt Engenharia
Estações	Requisitos de superfície de cada estação com base em previsões de números de usuários	Especialistas locais em Mercado imobiliário + Halcrow
Depósitos	Características de depósitos de materiais leves e pesados	Fontes locais + Halcrow
Sinalização e Telecomunicações	Especialistas S&T (ISV)	Especialistas S&T (ISV) validados pela Halcrow
Eletrificação	Halcrow, baseada em características da rota	Halcrow
Custos sócio-ambientais	Prime Engenharia	Prime Engenharia
Material rodante	Quadro de horários (partidas e chegadas) gerado pelo software VoyagerPlan	Halcrow – Avaliação de custos de trens de alta velocidade em diversos projetos mundiais

[7] Os livros de Spon são considerados fonte válida de referência porque são informados por anos de experiência especializada e pelo entendimento apurado acerca dos fatores e componentes chave que afetam o custo de projetos de ferrovias. A experiência recente em projetos de linhas de alta velocidade inclui uma revisão extensa dos custos estimados na Linha do Túnel do Canal da Mancha.

2.6 Organização de custos e Contingência

2.6.1 Os custos são organizados nas seguintes categorias:

- Obras de engenharia civil (terraplanagem, estruturas);
- Via permanente;
- Edificações e equipamentos;
- Elementos do sistema (sinalização, telecomunicações, eletrificação);
- Ações sócio-ambientais;
- Material rodante; e
- Serviços complementares (comissionamento e certificação, estudos geotécnicos, remanejamento de interferências, construções temporárias, acesso rodoviário permanente para pontes e túneis, projeto executivo, gerenciamento de projeto)

2.6.2 Tendo em vista as incertezas inerentes, é padrão incluir-se um fator de contingência durante o estágio de viabilidade de um projeto. Nesta estimativa de Custo de Capital, um fator específico foi designado para cada categoria de gastos. Riscos específicos conhecidos incluem condições geológicas, limitações dos dados de custos, e precisão do Modelo de Elevação Digital e ortofotografias aplicadas aos estudos de traçado. Conforme a Seção 3.2, significativo trabalha de pesquisa de engenharia será necessário para a melhoria de acuidade de todos os custos estimados neste estágio.

2.6.3 No entanto, as contingências não foram incluídos nesta estimativa de custos, seguindo as orientações do Governo Federal, em vista da partilha dos riscos por meio da participação pública no empreendimento.

2.7 Obras de Engenharia Civil

2.7.1 Os custos das Obras de Engenharia Civil estão divididos em duas categorias, como mostrados abaixo:

- Terraplanagem, o que inclui: limpeza e desmatamento, plantios nas encostas, aterro, corte, bota-fora e momento de transporte
- Estruturas, o que inclui: escavação de túneis, pontes e muros de contenção

Custos de terraplanagem

Terraplanagem: Limpeza e desmatamento

2.7.2 Este item se refere à superfície que precisa ser limpa para que seja possível o começo das obras. Por esta razão, quando esta área foi estimada, a parte subterrânea de seções de trilhos foi excluída.

2.7.3 O custo aplicado para a unidade deste item é de R$ 0,29 por metro quadrado (m^2). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

Terraplanagem: plantio/hidrossemeadura nas encostas

2.7.4 Este item se refere ao plantio/hidrossemeadura de vegetação nas laterais dos cortes ou de áreas de aterro/taludes para protegê-los da erosão.

2.7.5 O custo de unidade aplicado para este item é de R$ 1,05 por metro quadrado (m^2). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

Terraplanagem: Aterro

2.7.6 Este item se refere ao taludamento ao longo da rota do TAV, do nível do terreno escavado para o nível proposto do lastro ferroviário, e é medido de acordo com o volume em metros cúbicos requerido para completar esta tarefa.

2.7.7 Este volume é estimado pelo Quantm, baseado nas seções-tipo transversais mostradas no Volume 2- Estudos de Traçado, Apêndice C.

2.7.8 O custo da unidade aplicado a este item é de R$ 2,71 por metro cúbico (m^3). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.7.9 O custo de equipamentos e mão-de-obra requeridos para realizar esta tarefa está incluído neste custo unitário e não foram considerados materiais e/ou transporte, já que são estes cobertos pelos itens de terraplanagem mencionados nessa seção, intitulados bota-fora e momento de transporte.

Terraplanagem: Corte

2.7.10 Este item se refere ao ato de escavar o terreno natural ao longo da rota do TAV até o nível proposto da lateral do lastro ferroviário, nas seções onde o corte for necessário, e é medido conforme o volume em metros cúbicos requerido para a escavação, a fim de completar essa tarefa.

2.7.11 Este volume é estimado pelo Quantm, baseado nas seções-tipo transversais mostradas no Volume 2- Estudos de Traçado, Apêndice C.

2.7.12 Dois custos diferentes de unidades foram aplicados a este item, dependendo das características do solo escavado:

- Corte de solo: R$ 8,19 por metro cúbico (m^3); e
- Corte de rocha: R$ 22,61 por metro cúbico (m^3).

2.7.13 Esses custos unitários foram fornecidos pela PROMPT Engenharia. No caso de corte de solo, a PROMPT apresentou um custo unitário em separado para o corte na 1 ª e 2 ª categorias de solo, que foram agrupadas em um único custo unitário, levando em consideração a seguinte composição média:

- 1ª Categoria: 25%
- 2ª Categoria: 65%
- 3ª Categoria: 10%

2.7.14 O custo de equipamentos e mão-de-obra necessários para executar esta tarefa está incluído neste custo unitário. Não há subsídio de transporte, uma vez que este foi incluído nos outros itens de terraplenagem mencionados nessa seção, ou seja, momento de transporte e bota-fora.

Terraplanagem: Empréstimo

2.7.15 Este item refere-se ao volume de solo necessário para ser importado a partir de fontes externas, para aqueles casos em que tal volume não possa ser extraído da area de construção do TAV.

2.7.16 Este volume é estimado pelo Quantm, baseado nas seções-tipo transversais mostradas no Volume 2 - Estudos de Traçado, Apêndice C.

2.7.17 O custo por unidade aplicado para este item é de R$ 6,70 por metro cúbico (m^3). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.7.18 Incluído neste item estão os custos de material, mão-de-obra e equipamentos requeridos para extrair e remover o volume necessário de solo para a área onde deverá ser depositado.

Terraplanagem: Bota-fora

2.7.19 Este item se refere ao volume de solo requerido para ser exportado aos terrenos externos, para aqueles casos nos quais tal volume não possa ser utilizado em aterros e taludes para este projeto.

2.7.20 Este volume é estimado pelo Quantm, baseado nas seções-tipo transversais mostradas no Volume 2 - Estudos de Traçado, Apêndice C.

2.7.21 O custo da unidade aplicado para este item é de R$ 1,78 por metro cúbico (m^3). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.7.22 Inclui-se neste custo unitário o custo de material, mão-de-obra e equipamentos necessários para extrair e transportar o volume necessário de solo para o local onde o mesmo deve ser disposto, acrescidos dos custos de depósito (*royalties*) onde for necessário. Nenhuma taxa para escavação foi incluída porque é coberta pelos gastos em terraplanagem (corte) mencionados nessa seção.

Terraplanagem: Momento de transporte

2.7.23 Este item se refere ao volume de solo escavado em um terreno da rota e depois aplicado como aterro em uma seção diferente dentro do traçado proposto. Este é um parâmetro usado pelo Quantm, que também fornece o volume associado ao mesmo.

2.7.24 Este volume é estimado pelo Quantm, baseado nas seções-tipo transversais mostradas no Volume 2 - Estudos de Traçado, Apêndice C .

2.7.25 PROMPT apresentou um custo unitário em separado aplicado a cada tipo de solo transportado, que foram agrupadas em um único custo unitário, levando em consideração a composição média do solo indicada no 2.7.13:

- 1ª Categoria: 25%
- 2ª Categoria: 65%
- 3ª Categoria: 10%

2.7.26 O custo médio assim calculado para este item é de R$ 0,40 por quilômetro de volume removido ($km.m^3$).

2.7.27 Incluído neste custo unitário está o custo de mão-de-obra e equipamentos requerido para a remoção do volume de solo de um terreno escavado para uma área de aterro, ambos localizados na rota do TAV. Nenhuma taxa de material, escavação ou depósito do volume removido foi incluída, já que o valor está sendo coberto por outros itens de terraplanagem mencionados nessa seção, corte e aterro.

Custo de Estruturas

2.7.28 Esta categoria engloba os seguintes itens:

- Escavação de túneis;
- Pontes e viadutos; e
- Muros de contenção.

Estruturas: Escavação de Túneis

2.7.29 Dois tipos de abordagem de escavação de túneis foram aplicados ao projeto. Nas áreas onde é necessário um túnel abaixo do lençol freático (nível de água) ou abaixo de estruturas sensíveis (áreas urbanas), um bi-túnel foi previsto, já que isto permite recobrimento reduzido (profundidade reduzida) e assim produz um abatimento total menos significativo, comparado a um monotúnel de diâmetro maior com dois pares de trilhos. Em áreas rurais, nas quais há menos (ou nenhuma) estruturas sensíveis e menos

cuidados com recalques são necessários, um monotúnel com dois pares de trilhos foi previsto.

2.7.30 É importante notar que diferentes disposições de túneis podem ser usadas em circunstâncias específicas, a seguir:

- **Seções de baixa velocidade.** No caso de áreas urbanas, seções de túnel reduzidas podem ser aplicadas já que são esperadas velocidades mais baixas. Por exemplo, no percurso da Estação Barão de Mauá para o Aeroporto do Galeão, os trens estarão acelerando e não atingirão sua velocidade máxima por alguns quilômetros, e o inverso obviamente também acontecerá quando os trens TAV se aproximarem da Estação Barão de Mauá. Considerações similares são válidas em outras áreas, como o trecho Campo de Marte – Campinas. Como resultado dessas velocidades mais baixas, a área de seções transversais dos túneis podem ser reduzidas em comparação com o design advogado para 350km/h, assim reduzindo o custo de escavação de túneis.
- **Metodologia de construção.** Apesar de esta ser uma decisão primordialmente para os licitantes, para o propósito de estimativa de custos unitários apropriados para a escavação de túneis, a seguinte metodologia foi considerada:
  - (a) Os túneis serão construídos com uma das seguintes tecnologias: NATM (da sigla em inglês Novo Método Austríaco de Escavação de Túneis) ou TBM (Máquina de Escavações de Túneis). Uma breve descrição dessas tecnologias, bem como suas porformances esperadas, são fornecidas no Volume 4, Parte II, Apêndice A.
  - (b) Baseada na experiência da Halcrow em escavação de túneis, o ponto de corte entre o uso dessas tecnologias é configurado para o comprimento de 1,5km de túnel (>1,5km TBM, <1,5km NATM)

2.7.31 Todas as premissas acima foram consideradas quando da análise de uma melhor forma de estimar o custo de um túnel, para garantir um nível de precisão proporcional a um estudo de viabilidade.

2.7.32 Os seguintes itens foram considerados nos custos unitários abaixo:

- Portais;
- Via secundária (somente aplicável ao NATM);
- Tratamento de solo e compensação de recalque (apenas em áreas urbanas);
- Poço para monotúnel, um por km (máximo de 500m entre cada portal ou poço);
- Ligação transversal, uma por km (ou seja, máximo de 500m entre cada ligação transversal ou portal);
- Poços de saída ou ventilação, um por 2 km (a cada dois poços de saída, um é também considerado poço de ventilação).

2.7.33 Custos não incluem eletrificação, sinalização, instalação de trilhos, etc., já que são considerados separadamente.

2.7.34 A Tabela 2-3 abaixo compila os custos unitários utilizados para estimar o custo de capital de escavação de túneis. Estes foram produzidos pela PROMPT Engenharia baseados nas seguintes premissas.

2.7.35 O Apêndice C do Volume 2 (Estudos de Traçado) mostra seções transversais tipo para mono e bi túneis. As quantidades aplicadas a este item, incluídas na tabela do Capex, foram retiradas do relatório produzido pelo Quantm. Uma lista detalhada dos túneis considerados nestes custos encontra-se incluída no Apêndice B, descrevendo seu comprimento, localização, características (solo/rocha – urbanas/rurais) e custo.

Tabela 2-3: Custos unitários de túneis aplicados à análise do Capex

Item	Unidade	Custo unitário (R$)
Área urbana		
Em solo – Bi-Túnel– Φ 7.85m - NATM (Custo unitário para dois pares de trilhos)	m	133.713
Em solo - Bi Túnel- Φ 7.85m – TBM (Custo unitário para dois trilhos)	m	83.530
Área rural		
Em solo - Monotúnel- Φ 16m - NATM	m	166.355
Em solo - Monotúnel- Φ 16m - TBM	m	124.802
Rocha - Monotúnel - Φ 16m - NATM	m	159.325
Rocha - Monotúnel - Φ 16m - TBM	m	106.251

Estruturas: Pontes e viadutos

2.7.36 A área de tabuleiros das pontes e viadutos foi estimada pelo Quantm baseada nas seções transversais tipo mostradas no Volume 2 (Estudos de Traçado) – Apêndice C.

2.7.37 O Quantm requer que o custo unitário seja considerado em metros quadrados, mas os resultados em seu relatório apresentam a quantidade total em metros (m). A fim de manter a consistência na tabela Capex (Apêndice A), e seguindo os padrões de engenharia tradicionais, as quantidades para as pontes foram transformadas em área de tabuleiro.

2.7.38 O custo de unidade aplicado é de R$ 4.745 por metro quadrado (m^2) de tabuleiro, e foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.7.39 Os custos unitários acima incluem os seguintes componentes:

- Terraplanagem, limpeza e desmatamento;
- Estrutura de concreto: drenos, estacas (inclusive bases e encabeçamentos), sapatas, lajes suspensas, muros, pilares e apoios, vigas e revestimento;
- Elementos auxiliaries de/para as estruturas de concreto: fôrmas, reforços (fundações, lajes, muros, pilares e vigas), juntas projetadas, acabamentos de superfície e revestimentos; e
- Estrado de concreto, estruturas de aço e rolamentos.

2.7.40 No final da Fase F (Volume 2 – Estudos de Traçado), algumas novas informações geológicas foram disponibilizadas para a área do traçado situada entre Lorena e Jacareí. Dentre essas informações, áreas de Turfas (Peat Bog) foram especificamente identificadas como áreas a serem evitadas, por causa das características pobres do solo. Entretanto, essa informação foi disponibilizada muito tarde para que fosse considerada na determinação de um novo traçado dentro do escopo de estudos envolvidos no presente relatório.

2.7.41 Para fins de cálculo do custo de capital, foi considerada a utilização de aterros ao longo do trecho. Quando investigações mais detalhadas do solo forem realizadas, será então possível compreender com mais propriedade a geologia local, eventualmente endossando soluções alternative mais apropriadas.

2.7.42 Uma lista detalhada de pontes e viadutos considerada nestes custos está incluída no Apêndice B, descrevendo seu comprimento, localização e custo.

Estruturas: Muros de contenção

2.7.43 A área de muros de contenção foi estimada pelo Quantm. O custo da unidade aplicado para este item é de R$ 881 por metro quadrado (m^2). Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.7.44 O Custo unitário acima se refere a muros de contenção de 1,8m de altura reforçados *in-situ* e inclui:

- escavação;
- reforço;
- fôrmas;
- juntas de dilatação;
- concreto;
- enchimento granular;
- drenos; e
- acabamento de perfis para um lado.

Estruturas – Sumário de custos

2.7.45 A Tabela 2-4 abaixo resume as quantidades e custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e o custo correspondente obtido.

Tabela 2-4: Sumário de custos de Obras de Engenharia Civil

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade	Custo Total (bilhões de R$)
A	**Terraplenagem**				
1	Limpeza e Desmatamento	m^2	0,29	22.637.692	0,01
2	Área Gramada - Hidrosemeadura	m^2	1,05	12.355.462	0,01
3	Aterro	m^3	2,71	97.935.373	0,27
4	Corte			90.308.265	1,03
4a	Em solo	m^3	8,19	70.194.575	0,57
4b	Em rocha	m^3	22,61	20.113.690	0,45
5	Empréstimo	m^3	6,70	37.436.649	0,25
6	Bota-Fora	m^3	1,78	36.679.681	0,07
7	Momento de Transporte	m^3.km	0,40	1.445.136.504	0,58
	Subtotal A				**2,21**
B	**Structures**				
1	Túneis - 2 vias	m		90.912	10,75

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade	Custo Total (bilhões de R$)
1a	Área Urbana	m		46.578	*4,04*
	Em solo - Bi Túnel - Ø7,85m - NATM - 2 vias	m	133.713	2.985	*0,40*
	Em solo - Bi Túnel - Ø7,85m - TBM - 2 vias	m	83.530	43.593	*3,64*
1b	Área Rural	m		44.334	*6,71*
	Em solo - Monotúnel - Ø16,0m - NATM	m	166.355	16.338	*2,72*
	Em solo - Monotúnel - Ø16,0m – TBM	m	124.802	2.440	*0,30*
	Em rocha - Monotúnel - Ø16,0m - NATM	m	159.325	18.384	*2,93*
	Em rocha - Monotúnel - Ø16,0m - TBM	m	106.251	7.172	*0,76*
2	Pontes e Viadutos	m^2	4.745	1.499.878	7,12
3	Muros de Contenção	m^2	881	322.954	0,28
	Subtotal B				**18,16**
	TOTAL				**20,36**

2.8 Via permanente

2.8.1 Esta categoria engloba os seguintes itens:

- Via principal;
- Aparelhos de mudança de via (AMV);
- Drenagem e
- Cercas

Via permanente: Via principal

2.8.2 O comprimento da rota foi obtido através dos estudos de traçado e pode ser estimado em 510,7km.

2.8.3 O custo da unidade aplicado para este item é de R$ 1,55 milhões por km de via única. Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia.

2.8.4 O Custo unitário acima inclui:

- Trilhos (CEN60E1);
- Dormentes;
- Fixações de trilho;
- Lastro ferroviário (superior e inferior);
- *Terram*;
- Juntas de dilatação;

- Pára-choques de trilho;
- Assentamento de trilhos (mão-de-obra e equipamentos); e
- Levantamento e giro.

Via permanente: Aparelhos de mudança de via (AMV)

2.8.5 Baseado no layout da rota proposta (Volume 4 – Figura 2-2), o número de aparelhos de mudança de via (AMV) foi estimado em 250. Para chegar ao custo total deste item, um custo unitário de R$ 1,1 milhão por unidade foi aplicado, com base nas indicações dos livros Spon e na experiência internacional da Halcrow.

Via permanente: Drenagem

2.8.6 O custo da unidade aplicado para este item é de R$ 631.309 por km de rota. Este custo unitário foi fornecido pela PROMPT Engenharia. Aplicando este custo unitário aos trilhos propostos em nível de superfície, o custo total para este item equivale a R$ 242,4 milhões.

Via permanente: Cercas

2.8.7 O comprimento das cercas requerido para delimitar a via permanente foi calculado levando-se em consideração o comprimento total da rota que corre em nível de superfície.

2.8.8 O custo da unidade aplicado neste item foi fornecido pela PROMPT Engenharia e equivale a R$ 48,9 por metro (m). Aplicando-se este custo unitário aos trilhos propostos em nível de superfície, o custo total deste item equivale a R$ 37,6 milhões.

2.8.9 O custo unitário se refere a cercas de 2,10m de altura formadas de estacas de concreto com extensões de braços de aço com centros a cada 3m.

Via permanente – Sumário de custos

2.8.10 A Tabela 2-5 abaixo resume as quantidades e custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e o custo correspondente obtido.

Tabela 2-5: Sumário de custos da Via permanente

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade	Custo Total (Bilhões de R$)
1	Superestrutura Ferroviária (1 via)	km	1.556.637	1.022	1,59
2	AMV's	unidade	1.073.600	250	0,27
3	Drenagem	km	631.309	384	0,24
4	Cercas	m	49	767.935	0,04
	TOTAL				**2,14**

2.9 Edificações e equipamentos

2.9.1 Esta categoria engloba os seguintes itens:

- Estações; e
- depósitos de manutenção.

Edificações e Equipamentos: Estações

2.9.2 A área requerida para cada estação foi estimada baseando-se no fluxo de passageiros e o número de plataformas planejado para cada uma delas.

2.9.3 Para estimar o custo deste item, as seguintes áreas foram definidas para todas as estações, cada uma delas com um custo unitário por metro quadrado, tendo os custos brasileiros como base, conforme mostrado na Tabela 2-6 abaixo.

Tabela 2-6: Premissas de custo para as estações

	Nível do Solo	Subterrâneo	Estruturado (elevado)
Agulha / Edificação da Estação (R$/m^2)	1.100	0	1.500
Abrigo de Plataforma (R$/m^2)	350	0	0
Plataformas (R$/m^2)	550	4.500	800
Área de paisagismo (R$/m^2)	300	0	0
Área de Estacionamento (R$/m^2)	160	0	550

2.9.4 A superfície total e custos estimados para cada estação são mostrados no Apêndice C. A Tabela 2-7 abaixo resume o custo por estação, incluindo o custo estimado para as melhorias a serem feitas nos anos 2024 e 2034, para atender ao fluxo maior de passageiros

Tabela 2-7: Custo de capital estimado para cada estação

Estação	Custo de capital (R$ 000)		
	2014	Melhoria em 2024	Melhoria em 2034
Barão de Mauá (RJ)	71.364	9.100	9.472
Aeroporto do Galeão (RJ)	95.207	195	1.102
Barra Mansa/ Volta Redonda (RJ)	16.735	1.820	464
São José dos Campos (SP)	44.649	4.410	3.692
Aeroporto de Guarulhos (SP)	105.274	420	3.856
Campo de Marte (SP)	234.950	9.592	16.204
Aeroporto de Viracopos (SP)	97.717	0	1.498
Campinas (SP)	44.101	13.556	11.313
TOTAL	**709.997**	**39.093**	**47.599**

2.9.5 As seguintes considerações foram aplicadas quando estimando o custo das estações:

- Os custos são estimados de maneira a permitir uma análise genérica. Estimativas mais próximas da realidade serão possibilitadas pelos masterplans;
- Custos de Agulhas / Edificação das Estações inclui materiais e equipamentos. Estruturas de trilhos específicas, bem como materiais e equipamentos ferroviários, NÃO estão incluídas nos custos das plataformas já que estão sendo consideradas sob os custos de elementos de sistema;
- As estimativas de custo são baseadas em seis componentes principais, aos quais custos externos foram adicionados (acesso de estradas, custos ambientais, custos de infraestrutura, infraestrutura de transporte local, etc). Estes foram estimados como porcentagem dos custos principais;
- Áreas de paisagismo foram estimadas em 20% das áreas de edificações para o ano de 2014, valor diminuído para 15% para as melhorias das estações planejadas para 2024 e 2034; e
- As áreas de estacionamento foram calculadas com custo unitário inicial de 1 espaço/25m^2 de Área Bruta Locável (ABL) para o ano de 2014 e de 1 espaço/30m^2 de GLA para melhorias planejadas para as estações em 2024 e 2034. A ABL corresponde a aproximadamente 2/3 da área total da Agulha.

Edificações e equipamentos: Depósitos de manutenção

Depósitos principais e secundários – obras civis

2.9.6 Conforme mostrado no layout da rota proposta (Volume 4 - Figura 2-2) se prevê que o depósito de manutenção pesada seja construído em São José dos Campos e três depósitos de manutenção leve sejam localizados na Estação Barão de Mauá, no Campo de Marte e em Campinas.

2.9.7 O custo unitário de R$ 900 por metro quadrado fornecido por fontes locais foi aplicado para a construção da edificação do depósito. Um adicional de 20% foi colocado para ações ambientais, resultando assim em um custo estimado de R$ 1,080 por metro quadrado.

2.9.8 Para calcular a superfície dos depósitos, as seguintes estimativas foram aplicadas:

- A análise é baseada na frota total esperada para 2034 (82 composições);
- Cada composição requer alguma forma de reparo e/ou inspeção a cada 7 dias; e
- 12 composições devem estar no depósito de manutenção todos os dias, permitindo assim que duas delas ficassem mais que 24 horas e alguma capacidade de espaço extra.

2.9.9 Considerando-se o que foi mencionado acima, o depósito precisaria de oito galpões de linhas com estradas de 450m de comprimento. Além disto, também seriam necessárias áreas de manobras para permitir o movimento dos trens. Tomando-se essas premissas como base, as seguintes áreas foram estimadas:

- Depósito de Manutenção Leve: 5.625 m^2 (225m x 25m) cada; e
- Depósito de Manutenção Pesada: 22.500 m^2 (450m x 50m);
- Área Total: 39.375 m^2

2.9.10 O custo das obras civis para construir estes depósitos foi estimado em R$ 42,52 milhões.

2.9.11 Os depósitos também iriam requerer instalações, como prédios de escritórios, oficinas, refeitórios, banheiros, chuveiros, vestiários, salas de treinamento, acomodações para motoristas, lojas, estacionamentos, segurança e outras edificações auxiliares. Por esta razão, um acréscimo de 60% foi introduzido, resultando em um total de R$ 68,0 milhões.

Depósitos principais e subsidiários – Equipamento de manutenção

2.9.12 Este item se refere a todo material de manutenção pesado e leve, bem como equipamentos necessários para manutenção e inspeção do material rodante, infraestrutura de trilhos, sinalização e sistema de telecomunicações e o sistema de eletrificação.

2.9.13 Uma lista das principais instalações e equipamentos considerados para este custo é fornecida no Apêndice D.

2.9.14 O custo global para esta previsão foi estimado em R$ 450 milhões.

2.9.15 O custo dos elementos de sistema fornecidos abaixo inclui despesas para aquelas instalações e equipamentos associados aos depósitos. O Equipamento de revisão (*Overhead Line Equipment - OLE*), por exemplo, inclui 2% de acréscimo para cobrir o OLE extra que pode ser usado nos depósitos. Os custos de subestações também incluem o suprimento de tração dos depósitos. Onde for possível, as estações (subestações intermediárias ou AFTS) deverão ser localizadas o mais próximo possível dos depósitos, para que as seções eletrificadas sejam seccionadas da linha principal de alta velocidade.

Depósitos de manutenção e área de manobras

2.9.16 O comprimento da superestrutura ferroviária projetado para as áreas de manobras foi estimado em 82 km, baseando-se na provisão de áreas de manobras detalhada no layout da rota proposta (Volume 4 - Figura 2-2). O mesmo custo unitário foi aplicado à superestrutura ferroviária e R$ 1,55 milhões por km de superestrutura ferroviária.

Locomotivas

2.9.17 Três locomotivas, usadas para resgatar trens danificados, estão sendo consideradas como requerimento para o ano de 2014. Para atender ao aumento da frota esperado para os anos seguintes, a adição de uma unidade em 2034, chegando ao total de quatro, também foi considerada. O custo por unidade foi estimado em R$ 20,7 milhões.

Sumário dos custos de instalações de construção civil

2.9.18 A Tabela 2-8 abaixo resume as quantidades e os custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e o custo correspondente obtido.

Tabela 2-8: Sumário de custos de Edificações e equipamentos (Ano 2014)

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade	Custo Total (Bilhões de R$)
1	Estações (oito)	global	709.996.822	1	0,71
2	Depósitos de manutenção				0,71
2a	Obras civis	global	68.040.000	1	*0,07*
2b	Equipamentos de manutenção	global	450.000.000	1	*0,45*
2c	Depósito de manutenção e Áreas de Manobra	km	1.556.637	82	*0,13*
2d	Locomotivas	unidade	20.700.000	3	*0,06*
	TOTAL				**1,42**

2.10 Elementos do Sistema

2.10.1 Os custos de elementos do sistema estão divididos em tres categorias, como mostrado abaixo:

- Sinalização;
- Telecomunicações; e
- Eletrificação.

Uma descrição de cada categoria é fornecida abaixo.

Sinalização e Telecomunicações

2.10.2 A firma alemã ISV (*Ingenieurgesellschaft für Schienenverkehrstechnik mbH*) foi escolhida pelo Consórcio para conduzir um estudo em Sinalização e Telecomunicações aplicável a este projeto. Eles são especialistas reconhecidos pela Eisenbahn-Bundesamt (Autoridade Federal Ferroviária alemã). As conclusões deste estudo podem ser encontradas no Apêndice E.

2.10.3 Como parte deste estudo, a ISV forneceu uma estimativa detalhada de custos de sinalização e telecomunicações, que foi revisada pelos especialistas da Halcrow e então incorporadas ao custo total do projeto, conforme mostrado na Tabela 2-9.

Eletrificação

2.10.4 O custo de eletrificação foi estimado pelos especialistas da Halcrow, e está dividido nas seguintes subcategorias:

- Catenária;
- Subestações da rede de distribuição (AFTS): Rede de subestações e estação de material rodante de tração; e
- Subestações intermediárias (ATS): Subestações pequenas / subestações intermediárias.

2.10.5 Um estudo mostrando as premissas básicas consideradas para este projeto, em termos de eletrificação, pode ser encontrado no Apêndice F.

2.10.6 Este custo presume que a energia de tração seja fornecida em 25kV auto-transformado, suprindo a superestrutura ferroviária com 1.104 de sistemas de contato OLE, a partir dos quais os trens coletarão energia. Aproximadamente doze subestações de rede ao longo da rota foram consideradas também para fornecer a fonte de energia para o sistema de distribuição da ferrovia. Em cada um destes locais de tração haverá uma subestação que irá controlar a energia entrando e saindo da ferrovia.

2.10.7 Também foi considerado que entre essas subestações haverá aproximadamente 30 subestações intermediárias que funcionarão como reguladoras de voltagem e pontos de secções e/ou locais de auto-transformação que permitirão que a interferência elétrica seja mantida no mínimo, bem como contribuir para a eletrificação eficiente do sistema de distribuição.

Elementos do Sistema– Sumário de custos

2.10.8 A Tabela 2-9 abaixo resume as quantidades and custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e o custo correspondente obtido. Para facilitar a leitura, os custos neste caso estão em milhões de reais.

Tabela 2-9: Sumário dos custos dos elementos de sistema

No	Item	Unidade	Custo unitário (R$)	Quantidade (R$)	Custo Total (Milhões de R$)
A	**Sinalização**				
1	Controle Centralizado de Tráfego (CTC)	unidade	1.894.860	2	3,8
2	Sinalização	global	153.040.888	1	153,0
3	Proteção Automática de Trens (ATP)	km	312.620	511	159,7
	Subtotal A				316,5
B	**Telecomunicações**				
1	Instalações de Transmissão	global	3.461.150	1	3,5
2	Cabeamento / Redes Internas / Componentes do Cabeamento	global	77.102.300	1	77,1
3	Sistema de Telecomunicação de Operações Ferroviárias (ROTS)	conjunto	239.250	11	2,6
4	Sistema de radiocomunicação (GSM-R)	global	24.291.850	1	24,3
5	Sistemas para detecção de incêndios / Sistemas para detecção de acessos não autorizados	global	9.426.450	1	9,4
6	Sistemas de TV interna (CCTV)	global	1.888.480	1	1,9
7	Sistema de informação dos passageiros - Sistemas de cronometragem em plataformas e oficinas	global	311.025	1	0,3
8	Sistema de realimentação de dados e supervisão (SCADA)	global	2.312.750	1	2,3
9	Sistema de informação dos passageiros - Panel de Destino de Trem (TD)	global	5.793.040	1	5,8
10	Sistema de informação dos passageiros - Sistema sonoro de comunicação	global	4.976.400	1	5,0
11	Sistema de bilhetagem	global	26.716.250	1	26,7
12	Detecção de *hot axle* (HABD)	pc	893.200	12	10,7
13	Outros componentes do sistema (PS, abrigos, cabeamento, etc)	global	144.663.948	1	144,7
	Subtotal B				**311,4**
C	**Eletrificação**				

No	Item	Unidade	Custo unitário (R$)	Quantidade (R$)	Custo Total (Milhões de R$)
1	Catenária	km	798.461	1.104	881,1
2	ATFS [Subestações da rede de distibuição (+Estação alimentadora de tração)]	global			375,8
2a	Construção de edifício	*unidade*	26.100.000	12	*313,2*
2b	Instalações elétricas	*unidade*	5.220.000	12	*62,6*
3	ATS [Subestações pequenas / Subestações intermediárias]	global			104,4
3a	Construção de edifício	*unidade*	348.000	30	*10,4*
3b	Instalações elétricas	*unidade*	3.132.000	30	*94,0*
	Subtotal C				**1.361,9**
	TOTAL				**1.992,2**

2.11 Ações sócio-ambientais

2.11.1 Todos os custos mostrados sob esta categoria foram fornecidos pela consultoria da Prime Engenharia. Mais detalhes sobre os mesmos podem ser encontrados no Relatório da Prime Engenharia. A Tabela 2-10 resume as quantidades e custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e aos custos correspondentes obtidos.

Tabela 2-10: Sumário de custos sócio-ambientais

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade (R$)	Custo Total (Bilhões de R$)
1	Aquisição de Terras	global	599.720.000	1	0,6
2	Indenização de construções	global	1.630.998.034	1	1,6
3	Reassentamento	No. of families	55.000	618	0,03
4	Reurbanização, travessias	m2 AU	180	1.679.000	0,3
5	Proteção Acústica	m2 AU	150	1.679.000	0,3
6	Plantios Reposição Florestal	global	127.316.400	1	0,1
7	Relocação de Estradas	global	586.000.000	1	0,6

No	Item	Unidade	Custo Unitário (R$)	Quantidade (R$)	Custo Total (Bilhões de R$)
8	Compensação Ambiental	global	150.000.000	1	0,2
9	Supervisão Ambiental Obra	km	415.000	511	0,2
	TOTAL				**3,9**

As seguintes definições foram fornecidas pela Prime Engenharia:

- AC: Área Construída afetada. O custo unitário é a média resultante para todo o TAV.
- AG: Área Geográfica Bruta afetada.
- AU: Área Urbana Bruta afetada.

2.12 Material Rodante

2.12.1 Baseando-se nas recentes construções de material rodante de alta velocidade, o custo em média da compra foi estimado em R$ 7,4 milhões para um trem de 8 vagões, o equivalente a R$ 65,2 milhões por trem. A Tabela 2-11 abaixo mostra a fonte diferente de custos analisada para chegada ao custo anterior.

Tabela 2-11: *Benchmark* de custos de Material Rodante

Designação	Fabricante	Por Trem (em Milhões de R$)
TGV	Alstom	56,4
AVE Trensets	Siemens	64,3
Javelin	Hitachi	34,6
TGV Duplex	Alstom	76,1
AGV Trensets	Alstom	75,4
ICE3	Siemens	87,0
ICE CHR3	Siemens	62,8

2.12.2 A Tabela 2-12 abaixo resume as quantidades e custos unitários aplicados a este item o custo correspondente obtido baseado em tamanho de frota, previamente estimado no Volume 4, para 2014.

Tabela 2-12: Sumário de Custo de Material Rodante (ano de 2014)

No	Item	Unidade	Unidade Custo (Milhões de R$)	Quantidade	Total Custo (Bilhões de R$)
1	Material Rodante	Conjuntos de trens	65,2	42	2,7
	TOTAL				**2,7**

2.13 Serviços complementares

2.13.1 Esta categoria inclui os seguintes itens:

- Comissionamento e certificação;
- Estudos geotécnicos;
- Remanejamentos de interferências;
- Construções temporárias;
- Acessos rodoviáriospara pontes e túneis;
- Projeto executivo;
- Gerenciamento de Projeto.

2.13.2 Uma descrição de cada categoria é fornecida abaixo.

Serviços complementares – Comissionamento e Certificação

2.13.3 Comissionamento e certificação de elementos do sistema (sinalização, telecomunicações e eletrificação) e o material rodante são requeridos antes de iniciar a operação comercial do sistema.

2.13.4 Este custo foi estimado em 2% do custo de capital dos itens mencionados acima, o que equivale a R$ 94,6 milhões.

Serviços complementares – Estudos geotécnicos

2.13.5 Durante o estágio de design detalhado deste projeto, mais estudos geotécnicos serão requeridos para melhor identificar as características geológicas do terreno ao longo do traçado escolhido. Conforme mencionado no Volume 2 (Estudo de Traçado), esta informação, que inclui análise de túneis ao longo do corredor, é considerada muito relevante.

2.13.6 Para estimar o custo total deste item, o custo unitário de R$ 5,000 por quilômetro de trilho (km) foi aplicado. Este custo unitário, obtido através de fontes locais, somente abarca os estudos requeridos para o estágio de design detalhado do projeto. O custo total foi, então, estimado em R$ 2,6 milhões.

Serviços complementares – Remanejamento de Interferências

2.13.7 Este item se refere às obras requeridas para o desvio e relocação de redes de infraestrutura existentes que podem vir a ser afetadas ao longo do estágio de construção.

2.13.8 O remanejamento das linhas de energia, dutos de gás e petróleo, tubulação de água e dutos de telecomunicação estão incluídos neste item.

2.13.9 O custo foi estimado como uma porcentagem (1%) das obras de engenharia civil, e o gasto total para este item foi estimado em R$ 203,6 milhões.

Serviços complementares - Construções temporárias

2.13.10 Este custo foi estimado como porcentagem (2%) do custo de construção, que é formado pelos seguintes itens:

- Obras de Engenharia Civil;
- Via permanente;
- Edificações e equipamentos;
- Elementos do sistema;
- Proteção acústica.

2.13.11 Um boleto do trilho foi considerado neste custo, incluindo a aquisição de terras, a conexão de trilhos e as instalações associadas.

2.13.12 O custo total foi estimado em R$ 523,3 milhões para este item.

Serviços complementares – Acesso Rodoviario Permanente para Pontes e Túneis

2.13.13 Apesar da manutenção de trilhos prevista considerar equipamentos de manutenção móveis pelos próprios trilhos do TAV, por questões de segurança, algumas localidades ao longo do traçado requerem um acesso rodoviário permanente. Este é o caso de túneis longos e viadutos, por exemplo.

2.13.14 As despesas para este item foram estimadas como uma fração do custo (10%) das construções temporárias, já que foi considerado que alguns acessos rodoviários serão construídos durante o estágio de implantação do TAV e ainda poderiam ser operacionalizadas quando o sistema começasse a funcionar.

2.13.15 O custo total estimado para este item é de R$ 52,3 milhões.

Serviços complementares – Projeto Executivo

2.13.16 O custo da equipe responsável pela elaboração do projeto executivo foi estimado como porcentagem (2%) dos seguintes itens:

- Obras de engenharia civil;
- Via permanente;
- Edificações e equipamentos;
- Elementos de sistema;
- Proteção acústica;
- Remanejamento de interferências;
- Construções temporárias;
- Acesso Rodoviario Permanente para Pontes e Túneis

2.13.17 O custo total estimado para este item é de R$ 538,9 milhões.

Serviços complementares – Gerenciamento de Projeto

2.13.18 O custo de gerenciamento requerido para a entrega deste projeto foi estimado como porcentagem (2%) dos seguintes itens:

- Obras de engenharia civil;
- Via permanente;
- Edificações e equipamentos;
- Elementos do sistema;
- Ações sócio-ambientais;
- Material rodante;
- Estudos geotécnicos;
- Remanejamento de interferências;
- Construções temporárias;
- Acesso Rodoviario Permanente para Pontes e Túneis

2.13.19 Despesas legais e custos administrativos e de pessoal do cliente estão incluídos neste item, o qual é estimado em R$ 666,6 milhões.

Serviços complementares – Sumário dos custos

2.13.20 A Tabela 2-13 abaixo resume as quantidades e custos unitários aplicados a cada um dos itens acima e ao custo correspondente obtido.

Tabela 2-13: Sumário dos Serviços complementares

No	Item	Unidade	Total Custo (Milhões de R$)
1	Comissionamento e Certificação	global	94,6
2	Estudos geotécnicos	global	2,6
3	Remanejamento de interferências	global	203,6
4	Construções temporárias	global	523,3
5	Acessos rodoviáriospara pontes e túneis	global	52,3
6	Projeto Executivo	global	538,9
7	Gerenciamento de Projeto	global	666,6
	TOTAL		**2.081,9**

3 Resultados e conclusões

3.1 Introdução

3.1.1 As seções prévias descreveram a metodologia aplicada para determinar o Custo de Capital do Projeto TAV, descrevendo as premissas adotadas e os resultados preliminares que foram obtidos.

3.1.2 Esta seção apresenta uma análise daqueles resultados e está estruturada da seguinte maneira:

- Uma descrição do Custo de Capital estimado para a rota inteira;
- Uma descrição do Custo de Capital estimado para seções separadas ao longo da rota; e
- Uma análise dos resultados obtidos de um exercício de custo de *benchmarking*.

3.2 Custo de Capital – Rota Inteira

3.2.1 O total projetado para o Custo de Capital do TAV é de R$ 34,6 bilhões[8]. Um detalhamento de tipos de ativos, obtidos através dos resultados mostrados na seção anterior, é apresentado na Tabela 3-1. A tabela do CAPEX detalhada pode ser encontrada no Apêndice A deste relatório.

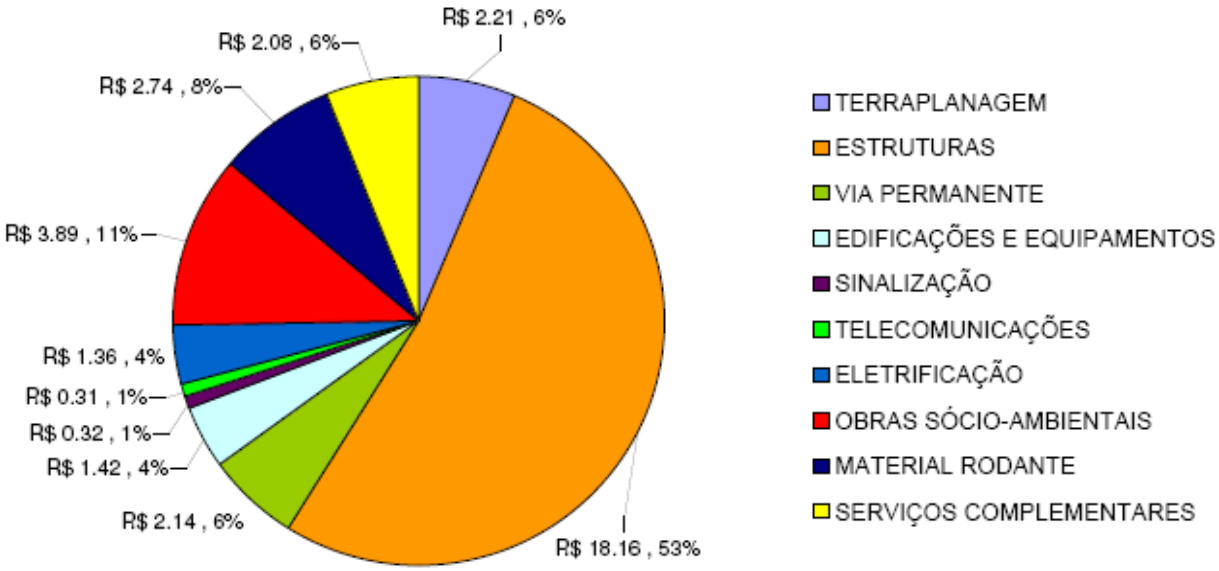
Tabela 3-1: Custo de Capital por tipo de Ativo

Ativo	Custo em 2009 (Bilhões de R$)	% do Custo Total
Obras de Engenharia Civil	20,36	58,8%
Terraplanagem (aterro, corte, etc)	*2,21*	
Estruturas (túneis, pontes, etc)	*18,16*	
Via permanente (trilhos, drenos, etc)	2,14	6,2%
Edificações e equipamentos (estações e depósitos)	1,42	4,1%
Elementos do sistema	1,99	5,8%
Sinalização	*0,32*	
Telecomunicações	*0,31*	
Eletrificação	*1,36*	
Obras sócio-ambientais	3,89	11,2%
Material rodante	2,74	7,9%
Serviços complementares (Remanejamentos de interferências, gerenciamento, etc.)	2,08	6,0%
TOTAL	**34,63**	**100%**

[8] Seguindo com o análise das seções previas, este valor do Custo de Capital não contempla futuras ampliações do sistema requeridas para cobrir demandas crescentes de pasageiros. Idêntico critério é aplicado nos quadros e análises subsequentes neste Volume.

3.2.2 A composição do custo de capital está resumida na Figura 3-1 abaixo.

Figura 3-1: Composição de Custo de Capital (Em Bilhões de R$ e %)



3.2.3 Como esperado, as estruturas (túneis e pontes principalmente) têm impacto significativo no custo total do CAPEX, com uma parcela estimada em 53%. De fato, isto fica claro quando se analisa a distribuição dos dez itens mais caros relativos à construção do TAV, representada pelo diagrama resultante da Tabela 3-2.

Tabela 3-2: Posição dos dez itens mais custosos envolvidos na construção do TAV

No	Item	Custo (Bilhões de R$)	% do Custo Total
1	Túneis	10,75	31,1%
2	Pontes e Viadutos	7,12	20,6%
3	Material rodante (frota inicial)	2,74	7,9%
4	Indenização de Construções	1,63	4,7%
5	Superestrutura Ferroviária	1,59	4,6%
6	Corte	1,03	3,0%
7	Catenária	0,88	2,5%
8	Estações Ferroviárias	0,71	2,1%
9	Pátios de Manutenção	0,71	2,0%
10	Gerenciamento do Projeto	0,67	1,9%
	TOTAL	**27,83**	**80,4%**

3.2.4 Os dois itens mais caros mostrados na tabela anterior fazem parte de obras de engenharia civil, categoria que representa 58,8% do total de custo de capital do projeto (ver Tabela 3-1). Isto é uma indicação de que a seleção de técnicas apropriadas de construção, equipamentos e materiais serão uma questão chave para a eficácia de custo deste projeto.

3.3 Custo de Capital – Trechos ao longo da rota

3.3.1 Uma análise foi desenvolvida para determinar o Custo de Capital correspondente aos diversos seções ao longo da rota TAV. Estes trechos foram assim definidos:

- Seção 1: Barão de Mauá (RJ) - Galeão Airport (RJ)
- Seção 2: Galeão Airport (RJ) - Barra Mansa / Volta Redonda (RJ)
- Seção 3: Barra Mansa / Volta Redonda (RJ) - São José dos Campos (SP)
- Seção 4: São José dos Campos (SP) - Guarulhos Airport (SP)
- Seção 5: Guarulhos Airport (SP) - Campo de Marte (SP)
- Seção 6: Campo de Marte (SP) - Viracopos Airport (SP)
- Seção 7: Viracopos Airport (SP) - Campinas (SP)

3.3.2 No caso das estações, para fins praticos, foi considerado que uma estação está localizada em cada um dos trechos acima. No entanto, considerando-se há oito estações propostas e apenas sete seções definidas, com o objetivo de estimar o custo de cada uma das seções acima, foi necessário considerar que a Seção 7 inclui duas estações (Aeroporto de Viracopos e Campinas).

3.3.3 Um resumo dos resultados é demonstrado pela Tabela 3-3 e pela Figura 3-2 na página seguinte.

3.3.4 Baseado na Tabela 3-3, o custo por km pode ser obtido para cada trecho, conforme a Tabela 3-4. Pode-se concluir, a partir da tabela acima, que os trechos com maiores custos unitários por quilômetro correspondem aqueles com maior proporção de estruturas (túneis e pontes). O resultado está em congruência com a composição do Capex analisado na Seção 3.2.

3.4 Benchmarking

3.4.1 Além dos componentes incluídos na Seção 2.2 acerca das dificuldades associadas com a estimativa de custos unitários, a comparação de custos de capital entre uma série de serviços de trens de alta velocidade representa um exercício bastante complicado por si só. Na verdade, apesar de dois serviços HSR poderem aparentar similitudes em um primeiro nível de análise, tecnologias alternativas podem ter sido aplicadas durante sua implantação para contornar possíveis restrições e aproveitar oportunidades disponíveis em cada localidade.

3.4.2 Em qualquer caso, fazer o *benchmarking* do custo de um projeto ainda é considerado um exercício válido, largamente usado em projetos de engenharia, especialmente durante o estágio de viabilidade, representando uma ferramenta empírica auxiliar no julgamento da validade da metodologia adotada.

3.4.3 A Tabela 3-5 apresenta o custo de capital de onze esquemas internacionais de alta velocidade[9], fornecendo um custo médio de £21,8 milhões por km, o equivalente a R$ 75,4 milhões por km aplicando-se o índice de conversão de £1 = R$ 3,46 por custo unitário.

[9] Fonte: Baseado no *High Speed Lines Study – Milestone 8. Cost Model Report.* WS Atkins. Abril de 2002.

Tabela 3-3: Resumo de custos (Milhões de R$) estimado para cada seção do traçado

-	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
	Barão de Mauá (RJ) - Galeão Airport (RJ)	Galeão Airport (RJ) - Barra Mansa / Volta Redonda (RJ)	Barra Mansa / Volta Redonda (RJ) - São José dos Campos (SP)	São José dos Campos (SP) - Guarulhos Airport (SP)	Guarulhos Airport (SP) - Campo de Marte (SP)	Campo de Marte (SP) - Viracopos Airport (SP)	Viracopos Airport (SP) - Campinas (SP)
Comprimento (km)	**15,2**	**103,1**	**210,4**	**61,8**	**21,8**	**75,4**	**23,2**
Terraplanagem	27,6	457,9	1,018,1	267,4	27,1	339,8	70,7
Estruturas	616,6	4.971,2	5.142,1	1.932,4	1.495,8	3.596,0	400,9
Via permanente	60,0	412,9	927,8	255,0	82,3	302,1	98,3
Edificações e equipamentos	92,4	238,1	308,2	130,2	135,5	339,4	173,9
Sinalização	9,4	63,9	130,4	38,3	13,5	46,7	14,4
Telecomunicações	9,3	63,5	129,4	38,0	13,4	46,4	14,3
Eletrificação	40,4	274,9	560,7	164,6	58,1	200,8	61,7
Obras sócio-ambientais	357,8	705,3	912,8	267,5	228,1	898,9	523,7
Material rodante	81,4	553,2	1.128,4	331,3	117,0	404,2	124,3
Serviços complementares	72,4	511,6	665,0	224,6	141,7	391,0	75,5
TOTAL	**1.367,3**	**8.252,6**	**10.923,0**	**3.649,5**	**2.312,6**	**6.565,2**	**1.557,8**

Figura 3-2: Total de despesas dividido entre as diversos seções da rota (em Bilhões de R$ e %)

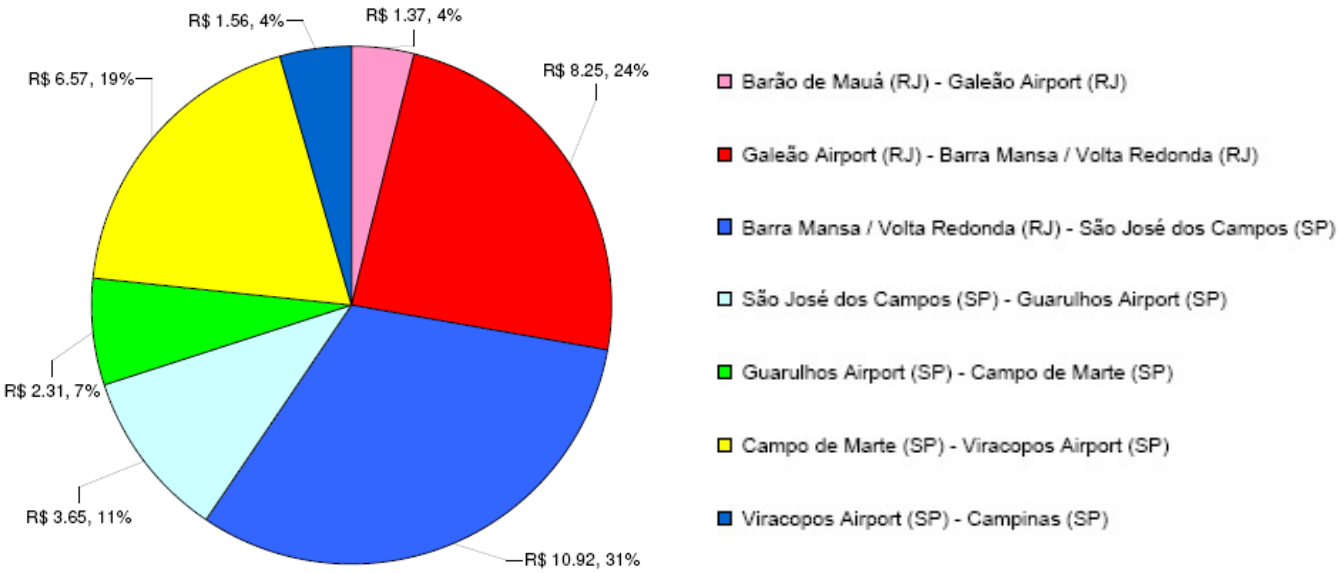


Tabela 3-4: Custo por km em comparação às características de traçado para cada seção da rota

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7
	Barão de Mauá (RJ) - Galeão Airport (RJ)	Galeão Airport (RJ) - Barra Mansa / Volta Redonda (RJ)	Barra Mansa / Volta Redonda (RJ) - São José dos Campos (SP)	São José dos Campos (SP) - Guarulhos Airport (SP)	Guarulhos Airport (SP) - Campo de Marte (SP)	Campo de Marte (SP) - Viracopos Airport (SP)	Viracopos Airport (SP) - Campinas (SP)
Comprimento (km)	15,2	103,1	210,4	61,8	21,8	75,4	23,2
Custo (Milhões de R$)	1.367,3	8.252,6	10.923,0	3.649,5	2.312,6	6.565,2	1.557,8
Custo por km (Milhões de R$)	90,2	80,0	51,9	59,1	106,0	87,1	67,2
% de túneis	22%	26%	6%	11%	81%	28%	10%
% de pontes	34%	24%	22%	21%	0%	22%	7%
% de túneis + pontes	56%	50%	28%	33%	81%	49%	17%

3.4.4 No entanto, pode-se observar pela Tabela 3-5 que há uma gama bem abrangente de custos por km, desde £8,8m até £48,6m (R$ 30 milhões a R$ 168 milhões). Apesar de esta diferença ser em parte atribuída às características de rota, em termos de proporção de pontes e túneis, outros fatores externos podem representar diferenças cruciais.

3.4.5 De fato, apesar de, em primeira análise, a França aparentar um custo unitário menor, comparando-se a outros países observados, os seguintes fatores podem explicar a origem do baixo custo aparente [5:]

- Não está claro se os subsídios governamentais cedidos ao TGV estão incluídos nestes custos publicados;
- A construção do TGV faz uso de extensas linhas pré-existentes, apesar de a rota ser completamente revisada;
- Conforme demonstrado na porcentagem de túneis incluída na Tabela 3-5, as rotas do TGV usam graus para habilitar rotas mais retas e curtas, reduzindo assim a necessidade de escavações de túneis;
- As rotas do TGV são predominantemente localizadas em áreas rurais; e
- Foi presumido que a SNCF (*Société Nationale des Chemins de Fer*), a Ferrovia Nacional Francesa, fornece alguns serviços e recursos a custos baixos ou a nenhum custo ao esquema

3.4.6 O custo médio por km estimado para o TAV é de R$ 67,8 milhões por km, o que é bem próximo do custo médio estimado acima.

Tabela 3-5: Benchmark de projetos de alta velocidade, incluindo o TAV

Projeto	Ano de inauguração	Comprimento da rota (km)	Custo por km (£ milhões)	Características da rota	
				Ponte e viaduto (%)	Túnel (%)
TGV Sud Est	1983	410	8,8	1	6
TGV Atlantique	1990	320	3,8	1	6
TGV Mediterenee	2001	250	16,.7	7	5
CTRL	Fase 1: 2003 Fase 2: 2006	109	48,6	4	25
Shinkansen – Tokaido	1964	515	4,4	33	13
Shinkansen –Sanyo	1975	562	8,5	38	50
Shinkansen – Thoku	1991	501	25,0	72	23
Shinkansen – Joetsu	1982	275	29,0	60	39
Shinkansen – Hokuriku	1998	126	31,8	34	50
TGV Korea – Seoul to Pusan	Fase 1: 2004 Fase 2: 2010	412	29,5	27	46
TGV Taiwan	2005	345	33,7	72	14
PROJETO TAV	**2014** [11]	**511**	**19,6**	**21**	**18**

[11] Ano proposto

Apêndice A – Custos de CAPEX

Apêndice B – Descrição das Estruturas

Apêndice C – Custos das Estações

Apêndice D – Área de Manutenção e Equipamentos - Componentes Principais

Apêndice E – Relatório Técnico de Sinalização e Telecomunicações

Apêndice F – Relatório Técnico de Eletrificação

Apêndice G – Analise de Custo Operacional PROMPT Engenharia