

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**MÁRCIO CAZELLI**

**INVESTIMENTOS EM SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS  
UTILIZANDO ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR**

**Rio de Janeiro**

**2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**MÁRCIO CAZELLI**

**INVESTIMENTOS EM SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS  
UTILIZANDO ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Marcus Vinicius Quintella Cury. D. Sc.

Rio de Janeiro

2008

© 2008

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ

CEP: 22.290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e do orientador.

629.04      Cazelli, Márcio.

C386i              Investimentos em Sistemas Metroferroviários  
utilizando Engenharia e Análise do Valor / Márcio Cazelli –  
Rio de Janeiro: IME, 2008.

251p.: il.:gráf.:tab.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de  
Engenharia – 2008.

1. Sistemas Metroferroviários 2. Engenharia e  
Análise do Valor. I. Título. II. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 629.04

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**MÁRCIO CAZELLI**

**INVESTIMENTOS EM SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS  
UTILIZANDO ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Marcus Vinicius Quintella Cury. D. Sc.

Aprovada em 15 de Julho de 2008 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Marcus Vinícius Quintella Cury – D. Sc. do IME – Presidente

---

Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva – Ph. D. do IME

---

Prof. Marco Antônio Farah Caldas – Ph. D. da UFF

Rio de Janeiro

2008

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Carla, amor e companheira de mais de 30 anos, pelo seu pronto incentivo para eu cursar esse mestrado, pela compreensão nos momentos de ansiedade e pela paciência nesses dois anos e meio de envolvimento com os créditos, monografias e dissertação.

À Sociedade Brasileira, aqui representada por um de seus segmentos – o Exército Brasileiro, por me permitir cursar, gratuitamente, o Mestrado em Transportes do Instituto Militar de Engenharia, escola do mais alto nível acadêmico, onde também me graduei engenheiro.

À Diretoria da CBTU pela liberação de meio período que me possibilitou frequentar as aulas e cumprir todas as obrigações do curso.

Aos colegas de trabalho que me propiciaram a devida cobertura nos períodos que tinha que me ausentar da CBTU, particularmente: Oswaldo Moss, Rossinélio da Fonte, Ronaldo Lessa, Denílson França e Manuel Augusto Ramos. Igualmente agradeço a Maurício Rodrigues e Augusto Lima Jr. pela composição de algumas tabelas e digitação de partes desse texto.

Aos colegas da STU-REC que participaram da equipe do estudo de caso, sempre prontos a sugerir, levantar custos e participar das discussões. Menciono especialmente Luís Alberto pela organização do grupo na Internet; Alejandro Livera e Ricardo Esberard, estudiosos de sistemas de sinalização, pela valiosa colaboração e aval no estudo funcional do projeto.

À equipe da Alstom envolvida nesse projeto, particularmente a Paulo Sérgio Moreira, pelo pronto atendimento nas informações de custo e de viabilidade das proposições da equipe da CBTU no processo de Análise do Valor.

Ao amigo Pedro Dória, a ajuda nas dificuldades com a língua inglesa e a revisão da versão para o inglês do resumo dessa dissertação.

Ao Marcos Augusto Jabôr – DER / MG pela pronta cessão do Estudo de Valor do Aeroporto Regional da Zona da Mata, que me proporcionou a materialização de um estudo completo com a Metodologia do CALTRANS.

Ao Marcos Buzzato pela acolhida na ABEAV, cessão de apostilas, indicação de bibliografia e facilidades concedidas na participação em congressos dessa organização que preside.

Agradeço imensamente ao CALTRANS, CSVA, IVM, SAVE INTERNATIONAL, a diversas universidades, empresas públicas e a todas e quaisquer organizações que mantêm sítios na Internet, permitindo o acesso a informações gerais, artigos técnicos, apresentações, dissertações de mestrado e teses de doutorado de forma ampla e livre.

Ao professor Marcus Quintella, amigo, colega de trabalho e orientador, agradeço a sugestão do tema, a estruturação da dissertação e a confiança na minha própria condução desse trabalho.

Aos professores Marco Antônio Farah Caldas e Paulo Afonso Lopes, a participação na banca examinadora.

Aos meus colegas de mestrado, todos, sem exceção, André, Ávila, Bruno, Clauber, Diniz, Guerson, Marcela, Marcelo, Mariana, Renato, Ricardo e Sabrina, agradeço o convívio, conversas tensas, conversas relaxantes e ajuda mútua.

A todos os professores, alunos de anos anteriores e funcionários da Seção de Engenharia de Fortificação e Construção do IME pela participação, de alguma forma, na realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	10
LISTA DE TABELAS .....	11
LISTA DE SIGLAS .....	13
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 Conhecimento do Problema .....	17
1.2 Objetivo.....	19
1.3 Justificativa .....	20
1.4 Composição da Dissertação .....	25
<b>2 A ANÁLISE DO VALOR .....</b>	<b>26</b>
2.1 Histórico.....	26
2.2 Conceitos e Objetivos .....	28
2.2.1 Engenharia do Valor .....	28
2.2.2 Função.....	29
2.2.3 Desempenho.....	30
2.2.4 Valor .....	30
2.2.5 Aplicação da Engenharia e Análise do Valor .....	31
2.3 Componentes Básicos da Metodologia.....	34
2.3.1 Abordagem Funcional.....	34
2.3.2 Criatividade.....	38
2.3.3 Esforço Multidisciplinar .....	38
2.3.4 Reconhecimento e Contorno de Bloqueios Mentais.....	39
2.4 O Plano de Trabalho .....	40
2.5 A Metodologia do Valor .....	43
2.5.1 Coleta e Análise de Informações .....	43
2.5.2 Análise Funcional .....	45
2.5.3 Geração de Idéias .....	50
2.5.4 Seleção de Idéias.....	51
2.5.5 Implementações .....	52

<b>3.</b>	<b>A METODOLOGIA DO VALOR DO DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA CALIFÓRNIA – CALTRANS.....</b>	<b>53</b>
3.1	A Política de Análise do Valor no Caltrans .....	53
3.2	O Plano de Trabalho de Análise do Valor no Caltrans.....	54
3.2.1	Preparação.....	55
3.2.2	Estudo de Análise do Valor .....	55
3.2.3	Relatório.....	56
3.3	A Fase de Preparação, Organização e Preparo dos Dados.....	59
3.3.1	Reuniões de Pré-Estudo .....	59
3.3.2	Coletânea dos Dados.....	59
3.3.3	Preparo dos Dados .....	60
3.4	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 1 .....	64
3.4.1	Informação da Equipe .....	64
3.4.1.1	Determinação de Critérios de Desempenho.....	65
3.4.1.2	Matriz de Critérios de Desempenho .....	67
3.4.1.3	Matriz dos Graus de Desempenho .....	68
3.4.2	Análise Funcional .....	71
3.4.3	Geração de Idéias .....	75
3.4.4	Avaliação de Idéias .....	75
3.5	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 2 .....	78
3.5.1	Desenvolvimento de Soluções Alternativas.....	78
3.5.2	Críticas às Soluções Alternativas.....	88
3.5.3	Apresentação das Soluções Alternativas .....	92
3.6	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 3 .....	92
3.6.1	Julgamento das Soluções Alternativas.....	93
3.6.2	Decisões sobre as Soluções Alternativas .....	93
3.6.3	Apresentação dos Resultados.....	98
<b>4.</b>	<b>ESTUDOS DE ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR EM TRANSPORTES.....</b>	<b>99</b>
4.1	Estudos no Brasil .....	99
4.1.1	Duplicação da Rodovia BR-101 – Trecho Natal – Palmares.....	99
4.1.2	Aeroporto Regional da Zona da Mata – Juiz de Fora - MG .....	103

4.2	Estudos no Exterior.....	114
4.2.1	Transporte Rápido por Ônibus na Região de York – Ontário - Canadá.....	116
4.2.2	Estação Ferroviária de Tilburg.....	122
<b>5.</b>	<b>ESTUDO DE CASO - IMPLANTAÇÃO DE NOVA SINALIZAÇÃO NO TRECHO RECIFE – BARRO DA CBTU / STU-RECIFE.....</b>	<b>127</b>
5.1	A Malha Ferroviária da STU-RECIFE .....	127
5.2	O Sistema de Sinalização da STU-REC .....	129
5.3	A Motivação para o Estudo de Valor.....	135
5.4	A Fase de Preparação e Organização dos Dados.....	138
5.4.1	Reuniões de Pré-Estudo .....	138
5.4.1.1	O Projeto Original.....	139
5.4.1.2	O Projeto Alternativo.....	141
5.4.2	Coletânea dos Dados.....	142
5.4.3	Preparo dos Dados .....	143
5.4.3.1	Custos de Implantação – Projeto Original .....	143
5.4.3.2	Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original.....	144
5.4.3.3	Custos de Implantação – Projeto Alternativo .....	148
5.5	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 1 .....	152
5.5.1	Determinação dos Critérios de Desempenho.....	152
5.5.2	Matriz dos Critérios de Desempenho.....	160
5.5.3	Análise Funcional .....	160
5.5.4	Geração de Idéias.....	169
5.5.5	Avaliação de Idéias .....	171
5.6	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 2 .....	175
5.6.1	Desenvolvimento das Soluções Alternativas.....	176
5.6.1.1	A Solução Alternativa nº 1.....	177
5.6.1.2	A Solução Alternativa nº 2.....	186
5.6.1.3	A Solução Alternativa nº 3.....	195
5.6.1.4	A Solução Alternativa nº 4.....	197
5.6.1.5	A Solução Alternativa nº 5.....	200
5.6.1.6	A Solução Alternativa nº 6.....	203
5.6.1.7	A Solução Alternativa nº 7.....	206

5.6.2	Críticas às Soluções Alternativas.....	207
5.6.3	Apresentação das Soluções Alternativas .....	213
5.7	A Fase de Estudo do Valor – Segmento 3 .....	213
5.7.1	Julgamento das Soluções Alternativas.....	213
5.7.2	Decisões sobre as Soluções Alternativas .....	214
6.	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	215
7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	218
8.	<b>ANEXOS</b> .....	224
8.1	Anexo 1: Critérios de Avaliação de Desempenho – CALTRANS .....	225
8.1.1	Designação Padronizada dos Critérios de Avaliação de Desempenho.....	225
8.1.2	Critérios de Desempenho Típicos do Caltrans.....	226
9.	<b>APÊNDICES</b> .....	231
9.1	Apêndice 1: Cálculos dos Custos de Implantação – Projeto Original .....	232
9.2	Apêndice 2: Cálculos dos Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original.....	235
9.3	Apêndice 3: Cálculos dos Custos de Implantação – Projeto Alternativo .....	244
9.4	Apêndice 4: Cálculos dos Custos de Implantação – Projeto Alternativo .....	248

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 1.1	Ganhos e Número de Estudos Acumulados em Projetos Rodoviários.....	22
FIG. 1.2	Ganhos Médios por Estudo de AV (em milhões) .....	23
FIG. 2.1	Influência da EV / AV sobre Custo e Desempenho .....	33
FIG. 2.2	Comparativo do Trabalho Individual x Trabalho em Grupo.....	39
FIG. 2.3	Diagrama FAST - Delta Transformadores LTDA. ....	49
FIG. 3.1	Gráfico de Pareto – Custos de Construção de uma Rodovia.....	62
FIG. 3.2	Diagrama FAST para o Projeto Exemplo - Caltrans.....	74
FIG. 3.3	Croquis do Cruzamento Olive Hill – Projeto Exemplo - Caltrans .....	82
FIG. 3.4	Resultados da Análise Benefício / Custo no Ciclo de Vida – Projeto Exemplo ...	85
FIG. 4.1	Custos da Duplicação da BR-101 – Trecho Natal – Palmares .....	101
FIG. 4.2	Conceito Alternativo para o Pavimento da Pista do Aeroporto – JF / MG.....	108
FIG. 4.3	Abrangência, Propósitos e Fases do Sistema BRT – York – Ontário – Canadá. ....	117
FIG. 4.4	Estudo e Custos Funcionais do Sistema BRT – York – Ontário – Canadá.....	119
FIG. 4.5	Estação de Tilburg – Situação Atual .....	123
FIG. 4.6	Custos do Túnel da Estação de Tilburg.....	124
FIG. 5.1	Esquema Geral das Linhas da CBTU / STU-REC .....	128
FIG. 5.2	Plano de Vias e Sinais da Linha Centro – STU-REC .....	130
FIG. 5.3	Exemplos de Perfis de Frenagem e de Velocidades.....	134
FIG. 5.4	Exemplo de Tabela de Rotas .....	135
FIG. 5.5	Plano de Vias e Sinais da Estação Recife – Linhas Centro e Sul.....	136
FIG. 5.6	Extensão dos Projetos Original e Alternativo .....	138
FIG. 5.7	Efeitos da Taxa de Desconto no Valor Presente .....	144
FIG. 5.8	Gráfico de Pareto – Custos de Implantação – Sinalização Recife-Barro .....	150
FIG. 5.9	Diagrama FAST – Nova Sinalização Recife-Barro .....	168
FIG. 9.1	A Colmatagem no Lastro na Região de Juntas Isolantes Encapsuladas .....	239

## LISTA DE TABELAS

TAB. 1.1	Aplicações de EV em Minas Gerais.....	24
TAB. 1.2	Resumo das Alternativas do Estudo de AV – BR 101 .....	24
TAB. 2.1	Descrição Funcional de Produtos e Recursos .....	35
TAB. 2.2	Funções de um Cortador de Fita Adesiva .....	37
TAB. 2.3	Estudo das Funções de um Lápis .....	38
TAB. 2.4	Graus de Liberdade - Definições.....	45
TAB. 2.5	Graus de Liberdade – Furador de Papel .....	46
TAB. 2.6	Importância de Funções – Produto Cerâmico .....	47
TAB. 2.7	Tipos de Viabilidade .....	52
TAB. 3.1	Diagrama Geral das Atividades – Análise do Valor - Caltrans.....	57
TAB. 3.2	Diagrama das Atividades – Análise do Valor - Caltrans .....	58
TAB. 3.3	Extrato do Relatório Sumário de Estudo de Análise do Valor - Caltrans .....	63
TAB. 3.4	Exemplo de Critério e Escala de Desempenho - Caltrans.....	66
TAB. 3.5	Exemplo de Matriz de Critérios de Desempenho - Caltrans.....	67
TAB. 3.6	Matriz dos Graus de Desempenho – Projeto Exemplo Original .....	70
TAB. 3.7	Análise Funcional – Projeto Exemplo.....	72
TAB. 3.8	Geração de Idéias – Projeto Exemplo .....	75
TAB. 3.9	Avaliação de Idéias – Projeto Exemplo .....	77
TAB. 3.10	Avaliação de Idéias – Projeto Exemplo .....	81
TAB. 3.11	Custos no Ciclo de Vida – Projeto Exemplo.....	84
TAB. 3.12	Matriz dos Graus de Desempenho – Soluções Alternativas .....	87
TAB. 3.13	Grupamento de Soluções Alternativas de AV.....	89
TAB. 3.14	Grupamento de Soluções Alternativas de AV.....	91
TAB. 3.15	Disposições Preliminares de Implantação de Soluções Alternativas .....	94
TAB. 3.16	Disposições Finais de Implantação de Soluções Alternativas .....	95
TAB. 3.17	Soluções Alternativas Aceitas – Projeto Exemplo.....	96
TAB. 3.18	Matriz dos Graus de Desempenho das Soluções Alternativas de AV.....	97
TAB. 3.19	Resumo de Benefícios e Custos - Relatório de AV - Caltrans.....	98
TAB. 4.1	Conjunto das Soluções Alternativas do Estudo de AV – BR 101.....	103
TAB. 4.2	Outros Estudos de EV em Minas Gerais.....	104
TAB. 4.3	Critérios de Avaliação de Desempenho – DER / MG.....	105
TAB. 4.4	Estudo Funcional Estendido.....	106

TAB. 4.5	Idéias Seleccionadas para Desenvolvimento de Soluções Alternativas.....	107
TAB. 4.6	Comparação em Desempenho de Soluções Alternativas .....	110
TAB. 4.7	Custos Totais de Soluções Alternativas .....	111
TAB. 4.8	Resumo dos Graus de Desempenho, Custo e Valor das Soluções Alternativas .	113
TAB. 4.9	Custo Estimado da Implantação da 1ª Fase: Viva Bus Rapid.....	118
TAB. 4.10	Decisões sobre as Recomendações do Estudo de EV / AV .....	122
TAB. 4.11	Soluções Recomendadas e Avaliação – Túnel da Estação Tilburg.....	126
TAB. 5.1	Equipe de Análise do Valor .....	140
TAB. 5.2	Custos de Implantação – Projeto Original.....	143
TAB. 5.3	Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original.....	147
TAB. 5.4	Custos de Implantação – Projeto Alternativo.....	149
TAB. 5.5	Sumário do Estudo de Análise do Valor: Recife-Barro .....	151
TAB. 5.6	Critérios e Escala de Desempenho – Nova Sinalização Recife-Barro .....	154
TAB. 5.7	Matriz de Critérios de Desempenho – Nova Sinalização Recife-Barro.....	160
TAB. 5.8	Análise Funcional – Nova Sinalização Recife-Barro.....	161
TAB. 5.9	Análise Funcional Estendida – Nova Sinalização Recife-Barro.....	163
TAB. 5.10	Geração de Idéias – Nova Sinalização Recife-Barro .....	169
TAB. 5.11	Avaliação de Idéias – Nova Sinalização Recife-Barro .....	172
TAB. 5.12	Avaliação da Solução Alternativa nº 1 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	178
TAB. 5.13	Avaliação da Solução Alternativa nº 2 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	186
TAB. 5.14	Avaliação da Solução Alternativa nº 3 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	195
TAB. 5.15	Avaliação da Solução Alternativa nº 4 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	198
TAB. 5.16	Avaliação da Solução Alternativa nº 5 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	201
TAB. 5.17	Avaliação da Solução Alternativa nº 6 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	204
TAB. 5.18	Avaliação da Solução Alternativa nº 7 – Nova Sinalização Recife-Barro.....	206
TAB. 5.19	Grupamento das Soluções Alternativas de AV .....	208
TAB. 5.20	Custos do Projeto Alternativo Aprimorado pelas Soluções Alternativas .....	209
TAB. 5.21	Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original x Projeto Alternativo .....	210
TAB. 5.22	Medidas de Desempenho – Projeto Original x Projeto Alternativo.....	211
TAB. 5.23	Matriz dos Graus de Desempenho – Projeto Original x Projeto Alternativo.....	212
TAB. 8.1	Escalas de Desempenho – Critérios Típicos do Caltrans.....	226
TAB. 9.1	Materiais para Recuperação de um Bonde de Impedância .....	241
TAB. 9.2	Custos com Viagens Suprimidas por Falhas de Sinalização de Campo .....	242

## LISTA DE SIGLAS

ABEAV	Associação Brasileira de Engenharia e Análise do Valor
AMV	Aparelho de Mudança de Via
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
ATC	Automatic Train Control
ATP	Automatic Train Protection
ATS	Automatic Train Stop
ATO	Automatic Train Operation
AV	Análise do Valor
AVS	Associate Value Specialist (SAVE)
BACEN	Banco Central do Brasil
BRT	Bus Rapid Transit (Transporte Rápido por Ônibus)
CALTRANS	California Department of Transportation (Estados Unidos da América)
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CCO	Centro de Controle Operacional
CCV	Custos no Ciclo de Vida
CDV	Circuito de Via
CDV AF	Circuito de Via em Audiofrequência
CFR	Code of Federal Regulations (Estados Unidos da América)
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Combustíveis)
CMT	Controle de Movimentação de Trens
COPOM	Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil
CSVA	Canadian Society of Value Analysis
CVS	Certified Value Specialist (SAVE)
DER / MG	Departamento de Estrada de Rodagem do Estado de Minas Gerais
EBTU	Empresa Brasileira de Transportes Urbanos
ECV	Eletrônica de Circuitos de Via
EIA	Electronic Industries Association (Estados Unidos da América)
EV	Engenharia do Valor
EV / AV	Engenharia e Análise do Valor
FHWA	Federal Highway Administration (Estados Unidos da América)
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (Modos de Falha e seus Efeitos)

FTA	Federal Transit Authority (Estados Unidos da América)
GC	Gestor de Comunicações
GEC-GS	General Electric Company – General Signal
IHM	Interface Homem x Máquina
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
ITS	Intelligent Transport System (Sistemas Inteligentes de Transporte)
IVM	Institute of Value Management (Inglaterra)
JF / MG	Juiz de Fora / Estado de Minas Gerais
LCC	Life Cycle Cost (Custos no Ciclo de Vida)
MCh	Máquina de Chave Elétrica
MDT	Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos
METROREC	Metrô de Recife (STU-REC)
MT	Ministério dos Transportes
MTBF	Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)
MUX	Multiplex
N / A	Não Aplicável
NDS	Nível de Serviço (Capacidade Rodoviária)
NHS	National Highway Systems (Estados Unidos da América)
PB	Paraíba
PCL	Painel de Comando Local
PE	Pernambuco
PVS	Plano de Vias e Sinais ou Plano de Vias Sinalizadas
RN	Rio Grande do Norte
SAVE	Society of American Value Engineers (SAVE INTERNATIONAL)
SEI	Sistema Estrutural Integrado de Transportes (Município do Recife)
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia do Banco Central do Brasil
STU-REC	Superintendência de Trens Urbanos de Recife (CBTU)
TOD	Transit Oriented Development
TUE	Trem Unidade Elétrico
USA	United States of America (Estados Unidos da América)
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos
VMP	Value Methodology Practitioner (SAVE)

## RESUMO

Em função da velocidade de crescimento dos grandes conglomerados urbanos no Brasil a partir de 1970, cresceram em importância os sistemas de transportes de grande capacidade, dentre os quais os trens urbanos e metrô. Grandes investimentos públicos – federais e estaduais, alguns com participação dos municípios, foram realizados em ferrovias urbanas e na construção de metrô, infelizmente, de forma descontínua e com longos períodos de implantação.

No setor dos transportes no Brasil, em especial no modo ferroviário, sempre houve um clamor generalizado contra a carência de recursos para investimentos capazes de reverter o desequilíbrio da distribuição modal, seja no transporte de cargas ou no transporte urbano de passageiros. Por outro lado, muito pouco se analisa a eficiência dos investimentos realizados.

Uma técnica pouco empregada no Brasil na avaliação de projetos de transporte, no que diz respeito à economicidade e funcionalidade dos mesmos é a Engenharia do Valor, também chamada de Análise do Valor ou Metodologia do Valor.

Projetos de transporte em geral são complexos, exigem altos investimentos de infraestrutura, provocam impactos ambientais e, se em ambientes urbanos, interferem no dia a dia dos cidadãos. Como se busca a maximização dos benefícios nessa categoria de projetos, a Engenharia do Valor se revelou uma poderosa ferramenta na busca de soluções inovadoras que resolvam os problemas desses projetos, que mantenham ou incrementem sua qualidade, com menor custo, para atingir aquele objetivo.

Essa dissertação apresenta os fundamentos da Engenharia do Valor, seus principais conceitos, propósitos e ferramentas, a forma como foi concebida por Lawrence D. Miles para aplicações industriais e a evolução de seus conceitos, que estendeu o campo de aplicação dessa técnica, passando então a ser considerada como um processo sistemático de análise de um produto, projeto, sistema ou serviço, sob a ótica das funções a que se destina, de maneira a estimular a busca de outras formas de cumprir essas funções, com o mesmo ou melhor desempenho, menores custos de investimento e operação.

Descreve, de modo resumido, a metodologia consolidada no CALTRANS para estudos de Engenharia do Valor em empreendimentos rodoviários no estado da Califórnia (USA) e alguns estudos importantes em projetos rodoviários no Brasil que se valeram dessa metodologia. Apresenta, de forma sucinta, estudos de valor no setor de transportes urbanos, rodoviários e metroferroviários e, finalmente, o objetivo dessa dissertação, um estudo de caso com um empreendimento da CBTU no Metrô de Recife, com a proposição do emprego da metodologia do CALTRANS, com as adequações necessárias nos critérios de medida de desempenho.

## ABSTRACT

The extremely fast rate of growth of the great urban conglomerates in Brazil since 1970 determined that high capacity transport systems and networks including urban trains and undergrounds (metros) should receive a great deal of attention. There have been massive public investment efforts by the Federal and State governments, some with the participation of municipalities, in urban railway networks and the construction of “metro” networks. Unfortunately such efforts were not implemented in an even manner and the implementation thereof spread over long periods of time.

The scarcity of resources for investments that could revert the unbalance in modal distribution, both in the transport of goods and passengers, has been at all times object of continued criticism. On the other hand, there has been very little analysis on the efficacy of the investments made.

Value Engineering, also called Value Analysis or Value Methodology is very seldom employed in Brazil to evaluate transport projects in terms of their economic and functional value.

Transport projects are usually complex and require high investments in infrastructure, have considerable environmental impact, and if implemented in urban areas they interfere in the population’s day to day activities. In view of the fact that we are interested in maximizing the benefits in this type of projects, Value Engineering has been found to be a powerful tool in the quest for innovating solutions that will solve the problems inherent to such projects, that should maintain or increase their quality at the lowest possible cost in order to reach the envisaged object.

This paper presents the fundamentals of Value Engineering, its major concepts, aims and tools, the way it was conceived by Lawrence D. Miles for industrial applications, and the evolution of its concepts, which increased the areas of application of this technique, and it started to be regarded as a systematic process of analysis of a product, project, system or service, from the viewpoint of the functions to which it is intended, thus encouraging the quest for other ways to accomplish such functions with the same or higher level of performance, and lesser investment and operational costs.

It contains an abridged description of the methodology consolidated at CALTRANS for Value Engineering studies in roadway enterprises in the state of California (USA) and some significant studies in roadway projects in Brazil that employed this methodology. Value studies in the area of urban, roadway and ‘metro-railway’ are briefly presented, and finally, the object of this paper, a case study with an enterprise by CBTU at the Recife Metro, proposing the use of the CALTRANS methodology with the adaptations needed of its performance measurement criteria.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

Em função da velocidade de crescimento dos grandes conglomerados urbanos no Brasil a partir de 1970, cresceram em importância os sistemas de transportes de grande capacidade, dentre os quais os trens urbanos e metrô. Grandes investimentos em ferrovias urbanas, em construção de metrô e também em sistemas de ônibus foram realizados a partir de então, chegando a ser criada em 1975 a Empresa Brasileira de Transportes Urbanos – EBTU, com as finalidades básicas de promover a efetivação da Política Nacional dos Transportes Urbanos, gerir o Fundo de Desenvolvimento dos Transportes Urbanos, estudar a viabilidade e definir prioridades de projetos de transportes urbanos e promover o desenvolvimento de sua tecnologia.

Os sistemas ferroviários e metroviários requerem altos investimentos em infra-estrutura e apresentam custos operacionais elevados. Os investimentos realizados nesse setor, até então públicos – federal e estaduais, com participação ou não dos municípios, aconteceram de forma descontínua, com longos períodos de implantação e que, depois de implantados, com algumas exceções, se depararam com enormes dificuldades para manter os padrões de qualidade e segurança necessários à operação somente com as receitas provenientes das tarifas, extra-operacionais e subsídios do poder concedente.

Hoje no Brasil existem sistemas metroferroviários operados por empresas federais, estaduais e também por empresas privadas em regime de concessão. Transferências de operação da esfera federal para estados e municípios estão sendo reavaliadas e outras concessões para entes privados estão planejadas. Esses processos têm gerado grandes discussões, tanto para as operadoras públicas como para as operadoras privadas, quanto à capacidade de sustentação desses sistemas somente com as receitas operacionais ou extra-operacionais que possam gerar, pois tem sido difícil para o setor público honrar os compromissos de subsídios que complementem a remuneração pela prestação do serviço.

Para evitar a conseqüente degradação desses sistemas, tornam-se necessários, após alguns anos de operação, novos aportes de recursos para as recuperações de infra-estrutura,

sistemas fixos e material rodante, o que representa outra grande dificuldade para o setor público.

Um ponto agravante dessa questão é a mobilidade urbana no Brasil, cujos últimos levantamentos dão conta de que uma parcela significativa da população brasileira tem deixado de utilizar os transportes coletivos e, cada vez mais, realizando deslocamentos a pé pelo fato de seus rendimentos não suportarem o valor das tarifas. Essa constatação gerou vários movimentos sociais reivindicatórios pelo barateamento das tarifas, o que dificulta ainda mais a sustentação da operação dos sistemas metroferroviários, e essa dificuldade torna ainda mais difícil a realização de investimentos no setor.

Existe hoje no Brasil o Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos – MDT, que congrega várias outras organizações envolvidas com o transporte público: operadores do transporte urbano, indústrias fornecedoras de veículos e equipamentos, associações de usuários e, inclusive, o Congresso Nacional. Essas entidades defendem várias propostas de sustentação econômica para esse setor, englobando fontes permanentes de investimento, tratamento tributário diferenciado e desoneração de insumos, dentre outras.

Dentre as principais proposições defendidas pelo MDT, já encaminhadas ao Congresso Nacional, além daquelas que visam a desoneração dos custos operacionais, encontram-se as que focalizam os investimentos permanentes que estão resumidas a seguir:

#### **A. Cabe ao Governo Federal**

- Definir a Política Nacional e criar indicadores que permitam a priorização clara dos projetos, em função de sua importância;
- Destinar, no mínimo, 25 % dos recursos da CIDE para os Transportes Públicos, exigindo contrapartida local e a efetiva integração entre os modos de transporte;
- Constituir FUNDO FEDERAL com recursos provenientes da CIDE e de outras fontes.

#### **B. Cabe aos Governos Estaduais**

- Destinar, no mínimo, 50 % dos recursos da CIDE combustíveis para o Transporte Público Urbano;
- Constituir FUNDOS ESTADUAIS de transporte público coletivo, com recursos provenientes da CIDE e do IPVA.

### **C. Cabe aos Governos Municipais**

- Priorizar o Transporte Público nas vias;
- Destinar os recursos da CIDE Combustíveis para o Transporte Público Urbano;
- Constituir FUNDOS MUNICIPAIS de transporte coletivo, com recursos provenientes do IPVA, operações urbanas, multas, pedágio urbano, entre outros.

Nessa mesma direção estão as novas orientações do Ministério das Cidades refletidas no Programa de Descentralização dos Sistemas de Trens Urbanos operados pela CBTU, onde se destacam:

- Introduzir diretrizes de sustentação ao transporte ferroviário urbano como essência da mobilidade urbana sustentada, onde o transporte público tem prioridade sobre o privado e é preponderante na matriz dos deslocamentos;
- Ressarcimento integral dos custos operacionais, inclusive remuneração do capital e depreciação (investimentos de reposição e sustentação econômica);
- Estabelecer política industrial para o transporte ferroviário urbano adequada às condições das cidades brasileiras, buscando padronizações que atendam às necessidades de escala e à eficiência, segurança e conforto dos usuários.

Portanto, trata-se de uma questão de extrema importância para os metrô e ferrovias urbanas no Brasil a eficiência dos investimentos públicos que, necessariamente, deverão ser realizados.

## **1.2 OBJETIVO**

Pela necessidade de grandes investimentos no transporte coletivo, a adequação das técnicas da Engenharia do Valor para aplicação em empreendimentos metroferroviários certamente trará uma contribuição valiosa para um melhor aproveitamento desses investimentos e conseqüente sustentação econômica e financeira desses sistemas em sua vida útil operacional.

A dissertação proposta tem como objetivo, a partir do estudo dos conceitos, aplicações e propósitos da Engenharia e Análise do Valor em seus aspectos gerais, bem como das aplicações já realizadas no Brasil no setor de transporte rodoviário, propor uma adaptação da

aplicação da EV / AV para o setor metroferroviário. Espera-se contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

No setor dos transportes, em especial no modo ferroviário, sempre houve um clamor generalizado contra a carência de recursos para investimentos capazes de reverter o desequilíbrio da distribuição modal, seja no transporte de cargas ou no transporte urbano de passageiros. Por outro lado, muito pouco se analisa a eficiência ou ineficiência dos investimentos realizados.

Uma técnica pouco empregada no Brasil na avaliação de projetos de transporte, no que diz respeito à economicidade e funcionalidade dos mesmos é a Engenharia do Valor ou Análise do Valor ou, como preferido por muitos - Engenharia e Análise do Valor ou, ainda mais recentemente, a Metodologia do Valor.

Projetos de transporte em geral são complexos, exigem altos investimentos de infraestrutura, provocam impactos ambientais e, se em ambientes urbanos, interferem no dia a dia dos cidadãos. Como se busca a maximização dos benefícios nessa categoria de projetos, a Engenharia do Valor se revelou uma poderosa ferramenta na busca de soluções que resolvam os problemas desses projetos, que mantenham ou incrementem sua qualidade, com menor custo, para atingir aquele objetivo.

A conceituação original da Análise do Valor formulada por Lawrence D. Miles focalizava o aspecto das funções que são desempenhadas por certos produtos e a perspectiva de substituição dos mesmos por outros de menor custo, mas que desempenhassem as funções necessárias ao usuário. Era vista como uma técnica de solução de problemas e eliminação de custos desnecessários incorporados a determinados produtos. A denominação Engenharia do Valor passou a ser empregada quando a Análise do Valor era empregada na concepção de produtos ou peças.

A evolução dos conceitos de Miles estendeu o campo de aplicação dessa técnica e assim a Engenharia e Análise do Valor passou a ser considerada como um processo sistemático de análise de um produto, projeto, sistema ou serviço, sob a ótica das funções a que se destina,

de maneira a estimular a busca de alternativas que cumpram estas funções com menores custos de investimento e operação.

De acordo com Hunter (2002), o processo de avaliação de um empreendimento segundo os conceitos da Engenharia do Valor se realiza criativamente por uma equipe multidisciplinar, promovendo revisões no projeto conceitual, projeto básico, projeto detalhado, métodos construtivos, etc., pelo desenvolvimento de soluções alternativas e orientações precisas para sua implantação. Nesse sentido, esse processo de avaliação:

- a) abrange o entendimento do projeto como um todo;
- b) assegura que funções requeridas ao projeto sejam formalmente reavaliadas;
- c) desafia paradigmas;
- d) identifica e remove custos desnecessários;
- e) dinamiza o processo de elaboração do projeto e
- f) incentiva a comunicação multidisciplinar.

É preciso salientar, no entanto, que a Engenharia do Valor não é:

- Uma simples revisão do projeto, pois não tem o propósito de corrigir omissões nem de revisar cálculos;
- Um simples processo de redução de custos, uma vez que não haverá corte de custos sacrificando qualidade, confiabilidade ou desempenho;
- Rotineiramente feita em todos os projetos, pois não é parte de sua elaboração.

A Engenharia do Valor se diferencia dos outros métodos de avaliação econômica ou financeira de projetos uma vez que ela não se aplica na determinação de sua viabilidade. Sua grande contribuição é no aprimoramento desses projetos, em qualquer uma de suas fases, visando o melhor aproveitamento dos investimentos a serem feitos.

Países desenvolvidos, como os Estados Unidos da América e Grã-Bretanha, preocupados com os custos e benefícios gerados por projetos de obras públicas, dependendo da grandeza do investimento, exigem que os mesmos passem pelo processo da Engenharia e Análise do Valor.

Por força dos bons resultados no setor industrial privado, do emprego no Departamento de Defesa e de outras resoluções federais, estudos de Análise do Valor tornaram-se um requisito nos Estados Unidos da América para que projetos rodoviários do National Highway

Systems (NHS), cujos investimentos fossem superiores a 25 milhões de dólares, recebessem verbas de Fundos Federais de Participação.

Os ganhos acumulados nos últimos quinze anos por uma dessas agências, a CALTRANS – California Department of Transportation, que institui formalmente o emprego dessa técnica em todos os seus distritos desde 1969, são da ordem de 1,4 bilhões de dólares em mais de 400 estudos, com custo médio por estudo da ordem de \$40.000,00 conforme FIG 1.1 e FIG 1.2.

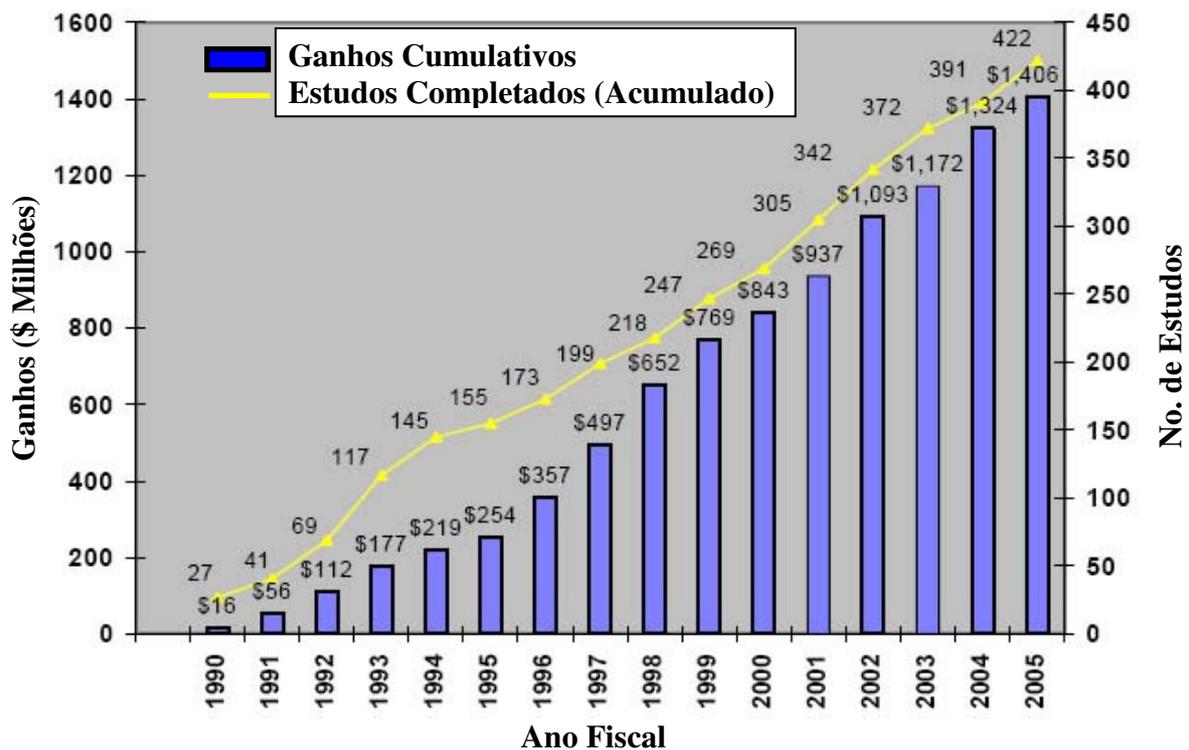


FIG 1.1: Ganhos e Número de Estudos Acumulados em Projetos Rodoviários

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Annual Report (2005).

**Ganho Médio por Estudo (em Milhões)  
(Custo Médio de \$ 40.000 por Estudo)**

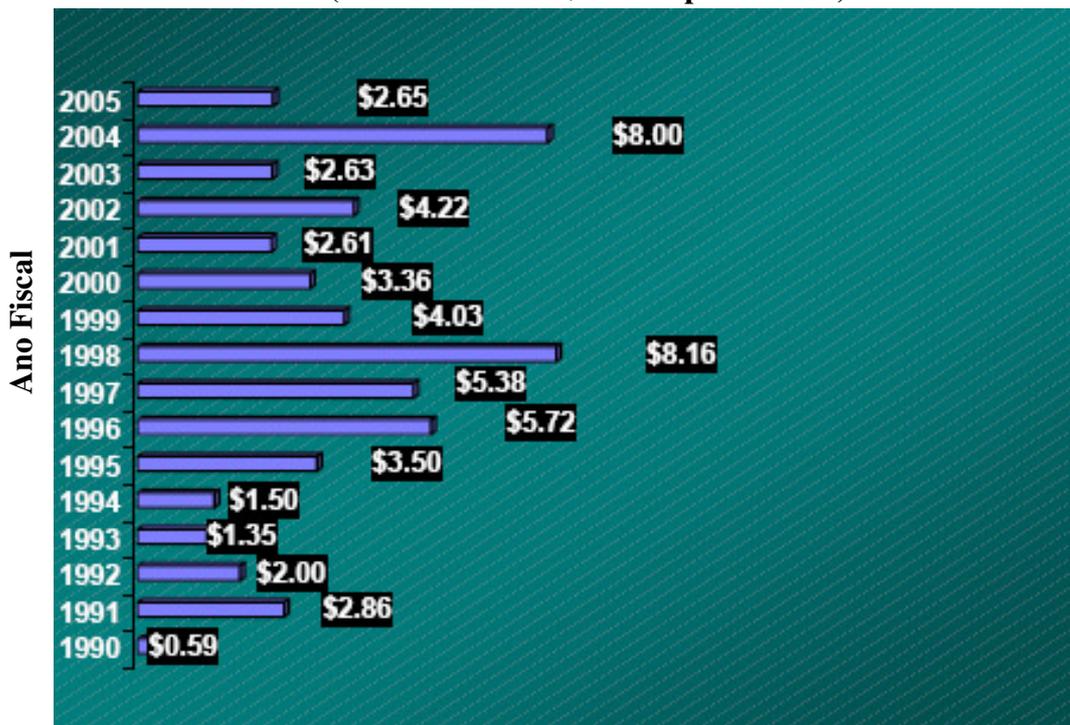


FIG 1.2: Ganhos Médios por Estudo de AV

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Annual Report (2005).

Ainda nos Estados Unidos, entre 1998 e 2003, o programa de financiamento da FTA – Federal Transit Authority destinou 41 bilhões de dólares para projetos de transporte urbano. Por intermédio de um decreto federal (Code of Federal Regulations - CFR 49, Part 633), a FTA exigiu a aplicação de Engenharia do Valor em projetos com investimentos acima de 100 milhões de dólares. Também incentivava a aplicação de técnicas de EV na fase da execução das obras, sendo, qualquer economia obtida pelas alternativas construtivas elaboradas pelos empreiteiros, dividida entre eles e o órgão público (50 % / 50 %), sujeito à aprovação do órgão público. Aplicava-se a projetos destinados a modernizar, estender, reformar sistemas existentes ou construção de novos sistemas sobre trilhos.

No Brasil, no âmbito do Ministério dos Transportes, o estudo dessa metodologia é relativamente recente. Foi iniciado em 1999, prosseguindo até os dias de hoje pela promoção de cursos e seminários, permanecendo a tendência de uma ação governamental, tanto por parte do Ministério dos Transportes quanto do Ministério do Planejamento e Orçamento, no sentido de tornar a Engenharia do Valor, ou mesmo outro processo de otimização de recursos, obrigatória nos grandes empreendimentos de infra-estrutura.

Em Minas Gerais, o Decreto 41.639, de 24 de abril de 2001, criou o Subcomitê de Arquitetura e Engenharia Consultiva, denominado INFRACONSULT, sendo uma de suas atribuições promover a implantação de metodologia de Engenharia do Valor nos projetos de obras e serviços contratados no âmbito do Governo do Estado, já com resultados expressivos, conforme TAB 1.1 a seguir.

**TAB 1.1 - Aplicações de EV em Minas Gerais**

<b>Projeto</b>	<b>Melhoria do Valor</b>	<b>Economia</b>
<b>Aeroporto Regional da Zona da Mata</b>	21,7 %	R\$ 3,1 milhões (7 %)
<b>Rodovia MG-401</b>	27,5 %	R\$ 3,3 milhões (20 %)
<b>Rodovia MG-338</b>	65,1 %	R\$ 3,5 milhões (26 %)

Fonte: DER / MG – Programa de Engenharia e Análise do Valor (2001 / 2002).

Outro emprego da Engenharia do Valor no Brasil, desenvolvido com a metodologia da CALTRANS, foi no estudo da duplicação da rodovia BR-101/ RN / PB / PE, trecho Natal (RN) – Palmares (PE), com 418,9 km de extensão, incluindo-se a travessia urbana das três capitais: Natal, João Pessoa e Recife.

Conforme descrito por Pitta (2003), os resultados desse estudo foram, do ponto de vista do pioneirismo da aplicação dessa metodologia no setor de transportes no Brasil e da complexidade dos projetos, bastante satisfatórios, resultando em economias substanciais, na casa dos R\$ 400 milhões, próximas a 45 % do valor do orçamento referencial dos projetos, para os conjuntos de soluções alternativas dos BLOCOS 5 e 6, conforme mostrado na TAB 1.2. Houve também melhoria no atendimento dos critérios de desempenho da ordem de 10 %. Esses resultados encontram-se detalhados no Capítulo 4, item 4.1.

**TAB 1.2 – Resumo das Alternativas do Estudo de AV – BR 101  
Duplicação do Trecho Natal (RN) – Palmares (PE)**

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>BLOCO 1</b>	<b>BLOCO 2</b>	<b>BLOCO 3</b>	<b>BLOCO 4</b>	<b>BLOCO 5</b>	<b>BLOCO 6</b>	<b>BLOCO 7</b>
ECONOMIA DE CUSTO INICIAL*	766.995.162	638.034.501	431.990.353	389.671.962	387.108.963	420.801.850	54.717.213
ECONOMIA PERCENTUAL	87,83 %	73,06 %	49,47 %	44,62 %	44,33 %	48,19 %	6,27 %
CUSTO ESTIMADO DA OBRA	106.290.833	235.251.493	441.295.641	483.614.032	486.177.031	452.484.144	818.588.781
MELHORIA DE DESEMPENHO	- 19,86 %	- 16,17 %	- 4,92 %	6,15 %	10,37 %	10,19 %	13,36 %
MELHORIA DE VALOR	558,0 %	211,0 %	88,0 %	91,6 %	98,1 %	112,5 %	20,9 %

\*Real – data base em junho de 2002

Fonte: PITTA, Danilo M. (2003).

Em face nesses resultados no setor rodoviário, durante os anos 1990 surgem os primeiros casos de programas permanentes da aplicação de Engenharia e Análise do Valor em projetos de metrô e linhas com veículos leves nos Estados Unidos, Canadá e Inglaterra, particularmente no Metrô de Londres, sendo este então um campo a ser explorado pelo alto potencial de ganhos em eficiência nos investimentos de implantação de novos sistemas metroferroviários, recuperação ou modernização de sistemas existentes (Hunter, 2002).

Um investimento eficiente em sua origem pode influenciar sobremaneira seus custos ao longo de seu ciclo de vida útil.

#### 1.4 COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é constituída de mais 5 capítulos que tratam dos seguintes assuntos:

Capítulo 2 – Panorama Geral da Engenharia e Análise do Valor, seus conceitos, métodos e proposições;

Capítulo 3 – A metodologia do CALTRANS – California Department of Transportations para Análise do Valor de Projetos Rodoviários no Estado da Califórnia – USA;

Capítulo 4 – Descrições resumidas de estudos realizados de Engenharia e Análise do Valor do Ministério dos Transportes e do Governo do Estado de Minas Gerais no setor rodoviário. Levantamento dos estudos de Análise do Valor já realizados em sistemas metroferroviários internacionais;

Capítulo 5 – Estudo de caso, com proposição da utilização da Engenharia e Análise do Valor e as adaptações necessárias da metodologia do CALTRANS, com o projeto de modernização da sinalização ferroviária no trecho Recife – Coqueiral, investimento pertencente ao Programa de Aceleração do Crescimento - CBTU;

Capítulo 6 - Conclusões e recomendações.

## 2 A ANÁLISE DO VALOR

### 2.1 HISTÓRICO

A Análise do Valor teve origem durante a Segunda Guerra Mundial como resultado da aplicação de conceitos desenvolvidos por Lawrence D. Miles que, na época, era engenheiro do Departamento de Compras da General Electric Company. Nesse período, as matérias-primas nobres - níquel, cromo e platina - eram quase que exclusivamente para uso das indústrias de material bélico ou de interesse militar, isto fez com que as demais indústrias fossem buscar materiais alternativos para mantê-las em funcionamento.

Aplicando técnicas por ele desenvolvidas, baseadas na idéia de estudar um produto em termos de suas funções em lugar de peças ou componentes, foram percebidas, além da redução de custos, melhorias na qualidade e desempenho dos produtos analisados. Ao fim da Guerra, Miles estendeu a aplicação desses conceitos para a concepção de um produto, com o intuito de substituir as soluções tradicionais por outras mais econômicas. A crença de Miles estava em que, ao ser colocada em análise a própria concepção de um produto, as reduções de custos poderiam atingir níveis mais significativos, fruto do acúmulo de respostas de sucesso em vários produtos que passaram por essa análise e, enquanto reduzia os custos, mantinham-se ou melhoravam-se as funções desempenhadas.

Após alguns anos de estudo sobre redução de custos, Lawrence D. Miles pode chegar a algumas conclusões e desenvolver a Análise do Valor com base em duas delas:

- (i) **“Que o uso dos padrões convencionais sufoca a imaginação e restringe o campo de observações relativo aos objetos existentes”.**
- (ii) **“A concentração nos requisitos funcionais permite maior liberdade mental”.**

Essa “liberdade mental” na busca de alternativas para atendimento das necessidades faz com que possam ser identificados os valores de tudo aquilo que nos rodeia e, nesta busca de alternativas, é que se consegue identificar os valores reais das funções desempenhadas por produtos, sistemas ou serviços.

Em 1947, esses conceitos foram então agrupados em uma metodologia denominada "Value Analysis" – Análise do Valor e com as publicações em jornais e revistas especializadas muitas empresas americanas iniciaram sua aplicação, consolidando efetivamente essa técnica durante o ano de 1952. Por volta de 1954 ou 1955, a Marinha e o Exército americanos já estavam utilizando a Análise do Valor e passaram a adotar essa metodologia como norma denominando-a de "Value Engineering" - "Engenharia do Valor", surgindo assim essa outra denominação (Buzzato, 2005).

Em 1959, 1962 e 1977 ocorreram fatos marcantes e significativos na história da Análise do Valor nos Estados Unidos da América:

- O primeiro foi a fundação da "SAVE" - Society of American Value Engineers - Sociedade Americana de Engenheiros do Valor (Buzzato, 2005);
- O segundo foi a decisão tomada pelo então Secretário de Defesa dos Estados Unidos - Robert McNamara, determinando a inclusão da Análise do Valor como cláusula nos contratos do Departamento de Defesa (Buzzato, 2005);
- O terceiro foi a Resolução 172 do Senado (Csillag, 1995):

*“A Análise do Valor é um método comprovado de conservar energia, melhorar serviços e economizar dinheiro... sempre aplicável quando há uma função e método de medi-la... que rende a cada dólar investido US\$ 12,84 em média... que apresentou sucesso na indústria privada, gerando lucros adicionais, melhores produtos e serviços... resolve que todos os Ministérios e Agências governamentais devem utilizar sempre que possível a Análise do Valor para obter o máximo de economia e eficiência”.*

Nos anos 1960, a Análise do Valor passou a ser difundida nos Países Europeus e no Japão. No Brasil, a General Electric Company a introduziu em sua filial e, a partir de 1970, grandes empresas do setor industrial, com predominância da indústria automobilística, passaram a empregar essa metodologia, destacando-se: Volkswagen, Mercedes Bens, Freios Varga, Petrobrás, IBM, Telebrás, Panasonic, Klabin, Fiat, Consul, Basf, General Motors. Para divulgação dessa técnica no Brasil, foi criada em 1984 a Associação Brasileira de Engenharia e Análise do Valor – ABEAV, contando hoje com mais de 250 participantes (ABEAV, 2006).

Atualmente, a Análise do Valor tem aplicação em vários campos de atividades notadamente: mercado de capitais, administração, indústria em geral, engenharia civil, obras públicas, transportes, defesa e meio ambiente.

## 2.2 CONCEITOS E OBJETIVOS

### 2.2.1 ENGENHARIA DO VALOR

A conceituação original formulada por Lawrence D. Miles focalizava o aspecto das funções que são desempenhadas por certos produtos e a perspectiva de substituição dos mesmos por outros de menor custo, mas que desempenhassem as funções necessárias ao usuário. A Análise do Valor era vista como uma técnica de solução de problemas e eliminação de custos desnecessários incorporados a determinados produtos.

*“É um método para solucionar problemas através do uso de um conjunto específico de técnicas, um corpo de conhecimento e um grupo de pessoas especializadas. É um enfoque criativo e organizado que tem como propósito a identificação e remoção de custos desnecessários”. (Lawrence D. Miles - 1961)*

Csillag (1995) menciona que em 1962 a Comissão de Engenharia e Análise do Valor da EIA – Electronic Industries Association – incumbida de analisar essa metodologia propôs a seguinte definição:

“Engenharia do Valor é a aplicação sistemática de técnicas reconhecidas que:

- Identificam a(s) função(ões) de um produto ou serviço;
- Estabelecem um valor para essa(s) função(ões);
- Objetivam prover essa(s) função(ões) ao menor custo total, sem degradações, com qualidade igual ou superior”.

Essa definição da EIA ainda permanece nos dias atuais mas algumas adequações a novas circunstâncias foram propostas:

*“Engenharia do Valor é a aplicação sistemática e consciente de técnicas que identificam funções necessárias, estabelecem valores para as mesmas e desenvolvem alternativas para desempenhá-las ao mínimo custo”. (Heller, 1971 apud Csillag, 1995)*

*“Engenharia do Valor é um esforço organizado, dirigido para analisar as funções de bens e serviços para atingir aquelas funções necessárias e características essenciais da maneira mais rentável”. (Csillag, 1995)*

*“É um método sistemático para aumentar o valor de um produto, projeto, sistema ou serviço por meio da identificação e avaliação das funções necessárias para o fornecedor e o consumidor e / ou usuário, permitindo o desenvolvimento de alternativas para maximizar a relação função / custos”. (Pereira Filho, 1994)*

Já no ano de 1975, um estudo desenvolvido pela SAVE, conhecido como Pesquisa Wilcock, com uma abordagem mais sistêmica e com evolução para Gerenciamento do Valor, recolheu algumas definições das quais se destacam duas (Csillag – 1995):

- *“É um processo sistemático de análise de um produto, projeto, sistema ou serviço sob a ótica das funções a que se destina, de maneira a estimular a busca de alternativas que cumpram estas funções com menores custos de investimento e operação”.*
- *“Um esforço organizado, dirigido à análise de funções de sistemas, produtos, especificações, padrões, práticas e procedimentos com a finalidade de satisfazer às funções requeridas ao menor custo total”.*

## 2.2.2 FUNÇÃO

O conceito de função é fundamental na Engenharia do Valor. Considerando sua importância, várias definições podem ser dadas como a seguir:

- A característica a ser obtida do desempenho de um item, se o item realizar sua finalidade, objetivo ou meta. É a finalidade ou motivo da existência de um item ou parte de um item. (SAVE - Pesquisa Wilcock, 1975);
- A característica de um item ou serviço que atinge as necessidades e desejos do comprador e / ou usuário. (SAVE - Pesquisa Wilcock 1975);
- Ação natural ou característica desempenhada por um produto ou serviço. (SAVE - Value Methodology Standard).

Pode ser dito que função é o objetivo de um produto ou sistema operando em sua maneira normalmente prescrita, é aquilo que faz o item ou sistema funcionar ou vender. Em síntese é “aquilo que deve ser desempenhado” (Csillag – 1995).

### 2.2.3 DESEMPENHO

O desempenho de um produto ou serviço pode ser definido como o conjunto específico de utilidades, capacidades funcionais e propriedades que o fazem adequável e vendável para uma finalidade específica.

Como consequência da definição da Engenharia do Valor, é seu objetivo básico determinar o limite entre o desempenho satisfatório de um produto ou serviço e o excesso de desempenho, pois a partir desse ponto seu valor real estará sendo diminuído para o usuário. Assim, um equipamento com potência superior à necessária para sua aplicação terá um valor menor que outro, para a mesma finalidade, que corresponda à potência correta e que tenha, porém, um menor preço. (Csillag – 1995).

### 2.2.4 VALOR

Existem sete classes reconhecidas de valor já descritas por Aristóteles, apud Pereira Filho (1994), há mais de 2.000 anos: econômico, político, moral, social, estético, religioso e jurídico.

De acordo com o dicionário Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, uma das definições de valor é o “equivalente justo em dinheiro, mercadoria, bens, etc., especialmente de coisa que pode ser comprada ou vendida; preço, valia”. Assim, o valor é expresso em relação a alguma coisa, por meio de comparação e pode ser medido em termos monetários.

Para a Engenharia e Análise do Valor definem-se quatro tipos de valores econômicos:

- **Valor de Custo** - total de recursos medidos em dinheiro necessários para produzir ou obter um produto ou serviço.
- **Valor de Uso** – medida monetária das propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho de uso ou trabalho de um produto ou serviço.
- **Valor de Estima** - medida monetária das propriedades, características ou atratividades que tornam desejável a posse de um produto ou a aquisição de um serviço.
- **Valor de Troca** - medida monetária das propriedades ou qualidades de um produto ou serviço que possibilitam sua troca por outra coisa ou sua comercialização.

Csillag (1995) define que o valor real de um produto, serviço ou sistema é o grau de aceitação desse produto, serviço ou sistema pelo cliente ou usuário. É o índice final do valor econômico que pode ser expresso por uma fração, como:

**Valor = Função / Custo,** onde

- Função pode ser algo como segurança, nível de serviço, desempenho, benefícios, operação, confiabilidade, utilidade, acessibilidade, estética, etc.;
- Custo pode ser o próprio investimento, custos de capital, mão de obra, energia, construção, fabricação, operação, manutenção, reposição, etc.

Vista pelo lado do fornecedor, a expressão acima permanece exatamente a mesma. Quando vista pelo lado do cliente ou usuário tem-se:

**Valor Percebido = Benefícios Percebidos / Preço**

Generalizando os conceitos de valor para serviços, produtos, processos ou sistemas seguem algumas outras definições. “Valor” é:

- O menor custo para, confiavelmente, executar as funções necessárias, no tempo e lugar desejado, com os fatores de desempenho e qualidade para atender os requisitos do usuário. (SAVE - Value Methodology Standard);
- É o mínimo custo para se obter uma função. (Pereira Filho, 1994);
- A representação do menor gasto necessário para prover a função requerida conforme definida (O’Brien, 1976 apud Csillag, 1995).

O “Valor” corresponde ao menor sacrifício ou dispêndio de recursos para desempenhar certa função, tanto para o fornecedor quanto para o usuário (Csillag, 1995).

## 2.2.5 APLICAÇÃO DA ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR

A Engenharia do Valor pode ser aplicada onde é desejável que o custo e / ou o desempenho sejam melhorados. Essa melhora pode ser medida em termos monetários ou por fatores críticos como produtividade, qualidade, tempo, energia, impactos ambientais e durabilidade. A Engenharia do Valor se aplica, com benefícios, em praticamente todos os campos de empreendimento: projeto e fabricação de equipamentos, na construção civil em geral, no setor de transportes, ou ainda nos setores de saúde, meio ambiente, sistemas de gerenciamento e estruturas organizacionais.

Os esforços de pré-estudos para esses tipos de empreendimentos podem utilizar as técnicas típicas da engenharia industrial tais como: fluxogramas, pesquisa operacional e análise de agregação de valor para obtenção das informações essenciais.

Para os empreendimentos de engenharia civil tais como: edifícios, rodovias, ferrovias, fábricas, usinas ou estações de tratamento, que se caracterizam por uma aplicação única, a Engenharia do Valor é comumente aplicada no projeto. Como esses empreendimentos se caracterizam como projetos únicos, os estudos de valor devem ser feitos logo nas primeiras etapas para a maximização dos benefícios. Tipicamente para grandes construções, estudos específicos de valor são conduzidos nas etapas de projeto básico e detalhado sendo que estudos adicionais podem acontecer durante as fases de construção (FIG 2.1).

A Engenharia do Valor, para os empreendimentos específicos do setor de transportes, possibilita obter custos mais baixos, sem prejuízo da qualidade e da segurança das obras, na sua implantação e nas atividades de sua fase operacional ou possibilita melhorias dessas características, quando não é possível a redução de custos. Esses objetivos ficam bem explícitos no trecho de um exemplo colhido de Estudo de Valor promovido pelo Departamento de Transportes do Estado da Califórnia – Caltrans (USA) num projeto de transformação da Rodovia Estadual 64 – duas faixas, convencional – numa rodovia expressa de 4 faixas em uma extensão de 38 Km.

*...além de atender aos requisitos federais de Análise do Valor em projetos do NHS, a Equipe de AV deve concentrar esforços em soluções alternativas que venham melhorar a operação, manter ou aumentar a segurança, reduzir custos, se possível, e satisfazer as comunidades locais. A equipe deve avaliar questões específicas, incluindo o balanceamento de cortes e aterros nas duas fases de construção, o alargamento entre o rio e uma refinaria, considerando o impacto no rio ...*

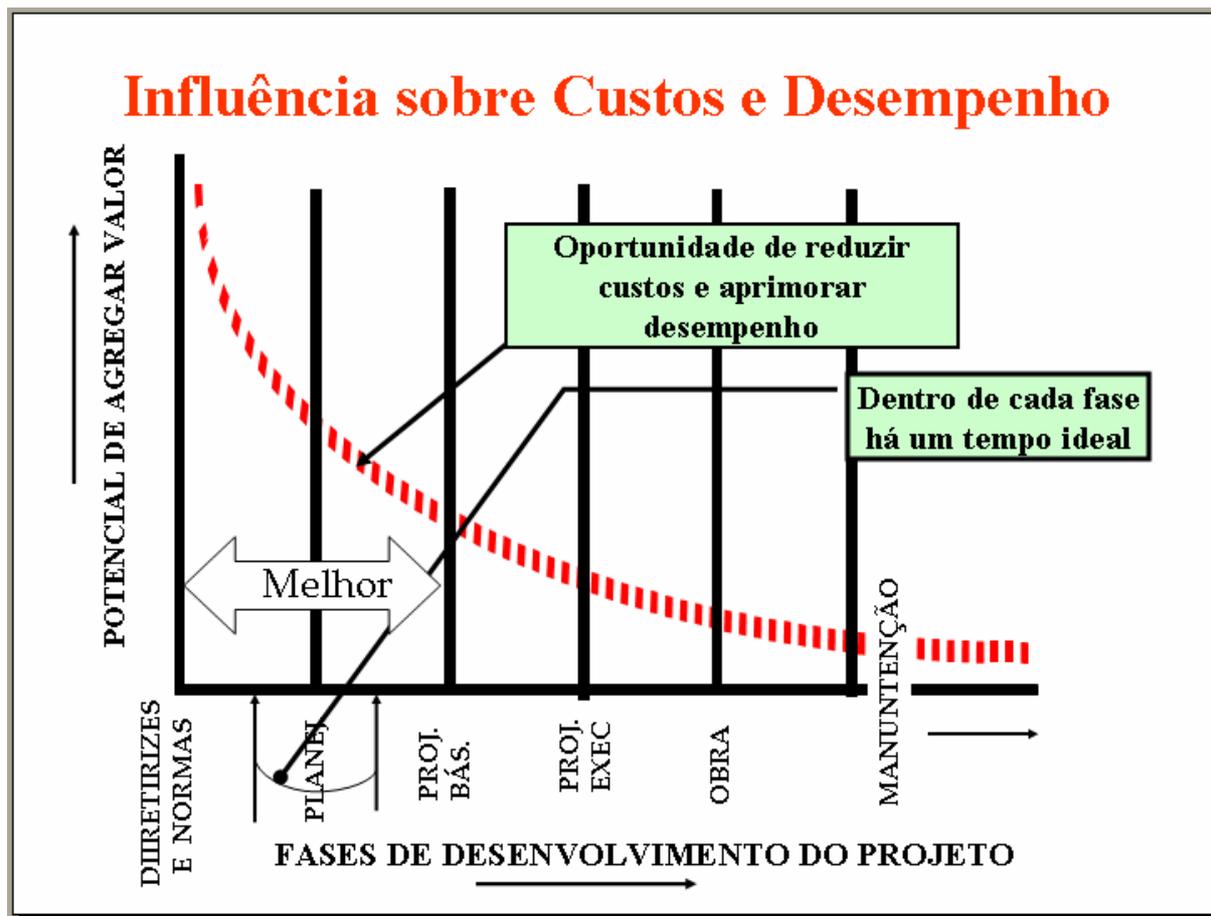


FIG 2.1: Influência da EV / AV sobre Custo e Desempenho

Fonte: HUNTER, George C.(CALTRANS-CALIFORNIA), 2002.

Como outros exemplos desse amplo espectro de aplicação podemos citar:

- Tavares Júnior (1997) que, em dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, aplicou a Metodologia da Análise do Valor para verificação dos valores ambientais do processo produtivo numa empresa do setor cerâmico catarinense;
- Wellinton de Assunção (2003) que, em dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, aplicou também a Metodologia da Análise do Valor, conjugada com outras ferramentas da Qualidade Total, para a melhoria do processo de produção de uma indústria de transformadores elétricos.

## 2.3 COMPONENTES BÁSICOS DA METODOLOGIA

O embasamento da metodologia EV / AV se constitui basicamente de quatro componentes.

- **Abordagem Funcional:** pela qual procura-se determinar a natureza essencial de cada uma das finalidades de um produto ou serviço.
- **Criatividade:** a concentração na análise das funções facilita a remoção de bloqueios para a visualização de outras possibilidades de realizá-las, abrindo oportunidades para o pensamento criativo.
- **Esforço Multidisciplinar:** reúne e confronta todos os conhecimentos especializados e habilidades disponíveis numa organização.
- **Reconhecimento e Contorno de Bloqueios Mentais:** é natural durante um processo de análise que ocorram reações para defesa de experiências consolidadas que devem ser identificadas e abordadas de modo eficaz.

### 2.3.1 ABORDAGEM FUNCIONAL

A abordagem funcional necessariamente passa por um processo semântico pois a *função* deve ser sempre definida por palavras: um verbo (atuando sobre algo) e um substantivo – objeto sobre o qual ocorre a atuação. A nomeação de funções não é um processo muito fácil. Requer boa precisão de raciocínio e deve ser tomado todo o cuidado para que essa dificuldade não interrompa precocemente a análise funcional.

Caracterizar bem o conjunto de funções inerentes a um recurso é o primeiro passo para submetê-lo a uma Análise do Valor, pois as funções que um produto ou empreendimento desempenhem são as de interesse dos consumidores ou usuários. Snodgrass e Kasi (1982) afirmam que a identificação das funções é o marco chave para uma efetiva Análise do Valor, que moverá um indivíduo, ou uma equipe, de uma compreensão geral para uma compreensão precisa e específica, o que propiciará produtos, serviços ou projetos de melhor valor.

Pereira Filho (1994) destaca o cuidado que se deve ter em não confundir a função de um produto com sua utilidade ou qualidade, pois esses três atributos podem ser expressos por um verbo e um substantivo, um verbo, um verbo e um adjetivo. Assim, para uma caneta, por exemplo, podemos dizer que tem como função “*fazer marcas*”, sua utilidade básica é “*escrever*” e, como característica de qualidade, deve “*ser ergonômica*”.

Abramczuck (2005), numa abordagem similar à de Pereira Filho (1994), define que a função é o efeito que confere utilidade a um objeto, ou seja, é o que fundamenta a sua existência como um bem econômico. Exemplifica que o calor dissipado pelas lâmpadas elétricas incandescentes não é o efeito que lhes confere utilidade para iluminar ambientes. No entanto, essa propriedade fez com que fossem utilizadas como fonte de calor em algumas câmaras de secagem e incubadoras de aves. Na TAB 2.1 encontram-se exemplos de descrições funcionais de alguns produtos e recursos.

**TAB 2.1 – Descrição Funcional de Produtos e Recursos**

<b>Produto / Recurso</b>	<b>Funções</b>
<b>Relógio de Pulso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicar horas</li> <li>• Indicar dias</li> <li>• Enfeitar o pulso</li> </ul>
<b>Container</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conter produtos</li> <li>• Facilitar o transporte</li> <li>• Divulgar transportadora</li> </ul>
<b>Pavimento (Rodovia)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suportar cargas</li> <li>• Impermeabilizar subleito</li> <li>• Proteger terrapleno</li> <li>• Conter sinalização</li> </ul>
<b>Drenagem (Rodovia)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar águas</li> <li>• Conduzir águas</li> <li>• escoar águas</li> <li>• Proteger pavimento</li> </ul>
<b>Lâmpada Fluorescente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emitir elétrons</li> <li>• Estimular fluorescência</li> <li>• Produzir luz</li> </ul>

Fonte: ABREU, Romeu Carlos Lopes (1995).

Fonte: DER / MG (2001). Estudo de EV / AV – Aeroporto Regional da Zona da Mata.

Fonte: ABRAMCZUCK, André A. (2005).

De acordo com as idéias de Lawrence D. Miles, “todo custo é para realizar uma função”, significando que todas as funções custam dinheiro para quem delas necessitam e cuja necessidade é satisfeita pela aquisição e uso do produto ou do serviço que tenham tais funções. Conforme salientado anteriormente, um importante aspecto da análise das funções é descontaminar o produto ou serviço das funções que nada lhe acrescentam em termos de utilidade, qualidade e segurança face às necessidades dos usuários.

Tão logo estejam relacionadas e descritas as funções, elas são então classificadas, sob a ótica do usuário, em:

- Básicas ou Primárias - aquelas sem as quais o produto ou serviço perderá seu valor e, em alguns casos, sua identidade. (Ex.: a função básica de um relógio de pulso é indicar hora, perdendo essa função, qual será sua utilidade?);
- Secundárias – aquelas que complementam as funções básicas, acrescentam utilidade ao recurso, podendo ampliar seu uso. (Ex.: funções secundárias de um relógio de pulso poderiam ser marcar segundos, sonorizações de alertas, calendário, etc.).

Podem ainda ser classificadas como necessárias ou desnecessárias, quando relacionadas ao uso ou ainda como funções de estima. Às necessárias podem ser atribuídas prioridades. As classificadas como desnecessárias do ponto de vista do usuário podem, no entanto, ser essenciais para o processo de fabricação, montagem ou construção. Em seguida há um exemplo do conjunto de funções de um Cortador de Fita Adesiva para escritório.

**TAB 2.2 – Funções de um Cortador de Fita Adesiva**

<b>Item</b>	<b>Função</b>	<b>Básica (B) Secundária(S)</b>	<b>Necessária (N) Desnecessária (D)</b>	<b>Uso (U) Estima (E)</b>
<b>Conjunto</b>	Cortar fitas	B	N	U
	Enfeitar mesa	S	N	E
<b>Base Avulsa</b>	Posicionar rolo	S	D	U
	Posicionar lâmina	S	D	U
	Transmitir publicidade	S	D	E
	Manter estabilidade	S	N	U
<b>Espuma de Borracha</b>	Proteger móveis	S	N	U
	Aumentar atrito	S	N	U
<b>Carretel</b>	Posicionar rolo	S	D	U
	Permitir rolamento	S	D	U
<b>Lâmina</b>	Cortar fita	B	N	U
<b>Pintura</b>	Oferecer estética	S	N	E

Fonte: CSILLAG, João Mário. Análise do Valor - 4.ed. - São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

Ao final do processo da Abordagem Funcional parte-se para avaliação dos custos e “valores” que normalmente se constitui de um bloco de perguntas e respostas como se segue:

- Quais as funções básicas e secundárias?
- Qual o custo de cada uma delas?
- Qual o “valor” da função básica?
- De quantas outras formas alternativas pode ser desempenhada a função básica?
- Quanto custarão essas formas alternativas?

Naturalmente, vencidas as duas primeiras perguntas, a terceira, que pede o “valor”, será a de maior dificuldade a ser enfrentada. Várias técnicas foram desenvolvidas e aprimoradas, uma vez que valores são sempre relativos, uma das técnicas mais diretas é avaliar por comparação, isto é, quantificar o custo de uma função conhecida a ela comparada.

Para uma melhor compreensão, o quadro a seguir, TAB 2.3, mostra o estudo das funções de um lápis com borracha, cuja função básica é “fazer marcas” e que custa 15 % do total. Perguntas que poderiam ser colocadas:

- Para que pagar os 85 % restantes?
- Que alternativas teria para fazer marcas? Caneta Esferográfica? Lapiseira?

**TAB 2.3 – Estudo das Funções de um Lápis**

<b>Componentes</b>	<b>Função</b>	<b>Custo (\$)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Básica (B) Secundária(S)</b>
<b>Grafite</b>	Fazer Marcas	0,018	15	B
<b>Madeira</b>	Proteger Grafite	0,012	10	S
<b>Capa Metálica</b>	Proteger Borracha Prender Borracha	0,018	15	S S
<b>Borracha</b>	Remover Marcas	0,018	15	S
<b>Pintura</b>	Promover Estética	0,018	15	S
<b>Forma de Madeira</b>	Facilitar Manuseio Evitar Rolagem	0,018	15	S
<b>Impressão</b>	Transmitir Mensagem	0,018	15	S
<b>Total</b>		0,120	100	

Fonte: CSILLAG, João Mário. Análise do Valor - 4.ed. - São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

### 2.3.2 CRIATIVIDADE

Csillag (1995) e Pereira Filho (1994) mencionam que Osborn, com o *brainstorming*, marca o início da popularização de técnicas de criatividade, seguido por Gordon e Prince com a *sinética*, Crawford com a *relação de atributos*, Whiting com as *correlações forçadas*, Zwicky e Myron com a *análise morfológica*. A partir dessas iniciativas, e com as necessidades de resolver problemas relacionados à conquista do espaço e os relacionados com as conquistas de mercado, ficou garantida a popularização das técnicas de criatividade, componente essencial para a EV / AV.

### 2.3.3 ESFORÇO MULTIDISCIPLINAR

Atualmente, devido à grande especialização decorrente da evolução tecnológica em todos os ramos de atividades, cada pessoa ou grupo de pessoas que toma parte na seqüência operacional, desde a concepção, o projeto e até o produto acabado, é cômico de sua própria

contribuição e responsável pelos problemas relativos à sua área de atuação. O mesmo raciocínio se aplica a um processo gerencial, administrativo, logístico ou de construção.

A Metodologia do Valor deve utilizar pessoal mercadológico para definir requisitos de consumidores e usuários, inclusive preço, além das equipes de engenharia, fabricação, operação, manutenção e construção. Outros especialistas devem também contribuir: Compras, Finanças, Qualidade, etc.

A participação de todas essas disciplinas melhora a comunicação e compreensão dos requisitos de um produto ou serviço, a sinergia do trabalho dessa diversidade de indivíduos excede a qualquer decisão individual e resulta em decisões mais apropriadas, como ilustrado na FIG 2.2.

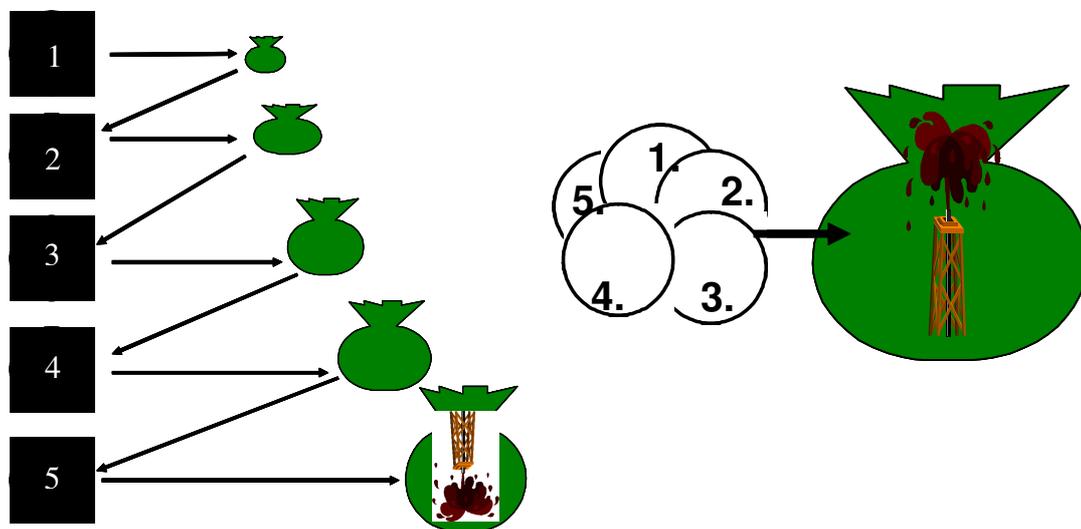


FIG 2.2: Comparativo do Trabalho Individual x Trabalho em Grupo

Fonte: HUNTER, George C.(CALTRANS-CALIFORNIA), Agosto de 2002.

#### 2.3.4 RECONHECIMENTO E CONTORNO DE BLOQUEIOS MENTAIS

O processo de uma Análise do Valor normalmente não corre tranqüilo, alguns bloqueios devem ocorrer. Mesmo que as pessoas de decisão aceitem normalmente novas idéias, os realmente responsáveis pela sua implantação poderão ter uma atitude hesitante. Segundo Csillag (1995), bloqueios irão sempre existir, mas o importante será identificá-los separadamente para abordá-los de modo eficaz.

A melhor estratégia é identificar o motivo do bloqueio. Alguma convenção está sendo quebrada? Alguma maneira confortável de solucionar um problema está-se tornando obsoleta? Está alguém se considerando prejudicado por um fato, uma opinião?

Segundo especialistas em Análise do Valor, Arthur Mudge, por exemplo, objeções feitas podem ser formas das pessoas envolvidas solicitarem mais informações. Já Lawrence D. Miles advoga que bloqueios podem ser decorrentes de informações ou visões erradas, porém honestas. Assim, informações corretas terão que ser injetadas na situação e de tal forma que motive as equipes a usá-las (Csillag-1995).

## 2.4 O PLANO DE TRABALHO

A Engenharia e Análise do Valor têm evoluído nos seus 60 anos de existência e conta hoje com um conjunto de técnicas bastante sofisticadas que, quando adequadamente escolhidas e bem aplicadas, trouxeram melhoramentos a várias atividades empresariais e governamentais. Miles, no início de suas formulações quanto à Análise do Valor, tinha as seguintes indagações:

- Qual é esse componente?
- O que desempenha esse componente?
- Quanto custa esse componente?
- De que outra forma pode ser desempenhada sua função?
- Qual o custo dessa função?

Ao final dos anos 1950, já com o foco em conjuntos mais complexos e não mais em peças simples, Miles propôs um plano de trabalho constituído por sete fases resumidamente abordadas a seguir:

- **Fase de Orientação** na qual deve-se verificar o que deve ser desempenhado; os desejos e necessidades reais do consumidor ou usuário e quais as características e propriedades desejadas.
- **Fase de Informação** na qual deverão ser coletados todos os dados sobre custos, quantidades, fornecedores, investimentos, mercado, qualidade, etc. As funções devem ser estabelecidas, definidas e avaliadas.

- **Fase Criativa** na qual devem ser geradas idéias alternativas com utilização das diversas técnicas disponíveis. As idéias geradas devem cuidar da eliminação de funções desnecessárias, sendo primordial nessa fase evitarem-se julgamentos.
- **Fase de Análise** na qual o julgamento tem um papel muito importante. Para cada idéia, uma análise deve indicar o que falta a ela para funcionar ou porque não funcionará. Quantificadas e priorizadas, as idéias são agrupadas sob a forma de opções a serem estudadas.
- **Fase de Planejamento** na qual o trabalho pode ser dividido por áreas funcionais (mecânica, elétrica, civil, segurança, etc.), podendo ser consultados especialistas e fornecedores. Uma programação é feita considerando-se os tempos e custos envolvidos.
- **Fase de Execução** na qual coletam-se mais informações pertinentes, especificações são confirmadas e avaliado o impacto na qualidade. Quando as sugestões caminham para conclusões de sucesso e as dificuldades são contornadas fica pronta essa fase.
- **Fase de Resumo e Conclusões.** Um relatório final é fundamental como registro do Estudo de Valor, com um resumo bastante claro na sua primeira página. Seguem as recomendações de implantação da melhor opção ou alternativa avaliada para a decisão de implantação.

A partir do plano de trabalho criado por Miles, praticantes e estudiosos dessa metodologia desenvolveram novas técnicas e introduziram algumas variantes, com mais ou menos fases, de acordo com suas experiências nos campos de aplicação que atuavam. Uma grande variedade de planos de trabalho foram criados abrangendo diversos ramos das atividades de produção.

Csillag (1995) apresenta e classifica vários desses planos de trabalho, nomeando seus autores, ano de criação, características, objetivos e campos de aplicação. Alguns deles estão relacionados a seguir:

- **Planos para peças e produtos**
  - Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – 1963: Manual 5010.8-4;
  - Gage – 1967: com objetivo principal de eliminar custos inúteis;
  - Mudge – 1971: com grande enfoque na avaliação da relação entre funções;

- Rye, Owen E. – 1980: enfoque no alargamento dos benefícios e reconhecimento dos custos totais.
- **Planos para processos, fluxos e serviços**
  - King – 1967: busca identificar funções duplicadas de controle, principalmente formulários.
- **Planos para energias**
  - Stainton – 1977: adaptação para abordagem de conservação de energia.
- **Planos para construção civil e instalações**
  - Public Building Service dos Estados Unidos da América – 1972: Manual P-8000.1.
- **Planos para desenvolvimento organizacional**
  - Horrworth – 1975: busca novas relações e uma nova organização sem funções desnecessárias;
  - Higgins e Dice – 1982: visa otimizar processos de grupos considerando aspectos comportamentais.
- **Planos para área comercial**
  - Wasserman – 1977: único plano de trabalho orientado para o comprador.
- **Planos para grandes sistemas**
  - Johnson e Sheldon – 1970: amplia os horizontes da EV / AV para o gerenciamento total de um sistema;
  - Rand – 1979: busca idéias para compor um planejamento estratégico.
- **Planos especiais**
  - Sawruk, John M. – 1982: enfoque na qualidade – conformidade com as especificações que satisfaçam ao comprador.

## 2.5 A METODOLOGIA DO VALOR

Mesmo com a existência de uma enorme variedade de Planos de Trabalho, não é difícil identificar, posto que todos eles constituíam variantes ou flexibilizações do plano de Miles, uma base comum de organização e sistematização. Essa base comum constitui a Metodologia do Valor, denominação constante das normas da SAVE INTERNATIONAL, e que, na concepção de Csillag (1995), é um processo de raciocinar utilizado num esforço deliberado da aplicação dos princípios da Análise do Valor, Engenharia do Valor, Controle do Valor ou Gerenciamento do Valor. De uma forma mais objetiva e simplificada, as etapas comuns a esses planos de trabalho são:

- Coleta e Análise de Informações;
- Análise Funcional;
- Geração de Idéias;
- Seleção de Idéias;
- Implementações.

Independente do Plano de Trabalho considerado para um Estudo de Valor, dadas as múltiplas variações que possam ocorrer conforme o autor ou campo de aplicação, todos gravitam em torno da passagem de uma fase para outra em que técnicas são aplicadas para auxiliar as equipes envolvidas no estudo desde a identificação do produto, serviço ou projeto a ser estudado, a coleta de informações, o mergulho na fase criativa, a associação de idéias e, finalmente, a escolha de uma ou mais opções para implementação.

Algumas técnicas de significativa importância na Metodologia do Valor serão resumidamente conceituadas e apresentadas, com alguns exemplos de suas aplicações, ressaltando-se aquelas que foram utilizadas no Estudo de Caso apresentado no Capítulo 5.

### 2.5.1 COLETA E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES

Uma grande dificuldade para se iniciar um Estudo de Valor ocorre justamente no “objeto” a ser analisado: um produto, uma peça, um serviço um processo, um sistema ou um

projeto (empreendimento). Abreu (1995), Pereira Filho (1994) e Buzzato (2005) citam mais de 30 técnicas para que se faça essa escolha, dentre elas:

- Curva ABC de custos;
- Produtos de baixa demanda;
- Reclamações dos “clientes”;
- Existência de desperdício;
- Produtos que necessitem aperfeiçoamentos
- Produtos complexos;
- Produtos com custos indiretos elevados;
- Produtos em alto uso.

Drozdal (apud Csillag, 1995) recomenda que, diante da quantidade de critérios que pode ser empregada nessa fase, a escolha pode ser orientada segundo as recomendações abaixo:

- Complexidade do produto (quanto mais complexo, maior probabilidade de resultados positivos);
- Materiais exóticos (produtos ou itens com muitos materiais caros fornecem melhores oportunidades);
- Produtos com tolerâncias estreitas;
- Posição competitiva (quando há perigo de perder uma posição competitiva para outro produto, ele deve ser prioritário).

No caso de empreendimentos ligados à infra-estrutura e de construções, ou seja, projetos a um só tempo, os critérios de escolha são normalmente vinculados a um patamar de valor monetário. Podem ser citados:

- O National Highway Systems (NHS), que exige Estudo de Valor para investimentos superiores a 25 milhões de dólares em rodovias (USA);
- A Federal Transit Authority (FTA) que exige a aplicação de Engenharia do Valor em projetos metroferroviários com investimentos acima de 100 milhões de dólares;
- O DER / MG que determinou uso da Engenharia do Valor em todos os projetos de empreendimentos com custos estimados acima de dez milhões de reais.

Resumindo a importância dessa fase, Csillag (1995) comenta:

*“A Fase de Preparação é uma das mais importantes de todo o processo, pois dependendo dela corre-se o perigo de resolver brilhantemente o problema.....errado”.*

## 2.5.2 ANÁLISE FUNCIONAL

O grande objetivo dessa fase é chegar ao correto escopo do estudo proposto, isto é, onde ele se inicia e onde termina, o que está incluído, o que está excluído, as interfaces e interações que se aceitam como integrante desse estudo. Uma ferramenta recomendada por vários autores, que é facilitadora para a próxima etapa - Geração de Idéias – é o uso do conceito de graus de liberdade de uma situação.

Segundo Jouineau (apud Pereira Filho, 1994), toda situação pode ser descrita em cinco estágios: necessidade, princípio, conformação, recursos e procedimentos, atribuindo-se a cada estágio um grau de liberdade (GL). O GL-1 é o grau mais abrangente e totalmente restrito, pois define a necessidade. O GL-2 é vinculado ao princípio para atender essa necessidade, ou seja, pode-se ter uma ou mais maneiras de se atender à necessidade. Desenvolve-se assim a notação descrita na TAB 2.4. A TAB 2.5 contém um exemplo para um Furador de Papel.

**TAB 2.4 – Graus de Liberdade - Definições**

<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Denominação</b>	<b>Definição</b>
<b>GL-1</b>	Necessidade	Função Básica
<b>GL-2</b>	Princípio	Concepção para desempenhar a Função Básica.
<b>GL-3</b>	Conformação	Forma, formato ou desenho
<b>GL-4</b>	Recursos	Materiais, especificação, meios
<b>GL-5</b>	Procedimentos	Processo de fabricação, folhas de operação, planos.

Fonte: PEREIRA FILHO, Rodolfo Rodrigues (1994).

**TAB 2.5 – Graus de Liberdade – Furador de Papel**

<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
<b>GL-1</b>	Necessidade	Furar papel
<b>GL-2</b>	Princípio	Aplicação e transmissão de forças
<b>GL-3</b>	Conformação	Alavanca + Base Triangular + Base de Plástico
<b>GL-4</b>	Recursos	Aço 1020, Polipropileno 20
<b>GL-5</b>	Procedimentos	Processo de fabricação e montagem.

Fonte: PEREIRA FILHO, Rodolfo Rodrigues (1994).

Caso fossem detectadas possibilidades alternativas para os Graus de Liberdade 3 e 4, na fase criativa poder-se-ia especular:

- Que outra conformação pode ser dada à base triangular?
- Existem materiais que possam substituir o Aço 1020?

É provável que em diversas situações, os grupos de estudo identifiquem e descrevam um grande número de funções desempenhadas por um recurso. Dentre as diversas formas de se chegar às mais prioritárias e relevantes é bastante utilizada a Avaliação Numérica das Relações Funcionais desenvolvidas por Mudge (apud Abreu, 1995).

Faz-se a comparação de todas as possíveis combinações de pares de funções, indicando para cada par a função mais importante, com uma ponderação que pode variar em avaliação numérica de acordo com a diferença de importância: muito mais importante, mais importante, levemente mais importante ou igual importância. Ao final do processo, a soma dos pontos de cada função indicará a função básica e as demais funções com suas importâncias relativas.

Tavares Júnior (1997) utilizou essa técnica para determinar as funções mais relevantes em seu estudo sobre um típico produto cerâmico atribuindo, pela visão dos consumidores, 1(um) ponto para a função pouco mais importante; 3 (três) pontos para a função significativamente mais importante e 5 pontos para a função muito mais importante, conforme TAB 2.6.

**TAB 2.6 – Importância de Funções – Produto Cerâmico**

<b>FUNÇÕES</b>	<b>PONDERAÇÃO NUMÉRICA</b>							<b>SOMA</b>	<b>POSIÇÃO</b>
<b>Prover Dimensões A</b>	<b>B3</b>	<b>C3</b>	<b>D3</b>	<b>A3</b>	<b>F5</b>	<b>G3</b>	<b>H5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>Prover Resistência B</b>	<b>B1</b>	<b>B3</b>	<b>B3</b>	<b>F3</b>	<b>B3</b>	<b>H1</b>		<b>13</b>	<b>3</b>
<b>Permitir Atrito C</b>	<b>C1</b>	<b>C5</b>	<b>C1</b>	<b>C1</b>	<b>H1</b>			<b>11</b>	<b>4</b>
<b>Suportar Peso D</b>	<b>D3</b>	<b>F3</b>	<b>D1</b>	<b>H1</b>				<b>7</b>	<b>5</b>
<b>Permitir Dilatação E</b>	<b>F5</b>	<b>G3</b>	<b>H3</b>					<b>0</b>	<b>8</b>
<b>Prover Aparência F</b>	<b>F3</b>	<b>F1</b>						<b>20</b>	<b>1</b>
<b>Manter Propriedades Superficiais G</b>	<b>H3</b>							<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Prover Impermeabilidade H</b>								<b>14</b>	<b>2</b>
<b>TOTAIS</b>								<b>74</b>	<b>----</b>

Fonte: TAVARES JÚNIOR, João Medeiros (1997).

- **Prover Dimensões (A)** é significativamente mais importante que **Permitir Dilatação (E)**: assinala-se **A3**;
- **Permitir Atrito (C)** é muito mais importante que **Permitir Dilatação (E)**: assinala-se **C3**;
- **Suportar Peso (D)** é mais importante que **Prover Aparência (F)**: assinala-se **D1**.

Para ser avaliado o grau de importância de uma função basta somar suas prevalências sobre as demais. No caso da função **Permitir Atrito (C)** tem-se: **C3** na primeira linha, três vezes **C1** e uma vez **C5** na terceira linha. Somando **3 + 1 + 1 + 1 + 5**, verificam-se os 11 pontos dessa função, o que a classifica na quarta posição em importância.

Muito importante também é a técnica proposta por Charles Bytheway em 1965 (apud Csillag, 1995) denominada Function Analysis System Technique – FAST (Técnica de Análise Funcional de Sistemas), quando realizava o estudo funcional de uma lâmpada incandescente. O produto da aplicação dessa técnica é a determinação da função ou funções de nível mais alto, assim como as básicas. Para se obter o Diagrama FAST resultante, de forma simplificada, dá-se ênfase a duas perguntas:

- Por quê a função é necessária? No sentido da esquerda para a direita.
- Como a função é realizada? No sentido da direita para a esquerda.

O diagrama obtido possibilita uma visão bastante clara das relações entre as funções e também do escopo do estudo. Na FIG 2.3 há um exemplo do Diagrama FAST estabelecido para o processo de fabricação de transformadores em uma indústria.

Sobre a importância dessa fase, Csillag (1995) comenta:

*“Em resumo, as razões mais importantes para efetuar uma análise funcional residem em: compreender, descrever e criar. Ao estabelecer funções primárias, separadas das secundárias e das não necessárias, decorre uma compreensão melhor do objeto, ação ou problema. Ao procurar maneiras alternativas para preencher as funções primária, surge o ato de criar”.*

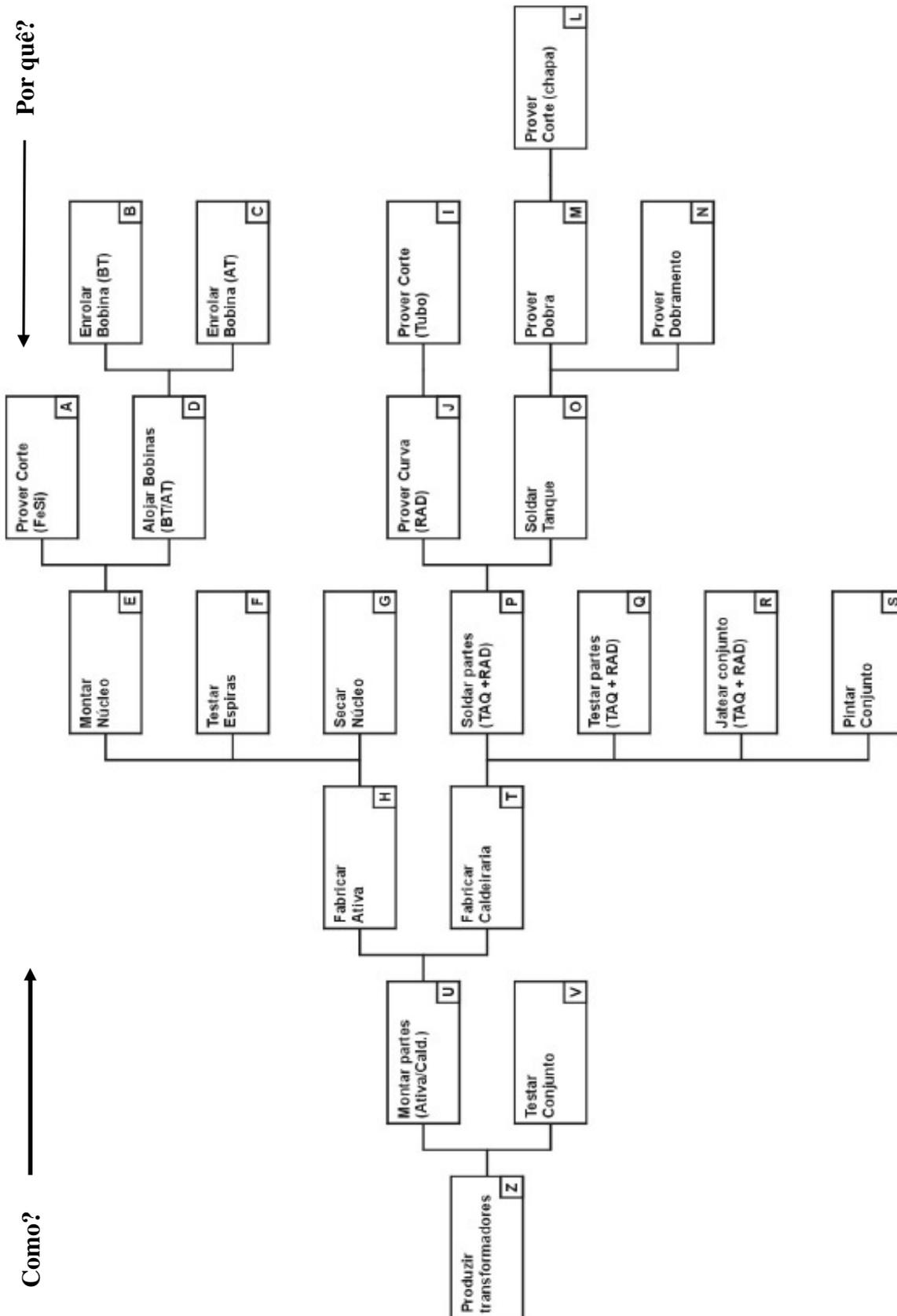


FIG 2.3: Diagrama FAST - Delta Transformadores LTDA

Fonte: ASSUNÇÃO, Wellinton (2003).

### 2.5.3 GERAÇÃO DE IDÉIAS

Para Abramczuk (2005) um trabalho inovador é executado com o propósito de introduzir, difundir e transformar em necessidade essencial novas idéias, ações e recursos ou uma nova organização de idéias, ações e recursos existentes. O trabalho inovador é levado avante pela vontade de um agente inovador de introduzir mudanças que considera vantajosas e benéficas e de sua disposição para fazer com que sua antevisão se torne realidade. É por meio de trabalho inovador que novas maneiras de efetuar trabalhos rotineiros se integram aos processos de produção de riquezas para a sociedade.

A vital importância dessa fase é destacada por vários autores e praticantes da metodologia do valor. Diversas técnicas de estímulo à criatividade tanto individual como em grupo são recomendadas. Existem em várias bibliografias (Abreu, 1996; Buzzato, 2005, Csillag, 1995, Pereira Filho, 1994 e outros), descrições e indicações de aplicação de várias técnicas de geração de idéias, dentre elas: técnicas do encaixe forçado, técnica da análise de estímulos, técnica da associação livre, relação de atributos, brainstorming, brainwriting, análise morfológica, pensamento lateral e sinética.

Pereira Filho (1994) destaca que o brainstorming, proposto por Alex Osborn nos anos 1930, é a técnica mais simples e mais rápida de ser aplicada e tem levado diversas organizações a encontrarem soluções econômicas para problemas reais de forma efetiva, respeitando as seguintes regras:

- a) deixe as críticas para depois;
- b) quanto mais arrojada a idéia, melhor;
- c) quanto maior o número de idéias, maior a probabilidade de idéias práticas;
- d) os participantes devem aproveitar as outras idéias para combiná-las e melhorá-las;
- e) as idéias devem ser visíveis para todos e
- f) repetir a seção pelo menos mais uma vez, com algum intervalo de tempo.

Csillag (1995) também afirma que o brainstorming é hoje a técnica mais importante e a mais utilizada, mas recomenda que em situações mais complexas, onde o grupo necessita de estímulos, devem ser usadas as técnicas do Encaixe Forçado e Análise Morfológica.

#### 2.5.4 SELEÇÃO DE IDÉIAS

É importante que aqui se faça uma triagem de todas as idéias geradas na fase especulativa. Idéias semelhantes devem ser agrupadas e as demais, o tanto quanto possível, devem ser combinadas e refinadas. Uma das mais simples de ser aplicada, que facilita um julgamento prévio do potencial de cada idéia gerada, é a técnica F.I.R.E, que é uma simplificação dos métodos de ponderação. Pereira Filho (1994) a descreve sucintamente, na qual cada idéia é submetida ao seguinte conjunto de perguntas:

- **F** – Função: a idéia gerada cumpre a função em modo, intensidade ou outra quantificação requerida?
- **I** – Investimento: o volume de investimentos exigido para implementação da idéia é alto, médio, baixo ou sem investimentos?
- **R** – Resultado: a idéia gerada cumpre o resultado para o projeto de forma integral, parcial ou abaixo do necessário?
- **E** – Exequibilidade: a idéia gerada é exequível técnica e institucionalmente em tempo hábil?

Para cada critério pode-se estabelecer uma pontuação em escala de 1 a 10 e cada idéia tem como avaliação final o produto das pontuações em cada critério (**FxIxRxExE**). Buzzato (2005) adverte que como se trata de uma análise mais superficial, podem surgir controvérsias e, portanto, deve-se prosseguir na avaliação.

Csillag (1995) faz breves considerações sobre algumas técnicas a serem utilizadas de acordo com a situação e os objetivos do Estudo de Valor:

- A técnica de Vantagem – Desvantagem permite reduzir os pontos fracos e ajuda a refinar opções;
- A votação de Pareto, em que cada participante só pode optar no máximo por 20 % das idéias, permite selecionar as melhores quando há várias opções;
- As técnicas de ponderação são bastante potentes quando o conjunto de opções é mais restrito, desde que nem todos os critérios tenham o mesmo peso;
- A análise benefício / custo no ciclo de vida é bastante útil no ramo da construção civil;
- A técnica de custear todas as idéias deve ser utilizada após um primeiro refinamento.

Abreu (1995) ressalta uma técnica adotada pelos Círculos de Controle da Qualidade na avaliação de suas próprias sugestões, que é a Análise de Viabilidades. Cada idéia é avaliada por alguns referenciais previamente estabelecidos pelo grupo e que se encontram relacionados na TAB 2.7.

**TAB 2.7: Tipos de Viabilidade**

<b>VIABILIDADE</b>	<b>CONDIÇÕES</b>
<b>Técnica</b>	Se a idéia reúne todas as condições de natureza técnica exigidas pelo recurso sendo estudado (implantação, operacionalização, segurança).
<b>Econômica</b>	Se a relação benefício / custo da idéia recomenda a sua adoção por reduzir custos, aumentar o valor do recurso ou conjugar esses dois fatores, trazendo ganhos de produtividade.
<b>De aceitação</b>	Se a alteração será bem aceita no âmbito da organização ou se enfrentará dificuldade para a sua adoção.
<b>Financeira</b>	Se há disponibilidade de recursos financeiros para se investir na idéia proposta.
<b>Jurídica</b>	Se a idéia não fere direitos e obrigações existentes.

Fonte: ABREU, Romeu Carlos Lopes (1995).

### 2.5.5 IMPLEMENTAÇÕES

Csillag (1995) relata que essa fase é freqüentemente relegada a um segundo plano pois há uma tendência que não se faça um acompanhamento adequado por se confiar que idéias viáveis e economicamente vantajosas são auto vendáveis. Apresenta algumas técnicas para auxiliar na fase de implementação:

- Brainstorming Invertido: processo idêntico ao brainstorming clássico, no qual críticas são geradas em lugar de idéias. É útil para identificar todos os possíveis pontos fracos de uma idéia;
- Análise de problemas potenciais: com base em experiências anteriores problemas que se julgue possíveis de acontecer devem ser prevenidos com ações preventivas;
- Técnicas clássicas de planejamento: Pert, PDCA, fluxogramas.

Assunção (2003) destaca que apesar desse passo não ser competência direta do grupo de AV, é interessante fazer uma proposta de planejamento e acompanhamento de um plano de ação da modificação, pois, o grupo tem capacidade para corrigir os desvios que possam advir com a introdução de futuras alterações que se fizerem necessárias, possibilitando a criação de um clima de maior motivação para a Análise do Valor na organização.

### 3 A METODOLOGIA DO VALOR DO DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA CALIFÓRNIA – CALTRANS

#### 3.1 A POLÍTICA DE ANÁLISE DO VALOR NO CALTRANS

Sob a supervisão da Federal Highway Administration – FHWA, o Caltrans mantém um programa permanente de Análise do Valor. Em seu Manual de Procedimentos de Desenvolvimento de Projetos – PDPM; Cap. 19 – Análise do Valor – são apresentados as políticas e os procedimentos para aplicação da Análise do Valor (AV) em projetos de construção de rodovias e outras atividades do departamento. Em resumo, o PDPM cobre os seguintes tópicos em cinco seções:

- i) Política Geral, Procedimentos e Benefícios da Análise do Valor;
- ii) Programa Anual de Análise do Valor;
- iii) Atribuições e Responsabilidades das Equipes dos Distritos e Escritórios Principais;
- iv) Integração da AV e o Processo de Desenvolvimento de Projetos;
- v) Plano de Trabalho e Atividades da Análise do Valor

De acordo com o PDPM, a Análise do Valor deve ser igualmente aplicada a projetos, produtos e processos como se segue:

**1. Projetos de Construção de Rodovias** - A busca pela melhoria do valor dos projetos vem sendo praticada em todos os distritos do Caltrans desde 1969. Estudos de AV em Rodovias são divididos em duas categorias:

- **Estudos Obrigatórios do NHS (National Highway System)** – Determinação como lei pelo Congresso da Seção 303 da Lei do NHS (NHS Act), de acordo com a Lei Federal (23 CFR Part 627), de 14 / 02 / 1997, exigiu o estabelecimento de um programa para assegurar que Estudos de AV fossem realizados em todos os projetos de rodovias, pertencentes ao NHS, com participação de fundos federais, cujos custos totais estimados fossem de US\$ 25 milhões ou mais.
- **Estudos Identificados nos Distritos** – Os Distritos do Caltrans, além de encorajados para voluntariamente identificar estudos, cumprem também as

determinações internas para realização de estudos de valor em projetos cujos custos totais ultrapassem US\$ 15 milhões e, no caso de envolverem pontes e viadutos, esse limite passa para US\$ 20 milhões. Alguns dos critérios que podem indicar a necessidade de Análise do Valor incluem ultrapassagem de orçamentos, projetos com mais de uma possibilidade de realização, custos elevados de manutenção, projetos de difícil implantação, problemas operacionais e de segurança, problemas ambientais e questões de faixa de domínio (desapropriação).

- **Estudos de AV durante a Construção** – Projetos já adjudicados podem passar por uma Análise do Valor durante a construção, com a concordância do contratado, se especificado em cláusulas especiais do contrato, com propósitos de incentivo à redução de custos.

**2. Estudos de Produtos** – A metodologia de AV pode ser empregada em produtos que necessitem ser atualizados devido à mudança de tecnologia, obsolescência ou qualquer outra mudança que afete a engenharia de produto padrão do Caltrans. Estudos de modificações em produtos como telas para obstrução de faróis, barreiras de concreto e sinalização aérea levam as modificações para todo o estado da Califórnia.

**3. Estudos de Processos** - Processos que podem passar por um estudo de AV incluem a distribuição das escalas de trabalho, procedimentos de desenvolvimento e contratação de projetos, planos de negócios dos Distritos, planos estratégicos regionais de operação do tráfego, pleitos de indenização, operações de manutenção e qualidade dos serviços de suporte.

### 3.2 O PLANO DE TRABALHO DE ANÁLISE DO VALOR NO CALTRANS

O Plano de Trabalho desenvolvido ao longo dos últimos 30 anos e aplicado no Caltrans é dividido em três grandes fases: preparação, estudo e relatório final. Cada uma delas é dividida num conjunto de segmentos e atividades, sucintamente descritos a seguir, que englobam as etapas comuns da metodologia do valor abordadas no item 2.5 dessa dissertação. O Diagrama Geral de Atividades de Análise do Valor, apresentado nas TABs 3.1 e 3.2, resume os 15 passos requeridos para completar com sucesso um Estudo de Valor no Caltrans.

### 3.2.1 PREPARAÇÃO

- **Início do Estudo** – Além da identificação do projeto para estudo; definição de metas e fluxograma provisório, é preenchido um formulário especial - Task Order Initiation Document - que se constitui numa espécie de ordem de serviço interna para início do estudo de EV / AV;
- **Organização do Estudo** – Reunião inicial de preparação; seleção dos membros da equipe; finalização do fluxograma e do Task Order Initiation Document;
- **Preparação dos Dados** – Coleta e distribuição de informações disponíveis sobre o projeto; preparação dos modelos de custos de implantação e do ciclo de vida (Life Cycle Cost - LCC).

### 3.2.2 ESTUDO DE ANÁLISE DO VALOR

#### Segmento 1

- **Informação da Equipe** – Apresentação pelos projetistas; critérios de desempenho e visitas aos locais de implantação do projeto;
- **Análise das Funções** – Identificação das funções básicas e seus custos; preparação do Diagrama FAST;
- **Criação de Idéias** – Geração da maior quantidade possível de idéias alternativas; usando a técnica “brainstorming” em grupo ou individualmente;
- **Avaliação de Idéias** – Avaliar e classificar todas as idéias ponderadas pelos critérios de desempenho.

#### Segmento 2

- **Desenvolvimento de Opções** – Desenvolver as idéias mais bem avaliadas como Opções da AV e medir o desempenho de cada uma delas;
- **Crítica às Opções** – Revisão das opções pela Equipe de AV e Revisores Técnicos, procurando o consenso entre a equipe e a viabilidade técnica. Desenvolver e atribuir valor ao conjunto de opções recomendadas pela equipe de AV;
- **Apresentação das Opções** – Apresentações informais das opções; preparo de relatórios preliminares.

### **Segmento 3**

- **Julgamento das Opções** – Revisões das opções; recomendações preliminares para implementação de decisões;
- **Escolha das Opções** – Decisão, edição e revisão das opções; resumo dos resultados;
- **Apresentação dos Resultados** – Apresentação formal das opções aceitas.

#### 3.2.3 RELATÓRIO

Prosseguindo no Estudo de AV, o líder da equipe deve montar toda a documentação do estudo num relatório final:

- **Publicação dos Resultados** – Preparo do Relatório Final do Estudo de AV e distribuição de cópias impressas e eletrônicas;
- **Fechamento do Estudo de AV** – Decisão sobre as opções aceitas condicionalmente e atualização do Sumário Executivo. Distribuir as deliberações finais.

O Estudo de AV estará completo quando o Relatório é emitido com o registro da análise, do desenvolvimento dos estudos e das disposições para implementação da Equipe de AV para as alternativas apresentadas.

Existem dois Manuais que mostram os passos necessários para a realização das atividades de um Estudo de AV (Caixas 4 a 13 – TABs 3.1 e 3.2). O primeiro deles, o Guia para Equipes (Value Analysis Team Guide) contém todas as orientações para o Coordenador, para o Líder e para a Equipe de AV, assim como para todos aqueles que venham a participar de um Estudo de Valor no Caltrans. Cada uma das atividades, e seu respectivo registro em formulário próprio, é orientada e exemplificada utilizando um projeto como exemplo. Dessa forma, todas as etapas abordadas como parte da Metodologia do Caltrans para Análise do Valor referem-se a esse Guia das Equipes.

O Guia do Relatório (Value Analysis Report Guide) enfoca a preparação dos relatórios preliminar e final, previstos nas Caixas 10 e 14 - TAB 3.2. Descreve como o Líder da Equipe deve organizar todo o material gerado durante o Estudo de Análise do Valor.

**TAB 3.1: Diagrama Geral das Atividades – Análise do Valor - Caltrans**

<b>ESTUDO DO VALOR - PREPARAÇÃO</b>			
<b>INÍCIO</b>	<b>ORGANIZAÇÃO</b>	<b>PREPARO DOS DADOS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificar Projeto;</li> <li>➤ Identificar objetivos e responsabilidades;</li> <li>➤ Definir metas;</li> <li>➤ Selecionar líder da equipe;</li> <li>➤ Preparar cronograma preliminar.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>1</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reuniões de pré-estudo;</li> <li>➤ Seleção dos membros da equipe;</li> <li>➤ Identificar colaboradores, tomadores de decisão e revisores técnicos;</li> <li>➤ Identificar conjunto de informações;</li> <li>➤ Selecionar datas para o estudo;</li> <li>➤ Determinar logística do estudo;</li> <li>➤ Oficializar cronograma do estudo.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>2</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Coletar e distribuir dados;</li> <li>➤ Desenvolver modelos de controle de custos;</li> <li>➤ Desenvolver modelo de benefícios aos usuários e custos no ciclo de vida (LCC).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>3</b></p>	
<b>ESTUDO DO VALOR - SEGMENTO 1</b>			
<b>INFORMAR EQUIPE</b>	<b>ANÁLISE DAS FUNÇÕES</b>	<b>GERAÇÃO DE IDÉIAS</b>	<b>AVALIAÇÃO DAS IDÉIAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rever atividades do estudo e confirmar revisores;</li> <li>➤ Apresentar os interesses dos envolvidos;</li> <li>➤ Rever propósitos e objetivos do projeto;</li> <li>➤ Desenvolver critérios de desempenho;</li> <li>➤ Visitar locais de implantação.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>4</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Analisar dados do projeto;</li> <li>➤ Identificar funções do projeto;</li> <li>➤ Preparar Diagrama FAST;</li> <li>➤ Determinar custos por função.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>5</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Focar as funções;</li> <li>➤ Listar todas as idéias;</li> <li>➤ Aplicação de técnicas de criatividade e inovação (individuais e em grupo).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>6</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplicar critérios de desempenho;</li> <li>➤ Valorar cada idéia;</li> <li>➤ Listar vantagens e desvantagens;</li> <li>➤ Classificar todas as idéias;</li> <li>➤ Selecionar alternativas para desenvolvimento.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>7</b></p>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

**TAB 3.2: Diagrama das Atividades – Análise do Valor - Caltrans**

<b>ESTUDO DO VALOR - SEGMENTO 2</b>		
<p><b>DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desenvolver conceitos alternativos;</li> <li>➤ Preparar resumos e cálculos;</li> <li>➤ Medir o desempenho;</li> <li>➤ Estimar custos (implantação e ciclo de vida).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	<p><b>CRÍTICA ÀS ALTERNATIVAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisão Técnica das Alternativas;</li> <li>➤ Revisão das Alternativas (Consenso da Equipe);</li> <li>➤ Agrupar e numerar as Alternativas;</li> <li>➤ Validar o desempenho.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>9</b></p>	<p><b>APRESENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Apresentar sugestões;</li> <li>➤ Registrar críticas;</li> <li>➤ Confirmar revisões pendentes;</li> <li>➤ Preparar relatório preliminar.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>10</b></p>
<b>ESTUDO DO VALOR - SEGMENTO 3</b>		
<p><b>JULGAMENTO DAS ALTERNATIVAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rever relatório preliminar;</li> <li>➤ Avaliar alternativas para aceitação no projeto;</li> <li>➤ Preparar disposições provisórias para implementação.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>11</b></p>	<p><b>ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rever disposições para implementação;</li> <li>➤ Decidir ações para implementação;</li> <li>➤ Redigir as alternativas;</li> <li>➤ Reavaliar alternativas rejeitadas, se necessário.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>12</b></p>	<p><b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Apresentar resultados;</li> <li>➤ Obter aprovação dos gerentes para implantação;</li> <li>➤ Resumir desempenho, custos e melhoria do valor.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>13</b></p>
<b>RELATÓRIO DO ESTUDO</b>		
<p><b>PUBLICAÇÃO DOS RESULTADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Processar documentos e resultados do estudo;</li> <li>➤ Incorporar todos os comentários e ações de implementação;</li> <li>➤ Distribuir o Relatório Final (AV);</li> <li>➤ Atualizar o Relatório Sumário Executivo.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>14</b></p>	<p><b>“FECHAMENTO DO PROJETO”</b> <b>(Alternativas Condicionalmente Aceitas)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Decidir sobre alternativas condicionalmente aceitas;</li> <li>➤ Finalizar Relatório Sumário;</li> <li>➤ Finalizar Medidas de Desempenho;</li> <li>➤ Finalizar o Relatório Sumário Executivo.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>15</b></p>	

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.3 A FASE DE PREPARAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E PREPARO DOS DADOS

#### 3.3.1 REUNIÕES DE PRÉ - ESTUDO

No Guia para Equipes há uma lista de verificações que orienta Líder da Equipe de AV a conduzir as Reuniões de Pré-Estudo. É de extrema importância que gerentes de projeto, consultores técnicos e demais membros participantes da equipe compreendam seus papéis e responsabilidades para assegurar o sucesso do Estudo de AV. Isto envolve, para cada participante, a compreensão de todo o Processo de Estudo de AV, dos Conceitos de Medidas de Desempenho e das Atribuições e Responsabilidades.

É essencial que o Líder da Equipe acumule informações verdadeiramente importantes para liderar efetivamente o Estudo de AV e, para tal, é necessário o conhecimento do conceito do projeto que será a linha básica do estudo (conceito original ou projeto original), seu escopo, propósitos e necessidades, assim como as metas que se pretende atingir com o Estudo de Valor.

Em seguida às Reuniões de Pré-Estudo, o Líder de Equipe deve cumprir algumas obrigações formais no Caltrans que compreendem estimativas de custos do estudo, relação dos participantes internos, participantes contratados (consultores), cronograma, programação e local de reuniões.

#### 3.3.2 COLETÂNEA DOS DADOS

A Equipe de AV deve ter acesso, antes do início do Estudo, às informações pertinentes ao projeto que será a linha básica do estudo que devem incluir: plantas, projetos geométricos, especificações, correspondências, memórias de cálculo, levantamentos fotográficos, estimativas de custos de implantação e manutenção, dados de tráfego, acidentes e outras informações relevantes.

Foi desenvolvida uma lista de verificações, constante no Guia para Equipes, relativa aos dados de projeto para Estudos de AV, com base em toda a experiência anterior do Caltrans informações que se provaram necessárias em Estudos de AV. Essa lista se comporta como um excelente guia para assegurar que as informações essenciais estejam disponíveis para a

Equipe de AV. Esses itens devem ser discutidos na Reunião de Pré-Estudo para validar o que será necessário e os responsáveis por sua obtenção.

### 3.3.3 PREPARO DOS DADOS

#### **Custos de Construção ou Custos Iniciais**

A forma de apresentação dos custos do projeto em estudo deve ser uma síntese da estimativa dos custos do projeto, que a torne mais facilmente compreendida. Ela deve realçar os custos mais significativos do projeto e também facilitar a análise dos custos por função que ocorre mais tarde no processo. A informação dos custos deve ser organizada num formulário próprio e num Gráfico de Pareto para tornar facilmente visíveis os itens que predominam na estimativa. Um exemplo é mostrado na FIG 3.1.

As informações de custos devem refletir somente itens estimados. Custos que sejam percentuais de itens estimados, e que elevam os preços uniformemente, devem ser destacados dessa análise — por exemplo: verbas provisionais e contingências são normalmente incluídas como percentuais de itens que compõem os custos de uma rodovia. A equipe de AV pode ajustar o custo estimado desde que se tenha consenso com os responsáveis pelo projeto e pela engenharia.

#### **Custos no Ciclo de Vida (CCV)**

Conforme narrado por Csillag (1995), a análise da relação benefício / custo no ciclo de vida é de importância crescente no ramo da construção civil, nele incluído a infra-estrutura do setor de transportes. Essa análise tornou-se obrigatória nos serviços públicos e obras contratadas pelo governo norte-americano.

Pelas recomendações do Manual P-8000.1A do Public Services Building (USA), nessa análise o custo de um item não se restringe somente ao seu custo de aquisição, fabricação ou implantação, mas também aos custos de sua utilização, manutenção preventiva, reparações, reposições e depreciação, pelo tempo que o usuário desse item necessite de seu uso.

Outro conceito importante é a comparação dos custos no ciclo de vida entre itens de natureza similar, por exemplo, não se pode comparar esse custo entre um ônibus e um automóvel nem uma casa com uma escola. No caso de um Estudo de Valor, as idéias podem ser comparadas com base no CCV se elas foram geradas de forma a satisfazer às mesmas funções. Assim, num Estudo de Valor, a análise do CCV de cada opção contribui para avaliar

se a qualidade dos produtos, ou componentes de um sistema, está sendo mantida em nível suficiente para evitar a degradação da confiabilidade, do desempenho e durabilidade.

A análise dos custos no ciclo de vida exige o conhecimento de vários conceitos econômicos básicos. Um deles é o conceito de custo equivalente para comparar custos que ocorram em tempos futuros e defasados, portanto devem ser consideradas taxas de desconto para ajustar os custos variáveis ao longo dos anos. Os mesmos fatores econômicos devem ser aplicados a cada opção a ser comparada.

Dentro do processo do Caltrans, os custos no ciclo de vida de um empreendimento rodoviário são considerados num período de 20 anos. Caso o estudo envolva somente pontes, viadutos ou túneis, esse período passa para 40 anos. A taxa de desconto real é definida pela Divisão de Planejamento Econômico (Economics Planning Branch) – taxa nominal menos inflação. Os custos considerados são:

- **Custos Anuais Subseqüentes:** inspeção e manutenção, operação e consumo de energia;
- **Custos Subseqüentes Periódicos:**
  - ✓ **Reabilitações** – Substituição de itens programados por períodos de 5, 10 ou 20 anos;
  - ✓ **Reparos** – Reparo de itens programados por ano;
- **Custos Anuais dos Usuários da Rodovia:** acidentes, tempo de viagem e operação dos veículos.

Todos esses custos devem ser trazidos à mesma linha de tempo pela taxa de desconto estabelecida e adicionados aos custos de construção. A comparação entre as opções deve ser feita com esses custos totais em valor presente.

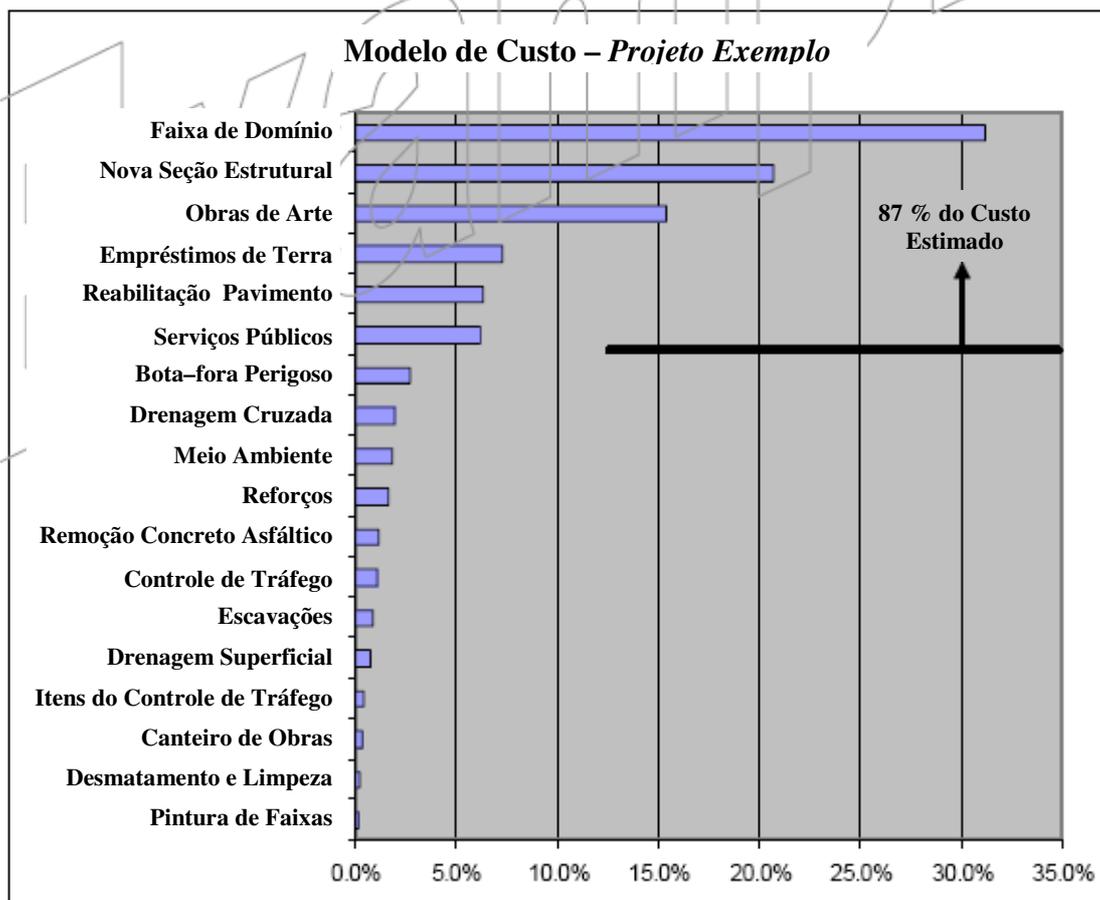


FIG 3.1: Gráfico de Pareto – Custos de Construção de uma Rodovia

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

Para facilitar a compreensão das demais atividades das próximas fases da Metodologia do Valor do Caltrans, encontra-se na TAB 3.3 um extrato do Relatório Sumário do Estudo de AV do projeto exemplo constante do Guia para Equipes.

**TAB 3.3: Extrato do Relatório Sumário de Estudo de Análise do Valor - Caltrans**

RELATÓRIO SUMÁRIO DE ESTUDO DE AV				CALTRANS	
Nome do Projeto: <i>Projeto Exemplo</i>					
<b>TIPO DE ESTUDO</b>					
Rodovia	Sim	<b>Processo</b>		<b>Produto</b>	
Obrigatório NHS?	Sim				
<b>DESCRIÇÃO DO PROJETO</b>					
<p>O projeto irá transformar a SR 64 de uma rodovia convencional de duas faixas em uma rodovia expressa de quatro faixas. Os limites do projeto se estendem da Estrada do Aeroporto, South Paseo, Califórnia, até o cruzamento com a SR 14, numa distância em torno de 38 km. O projeto prevê uma seção transversal média de 18,6 m, uma velocidade de projeto de 130 km/h e o aproveitamento do traçado atual o tanto quanto possível. Várias obras de arte especiais são previstas. Na interseção com a estrada Olive Hill existe uma sinalização que será ampliada com desvio duplo à esquerda a partir da via principal. A estimativa atual de custos para todo o empreendimento supera significativamente as verbas disponíveis.</p>					
<b>Custos do Projeto</b>				<b>\$ 2.640.000</b>	
<b>Custos Estimados de Desapropriação</b>				<b>\$ 60.387.075</b>	
<b>Custos Estimados de Construção</b>				<b>\$ 172.534.500</b>	
<b>NECESSIDADES E PROPÓSITOS DO PROJETO</b>					
<p>O propósito dos projetos, é aumentar a capacidade, reduzir congestionamentos, aumentar a segurança e melhorar o nível de serviço.</p>					
<b>PROPÓSITOS E OBJETIVOS DO ESTUDO DE AV</b>					
<p>O Estudo de AV ajudará a criar novas opções e refinar as opções existentes para a questão ambiental, que deve ser mais bem enfocada. O Estudo de AV atenderá aos requisitos federais de Análise do Valor em projetos do NHS. A Equipe de AV deve concentrar esforços nas opções que venham a melhorar a operação, manter ou melhorar a segurança, reduzir custos, se possível, e satisfazer as comunidades locais. A equipe deve avaliar questões específicas incluindo o balanceamento de cortes e aterros em cada lote, alargamento entre o rio e uma refinaria, considerando o impacto no rio, caminhões cruzando a faixa central e a construção de pontes.</p>					

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003)

### 3.4 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 1

O Segmento 1 focaliza a compreensão do projeto pela Equipe de AV com discussões com os projetistas e aplicação de técnicas da metodologia do valor. Estando o projeto claramente compreendido, idéias que possam melhorá-lo são identificadas e em seguida avaliadas com respeito aos critérios de desempenho estabelecidos pela equipe. As idéias mais bem avaliadas serão desenvolvidas e analisadas posteriormente no Segmento 2.

<b>Atividade</b>	<b>Propósito</b>
<b>Informação da Equipe</b>	A equipe de AV desenvolve um amplo entendimento do projeto e identifica uma linha básica de medidas de desempenho.
<b>Análise das Funções</b>	Possibilita um conhecimento mais profundo sobre o projeto, a confirmação de suas necessidades e propósitos e a identificação onde estão as oportunidades de melhorá-lo.
<b>Geração de Idéias</b>	Identificar idéias que possam beneficiar o projeto.
<b>Avaliação de Idéias</b>	Avaliação sistemática das idéias com respeito aos critérios de desempenho definidos pelos participantes e identificação das opções que serão submetidas ao desenvolvimento mais detalhado do Segmento 2.

#### 3.4.1 INFORMAÇÃO DA EQUIPE

A obtenção de informações completas e acuradas é fundamental para completar um Estudo de Valor com sucesso. Além do exame de documentos sobre o projeto e visitas ao campo, é importante o recebimento de dados complementares durante as primeiras reuniões da equipe, com participação de gerentes, revisores técnicos ou representantes regionais. Comentários feitos por esses participantes durante a reunião inicial, reuniões de revisão técnica, apresentações ou reuniões de implementação são registrados em formulários especiais (T-18 e T-21) e devem fazer parte da documentação do estudo.

O objetivo mais importante desses registros é também servir de orientações na seleção das opções para implementação. Exemplos desses comentários para o Projeto Exemplo constantes do Guia para Equipes são:

- *“Evitar ampliações da faixa de domínio (desapropriações) na Fase 1 é crítico em relação ao desenvolvimento planejado para essa região ao longo da rodovia. Esse desenvolvimento é crucial para a comunidade local. Os pontos de acesso ao longo da rodovia parecem atender um volume de tráfego relativamente baixo. Ele deve crescer bem nos próximos 20 anos com o desenvolvimento planejado para esta área, sendo então importante que esses acessos sejam capazes de atender a essa futura demanda. Esse é o maior e mais importante projeto rodoviário planejado para nossa região num futuro próximo” (Diretor da Agência Regional de Transportes);*
- *A largura de 18,6 m (mediana) tende a elevar os custos – considerar a possibilidade de estreitamento onde possível;*
- *A velocidade de projeto planejada no corredor é de 130 km / h – em alguns trechos valores menores a esse padrão serão necessários para acomodar requisitos de curvas e distâncias de visibilidade;*
- *Uma rodovia padrão freeway requer muitos cortes, aterros e movimentação de terra e não há planos de converter essa rodovia para uma freeway de acesso controlado no futuro.*

#### 3.4.1.1 DETERMINAÇÃO DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Os critérios de desempenho constituem um importante instrumento na metodologia do valor empregada no Caltrans, uma vez que serão empregados para avaliar opções e apontar ou não a melhoria do desempenho na conclusão do estudo.

Melhorias no valor requerem melhorias no desempenho e / ou no custo. Para avaliar essa relação é necessária uma maneira de medir objetivamente o desempenho (exemplos: nível de serviço, taxa de acidentes por quilômetro, número de acidentes por mil veículos, etc.). Com isso, os critérios de desempenho devem propiciar uma medida objetiva das necessidades e propósitos do projeto, ou seja, devem tornar quantificável, com credibilidade, o desempenho que se deseja avaliar.

A Equipe de AV deve então propor, de forma consensual, os critérios a serem utilizados e criar uma escala de graduação, variando de 1 (um) a 10 (dez), com estabelecimento de correspondências entre os graus da escala e o nível de desempenho, para cada critério considerado essencial na avaliação do desempenho do projeto.

A TAB 3.4 ilustra como as escalas de nível de desempenho devem ser desenvolvidas para refletir os propósitos do projeto. Uma escala qualitativa (subjetiva) também é válida; entretanto é preferível usar avaliações quantitativas (objetivas) sempre que possível.

Pela experiência acumulada na aplicação de sua metodologia do valor, o Caltrans já desenvolveu um conjunto de critérios típicos para projetos rodoviários. Consta do Anexo 8.1 uma relação desses critérios, seus nomes, o que medem e uma escala de níveis de desempenho para alguns deles. Há uma indicação no Guia para Equipes que devam ser escolhidos de 5 (cinco) a 7 (sete) critérios essenciais de avaliação num Estudo de Valor para um projeto rodoviário típico.

**TAB 3.4: Exemplo de Critério e Escala de Desempenho - Caltrans**

<b>Critério de Desempenho</b>	<b>Definições</b>	<b>Escala de Desempenho</b>	<b>Unidade de Medida / Quantificação (Nível de Serviço - NDS)</b>
<b>Operação do Tráfego na Via Principal</b>	Uma medida da eficiência das operações de tráfego e sua relação direta com a via principal (incluindo acessos e saídas), baseada numa projeção de tráfego prevista para os próximos 20 anos.	10	NDS "A": Volume / Capacidade = 0,0 a 0,30; Fluxo Livre – Operação Excelente.
		9	NDS "B": Volume / Capacidade = 0,31 a 0,48; Fluxo Estável – Operação Muito Boa.
		8	NDS "C": Volume / Capacidade = 0,49 a 0,64; Fluxo Estável – Operação Boa.
		7	NDS "D": Volume / Capacidade = 0,65 a 0,80; Fluxo tendendo a Instável – Operação Razoável.
		6	NDS "E": Volume / Capacidade = 0,81 a 0,90; Fluxo Instável – Operação Ruim.
		4	NDS "F": Volume / Capacidade = 0,91–1,05; Tráfego Congestionado de 15 minutos a 1 hora.
		3	NDS "F"; Volume / Capacidade = 1,06 a 1,20; Tráfego Congestionado de 1 a 2 horas
		2	NDS "F": Volume / Capacidade = 1,21 a 1,34; Tráfego Congestionado de 2 a 3 horas
1	NDS "F": Volume / Capacidade = 1,35 ou maior; Tráfego Congestionado por mais de 3 horas.		

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.4.1.2 MATRIZ DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

A Matriz de Critérios de Desempenho é empregada para selecionar os critérios de avaliação a serem aplicados às idéias geradas. Os critérios sugeridos pelos membros da Equipe de AV, projetistas e demais participantes são listados e, em seguida, são feitas comparações, aos pares, entre todos os critérios, adicionando um ponto ao critério considerado mais importante e meio ponto a ambos os critérios se forem considerados de igual importância. Os resultados da avaliação fornecem um ordenamento de tal forma que permitem a adoção dos primeiros 5 (cinco) ou 7 (sete) critérios para avaliar as idéias.

É importante, conforme consta da TAB 3.4, que se tenha uma definição estabelecida para cada critério de desempenho para prevenir superposição de critérios. No Anexo 8.1 encontram-se as definições dos demais critérios desse *Projeto Exemplo*. Escolhidos os critérios que farão parte do estudo, uma nova comparação aos pares é feita para determinar o peso de cada critério no julgamento das idéias a serem geradas para cada função, conforme TAB 3.5.

**TAB 3.5: Exemplo de Matriz de Critérios de Desempenho - Caltrans**

MATRIZ DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO							CALTRANS	
<i>Projeto Exemplo</i>								
Operações de Tráfego – Via Principal	A	b	a	a	a	a	5,0	24 %
Segurança do Usuário da Rodovia	B	b	b	b	b	b	6,0	29 %
Acessos	C	c	c	c	c	c	4,0	19 %
Operações de Tráfego Locais	D	d	f	d			2,0	10 %
Facilidades de Construção	E	f	e / g				0,5	2 %
Impactos Ambientais	F	f					3,0	14 %
Impactos da Faixa de Domínio (Desapropriação)	G						0,5	2 %
<b>TOTAIS</b>							<b>21,0</b>	<b>100 %</b>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

A mecânica para o preenchimento dessa matriz encontra-se a seguir:

- **Operações de Tráfego – Via Principal (A)** é menos importante que **Segurança do Usuário da Rodovia (B)**: assinala-se **b**;
- **Operações de Tráfego – Via Principal (A)** é mais importante que **Acessos (C)**: assinala-se **a**;
- **Operações de Tráfego – Via Principal (A)** é mais importante que **Operações de Tráfego Locais (D)**: assinala-se **a**;
- **Segurança do Usuário da Rodovia (B)** é mais importante que **Acessos (C)**: assinala-se **b**;
- **Facilidades de Construção (E)** é tão importante quanto **Impactos da Faixa de Domínio (G)**: assinala-se **e / g**;
- Prossegue-se com as comparações até esgotar todos os pares.

Para ser avaliado o peso do critério, basta somar suas ocorrências e dividir pelo total de pontos efetuando-se os arredondamentos. Verifica-se que **a** ocorre **5** vezes, **b** ocorre **6** vezes, **c** ocorre **4** vezes, **d** ocorre **2** vezes, **e** ocorre **0,5** vez, **f** ocorre **3** vezes e **g** ocorre **0,5** vez. O total de pontos é então  $5 + 6 + 4 + 2 + 0,5 + 3 + 0,5 = 21$ . Os pesos de cada critério são então calculados:  $5 \div 21 = 23,8 \%$ , ou seja,  $24 \%$  para o critério **Operações de Tráfego – Via Principal (A)**. Procede-se da mesma forma para os demais critérios.

### 3.4.1.3 MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO

A Matriz dos Graus de Desempenho compara conjuntos de opções sugeridas pela aplicação ponderada dos critérios de desempenho para se chegar aos “valores” (desempenho / custo) de cada opção. As opções sugeridas na AV são comparadas ao projeto original - linha de base do Estudo de Valor - em todos os critérios, para possibilitar um julgamento de suas viabilidades técnicas, assim como a aceitação por todos os envolvidos e interessados. Essa Matriz é essencial para dar visibilidade às relações entre desempenho, custo e valor do projeto original e das opções sugeridas pela AV.

Essa comparação sugere quais opções são potencialmente tão boas ou melhor que o projeto original em termos de investimento total e desempenho, ou seja, quais opções dotam o projeto de “melhor valor”. Na verdade, essa matriz é propriamente empregada na fase de avaliação das idéias e opções sendo, no entanto, recomendado pela metodologia do Caltrans

que, sendo possível, se faça uma avaliação do desempenho do projeto original e a hipótese de não construção.

Um dos objetivos dessa avaliação do Projeto Original, ainda nessa fase é verificar, pelos critérios relacionados às necessidades e propósitos do projeto — Operações de Tráfego e Segurança, quais os benefícios que estão sendo obtidos. Evidentemente, os critérios relativos à construção não terão aplicabilidade à situação de “Não Construção”, uma vez que lhes seriam atribuídos desempenho máximo mas nenhuma necessidade ou propósito do projeto seriam atendidos.

Na TAB 3.6 há esse julgamento para o **Projeto Exemplo**, conforme sucintamente descrito na TAB 3.3, com o significado de cada coluna explicado abaixo:

- **Critérios de Desempenho** – Critérios estabelecidos na Matriz de Critérios de Desempenho – TAB 3.5;
- **Pesos** – Pesos percentuais conforme calculados na Matriz de Critérios de Desempenho – TAB 3.5, última coluna;
- **Projeto** – O Projeto usado como “Linha de Base” para o Estudo de AV é identificado como **Projeto Original**;
- **Graus de Desempenho** – Graus atribuídos pela Equipe de AV, selecionados nas escalas de medidas desenvolvidas para cada critério;
- **Desempenho Total** – Produto aritmético dos graus de desempenho pelo peso de cada critério, que serão totalizados na coluna **Total de Pontos**, na parte inferior da Matriz. (Obs: N / A – não aplicável);
- **Custo Total do Projeto** – Custo de construção estimado do projeto expresso em milhões de unidades monetárias (Obs: quando do julgamento das idéias ou opções são incorporados os custos no ciclo de vida);
- **Índice de Valor** – Divisão aritmética do Desempenho Total do Projeto (Total de Pontos) pelo Custo.

Essa avaliação possibilita à equipe de estudo uma visão mais clara de alguma deficiência do Projeto Original. Dessa tabela pode-se extrair que, apesar da melhora significativa no desempenho relativo aos critérios de mais estreita ligação com as necessidades e propósitos – operações de tráfego, acessos e segurança, o nível de serviço das operações de tráfego, via principal e vias locais, foram avaliados nos níveis C e D, de acordo com a escala desenvolvida para esses critérios (TAB 3.4 e Anexo 8.1). Com isso, a Equipe de

AV já possui informações relevantes quanto ao desempenho e custos do projeto, o que irá permitir o enfoque concentrado onde seja necessário melhorar o desempenho e diminuir os custos e assim aumentar o “valor”.

**TAB 3.6: Matriz dos Graus de Desempenho – Projeto Exemplo Original**

MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO – PROJETO ORIGINAL											CALTRANS			
Critérios	Pesos	Projeto	Graus de Desempenho										Desempenho Total	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Operações de Tráfego Via Principal	24	Não Construção		2										48
		Original							8					192
Segurança Usuários Rodovia	29	Não Construção				4								116
		Original						6						174
Acessos	19	Não Construção			3									57
		Original							7					133
Operações de Tráfego Locais	10	Não Construção				4								40
		Original							7					70
Facilidades de Construção	2	Não Construção												N / A
		Original							7					14
Impactos Ambientais	14	Não Construção												N / A
		Original							6					84
Impactos Faixa de Domínio	2	Não Construção												N / A
		Original					5							10
<b>Desempenho Total</b>			<b>Total de Pontos</b>	<b>% Melhoria Desempenho</b>			<b>Custo Total</b>	<b>Índice Valor Desempenho/ Custo</b>			<b>% Melhoria de Valor</b>			
<b>Projeto Original</b>			<b>677</b>				<b>235,6</b>	<b>2,77</b>						

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.4.2 ANÁLISE FUNCIONAL

A análise funcional resulta numa visão única do estudo sobre o projeto pois transforma elementos do projeto em funções, o que permite à equipe de AV uma consideração mais abrangente de meios ou formas alternativas para a realização das funções. As funções são definidas com sentenças simplificadas compostas por verbo mais substantivo para reduzir as necessidades do projeto a seus níveis mais elementares.

A lista das funções não necessita ser completa e exaustiva, mas suficiente para se tornar um bom ponto de partida para se chegar ao Diagrama FAST do Projeto (Técnica de Análise Funcional de Sistemas). Para determinar as funções, questiona-se para os elementos do projeto mais representativos em custo e mais vinculados às necessidades e propósitos: “O que isso faz?” A resposta deve ser sempre um verbo ativo e um substantivo mensurável (exemplo: Separar Tráfego). Em seguida se questionam os demais elementos do projeto, aleatoriamente ou utilizando alguma análise mais metódica.

De acordo com as recomendações do Guia para Equipes – Caltrans, a Análise Funcional é um “trabalho em processo”, sendo usado um formulário (TAB 3.7) somente para auxiliar a identificação de funções, elemento por elemento ou do projeto como um todo, e facilitar o desenvolvimento do Diagrama FAST, não necessitando fazer parte da documentação do processo. A identificação do tipo de cada função torna mais claro o relacionamento entre elas, segundo a classificação abaixo:

- **Tipos de Função**

- **B = Básica** – Trabalho específico que necessita ser completado com êxito;
- **S = Secundária** – Trabalho subordinado à função básica;
- **SR = Secundária Requerida** – Necessária para dotar a função básica de melhor desempenho;
- **ES = Estética** – Melhora a aparência ou estética: uma função de “venda”;
- **D = Desnecessária** – Indesejável por adicionar custos a serem mitigados;
- **AO = Alta Ordem** – Objetivo do Projeto, vinculada às necessidades e propósitos;
- **A = Adotada ou Assumida** – Normalmente determinada por alguma necessidade.

**TAB 3.7: Análise Funcional – Projeto Exemplo**

<b>FUNÇÕES</b> <i>Projeto Exemplo</i>		<b>Caltrans</b>	
		PÁGINA: 1 de 1	
<b>Item</b>	<b>FUNÇÃO</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Verbo</b>	<b>Substantivo</b>	<b>Tipo</b>
<b>Necessidades e Propósitos</b>	Reduzir	Fatalidades	AO
	Aumentar	Segurança do Usuário	B
	Aumentar	Segurança dos Trabalhadores	SR
	Melhorar	Qualidade de Vida	S
<b>Elementos do Projeto</b>			
<b>Pavimento</b>	Aumentar	Capacidade	SR
	Separar	Tráfego	SR
	Adicionar	Pistas	SR
	Acomodar	Diferentes Velocidades	SR
<b>Terraplenagem</b>	Melhorar	Visibilidade	SR
	Melhorar	Acessibilidade	SR
	Controlar	Acessos	SR
	Aumentar	Áreas de Recuperação	SR
	Estabelecer	Mediana (Canteiro Central)	S
	Estabelecer	Seção Transversal	R
	Melhorar	Acostamentos	S
	Aumentar	Curvas Horizontais e Verticais	S
	Limitar	Faixa de Domínio	R
	Mudar	Características Visuais	R
	Mudar	Topografia	R
<b>Meio Ambiente</b>	Minimizar	Impactos Ambientais	R
	Mitigar	Impactos Ambientais	D
<b>Drenagem</b>	Proteger	Rodovia	S
	Minimizar	Erosões	R
	Relocar	Serviços Públicos	D
	Aplicar	Critérios de Projeto	A
	Criar	Estágios de Construção	R
	Reduzir	Manutenção	R
<b>Função:</b>	<b>Verbo Ativo</b>	<b>Tipo:</b>	<b>B = Básica    AO = Alta Ordem</b>
	<b>Substantivo Mensurável</b>	<b>S = Secundária</b>	<b>A = Adotada ou Assumida</b>
		<b>SR = Secundária Requerida</b>	<b>D = Desnecessária</b>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

A Técnica de Análise Funcional de Sistemas - Function Analysis System Technique – produz um diagrama lógico denominado Diagrama FAST que coloca as funções ordenadamente identificadas num relacionamento conectado pelas questões: Como?; Por quê? e Quando?. É de grande valia para determinar as funções básicas e secundárias, o que fará clarear os propósitos funcionais do projeto como um todo e de cada um de seus elementos.

Inicia-se a ordenação pelas prováveis funções básicas colocando-as no lado esquerdo do diagrama, perguntando *Como? ou O que precisa ser feito para?* Mais funções são colocadas horizontalmente à direita até que não exista mais uma resposta lógica. Perguntando *Por quê?* as relações funcionais são testadas e confirmadas à esquerda. Caso não confirmem, devem ser mudadas até que a lógica seja válida. As funções na vertical são aquelas relacionadas pela questão *Quando?* ou *O que acontece ao mesmo tempo?* ou ainda *O que é causado por?* Serão funções que acontecem ao mesmo tempo ou são causadas por uma outra função.

Não é necessário um Diagrama FAST completo, perfeito, porque seu grande valor é estimular a discussão na equipe das funções do projeto em estudo, dirigir o foco para os elementos essenciais em termos de funções e assegurar que aspectos menos importantes não dominarão as discussões.

**DIAGRAMA TÉCNICA DE ANÁLISE FUNCIONAL DE SISTEMAS – FAST**  
*Projeto Exemplo*

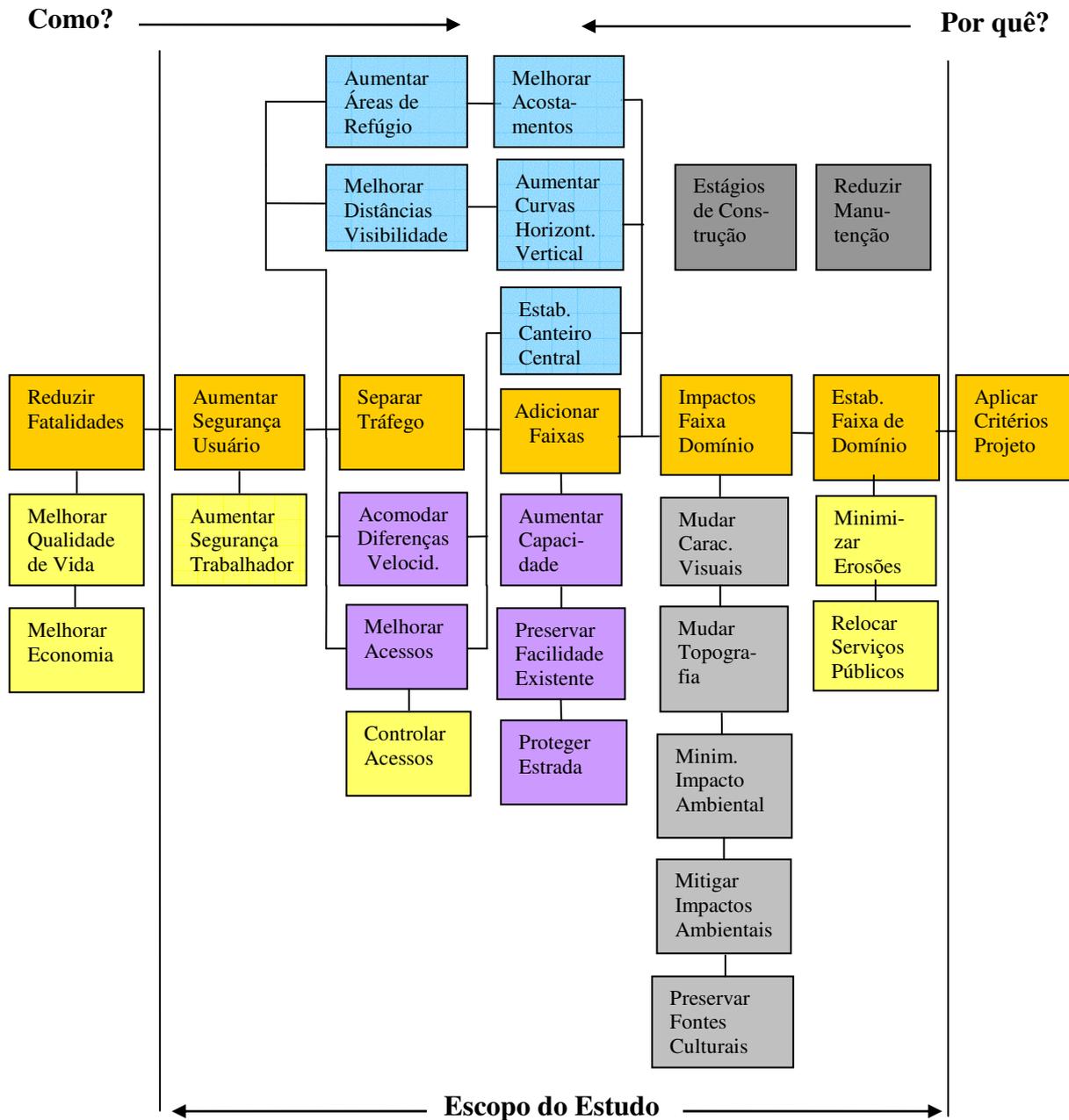


FIG 3.2: Diagrama FAST para o Projeto Exemplo - Caltrans

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.4.3 GERAÇÃO DE IDÉIAS

A atividade de “Geração de Idéias” envolve a identificação e listagem das idéias criativas principalmente para aquelas funções vinculadas aos principais objetivos do projeto. A Equipe de AV participa das sessões criativas – utilizando as técnicas de brainstorming, individuais ou em grupo – para identificar outros meios, tantos quantos possíveis, para realizar as funções previstas para o projeto. A Equipe de AV deve procurar por uma grande quantidade e uma ampla associação de idéias e agrupá-las por função ou elemento do projeto. Nessa etapa não são permitidos julgamentos das idéias.

Na TAB 3.8 a seguir, há exemplos de idéias geradas para o *Projeto Exemplo*, para a função “Aumentar a Capacidade”, ainda desprovidas de qualquer avaliação ou julgamento.

**TAB 3.8: Geração de Idéias – Projeto Exemplo**

FUNÇÕES								Caltrans			
<i>Projeto Exemplo</i>								Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
Idéias		Critérios de Desempenho									
Nº	Função										
<b>AUMENTAR A CAPACIDADE (AC)</b>											
AC-1 Relocar, consolidar e melhorar interseções em nível;											
AC-2 Ter as seções transversais variáveis, apropriadas à topografia e locação;											
AC-3 Implantar cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio;											
AC-4 Simplificação do entroncamento entre as Rodovias 14 e 64 para um entroncamento urbano em nível, com sinalização;											
AC-5 Construir uma rodovia expressa de 4 faixas sem canteiro central.											

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.4.4 AVALIAÇÃO DE IDÉIAS

O propósito da atividade de “Avaliação de Idéias” é, sistematicamente, concentrar a Equipe de AV nas idéias que, aparentemente, sejam as mais promissoras para desenvolvimento como “Soluções Alternativas” que irão melhorar o projeto em termos de valor. Cada idéia é testada com respeito às medidas de desempenho desenvolvidas na fase de

determinação dos critérios para verificar se ela tende a melhorar ou piora o desempenho ou custo, quando comparada ao projeto original.

A Equipe de AV, como um grupo, julga as idéias relativamente aos critérios de desempenho estabelecidos para as funções. Idéias são graduadas por um sistema de cinco pontos, com um máximo positivo de dois (+2) pontos e um mínimo negativo de dois (-2) pontos:

<b>+2</b> Grande Melhoria	<b>0</b> Sem Mudança Significativa	<b>-1</b> Pequena Degradação
<b>+1</b> Alguma melhoria		<b>-2</b> Degradação Significativa

Anotações quanto aos prós e contras de cada idéia devem ser feitas para registro, para avaliação pela equipe e como orientação para o desenvolvimento futuro das soluções alternativas. As vantagens e desvantagens devem justificar a razão para os sinais mais (+) ou (-) na graduação.

Uma vez avaliada uma idéia contra as medidas de desempenho, a Equipe de AV deve fazer um julgamento expedito de seu potencial de impacto nos custos, empregando o mesmo sistema de pontuação descrito abaixo para os critérios de desempenho.

Uma vez que cada idéia é completamente avaliada, a cada uma é atribuída uma classificação, baseada numa escala de 1 a 5:

- 5** Melhoria Significativa de Valor – Desenvolver como Solução Alternativa;
- 4** Boa Melhoria de Valor – Desenvolver como Solução Alternativa;
- 3** Pequena Melhoria de Valor – Desenvolver se houver tempo hábil;
- 2** Pequena Degradação de Valor – Não desenvolver posteriormente
- 1** Degradação Significativa de Valor – Não desenvolver posteriormente

Essa classificação pode ser obtida pela soma da pontuação de cada idéia nos critérios de desempenho e custos (\$), considerando 5 (cinco) pontos caso uma idéia tenha soma igual ou superior a 5 (cinco). A recomendação é que haja discussão e possível consenso na equipe quanto a essa classificação, não sendo apenas um processo de soma de pontuações. Na TAB 3.9 encontra-se o julgamento de três das cinco idéias relacionadas na TAB 3.8, com todas elas devendo ser desenvolvidas como soluções alternativas ao projeto original.

**TAB 3.9: Avaliação de Idéias – Projeto Exemplo**

FUNÇÕES <i>Projeto Exemplo</i>									Caltrans			
Idéias		Critérios de Desempenho							Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função	M	S	A	L	C	I	F				
	<b>Aumentar Capacidade</b>											
AC-1	Relocar, Consolidar e Melhorar Entroncamentos em Nível.	0	+2	0	+2	0	0	0	- Pode reduzir impactos ambientais; - Reduz conflitos de veículos.	- Pode impactar negativ. áreas ambientalmente sensíveis, previamente evitadas.	0	4
AC-2	Seções transversais variáveis, apropriadas à topografia e localização.	0	-1	0	0	+1	+2	+2	- Reduz movimento de terras em áreas de grandes cortes; - Evita áreas ambientalmente sensíveis; - Reduz Seção Transversal; - Reduz requisitos de faixa de domínio.	- Reduz áreas de recuperação; - Parâmetros de projeto desafiadores; - Reduz oportunidade de alargamento futuro.	+2	5
AC-3	Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio.	+2	+2	+2	+2	-1	-1	-1	- Melhora a operação do tráfego; - Boa distância de visibilidade; - Melhora a segurança de pedestres e ciclistas que cruzam a Rodovia 64; - Elimina cruzamentos em nível; - Reduz número de sinais; - Melhora transição para a nova ponte.	- Aumenta custos de construção; - Requer maior largura de faixa de domínio; - Rampas em gancho devem ser evitadas; - Entroncamento do tipo Freeway pode não atender área rural; - Interfere na movimentação de bicicletas na Rodovia Estadual.	-1	4
<p><b>Escala de Classificação:</b>      5 = Melhoria Significativa de Valor      4 = Boa Melhoria de Valor</p> <p>3 = Pequena Melhoria de Valor      2 = Pequena Degradação de Valor      1 = Degradação Significativa de Valor</p> <p><b>Escala dos Critérios de Avaliação:</b>      Melhoria Significativa +2, +1, 0, -1, -2 Degradação Significativa</p> <p><b>M = Operação do Tráfego Via Principal      S = Segurança do Usuário      A = Acessos      L = Operação do Tráfego Local</b></p> <p><b>C = Facilidades de Construção      I = Impactos Ambientais      F = Impactos Faixa de Domínio</b></p>												

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.5 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 2

No Segmento 2 acontece o desenvolvimento e refinamento das Soluções Alternativas oriundas das idéias mais bem avaliadas ao final do Segmento 1. O desenvolvimento e documentação dessas soluções se processam com apoio de técnicos devidamente especializados para chegar aos objetivos de cada uma delas. Revisões dessa documentação são realizadas por outros membros da equipe e revisores técnicos da Caltrans, para assegurar que todos os detalhes foram verificados e assim validar as Soluções Alternativas propostas.

<b>Atividades</b>	<b>Propósitos</b>
<b>Desenvolvimento de Soluções</b>	As idéias mais bem pontuadas são desenvolvidas como Soluções Alternativas de AV, croquis e cálculos são preparados, o desempenho é medido e o custo de cada alternativa é estimado. Benefícios e Custos durante o ciclo de vida do projeto são estimados, quando apropriados.
<b>Crítica às Soluções</b>	As Soluções Alternativas são revistas pela própria Equipe de AV e por revisores técnicos para obtenção de consenso e viabilidade técnica. Conjuntos de opções mutuamente exclusivos são desenvolvidos e seus custos e desempenhos são classificados.
<b>Apresentação das Soluções</b>	A Equipe de AV realiza uma apresentação prévia das opções, registra as sugestões dessa reunião e confirma revisões pendentes. Antes do término do Segmento 2, é preparado e distribuído o Relatório Preliminar do Estudo de AV.

#### 3.5.1 DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

No decorrer dessa atividade, as idéias geradas são desenvolvidas como soluções alternativas. Esse desenvolvimento inclui:

<b>Descrição Sumária</b>	Uma descrição sumária para firmar os conceitos e propósitos da alternativa, com destaque no que ela difere do projeto original. Destacar também as principais vantagens, desvantagens, justificativas, comentários dos revisores técnicos ou dos gerentes de projeto. Economias de custo e melhorias de desempenho devem estar resumidas.
<b>Croquis / Esquemas / Gráficos</b>	Inserir para as situações do projeto original e das soluções alternativas caso sejam necessários.
<b>Medidas de Desempenho</b>	As idéias devem ser pontuadas em todos os critérios de desempenho, de acordo com a escala elaborada para cada um deles. (TAB 3.4 e Anexo 8.1).
<b>Hipóteses Assumidas e Cálculos</b>	Declaração das hipóteses e critérios assumidos para determinar a quantidade de material, custos unitários e demonstração dos cálculos utilizados para determinar as quantidades ou custos unitários das soluções alternativas da AV. Os resultados desses cálculos serão usados na planilha de Custos de Implantação para os cálculos dos Custos Totais.
<b>Custos de Implantação</b>	Estimativas dos custos de implantação dos elementos de projeto, conceito original e alternativo, afetados pelas soluções alternativas da AV.
<b>Custos no Ciclo de Vida</b>	Total dos custos subsequentes anuais e periódicos para cada opção alternativa. Isso pode incluir custos anuais de operação, custos periódicos futuros de manutenção e custos anuais para os usuários.
<b>Revisão da Equipe de AV</b>	Revisões e comentários da Equipe de AV sobre as soluções alternativas avaliadas.

## **Ações de Implementação**

Descrições das ações de implementação irão representar os entendimentos acontecidos nas reuniões de implementação.

Todo esse desenvolvimento é documentado segundo os oito itens anteriormente mencionados, caso sejam todos aplicáveis à opção alternativa em questão. Alguns desses formulários são apresentados e comentados a seguir.

A TAB 3.10 apresenta o primeiro deles, onde se encontra a idéia em desenvolvimento, a função à qual ela está vinculada, uma designação para identificar essa solução alternativa, uma pequena narrativa técnica dos conceitos, as vantagens e desvantagens de sua adoção.

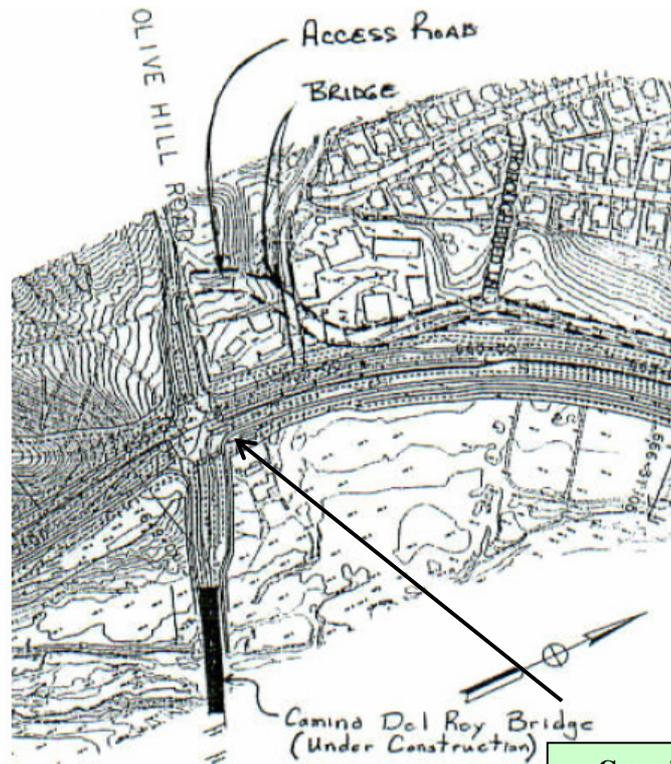
Os campos dos custos de implantação, custos subseqüentes e custos para o usuário são provenientes das memórias de cálculo dos custos de projeto, construção e custos no ciclo de vida (operação, manutenção, reparos periódicos e custos para os usuários), sendo totalizados no campo Valor Presente Líquido. São mostrados os ganhos com a solução alternativa e também a melhoria de desempenho, este último proveniente da avaliação constante da TAB 3.12.

Algumas vezes pode ser necessário ilustrar por meio de desenhos, fotos ou croquis as diferenças entre os conceitos. A FIG 3.3 ilustra a diferença dos conceitos para essa Solução Alternativa.

**TAB 3.10: Avaliação de Idéias – Projeto Exemplo**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Projeto Exemplo</i>		Caltrans		
<b>FUNÇÃO: Aumentar a Capacidade</b>		<b>IDÉIA No AC-3</b>	<b>ALTERNATIVA No---</b>	
<b>TÍTULO:</b> Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio		<b>PÁG.:</b> 1 de 8		
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito original do projeto prevê uma interseção em nível com a estrada Olive Hill. O cruzamento será sinalizado para controlar os movimentos de desvio para a esquerda. Esse é o único cruzamento sinalizado em todo o projeto.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> Essa alternativa prevê uma separação de níveis no cruzamento com a estrada Olive Hill, com a via principal cruzando superiormente. Uma interseção especial, tipo diamante, seria feita para os acessos e saídas nos sentidos oeste e leste. Elimina a necessidade de sinais de trânsito.				
<b>VANTAGENS:</b>		<b>DESVANTAGENS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operações de tráfego são significativamente melhoradas;</li> <li>• Mantém um bom acesso e a visibilidade do shopping center na Rodovia Estadual;</li> <li>• Melhora o acesso à área residencial servida pela estrada Olive Hill;</li> <li>• Melhora a segurança de ciclistas e pedestres cruzando a Rodovia Estadual;</li> <li>• Reduz os conflitos de tráfego que contribuem para a concentração de acidentes nesse local;</li> <li>• Elimina o cruzamento em nível</li> <li>• Reduz o número de sinais na Rodovia Estadual;</li> <li>• Aumento mínimo dos impactos ambientais;</li> <li>• Melhora a transição para a nova ponte sobre o rio em Olive Hill.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta os custos de construção;</li> <li>• Requer análise dos impactos visuais durante o processo de avaliação ambiental;</li> <li>• O cruzamento do tipo freeway não terá um caráter rural;</li> <li>• Rampa à direita em forma de gancho não é desejável;</li> <li>• Requer a incorporação de cerca de 500 m da rodovia existente SR 67 em frente ao shopping center;</li> <li>• Dificulta os movimentos dos ciclistas na Rodovia Estadual. Requer aos ciclistas saírem em Olive Hill e reentrarem posteriormente na Rodovia Estadual.</li> </ul>		
SUMÁRIO DE CUSTOS	Custos de Implantação	Valor Presente Custos Subseqüentes	Valor Presente Custos Usuários	Valor Presente Líquido
<b>Conceito Original</b>	\$ 1.804.000	\$ 357.000	\$ 34.146.000	\$ 36.307.000
<b>Conceito Alternativo</b>	\$ 3.786.000	\$ 451.000	\$ 0	\$ 4.227.000
<b>Ganhos ou Economias</b>	\$ (1.982.000)	\$ (84.000)	\$ 34.146.000	\$ 32.080.000
<b>Membro da Equipe:</b> Mark Creveling		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Pontes		<b>Desempenho:</b> + 15 %

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).



**Conceito Original**  
Cruzamento em Nível

**Conceito Alternativo**  
Cruzamento em Desnível

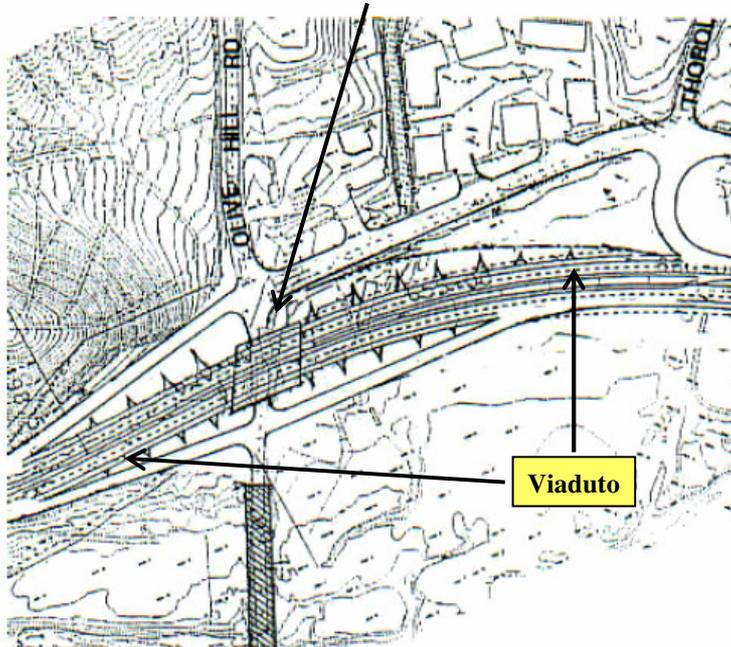


FIG 3.3: Croquis do Cruzamento Olive Hill - Projeto Exemplo - Caltrans  
 Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

Duas estimativas para os custos de implantação são feitas para avaliar uma Solução Alternativa de AV: uma para o conceito original e outra para o conceito alternativo. A diferença dessas estimativas é a economia potencial de custos. As estimativas devem considerar as categorias de custos abordadas abaixo e suas respectivas contingências, para assegurar que todos os custos de implantação sejam contemplados:

- **Itens da Rodovia** – movimentação de terra, pavimento, drenagem, itens de tráfego, mobilização, etc;
- **Itens de Estrutura** – fundações, estruturas em geral para pontes, viadutos, túneis, cortes, aterros, etc;
- **Itens de Faixa de Domínio** – desapropriação, remanejamento de serviços públicos; reassentamentos, demolições; títulos e garantias de pagamentos;
- **Itens de Mitigação Ambiental;**
- **Itens de Serviços** – projeto, reprojeto e supervisão.

Como é necessário contabilizar todos os custos para operar e manter as utilidades típicas de uma rodovia, a análise dos custos no ciclo de vida é essencial para uma avaliação completa de soluções alternativas que competem. A análise no ciclo de vida mostra a incidência de custos significativos durante um período de 20 anos. Conhecendo os custos no ciclo de vida das soluções em análise, há uma melhora substancial no processo decisório, essencial para Análise do Valor. Os elementos de composição desse custo são:

- **Período do Ciclo de Vida** – Tipicamente 20 anos para projetos de rodovias e 40 para obras estruturais;
- **Taxa Real de Desconto** – Taxa Real Padrão de Desconto da Caltrans, definida pela Divisão de Planejamento Econômico (taxa de desconto nominal menos a inflação);
- **Custos Anuais Subseqüentes** – Manutenção e Inspeção, Operação, Energia (o fator do Valor Presente é o relativo a uma série anual de pagamentos);
- **Custos Subseqüentes Periódicos:**
  - Reabilitações – Substituições programadas em cada ano (5, 10 ou 20 anos);
  - Reparos – Reparo dos elementos programados em cada ano;
  - Fator do Valor Presente são os relativos a um pagamento no ano de ocorrência;
- **Custos Anuais dos Usuários da Rodovia** – Esses custos são provenientes dos resultados da aplicação do Modelo de Análise Benefício / Custo no Ciclo de Vida do

Caltrans que considera as economias a serem obtidas com acidentes; tempo de viagem e operação dos veículos;

- **Ganhos Totais no Ciclo de Vida** – Diferença entre os totais dos conceitos original e alternativo.

**TAB 3.11: Custos no Ciclo de Vida – Projeto Exemplo**

CUSTOS NO CICLO DE VIDA <i>Projeto Exemplo</i>				Caltrans	
<b>TÍTULO:</b> Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio				<b>NÚMERO</b> -----	<b>PÁG. No</b> 8 de 8
<b>Período do Ciclo de Vida: 20 anos</b> <b>Taxa Real de Desconto: 4,5 %</b>				<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES</b>					
Inspeção e Manutenção				\$15.000	\$20.000
Operação					
Energia				\$500	\$0
<b>Custos Anuais Subseqüentes Totais</b>				\$15.500	\$20.000
<b>Fator do Valor Presente</b>				13,008	13,008
<b>Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes (Arredondado)</b>				<b>\$202.000</b>	<b>\$260.000</b>
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>	<b>Ano</b>	<b>Total</b>	<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Valor Presente</b>
Reabilitações - Original	15	\$300.000	0,5167	\$155.010	
Reabilitações - Alternativo	15	\$350.000	0,5167		\$180.845
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Únicos (Arredondado)</b>				\$155.000	\$181.000
<b>D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)</b>				\$357.000	\$441.000
<b>Ganhos Totais nos Custos Subseqüentes:</b>					<b>(\$84.000)</b>
<b>E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS DA RODOVIA</b>				<b>Valor Presente</b>	<b>Valor Presente</b>
1. Acidentes					(\$32.264.000)
2. Tempo de Viagem					(\$2.714.000)
3. Operação dos Veículos					\$832.000
<b>Custos Anuais Totais dos Usuários da Rodovia:</b>				\$0	(\$34.146.000)
<b>Ganhos Totais nos Custos dos Usuários da Rodovia:</b>					<b>\$34.146.000</b>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003)

Na TAB 3.11, os custos anuais para os usuários relativos aos acidentes, tempos de viagem e operação dos veículos são considerados como diferenças entre a solução original e a alternativa que, sendo negativa, é interpretada como um ganho.

A análise Benefício / Custo no Ciclo de Vida para o usuário da rodovia é utilizada para comparar os custos do projeto contra os impactos aos usuários do transporte motorizado. O Caltrans possui um programa para avaliar os benefícios para o usuário, principalmente quanto

aos tempos de percurso e segurança, baseado nas recomendações da FHWA. As variáveis do modelo incluem a velocidade média, o comprimento do percurso, os volumes de tráfego e as taxas de acidente. Com isso, todos os custos relativos aos usuários (Campo E da TAB 3.11) são calculados por esse programa.

A maioria dos dados de entrada requeridos para “rodar” esse programa fazem parte da documentação do projeto fornecida à Equipe de AV. Dados de tráfego e de acidentes, assim como os custos de manutenção e operação, podem ser obtidos em outros órgãos do Caltrans. Demais dados são gerados na própria Análise do Valor ou obtidos nas tabelas de consulta do próprio programa. Uma ilustração dos resultados para esse Projeto Exemplo encontra-se na FIG 3.4, não sendo objetivo dessa dissertação o aprofundamento nas considerações sobre esse modelo, que se encontra disponível em:

[http://www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/ote/benefit\\_cost/models/calbc.html](http://www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/ote/benefit_cost/models/calbc.html).

ANÁLISE DE INVESTIMENTOS RESUMO DOS RESULTADOS			
Custos Ciclo de Vida (mil.\$)		\$227.1	
Benefícios Ciclo de Vida (mil.\$)		\$551.1	
Valor Presente Líquido (mil.\$)		\$324.0	
Relação Benefício / Custo		2.4	
Taxa Interna de Retorno		16.7%	
Período do Payback		6 anos	
<b>BENEFÍCIOS (mil.\$)</b>		<b>Ano 1</b>	<b>Ano 20</b>
Ganhos Tempo Viagem		\$2.6	\$42.8
Ganhos Custos Op. Veic.		-\$2.5	-\$40.4
Redução Acidentes		\$33.8	\$548.7
Redução Emissões		\$0.0	\$0.0
<b>TOTAL BENEFÍCIOS</b>		<b>\$33.9</b>	<b>\$551.1</b>
Valor de Viagens Induzidas? (S / N)		<input type="text" value="N"/>	
		Default = N	
Valor de Benefício Emissões? (s / n)		<input type="text" value="n"/>	
		Default = Y	

FIG 3.4: Resultados da Análise Benefício / Custo no Ciclo de Vida - Projeto Exemplo  
Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Report Guide (April 2003)

O último campo da TAB 3.10 – Avaliação de Idéias, trata da avaliação da melhoria de desempenho proporcionada por essa solução alternativa. Os critérios que irão medir o desempenho de cada solução alternativa são aqueles derivados da Matriz de Critérios de Desempenho – TAB 3.5, com os respectivos pesos.

Cada solução alternativa recebe uma pontuação para cada uma das medidas de desempenho estabelecidas – TAB 3.4 e Anexo 8.1, que é comparada com a pontuação previamente estabelecida para o projeto original como um todo. É importante que, quando pontuando a solução alternativa, seja considerado o contexto de **como o projeto inteiro**

**melhora** com a adoção dessa solução alternativa. É fundamental que a Equipe de AV documente o conjunto de razões da melhoria de desempenho nesse formulário.

A contribuição em desempenho para cada critério é o produto da pontuação pelo peso e o Desempenho Total é a soma de todas as contribuições. A **Mudança Líquida em Desempenho** é a variação em percentagem da medida de desempenho total da solução alternativa considerando que o desempenho total, original, é de 100 % (+ % = melhoria de desempenho; - % = piora de desempenho).

Esse processo de desenvolvimento como solução alternativa para o projeto se repete para cada uma daquelas idéias avaliadas com pontuação igual ou superior a 4 (quatro), conforme item 3.4.4 – Avaliação de Idéias, até que se complete o conjunto de soluções alternativas.

**TAB 3.12: Matriz dos Graus de Desempenho – Soluções Alternativas**

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Projeto Exemplo</i>	<b>Caltrans</b>		
<b>TÍTULO:</b> Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio	<b>NÚMERO</b> -----	<b>PÁG. No</b> 5 de 8	
<b>Crítérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>Operação do Tráfego Via Principal</b> Grandes melhorias da operação do tráfego na via principal nessa área.É eliminado o sinal de trânsito previsto. As rampas de acesso servirão para que os veículos ganhem velocidade antes de se incorporarem ao tráfego na via principal.	Pontuação	8	9
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>192</b>	<b>216</b>
<b>Segurança do Usuário</b> Elimina conflitos na entrada e saída para o shopping center e também movimentos de saída para a esquerda, especialmente para caminhões. Esse local é o de maior concentração de acidentes. Com essa solução, a taxa de acidentes não deve ser maior que a média a ser alcançada.	Pontuação	6	9
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>174</b>	<b>261</b>
<b>Acessos</b> Mantém um bom acesso local para o comércio e residências da região.	Pontuação	7	7
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>133</b>	<b>133</b>
<b>Operações de Tráfego Locais</b> Melhora o fluxo de tráfego nas vias locais, uma vez que a sinalização é melhorada. Agrega uma entrada lateral para o shopping center a partir de Olive Hill.	Pontuação	7	8
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>70</b>	<b>80</b>
<b>Facilidades de Construção</b> A separação de níveis aumenta o tempo de construção e a complexidade nessa área. Não é esperado impacto no cronograma geral do empreendimento, mas aumenta o impacto durante a construção.	Pontuação	7	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>14</b>	<b>12</b>
<b>Impactos Ambientais</b> O impacto visual da separação de níveis necessita ser avaliado. Nenhum outro impacto ambiental importante é antevisto.	Pontuação	6	5
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>84</b>	<b>70</b>
<b>Impactos de Faixa de Domínio</b> A rampa de acesso oeste poderá requerer mais faixa de domínio numa área de comércio e, provavelmente, deve utilizar toda a faixa possível e não somente uma parcela tal como se configura no planejamento corrente.	Pontuação	5	4
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>677</b>	<b>780</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 15 %</b>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.5.2 CRÍTICAS ÀS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

A fase de Críticas às Soluções Alternativas se compõe de uma revisão técnica, revisão consensual da Equipe de AV e uma reavaliação da Análise Funcional, Critérios e Medidas de Desempenho, Diagrama FAST e Matriz dos Graus de Desempenho para algumas das soluções, caso as revisões apontem para essa necessidade.

A revisão técnica é executada por especialistas e chefes de projeto com considerações eminentemente técnicas ou econômicas, para algum aspecto não considerado pela Equipe de AV ou mesmo recomendações para a fase de implantação. A revisão pela própria equipe é importante para que se obtenha a concordância e ciência dos participantes com o que ficou registrado para cada solução alternativa.

Vencida essa etapa de revisões e possíveis reavaliações nos custos e desempenhos das soluções alternativas, o prosseguimento do Segmento 2 se dá com o grupamento das mesmas. Há um exame pela equipe, ou pelo seu líder, se algumas das soluções competem entre si, se são mutuamente exclusivas e como podem ser formados grupos de opções para o projeto.

As soluções alternativas são numeradas seqüencialmente - 1.0, 2.0, 3.0,...N.0, sendo que o zero após o número significa que não há solução competitiva com outra ou mutuamente exclusiva. Para aquelas que competem entre si ou sejam mutuamente exclusivas numera-se 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2,...N.1, N.2, N.3...etc. (Ver TAB 3.13).

Após essa numeração, as soluções alternativas são separadas em conjuntos ou blocos, que não poderão conter soluções que competem entre si ou sejam mutuamente exclusivas. No mínimo, um conjunto de soluções é desenvolvido e representará o consenso da Equipe de AV para implantação. Conjuntos adicionais são montados para representarem outras combinações de soluções e serem apresentados aos tomadores de decisão.

Os conjuntos são estabelecidos como soluções alternativas de “melhor valor”, com base na melhora de desempenho, facilidades de construção, menores impactos à comunidade, maiores economias em custo, etc. Cada conjunto contém, evidentemente, uma ou mais soluções alternativas e é excludente com relação a outros conjuntos formados, ainda que haja soluções alternativas comuns entre os conjuntos. A TAB 3.12 ilustra a formação de Conjuntos de Soluções Alternativas.

**TAB 3.13: Grupamento de Soluções Alternativas de AV**

SUMÁRIO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE AV			Caltrans
<i>Projeto Exemplo</i>			
Número	Descrição	Ganhos Potenciais Construção Ciclo de Vida	Desempenho
1.1	Relocar, Consolidar e Melhorar Entroncamentos em Nível.	\$885.000	+ 3 %
1.2	Realinhar a SR 64 (parte sul) e a Solitude Road.	\$16.183.000	+ 3 %
1.3	Eliminar o entroncamento em Wiley Drive.	\$1.700.000	+ 8 %
2.1	Projetar Largura do Canteiro Central para os Volumes Projetados de Tráfego.	\$5.097.000	0 %
2.2	Reduzir Largura do Canteiro Central em Solitude para 7 m, com barreira de concreto, por cerca de 1000 m.	\$1.814.000	0 %
3.0	Reduzir inclinação de separação de greides (Steeplen Slopes) para 1,5:1.	\$6.420.000	+ 5 %
4.1	Reduzir Velocidade de Projeto para 120 km/h (trechos selecionados).	\$6.409.000	+ 3%
4.2	Reduzir Velocidade de Projeto para 110 km/h (trechos específicos).	\$9.853.000	+ 1 %
5.0	Nas proximidades da Refinaria, realinhar a Rodovia para cruzar com os serviços públicos em 90°.	\$1.011.000	+ 3 %
6.1	Relocar a Interseção 14/64 em torno de Wetlands	\$400.000	+ 2 %
6.2	Projetar um “Flyover” Simples na Interseção 14/64.	\$4.006.000	+ 4 %
7.0	Eliminar base permeável de asfalto tratado base (ATPB) e drenagem superficial.	\$3.170.000	0 %
8.0	Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio.	(\$1.982.000) \$34.146.000	+ 15 %
SUMÁRIO DOS CONJUNTOS DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE AV			
Conjunto No	Descrição	Ganhos Potenciais Construção Ciclo de Vida	Ganhos em Desempenho e em Valor
1	Utilizar 120 km/h como Velocidade de Projeto em trechos específicos: (1.2, 2.1, 3.0, 4.1, 5.0, 6.2, 7.0, 8.0)	(\$1.982.000) \$42.296.000	Conforme Matriz de Graus de Desempenho
2	Utilizar 110 km/h como Velocidade de Projeto em trechos selecionados: (1.2, 2.1, 3.0, 4.2, 5.0, 6.2, 7.0, 8.0)	(\$1.982.000) \$45.740.000	

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (Abril 2003).

Os valores da coluna “Ganhos Potenciais” (Construção e Ciclo de Vida) são provenientes do campo “Valor Presente Líquido” relativo à linha “Ganhos ou Economias” da TAB 3.10. No caso particular da Solução Alternativa 8.0, foram destacados seu acréscimo nos custos de implantação e a economia para os usuários, proveniente da TAB 3.11. Os valores da coluna “Desempenho” são provenientes do campo “Desempenho” também da TAB 3. 10.

A melhoria no desempenho de um conjunto de soluções alternativas não é a soma aritmética das contribuições de cada solução conforme avaliadas na TAB 3.12. Para essa determinação monta-se uma nova Matriz de Graus de Desempenho, conforme a TAB 3.14 e relacionam-se as justificativas para a adoção dos conjuntos de soluções alternativas. Como nesse Projeto Exemplo os conjuntos formados se diferem apenas pelas soluções 4.1 e 4.2, serão relacionados apenas os comentários que irão influenciar a avaliação de desempenho dos conjuntos.

	<b>Conjunto 1</b>	<b>Conjunto 2</b>
	(Redução da Velocidade de Projeto para 110 Km / h)	(Redução da Velocidade de Projeto para 120 Km / h)
<b>Impactos Ambientais</b>	A redução de cortes reduz significativamente os impactos visuais do alargamento da rodovia. As mitigações relativas ao habitat são reduzidas e a relocação do oleoduto é evitada.	A redução de cortes reduz significativamente os impactos visuais do alargamento da rodovia. As mitigações relativas ao habitat são reduzidas e a relocação do oleoduto é evitada.
<b>Impactos da Faixa de Domínio</b>	Nova inclinação na separação de greides, redução de cortes e na largura da mediana em algumas regiões diminui as necessidades de faixa de domínio. A demolição de construções e avanços sobre vias limítrofes são eliminadas.	Nova inclinação na separação de greides, redução de cortes e na largura da mediana em algumas regiões diminui as necessidades de faixa de domínio e reduz em cerca de 50 % as demolições de construções.

**TAB 3.14: Grupamento de Soluções Alternativas de AV**

MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO – SOLUÇÕES ALTERNATIVAS												CALTRANS	
<i>Projeto Exemplo</i>													
Critérios	Pesos	Projeto	Graus de Desempenho										Desempenho Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Operações de Tráfego Via Principal	24	Original								8			192
		Conjunto 1									9		216
		Conjunto 2										9	216
Segurança Usuários Rodovia	29	Original						6					174
		Conjunto 1									9		261
		Conjunto 2										9	261
Acessos	19	Original							7				133
		Conjunto 1								8			152
		Conjunto 2									8		152
Operações de Tráfego Locais	10	Original							7				70
		Conjunto 1								8			80
		Conjunto 2									8		80
Facilidades Construtivas	2	Original							7				14
		Conjunto 1								8			16
		Conjunto 2									8		16
Impactos Ambientais	14	Original						6					84
		Conjunto 1								8			112
		Conjunto 2								7			98
Impactos Faixa de Domínio	2	Original					5						10
		Conjunto 1							8				16
		Conjunto 2							7				14
<b>Desempenho Total</b>			<b>Total de Pontos</b>	<b>% Melhoria Desempenho</b>		<b>Custo Total</b>	<b>Índice Valor Desempenho / Custo</b>		<b>% Melhoria de Valor</b>				
<b>Projeto Original</b>			<b>677</b>			<b>235,6</b>	<b>2,87</b>						
<b>Conjunto 1</b> (1.2, 2.1, 3.0, 4.1, 5.0, 6.2, 7.0, 8.0)			<b>853</b>	<b>26 %</b>		<b>195,3</b>	<b>4,37</b>		<b>52 %</b>				
<b>Conjunto 2</b> (1.2, 2.1, 3.0, 4.2, 5.0, 6.2, 7.0, 8.0)			<b>837</b>	<b>24 %</b>		<b>191,8</b>	<b>4,36</b>		<b>52 %</b>				

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.5.3 APRESENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Concluída a avaliação de valor dos conjuntos de soluções alternativas passa-se à etapa de apresentação, que se constitui praticamente da organização de toda a documentação gerada pela Equipe de Valor e que integrará o relatório preliminar dos Segmentos 1 e 2: formulários, comentários, memórias de cálculo, recomendações, notas de reunião, etc.

Ainda nessa etapa é feita uma apresentação informal pelo Líder da Equipe de AV sobre os resultados do estudo e é exigida uma avaliação da equipe sobre o transcorrer do processo.

### 3.6 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 3

O Segmento 3 tem seu enfoque voltado para a formalização do processo decisório de implantação das soluções alternativas e na validação de seus benefícios. Uma reunião é agendada com os tomadores de decisão e o líder da equipe, além de uma apresentação aos gerentes dos distritos e outros agentes interessados no projeto.

<b>Atividades</b>	<b>Propósitos</b>
<b>Julgamento das Soluções Alternativas</b>	O Relatório Preliminar é revisto pelas equipes de desenvolvimento de projeto, revisores técnicos e outros envolvidos. As soluções são julgadas para aceitação pelo projeto e são preparadas disposições preliminares para implantação.
<b>Decisão sobre as Soluções Alternativas</b>	Disposições de implantação são revistas e tomadas as decisões sobre as Soluções Alternativas. As rejeitadas podem ser reavaliadas e os resultados do estudo são resumidos.
<b>Apresentação dos Resultados</b>	Uma apresentação final das soluções alternativas aceitas é feita aos gerentes do Caltrans, participantes do estudo e demais interessados.

Durante a finalização do Segmento 3, o Líder da Equipe prepara e distribui o Relatório Final do Estudo de AV.

### 3.6.1 JULGAMENTO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Cada uma das Soluções Alternativas passa por esse processo de julgamento com a finalidade de se verificar se os méritos a ela creditados o foram com base em avaliações corretas e informações precisas. Participam desse julgamento, calcado numa revisão apurada do relatório preliminar, gerentes de projeto, consultores, técnicos especializados e agentes externos, se for o caso. Todos eles registram seus comentários e discordâncias devem ser resolvidas na reunião de decisão sobre a implantação.

Como exemplo desse processo, a TAB 3.15 contém um extrato do julgamento de uma solução alternativa, onde se destacam comentários sobre necessidades de estudos mais detalhados para fins de implantação e também de avaliação de benefícios e desempenho.

Realizados os julgamentos de todas as soluções alternativas, passa-se à etapa de tomada de decisões.

### 3.6.2 DECISÕES SOBRE AS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Esse processo decisório decorre numa reunião específica para esse fim, com o propósito de buscar o consenso e decidir sobre as disposições preliminares de implantação das soluções alternativas, com participação de gerentes e engenheiros do projeto, gerentes de distritos, revisores técnicos chaves e agentes externos interessados.

A reunião deve resultar na classificação das soluções alternativas como Aceitas, Condicionalmente Aceitas ou Rejeitadas. A Equipe de AV é estimulada a modificar as soluções rejeitadas, quando for plausível que uma modificação venha tornar a solução aceitável. Qualquer solução alternativa classificada como Condicionalmente Aceita deve, necessariamente, ter discriminadas as ações requeridas, as responsabilidades e o prazo para a decisão final.

Todos os comentários relevantes e as disposições finais deliberadas devem ser registradas num formulário próprio cujo extrato de interesse encontra-se exemplificado na TAB 3.16.

**TAB 3.15: Disposições Preliminares de Implantação de Soluções Alternativas**

<b>AÇÕES DE IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS</b> <b>(PRELIMINAR)</b> <i>Projeto Exemplo</i>		<b>Caltrans</b>
<b>TÍTULO: Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio</b>		<b>NÚMERO 8</b>
<b>Considerações</b>	<b>Preparado por: Joe Q. Reviewer</b>	<b>Data:</b>
<b>Viabilidade Técnica e Validação de Desempenho</b> O cruzamento em desnível é viável e deve ser incorporado ao projeto. A rampa de saída oeste deve ser estudada com maior profundidade para determinar se um cruzamento do tipo diamante convencional pode ser implantado nessa região. A construção desse entroncamento deve provocar um impacto no projeto maior que o indicado pela Equipe de AV. Sugiro reduzir de um ponto os graus de desempenho nos critérios Facilidades de Construção, Impactos Ambientais e Impactos na Faixa de Domínio.		<b>Disposição</b> <input checked="" type="checkbox"/> Aceita <input type="checkbox"/> Aceita Condicionalmente <input type="checkbox"/> Rejeitada
		<b>Desempenho Validado</b> <b>+ 12 %</b>
<b>Construção em Etapas</b> O cruzamento pode ser implantado por completo. O custo do viaduto em Olive Hill necessita ser verificado pela equipe de estruturas.		
<b>Validação dos Ganhos em Custos</b> Em princípio, as hipóteses de cálculo assumidas e os custos estimados estão corretos. Benefícios significativos resultarão dessa solução alternativa e, com essa melhoria, provavelmente a demanda será incrementada em torno de 5 % nessa área. Como resultado, o benefício projetado para os usuários pela Equipe de AV - \$ 34.200.000 parece ligeiramente superior ao esperado. Novos cálculos indicam algo em torno de \$ 29.700.000.		<b>Ganhos Validados</b> <b>Custos de Construção</b> <b>(\$ 2.300.000)</b> <b>Custos Ciclo de Vida</b> <b>\$ 29.700.000</b>

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

**TAB 3.16: Disposições Finais de Implantação de Soluções Alternativas**

<b>AÇÕES DE IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS (FINAL)</b> <i>Projeto Exemplo</i>		<b>Caltrans</b>
<b>TÍTULO: Cruzamento em desnível com a estrada Olive Hill com intercâmbio</b>		<b>NÚMERO 8</b>
<b>Considerações</b>	<b>Preparado por: Ginger Adams</b>	<b>Data:</b>
<b>Viabilidade Técnica e Validação de Desempenho</b> Sem alteração. Idem às Disposições Preliminares.		<b>Desempenho Validado + 12 %</b>
<b>Disposição:</b> X Aceita <input type="checkbox"/> Aceita Condicionalmente <input type="checkbox"/> Rejeitada		
<b>Construção em Etapas</b> Sem alteração. Idem às Disposições Preliminares.		
<b>Ganhos Validados</b>		
<b>Custos de Construção: (\$ 2.300.000)</b>		<b>Custos Ciclo de Vida: \$ 29.700.000</b>
<b>Validação dos Ganhos em Custos</b> O projeto do viaduto como mostrado no Estudo de AV foi revisto pelas equipes de estrutura e alguns dos custos unitários foram revistos. Estimativas preliminares indicam um custo proposto de \$ 2,3 milhões. A estimativa original foi corrigida para refletir as mudanças. Os ganhos em benefícios para os usuários foram revistos e o valor de \$ 29.700.000 foi aceito. A mudança é devida à revisão no percentual do tráfego projetado de caminhões com essa nova facilidade. Benefícios operacionais significativos resultarão dessa solução alternativa.		
<b>Impactos Provocados pela Construção do Viaduto</b> Deve ser estendido o prazo de projeto para levantamento de informações geotécnicas e novas informações de impacto visual no relatório ambiental. É esperado que a construção em etapas aumente o prazo mas permita manter o tráfego.		
<b>Outros Comentários</b> Essa solução alternativa não só provocará melhorias operacionais nessa região, mas permitirá acomodar o crescimento da demanda de tráfego futuro mantendo um nível de serviço alto.		

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

Com a deliberação final sobre cada solução alternativa monta-se um quadro com todas as aceitas, seus novos valores de custo e desempenho, conforme TAB 3.17 abaixo.

**TAB 3.17: Soluções Alternativas Aceitas – Projeto Exemplo**

<b>RELATÓRIO SUMÁRIO DE ESTUDO DO VALOR</b>					<b>Caltrans</b>	
<b>TÍTULO: <i>Projeto Exemplo</i></b>						
<b>Soluções Alternativas Aceitas - Resumo</b>						
<b>Número</b>	<b>Economias Implantação</b>	<b>Economias Custos Subseqüentes</b>	<b>Ganhos Usuários</b>	<b>Ganhos Totais Ciclo de Vida - VP</b>	<b>Mudança em Desempenho</b>	
<b>1.2</b>	\$ 16.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 16.000.000	+ 3 %	
<b>3.0</b>	\$ 6.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 6.000.000	+ 5 %	
<b>5.0</b>	\$ 1.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.000.000	+ 3 %	
<b>8.0</b>	(\$ 2.300.000)	(\$ 84.000)	\$ 29.700.000	\$ 27.316.000	+ 12 %	
<b>Comentários</b>						
A redução em desempenho da Solução Alternativa 1.2 é devida à remoção de um acesso local.						
<b>Soluções Alternativas Aceitas – Ganhos Cumulativos do Estudo de AV</b>						
<b>Número</b>	<b>Economias Implantação</b>	<b>Economias Custos Subseqüentes</b>	<b>Ganhos Usuários</b>	<b>Ganhos Totais (VP)</b>	<b>Mudança em Desempenho</b>	<b>Mudança em Valor</b>
<b>1.2; 3.0</b>	\$ 23.000.000	\$ 0	\$ 29.700.000	\$ 50.316.000	+ 26 %	+ 38 %
<b>5.0; 8.0</b>	(\$ 2.300.000)	(\$ 84.000)	\$ 0			

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

Uma matriz definitiva com os graus de desempenho para o conjunto formado pelas soluções alternativas aceitas é preenchida, chegando-se ao final do Estudo de Valor com as expectativas de que suas proposições para o empreendimento projetam o pleno atendimento aos seus objetivos e necessidades, com melhoria no desempenho por vários critérios, menores custos de implantação e manutenção, maiores benefícios aos usuários e maior “valor”. Essa matriz encontra-se na TAB 3.18.

**TAB 3.18: Matriz dos Graus de Desempenho das Soluções Alternativas de AV**

MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO SOLUÇÕES ALTERNATIVAS ACEITAS <i>Projeto Exemplo</i>												Caltrans	
Critérios	Pesos	Projeto	Graus de Desempenho										Desempenho Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Operações de Tráfego Via Principal	24	Original								8			192
		Conjunto Aceito									9		216
Segurança Usuários Rodovia	29	Original					6						174
		Conjunto Aceito									9		261
Acessos	19	Original							7				133
		Conjunto Aceito									8		152
Operações de Tráfego Locais	10	Original							7				70
		Conjunto Aceito									8		80
Facilidades Construtivas	2	Original							7				14
		Conjunto Aceito									8		16
Impactos Ambientais	14	Original					6						84
		Conjunto Aceito									8		112
Impactos Faixa de Domínio	2	Original					5						10
		Conjunto Aceito									8		16
<b>Desempenho Total</b>			<b>Total de Pontos</b>	<b>% Melhoria Desempenho</b>		<b>Custo Total</b>	<b>Índice Valor Desempenho / Custo</b>		<b>% Melhoria de Valor</b>				
Projeto Original			677			235,6	2,87						
Conjunto Aceito (1.2, 3.0, 5.0 e 8.0)			853	26 %		214,9	4,37		52 %				

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

### 3.6.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Ainda fazendo parte da Metodologia de Análise do Valor do Caltrans, existem outras formalidades a serem cumpridas para elaboração do relatório final, expressas num manual próprio – Caltrans Report Guide Value Analysis que, do ponto de vista de uma metodologia para análise do valor, extrapolam aos objetivos dessa dissertação. Destaca-se apenas a obrigatoriedade da apropriação de todos os custos do Estudo de Valor para compará-los com os ganhos potenciais por ele propiciados, exemplificado a seguir pela TAB 3.20.

**TAB 3.19: Resumo de Benefícios e Custos - Relatório de AV - Caltrans**

<b>RELATÓRIO SUMÁRIO DE ESTUDO DE VALOR</b>		<b>Caltrans</b>
<b>RESUMO DOS BENEFÍCIOS</b>		
<b>TÍTULO: <i>Projeto Exemplo</i></b>		
<b>Custos de Realização do Estudo de Valor</b>		
Custos Administrativos - Caltrans		\$ 14.400
Participantes na Equipe de AV - Caltrans		\$ 21.450
Líder da Equipe de AV - Consultor		\$ 43.061
Participantes na Equipe de AV - Consultores		\$ 11.620
Custos Totais do Estudo		\$ 90.531
<b>Resumo dos Benefícios do Estudo de Valor</b>		
Taxa de Aceitação de Soluções (Soluções Aceitas / Total de Soluções)		50 %
Redução de Custos (Relação entre o Custo das Soluções Alternativas e o Custo Original)		9 %
Retorno do Estudo para o Investimento (Economias no Empreendimento com relação aos Custos do Estudo)		254 : 1
Retorno do Estudo em Valor para o Investimento (Melhoria de Valor com relação aos Custos do Estudo)		342 : 1
<b>Impactos de Tempo do Estudo de Valor – Comentários Gerais</b>		
O Estudo de Valor foi conduzido antecipadamente à fase de aprovação da documentação de projeto e também do detalhamento do relatório ambiental. Isso permitiu à Equipe de AV a máxima flexibilidade em desenvolver soluções alternativas para melhorar o projeto. Não existiram soluções alternativas rejeitadas por problemas de tempo.		

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

## **4 ESTUDOS DE ENGENHARIA E ANÁLISE DO VALOR EM TRANSPORTES**

Nesse capítulo serão resumidos alguns estudos realizados no Brasil e no exterior que se valeram da Metodologia do Valor para criarem melhores possibilidades para os investimentos no setor de transporte. Serão tratados estudos rodoviários, aeroportuários e ferroviários, incluindo o transporte público, procurando passar a idéia da abrangência que pode alcançar a Engenharia do Valor nesse setor.

### **4.1 ESTUDOS NO BRASIL**

#### **4.1.1 DUPLICAÇÃO DA RODOVIA BR-101 – TRECHO NATAL - PALMARES**

Por iniciativa dos Ministérios dos Transportes e Planejamento, Orçamento e Gestão, no âmbito do Grupo de Otimização de Investimentos, foi contratado um estudo de Análise do Valor sobre o projeto de duplicação dessa importante rodovia nesse trecho, entre os estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco, para os seguintes propósitos (Pitta, 2003):

- Concluir com um caso real os vários cursos de EV / AV patrocinados pelo MT;
- Estabelecer uma rotina para a aplicação de EV / AV nos agentes executores;
- Obter reduções de custo e / ou opções tecnológicas para projetos de engenharia;
- Aporte de novas tecnologias e formação de pessoal técnico preparando-se para novo ciclo de crescimento econômico;
- Melhorar a relação desempenho / custo possibilitando melhor retorno do capital investido, tanto para a sociedade quanto para o poder público.

Esse trecho possui uma extensão de 419 km, projeto e implantação sob responsabilidade do DNIT, cujo orçamento era de aproximadamente R\$ 870 milhões (data base de junho / 2002) e prazo de execução estimado em 4 anos. Conforme citado por Pitta (2003), por falta de um planejamento de longo prazo, as soluções de engenharia preconizadas para todo esse trecho visavam uniformizar sua capacidade, mediante a concepção de:

- Seção transversal em pista dupla;
- 2 faixas de tráfego por sentido;
- Canteiro central com 8 m de largura;
- Acostamentos internos de 1,0 m.

Um dos principais objetivos desse projeto é o estabelecimento de infra-estrutura rodoviária para o desenvolvimento turístico da região. Com esse foco, os critérios de avaliação estabelecidos e respectivos pesos percentuais foram: Segurança – 33 %; Acessibilidade – 23 %; Prazo de Construção – 20 %; Aumento de Capacidade – 17 %; Meio Ambiente – 4 % e Conforto – 3 %. A metodologia seguida foi a do CALTRANS.

O fato da faixa de domínio encontrar-se preservada, com largura variada mas suficiente para a duplicação, explica o peso relativamente baixo do critério relativo ao meio-ambiente, significando impactos pequenos (Pitta, 2003).

A análise funcional destacou as seguintes funções, consideradas essenciais para o projeto:

- Aumentar a segurança;
- Melhorar o nível de serviço;
- Conciliar a sinalização de turismo;
- Separar o tráfego local do de longo curso;
- Disciplinar o trânsito de pedestres e ciclistas;
- Atender veículos de carga.

Na fase de geração de idéias, as funções-alvo para a melhoria do projeto foram as relacionadas ao aumento da segurança, aumento da capacidade, disciplina do tráfego, ordenação dos acessos às áreas urbanas, atendimento ao turista e melhoria das interseções e retornos. Essas funções estavam fortemente vinculadas aos itens de pavimentação, terraplenagem e obras de arte especiais, que representam mais de 70 % dos custos, conforme Gráfico de Pareto da FIG 4.1, a seguir.

Foram selecionadas 8 idéias com potencial de grande melhoria de valor e 93 idéias de melhoria de valor. Após a fase de grupamento dessas idéias, desenvolvimento das soluções alternativas, críticas, debates com os representantes dos ministérios (Planejamento e Transportes) e representantes das projetistas, houve o entendimento de que as sugestões não inviabilizariam os projetos já realizados, podendo ser implantadas com uma pequena parcela de retrabalho nos mesmos (Pitta, 2003).

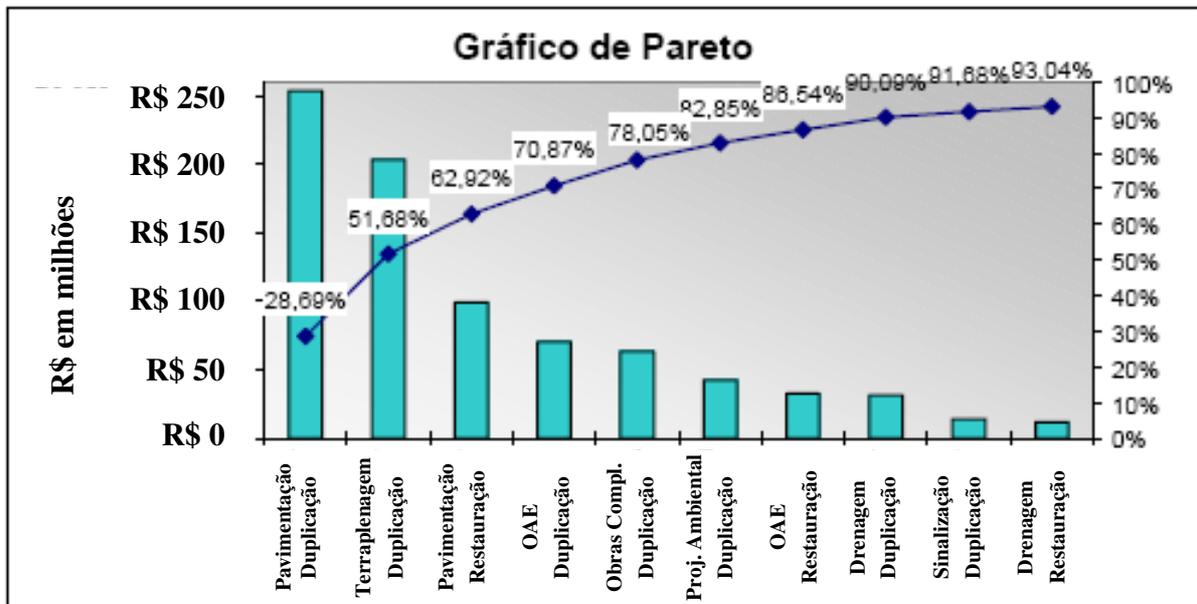


FIG 4.1: Custos da Duplicação da BR-101 – Trecho Natal – Palmares.

Fonte: Adaptado de PITTA, Danilo M. (2003).

Como considerações de alta relevância para as recomendações do Estudo de Valor, destacam-se as seguintes, não contempladas no projeto original (Pitta, 2003):

- Necessidade premente de organização viária na travessia das áreas urbanas de Igarassu, Cabo e Recife (Pernambuco);
- Idem nas travessias de Natal e Parnamirim (Rio Grande do Norte);
- Necessidade de variante ao traçado original no entorno de Abreu Lima (Pernambuco);
- Restauração das faixas externas de Recife ao Porto de Suape.

Foi constatado pela Equipe de EV / AV, com relação aos volumes de tráfego (Pitta, 2003):

- Índícios de comprometimento da capacidade no perímetro urbano das três capitais, indicando que a duplicação com duas faixas por sentido poderá não ser suficiente;
- Trechos com baixo volume de tráfego que, com tratamento de problemas localizados, operariam com níveis de serviço adequados durante os próximos anos.

Com o foco no desenvolvimento turístico, objetivo principal do empreendimento, e com base nas considerações acima relacionadas, as principais soluções alternativas recomendadas foram:

- a) Restauração com Duplicação Parcial
  - Implementar terceiras faixas e estender as já existentes;
  - Duplicar nos perímetros urbanos e interseções;
- b) Mudanças de Seção Transversal
  - Aumentar largura do canteiro central para eliminar “new jersey” nos trechos dos lotes 1 a 5 (total de 8 lotes);
  - Eliminar passeio nas obras de arte especiais, com acostamento e guarda-rodas na área rural;
  - Duplicar e não alargar pontes existentes;
- c) Melhorias em Travessias Urbanas
  - Muro nos perímetros urbanos para ordenar pedestres para passarelas;
  - Passagens superiores no entorno de Abreu Lima (PE);
- d) Pavimentação
  - Pavimento flexível na duplicação;
  - Pavimento intertravado nas paradas de ônibus;
  - “Cape seal” nos lotes de 1 a 5: tratamento superficial duplo e micro revestimento;
- e) Melhoria de Acessibilidade
  - Sinalização progressiva nos acessos e interseções;
  - Limpa-rodas nos acessos;
- f) Melhorias de Segurança
  - Sonorizador contínuo na borda interna do acostamento externo.
- g) Obras de Arte Especiais
  - Viadutos apoiados em terra armada;
  - Substituir fundações em tubulão por sapatas nas passarelas;
  - Substituir tubulão por estacas nas obras de arte especiais.

A organização dessas soluções alternativas em blocos está resumida na TAB 4.1, com as respectivas economias, melhorias em desempenho e valor.

**TAB 4.1 – Conjunto das Soluções Alternativas do Estudo de AV – BR 101  
Duplicação do Trecho Natal (RN) – Palmares (PE)**

DESCRIÇÃO	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4	BLOCO 5	BLOCO 6	BLOCO 7
ECONOMIA DE CUSTO INICIAL*	766.995.162	638.034.501	431.990.353	389.671.962	387.108.963	420.801.850	54.717.213
ECONOMIA PERCENTUAL	87,83 %	73,06 %	49,47 %	44,62 %	44,33 %	48,19 %	6,27 %
CUSTO ESTIMADO DA OBRA	106.290.833	235.251.493	441.295.641	483.614.032	486.177.031	452.484.144	818.588.781
MELHORIA DE DESEMPENHO	- 19,86 %	- 16,17 %	- 4,92 %	6,15 %	10,37 %	10,19 %	13,36 %
MELHORIA DE VALOR	558,0 %	211,0 %	88,0 %	91,6 %	98,1 %	112,5 %	20,9 %

\*Real – data base em junho de 2002

Fonte: PITTA, Danilo M. (2003).

De acordo com a descrição de Pitta (2003), o Bloco de Soluções Alternativas de número 5 foi o de melhor aceitação pelo Ministério dos Transportes. Esse BLOCO 5 inclui todas as soluções alternativas recomendadas exceto aquelas de pavimentação, que permaneceriam de acordo com o projeto original. A duplicação aconteceria somente nos perímetros urbanos, haveria implementação e extensão das terceiras faixas existentes, além do contorno reduzido no município de Abreu Lima.

O BLOCO 6 compreende a duplicação dos perímetros urbanos com pavimento flexível, implementando terceiras faixas, com contorno reduzido de Abreu e Lima, executando a restauração com brita graduada e CBUQ sobre o pavimento antigo.

As razões para adoção desse conjunto são fundamentadas no atendimento à capacidade de transporte e aplicação dessa economia de recursos no desenvolvimento da região, principalmente o turismo (Pitta, 2003). Observa-se assim que a condução do estudo foi integralmente voltada para aprimorar os grandes propósitos do empreendimento.

#### 4.1.2 AEROPORTO REGIONAL DA ZONA DA MATA – JUIZ DE FORA - MG

Trata-se do primeiro Estudo de Engenharia do Valor realizado pelo DER / MG, a quem foi delegado o projeto básico desse empreendimento, tendo sido empregado o Plano de Trabalho do CALTRANS Além dos objetivos intrínsecos do estudo, essa iniciativa fazia parte de um conjunto de ações para promover a implantação da metodologia da Engenharia do Valor nos projetos, obras e serviços contratados no âmbito do Governo do Estado de Minas Gerais.

De fato, conforme consta da TAB 4.2, outros estudos lograram êxito. Uma observação sobre o estudo do Anel Rodoviário de Belo Horizonte, foi a significativa economia nos custos totais (ciclo de vida), da ordem de R\$ 4 bilhões em 20 anos, incluindo os ganhos para os usuários, embora os custos de implantação tenham aumentado 22 %. Verifica-se também na coluna “Retorno do Estudo de EV” que, para cada R\$ 1 gasto nos estudos, houve uma economia de R\$ 66 e R\$ 70, respectivamente, nos projetos das Rodovias MG-401 e MG-338.

**TAB 4.2 – Outros Estudos de EV em Minas Gerais**

<b>Projeto</b>	<b>Data</b>	<b>Melhoria em Valor</b>	<b>Economia (milhões)</b>	<b>Retorno do Estudo de EV</b>
<b>Rodovia MG-401</b>	Março 2002	27,5 %	R\$ 3,308 (20 %)	66 : 1
<b>Rodovia MG-338</b>	Abril 2002	65,1 %	R\$ 3,476 (26 %)	70 : 1
<b>Anel Rodoviário de Belo Horizonte</b>	Junho 2003	135,9 %	-R\$ 22,606 (-22 %)	--x--

Fonte: DER / MG – Programa de Engenharia e Análise do Valor (2001 / 2002).

O escopo desse estudo do aeroporto engloba:

- 1) Implantação e pavimentação do aeroporto, incluindo o terminal de passageiros, terminal de cargas, hangares, pátios de estacionamento, vias de serviço internas, de acesso e de operação;
- 2) Variante da Rodovia MG-353 e Acesso ao Aeroporto por estar este situado a 40 Km da cidade de Juiz de Fora, pólo regional de grande importância.

O principal propósito desse novo aeroporto é, além de suprir as deficiências do existente, atender ao transporte de insumos de alto valor agregado para a região, dar suporte para atividades comerciais internacionais com estabelecimento de uma estação aduaneira e favorecer o desenvolvimento regional.

Os itens mais relevantes em custo encontram-se na FIG 4.2 e envolvem a pista do aeroporto e a rodovia de acesso. Na TAB 4.3 estão os critérios de avaliação de desempenhos e respectivos pesos percentuais.

**TAB 4.3 – Critérios de Avaliação de Desempenho – DER / MG**

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>	<b>Peso %</b>
Segurança - SG	Segurança física, técnica e operacional para tráfego aéreo e rodoviário.	2,5
Acessibilidade - AC	Facilidade de alcançar o Aeroporto, com segurança, no menor tempo possível.	7,2
Potencial de Utilização - PU	Potencial de utilização do empreendimento.	12,5
Operação / Manutenção - OM	Facilidade de execução das atividades para o funcionamento do empreendimento.	19,6
Meio Ambiente – MA	Grau do impacto ambiental gerado.	16,1
Conforto – CF	Condições da infra-estrutura para oferta de serviços adequados ao usuário.	5,4
Impacto Sócio-Econômico – IS	Grau do impacto sócio-econômico gerado, atraído e desviado pelo empreendimento.	14,3
Facilidade de Construção	Condições de uso do solo e disponibilidade de materiais, serviços e tecnologia para execução.	0,0

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

Um estudo funcional mais abrangente foi feito visando a elaboração do Diagrama Fast onde, para cada função, foram colocadas as perguntas “como” e “por quê”? A TAB 4.4 exemplifica essa expansão do estudo funcional.

Das 86 idéias avaliadas, 10 foram selecionadas para serem desenvolvidas como soluções alternativas, conforme apresentadas na TAB 4.5. As funções vinculadas a essas idéias são: CA – Coletar / Conduzir Águas; CS – Conformar Superfície; ED – Evitar Deformação; PA – Proteger Água; GA – Garantir Aderência, referentes aos elementos drenagem, terraplenagem, pavimento e meio-ambiente. Observa-se que na coluna relativa ao impacto nos custos, representa-se com valor negativo a diminuição dos custos.

**TAB 4.4: Estudo Funcional Estendido – DER / MG**

<b>EXPANSÃO DE FUNÇÕES</b>					
<b>PAVIMENTAÇÃO</b>					
<b>Por quê?</b>		<b>FUNÇÃO</b>		<b>Como?</b>	
<b>Verbo</b>	<b>Substantivo</b>	<b>Verbo</b>	<b>Substantivo</b>	<b>Verbo</b>	<b>Substantivo</b>
Informar	Usuário	Suportar	Sinalização Horizontal	Absorver	Tinta
Atender	Usuário Veículo	Permitir	Tráfego Permanente	Permitir	Rolamento
Evitar	Acidente	Aumentar	Segurança	Reduzir	Obstáculo Deformação
Aumentar Permitir	Vida Útil Tráfego	Suportar	Carga	Estruturar	Pavimento
Garantir	Estabilidade Vida Útil	Impermeabilizar	Subleito	Executar	Capa Revestimento
Evitar	Deformação	Proteger	Terraplenagem	Distribuir	Carga
Aumentar	Conforto Segurança	Melhorar	Superfície	Executar	Revestimento
Aumentar Preservar Proteger	Segurança Pista Pavimento Corpo Estradal	Melhorar	Drenagem	Drenar	Pavimento Água Superficial
Melhorar	Segurança Conforto	Eliminar	Poeira	Executar	Revestimento
Orientar	Usuário	Delimitar	Pista	Executar	Pavimento
<b>TERRAPLENAGEM</b>					
Garantir	Rolagem	Conformar	Superfície	Cortar Aterrar	Maciços
Evitar	Deformação	Suportar	Carga	Compactar	Solo
Satisfazer Proteger	Usuário Veículo	Aumentar	Conforto	Reduzir	Desníveis
Aumentar	Segurança	Eliminar	Obstáculos	Cortar Aterrar	Maciços
Aumentar	Estabilidade Segurança	Facilitar	Drenagem	Conformar	Superfície
Evitar	Acidente	Propiciar	Segurança	Compactar Estabilizar	Maciços
Aumentar	Resistência Estabilidade	Compactar	Solo	Reduzir	Vazios
Melhorar	Qualidade Segurança Resistência Estabilidade	Selecionar	Solo	Estudar	Solo

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

**TAB 4.5: Idéias Seleccionadas para Desenvolvimento de Soluções Alternativas**

IDÉIAS SELECIONADAS PARA DESENVOLVIMENTO											DER / MG	
Aeroporto Regional da Zona da Mata												
FUNÇÃO		Critério de Desempenho							Vantagens	Desvantagens	\$	Rank
Nº	Idéia	SG	AC	PU	OM	MA	CF	IS				
CA-12	Executar valetões laterais para eliminação de bueiros.	0	0	0	+1	0	0	0	Redução de custos.	-	-2	9
CS-17	Manter acesso pela pista existente.	-2	0	0	0	+2	0	+1	Reduz custo de implantação da variante.	Interfere com área patrimonial do Aeroporto.	-2	9
ED-01	Adotar conceito de frequência de utilização para dimensionamento do pavimento do Aeroporto.	0	0	+2	0	0	0	0	Menor custo e aumento do potencial de utilização.	-	-2	9
ED-21	Utilizar mistura solo-brita na camada de base do Aeroporto.	0	0	0	0	0	0	0	Reduz custos.	-	-2	8
PA-07	Revestimento vegetal com plantio direto mecanizado.	0	0	0	0	0	0	0	Redução de custos.	-	-1	7
PA-10	Executar bueiros Rib-Loc.	0	0	0	0	0	0	0	Fundação desnecessária, rapidez de execução e menor rugosidade.	-	-1	7
CA-06	Substituição do meio-fio padrão por especial.	0	0	0	0	0	0	0	Redução de custos.	-	-1	7
ED-08	Remoção de solo mole sob a pista do Aeroporto.	+2	0	0	0	-1	0	0	Maior segurança quanto à deformação.	Maior custo.	+1	6
GA-05	Usar CBUQ em substituição ao TSD na variante.	0	0	+1	+1	0	+1	0	Maior conforto e menor custo de manutenção periódica.	Maior custo inicial.	+1	6
CS-24	Aumentar largura do acostamento da variante de 1,00 m para 2,00 m.	2	+1	0	-1	0	0	0	Aumenta capacidade e segurança.	Aumenta custo.	+1	6

**Ranking: 10 a 6 = Mais Adequada para ser Desenvolvida 5 = Sugestão para Projeto  
4 a 1 = Menos Adequada para ser Desenvolvida**

**Critério de Avaliação: Melhoria Significante +2, +1, 0, -1, -2 Degradação Significante**

**SG – Segurança AC – Acessibilidade PU – Potencial de Utilização CF – Conforto**

**OM – Operação / Manutenção MA – Meio Ambiente IS – Impacto Sócio-Econômico**

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

Como destaque no desenvolvimento de soluções alternativas, é bastante interessante a solução proposta pela idéia ED-01, ilustrada na FIG 4.2. O conceito empregado foi o de reforçar o pavimento na faixa central da pista, faixa efetivamente mais utilizada no pouso e decolagem das aeronaves, e assim aumentar o potencial de utilização do aeroporto por aeronaves maiores, visando principalmente aeronaves de carga. A adoção desse conceito foi um paradigma enfrentado no Ministério da Aeronáutica para liberação do projeto.

Com a adoção desse conceito passou a ser possível que aeronaves do porte dos MD-11 operem no aeroporto, acrescentando valor ao projeto, previsto para aeronaves com porte até os Boeings 737. A melhoria em desempenho está refletida na TAB 4.6 e a economia no custo total na TAB 4.7.

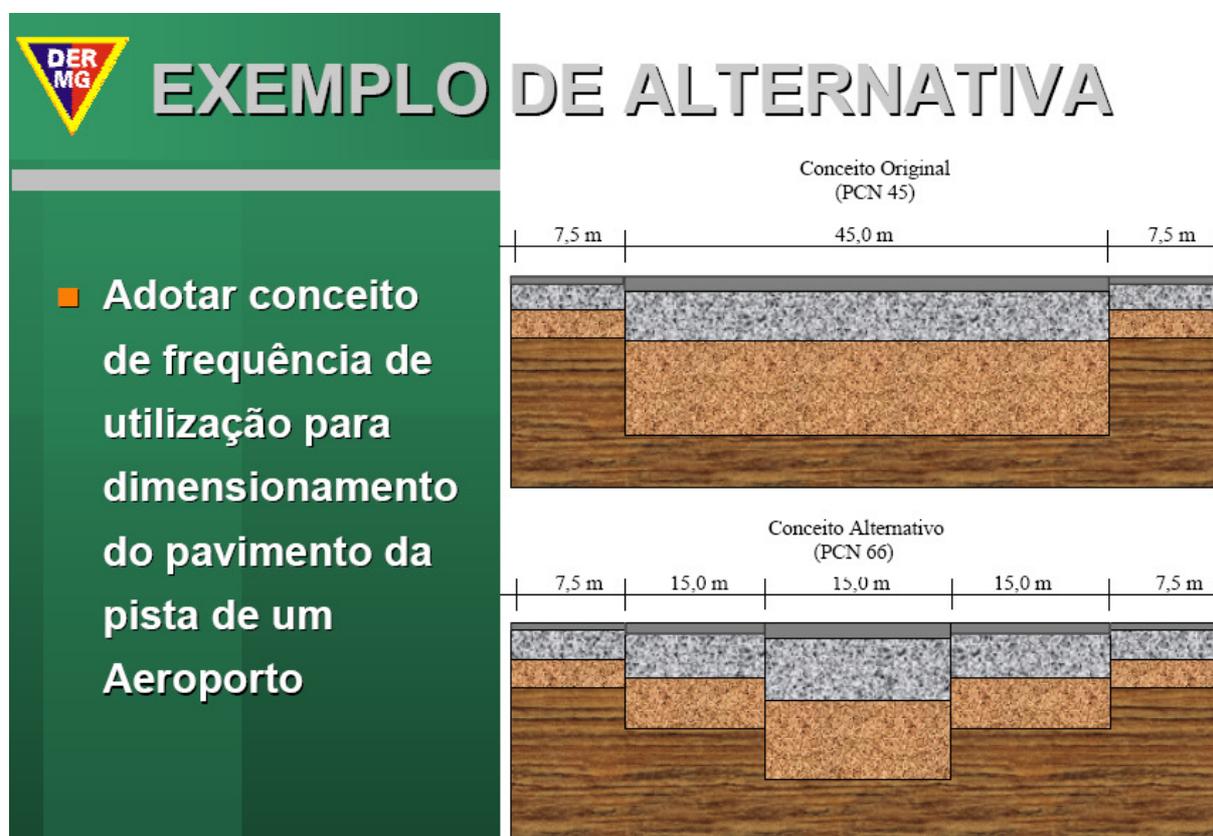


FIG 4.2: Conceito Alternativo para o Pavimento da Pista do Aeroporto – JF / MG

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

Conforme consta desse Relatório de Estudo de Engenharia do Valor, as especificações para esses pavimentos são:

### **Conceito Original**

- PCN = 45 (Resistência do Pavimento);
- ISC = 6 % (Índice de Suporte Califórnia – California Bearing Ratio - CBR);
- Aeronave: Boeing 727 / 100 sem restrições;
- Pavimento das Áreas Críticas (Faixa Central);
  - Revestimento = 10 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
  - Base = 26 cm de brita graduada;
  - Sub-base = 47 cm de cascalho;
- Pavimento do Acostamento;
  - Revestimento = 5 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
  - Base = 15 cm de brita graduada;
  - Sub-base = 15 cm de cascalho.

### **Conceito Alternativo**

- PCN = 66 (Resistência do Pavimento);
- ISC = 10 % (Índice de Suporte Califórnia – California Bearing Ratio - CBR);
- Aeronave: McDonnell Douglas MD-11 com restrições;
- Pavimento das Áreas Críticas (Faixa Central);
  - Revestimento = 10 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
  - Base = 33 cm de brita graduada;
  - Sub-base = 33 cm de cascalho;
- Pavimento das Áreas não Críticas (Faixas Laterais);
  - Revestimento = 7 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
  - Base = 23 cm de brita graduada;
  - Sub-base = 23 cm de cascalho;
- Pavimento do Acostamento;
  - Revestimento = 3 cm de CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
  - Base = 15 cm de brita graduada;
  - Sub-base = 15 cm de cascalho;

**TAB 4.6: Comparação em Desempenho de Soluções Alternativas**

<b>MEDIDA DE DESEMPENHO</b> <b>Aeroporto Regional da Zona da Mata</b>		<b>DER / MG</b>	
<b>Título:</b> Adotar conceito de frequência estatística de utilização para dimensionamento das camadas de pavimento do Aeroporto	<b>Alternativa</b> <b>Nº ED-01</b>	<b>Pág.:</b> <b>1 de 1</b>	
<b>Critério Específico do Projeto</b> <b>Justificativas para Notas</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>SEGURANÇA</b>	Medida	Classe	Classe
	Nota	8	8
	Peso	25	25
	<b>Contribuição</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>ACESSIBILIDADE</b>	Medida	Tempo Desl.	Tempo Desl.
	Nota	5	5
	Peso	7,1	7.1
	<b>Contribuição</b>	<b>35</b>	<b>35</b>
<b>POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO</b>	Medida	Grau	Grau
	Nota	8	10
	Peso	12,5	12,5
	<b>Contribuição</b>	<b>100</b>	<b>125</b>
<b>OPERAÇÃO / MANUTENÇÃO</b>	Medida	%	%
	Nota	8	8
	Peso	19,6	19,6
	<b>Contribuição</b>	<b>157</b>	<b>157</b>
<b>MEIO AMBIENTE</b>	Medida	Grau	Grau
	Nota	7	7
	Peso	16,1	16,1
	<b>Contribuição</b>	<b>113</b>	<b>113</b>
<b>CONFORTO</b>	Medida	Conceito	Conceito
	Nota	9	9
	Peso	5,4	5,4
	<b>Contribuição</b>	<b>49</b>	<b>49</b>
<b>IMPACTO SÓCIO-ECONÔMICO</b>	Medida	Conceito	Conceito
	Nota	8	8
	Peso	14,3	14,3
	<b>Contribuição</b>	<b>114</b>	<b>114</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>768</b>	<b>793</b>
<b>Melhoria do Desempenho:</b>			<b>+ 25</b>

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

**TAB 4.7: Custos Totais de Soluções Alternativas**

<b>CUSTOS TOTAIS NO CICLO DE VIDA</b> <b>Aeroporto Regional da Zona da Mata</b>				<b>DER / MG</b>	
<b>TÍTULO:</b> Adotar conceito de frequência estatística de utilização para dimensionamento das camadas de pavimento do Aeroporto.				<b>Alternativa</b> Nº ED-01	<b>PÁG. Nº</b> 1 de 1
Período do Ciclo de Vida: 20 Anos Taxa Real de Desconto: 18 %				<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>A. CUSTOS INICIAIS</b>					
Vida Útil - Original 20 Anos					
<b>Economia de Custos Iniciais</b>				R\$ 34.101.020,48	R\$ 33.179.963,80
Vida Útil - Alternativa 20 Anos					
<b>B. CUSTOS SUBSEQÜENTES ANUAIS</b>					
1. Manutenção e Conservação				R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
2. Operação e Energia					
<b>Total de Custos Subseqüentes Anuais:</b>				R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
<b>Fator de Valor Presente (P/F):</b>				5,353	5,353
<b>VALOR PRESENTE DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES ANUAIS</b>				R\$ 535.300,00	R\$ 535.300,00
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>	<b>Ano</b>	<b>Valor</b>	<b>Fator VP (P/F)</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Valor Presente</b>
Recapeamento Variante – Original	5	R\$ 457.886,71	0,437	R\$ 200.146,50	
Recapeamento Variante – Alternativa	5	R\$ 457.886,71	0,437		R\$ 200.146,50
Recapeamento Variante – Original	10	R\$ 729.311,36	0,191	R\$ 139.345,49	
Recapeamento Variante – Alternativa	10	R\$ 729.311,36	0,191		R\$ 139.345,49
Recapeamento Aeroporto – Original	10	R\$ 1.751.940,00	0,191	R\$ 334.733,48	
Recapeamento Aeroporto – Alternativa	10	R\$ 1.751.940,00	0,191		R\$ 334.733,48
Reabilitação Variante – Original	15	R\$ 200.210,52	0,084	R\$ 16.720,79	
Reabilitação Variante – Alternativa	15	R\$ 200.210,52	0,084		R\$ 16.720,79
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos:</b>				R\$ 690.946,26	R\$ 690.946,26
<b>D. Total de Custos Subseqüentes Anuais e Periódicos (B+C)</b>				R\$ 1.226.246,26	R\$ 1.226.246,26
<b>E. Custos Anuais Para Usuários</b>				<b>Valor Presente</b>	<b>Valor Presente</b>
1. Acidentes				R\$ 55.000,00	R\$ 55.000,00
2. Tempo de Viagem				R\$ 273.750,00	R\$ 273.750,00
3. Custo Operacional de Veículos				R\$ 1.290.658,25	R\$ 1.290.658,25
<b>Total de Custos Subseqüentes Anuais:</b>				R\$ 16.19.408,25	R\$ 1.619.408,25
<b>Fator de Valor Presente (P/F):</b>				5,353	5,353
<b>Valor Presente Dos Custos Subseqüentes Anuais</b>				R\$ 8.668.692,36	R\$ 8.668.692,36
<b>F. Total Do Valor Presente Dos Custos (A+D+E)</b>				R\$ 43.995.959,10	R\$ 43.074.902,42
<b>ECONOMIA TOTAL NO CICLO DE VIDA:</b>					<b>- R\$ 921.056,68</b>

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

Conforme a TAB 4.7, a taxa de desconto utilizada foi de 18 % ao ano, refletindo as taxas referenciais da época do estudo (Agosto / 2001). Os fatores do valor presente (**VP**) utilizados derivam dessa taxa e podem ser calculados pela fórmula financeira VP do Software Excel com os seguintes parâmetros:

- **Custos Subseqüentes Anuais:** taxa – 18 % ao ano; número de períodos – 20 anos; pagamento - R\$ 1,00. Assim:  $VP(18\%; 20; 1,00) = 5,353$
- **Custos Subseqüentes Periódicos:** taxa – 18 % ao ano; número de períodos – 5, 10 ou 15 anos; pagamento - R\$ 0,00; valor final – R\$ 1,00.
  - $VP(18\%; 5; 0,00; 1,00) = 0,437$
  - $VP(18\%; 10; 0,00; 1,00) = 0,191$
  - $VP(18\%; 15; 0,00; 1,00) = 0,084$

Conforme é observado na TAB 4.6, a diferenciação em desempenho da solução alternativa acontece apenas no critério do potencial de utilização. Relativamente aos custos no ciclo de vida – TAB 4.7, as soluções são equivalentes, ocorrendo uma pequena economia nos custos de implantação (2,7 %).

Na TAB 4.8 encontram-se as melhorias em desempenho, nos custos totais (implantação e ciclo de vida) e em valor, para cada idéia desenvolvida como solução alternativa. Todas as comparações são feitas com o desempenho e o custo total do Projeto Original. Encontram-se também nas últimas linhas dessa tabela os conjuntos (blocos) de soluções alternativas agrupadas com as mesmas comparações anteriormente mencionadas.

A composição dos Blocos de Soluções Alternativas acontece sempre com o Bloco 1 como base e a adição de uma das soluções desenvolvidas. O Bloco 1 propicia uma melhoria em valor de quase 13 % e uma economia de custos de 4, 46 %. Os Blocos 2 e 3 melhoram ainda mais o valor mas apresentam menores economias que o Bloco 1. O Bloco 4 tem uma significativa melhoria em valor assim como em custos, mas a ele está associada a Solução Alternativa CS-17 (Manter o acesso pela pista existente), que possui restrições para implantação. Informações contidas no estudo indicam um prazo exíguo para aprovação de sua viabilidade operacional.

**TAB 4.8: Resumo dos Graus de Desempenho, Custo e Valor das Soluções Alternativas**

<b>QUADRO RESUMO: GRAUS DE DESEMPENHO, CUSTO E VALOR</b>						<b>DER / MG</b>	
<b>Aeroporto Regional da Zona da Mata</b>							
<b>Soluções Alternativas</b>	<b>Desempenho Total (D)</b>	<b>Custo Total (R\$ x 1000) (C)</b>	<b>Índice Valor (D/C)</b>	<b>% Melhoria de Valor</b>	<b>Economia</b>		
					<b>R\$ x 1000</b>	<b>%</b>	
Não Construção (Condições Existentes)	615						
Projeto Original	768	43.995,96	17,64				
<b>Soluções Alternativas que melhoram o desempenho e diminuem custos</b>							
ED-01 (Adotar conceito de frequência estatística de utilização)	793	43.074,90	18,41	5,46	-921,06	-2,09	
PA-07 (Revestimento vegetal através de plantio direto mecanizado)	784	43.510,66	18,02	3,22	-485,30	-1,10	
ED-21 (Utilizar solo brita na camada do Aeroporto)	788	43.634,04	18,06	3,46	-361,92	-0,82	
CA-06 (Substituição do Meio Fio Padrão por Especial)	768	43.885,54	17,50	0,25	-110,42	-0,25	
CA-12 (Executar valetões lateral para eliminação de bueiros)	788	43.910,89	17,95	2,80	-85,07	-0,19	
<b>Soluções Alternativas que melhoram desempenho mas acrescentam custos</b>							
GA-05(Usar CBUQ em substituição ao TSD na Variante do Aeroporto)	793	44.064,49	18,00	3,09	68,53	0,16	
CS-24 (Aumentar largura do acostamento da Variante de 1,00 m para 2,00 m)	841	44.563,03	18,87	8,11	567,08	1,29	
<b>Soluções Alternativas com restrições para implementação</b>							
CS-17 (Manter acesso pela pista existente)	820	42.826,16	19,15	9,69	-1.169,80	-2,66	
PA-10 (Executar bueiros Rib-Loc)	768	43.807,41	17,53	0,43	-188,,55	-0,43	
<b>Soluções Alternativas consideradas inviáveis economicamente</b>							
ED-08 (Remoção do solo mole da área a pavimentar do Aeroporto)	777	45.604,53	17,04	-2,40	1.608,57	3,66	
<b>Blocos de Soluções Alternativas</b>							
Bloco 1 (ED-01 + PA-07 + ED-21 + CA-06 + CA-12)	829	42.032,18	19,72	12,99	-1.963,78	-4,46	
Bloco 2 (ED-01 + PA-07 + ED-21 + CA-06 + CA-12 + GA-05)	834	42.100,71	19,81	13,48	-1895,25	-4,31	
Bloco 3 (ED-01 + PA-07 + ED-21 + CA-06 + CA-12 + CS 24)	859	42.599,26	20,16	15,52	-1.396,70	-7,12	
Bloco 4 (ED-01 + PA-07 + ED-21 + ED-21 + CA-12 + CS-17)	865	40.862,38	21,17	21,27	-3.133,58	-7,12	

Fonte: DER / MG. Estudo de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata — Agosto / 2001.

Uma conclusão transcrita do estudo aponta a importância da fase de projeto na qual se realiza o Estudo de EV / AV, conforme apontado na FIG 2.1: Influência da EV / AV sobre Custo e Desempenho:

*“Os estudos mostraram que apesar do projeto encontrar-se em fase de concepção já bastante avançada, tendo em vista a existência de um projeto básico bem detalhado, ainda assim foi possível criar alternativas que possibilitaram a melhoria de Valor do empreendimento”.*

Outra conclusão que se pode depreender desse estudo é que a EV / AV propiciou aos gestores e tomadores de decisão sobre o empreendimento, a possibilidade de determinar com mais segurança a opção de construção que iria atender ao critério mais crítico para a decisão: prazo, eficiência ou limitações orçamentárias.

## 4.2 ESTUDOS NO EXTERIOR

Para constatação da potencialidade da Engenharia e Análise do Valor no campo da concepção e implantação de transportes públicos, quer rodoviários ou metroferroviários, estão relacionados a seguir programas e estudos de EV / AV nesse setor, acontecidos na Europa e América do Norte, particularmente Holanda, Canadá e Estados Unidos (USA).

Na Holanda, a agência governamental ProRail tem sob sua responsabilidade a operação, manutenção e expansão da infra-estrutura ferroviária; que conta com 6.500 km de linhas eletrificadas, 2900 empregados, transportando diariamente cerca de 1 milhão de passageiros e 80.000 toneladas de carga. Segundo Hendriksen (2006), durante o ano de 2003, a ProRail definiu políticas para um programa de EV, tendo seus efeitos já observados em 2004, com o estabelecimento desse programa e treinamento de equipes, ficando a EV instituída como um programa corporativo da empresa em 2005.

No período de 2003 a 2006 foram realizados 27 estudos de EV, resultando em economias de 55 milhões de euros, melhoria média em desempenho de 18 %, e uma relação de benefícios de 1:60, ou seja, cada euro investido num estudo de AV resultou em 60 euros de ganhos para a companhia (Hendriksen, 2006). Há um interessante caso da estação de Tilburg relatado no item 4.2.2.

Do Canadá existem vários relatos de estudos de EV em projetos de transporte público. Além do estudo em um Sistema BRT na cidade de Ontário, resumido no item 4.2.1, destaque-se os estudos para o Metrô de Montreal e sistemas de VLT em Ottawa e Edmonton.

No estudo levado adiante em 2001 para a extensão até Laval (5,3 km) do metrô de Montreal, os objetivos, ainda na fase de viabilidade, foram (Donais, 2001):

- Validar as necessidades e propósitos do projeto;
- Avaliar o “valor” do projeto;
- Identificar oportunidades de redução de custo ainda na concepção.

Participaram nesse estudo especialistas da Agência Metropolitana de Transportes, projetistas, representantes municipais e representantes da operadora, cujos principais resultados foram:

- Redução da extensão de 5,3km para 5,2km;
- Relocação de 3 estações, reduzindo a profundidade de 22 até 30 m para 15,5 m;
- Redução de 11 % em custo (\$ 400 milhões para \$ 345,42 milhões).

Na cidade de Ottawa, a Engenharia do Valor foi utilizada no estudo de um plano de expansão do Transporte Público (Rapid Transit) até a região de Riverside South, com ligação ao lado norte por VLT e BRT com horizonte até 2021. Formaram as equipes de estudo 22 especialistas em transporte público, desenvolvimento urbano, uso do solo e infra-estrutura, que selecionaram para desenvolvimento 60 idéias extraídas do estudo de EV. Essa proposição foi submetida à aprovação em setembro / 2005, tendo a mesma ocorrida em maio / 2006 por órgãos federais do Canadá (Stacy and Gordon, 2006).

Em Edmonton, Canadá, o enfoque principal do estudo de EV era a decisão sobre o método construtivo dos 800 m de túneis previstos, orçados em cerca de \$ 26,3 milhões (McClintock, 2006). Os demais objetivos eram:

- Promover uma revisão no projeto com uma equipe de especialistas em túneis;
- Confirmar a viabilidade da construção e desempenho das atuais soluções do projeto;
- Identificar possibilidades de redução de riscos, diminuir as dificuldades de construção e reduzir os custos de investimento, sempre dentro dos limites da funcionalidade necessária e dos relatórios ambientais já aprovados.

Nos Estados Unidos da América, diversos estudos no campo dos transportes urbanos podem ser citados:

- Pasadena Blue Line Light Rail (California);
- San Gabriel Valley Light Rail (California);
- Tacoma Link Light Rail (Seattle);
- Sistema BRT entre New Britain e Hartford, com cerca de 16km (Connecticut).

Pode-se então constatar com essa pequena narrativa e os dois exemplos a seguir, a aplicação da Engenharia do Valor na obtenção de melhores soluções para um projeto em determinados aspectos técnicos ou ainda nos estágios de planejamento, reforçando a tendência de sua utilização cada vez mais nos estágios de concepção, particularmente dos empreendimentos em transportes.

#### 4.2.1 TRANSPORTE RÁPIDO POR ÔNIBUS NA REGIÃO DE YORK – ONTÁRIO - CANADÁ

Trata-se de um estudo realizado para um sistema do tipo BRT – Bus Rapid Transit, na região de York, cidade de Ontário, Canadá. Esse estudo foi apresentado na Conferência de Outubro de 2006 na CSVA – Sociedade Canadense de Análise do Valor.

Esse sistema prevê corredores de ônibus em várias rotas, com possibilidade de operação numa próxima etapa com acoplamento de dois ônibus e, numa etapa mais adiante, serem transformados em sistemas que empreguem veículos leves sobre trilhos – VLTs, com maior capacidade. As grandes motivações que envolveram a adoção dessa solução de transporte e também o estudo de valor realizado foram (Chackeris, 2006):

- Estabelecer uma base para o desenvolvimento orientado do transporte público (Transit Oriented Development – TOD);
- Controle sobre a urbanização;
- “A tecnologia adequada.....ao custo correto.....no tempo apropriado.”

A FIG 4.3 mostra as rotas, os propósitos de adensamento e evolução do sistema.



Fase 1 (2003-2005)

Fase 2 (2006-2013)

Fase 3 (2013-2023)

A tecnologia adequada.....ao custo correto.....no tempo apropriado.

FIG 4.3: Abrangência, Propósitos e Fases do Sistema BRT – York – Ontário - Canadá

Fonte: Chackeris. Viva Bus Rapid Transit – York Region.

Uma vez que o estudo não se restringiria, em sua primeira fase, apenas ao sistema de ônibus, foi proposta uma equipe multidisciplinar envolvendo especialistas em:

- Arquitetura e Operações Urbanas
- Engenharia de Transporte e Construção
- Engenharia de Trânsito
- Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)
- Pavimentação

Os custos estimados para a primeira fase do empreendimento são de \$ 150 milhões, podendo chegar a \$ 1,7 bilhões em sua terceira fase. A TAB 4.9 informa a composição dos custos da primeira fase, indicando o material rodante (ônibus) como o item de maior contribuição.

**TAB 4.9: Custo Estimado da Implantação da 1ª Fase**

<b>ITEM</b>	<b>CUSTOS (MILHÕES)</b>	<b>PERCENTUAL</b>
Ônibus	\$ 60,7	40,4 %
Pistas de Rolamento	\$ 17,6	11,7 %
Paradas	\$ 19,0	12,7 %
Terminais Intermodais	\$ 12,9	8,8 %
Sistemas Elétricos	\$ 2,9	2,0 %
Tecnologia ITS	\$ 7,1	4,8 %
Software de Controle	\$ 5,3	3,5 %
Miscelânea	\$ 3,9	2,7 %
Controle de Transporte Urbano	\$ 7,2	4,7 %
Centro de Controle de Tráfego	\$ 1,7	1,1 %
Bilhetagem Automática	\$ 9,3	6,2 %
Telecomunicações	\$ 2,4	1,6 %
<b>TOTAL DA FASE 1</b>	<b>\$150,0</b>	<b>100 %</b>

Fonte: Chackeris. Viva Bus Rapid Transit – York Region.

O estudo funcional, assim como os custos dos blocos funcionais que totalizam 100 % do empreendimento, encontram-se na FIG 4.4.

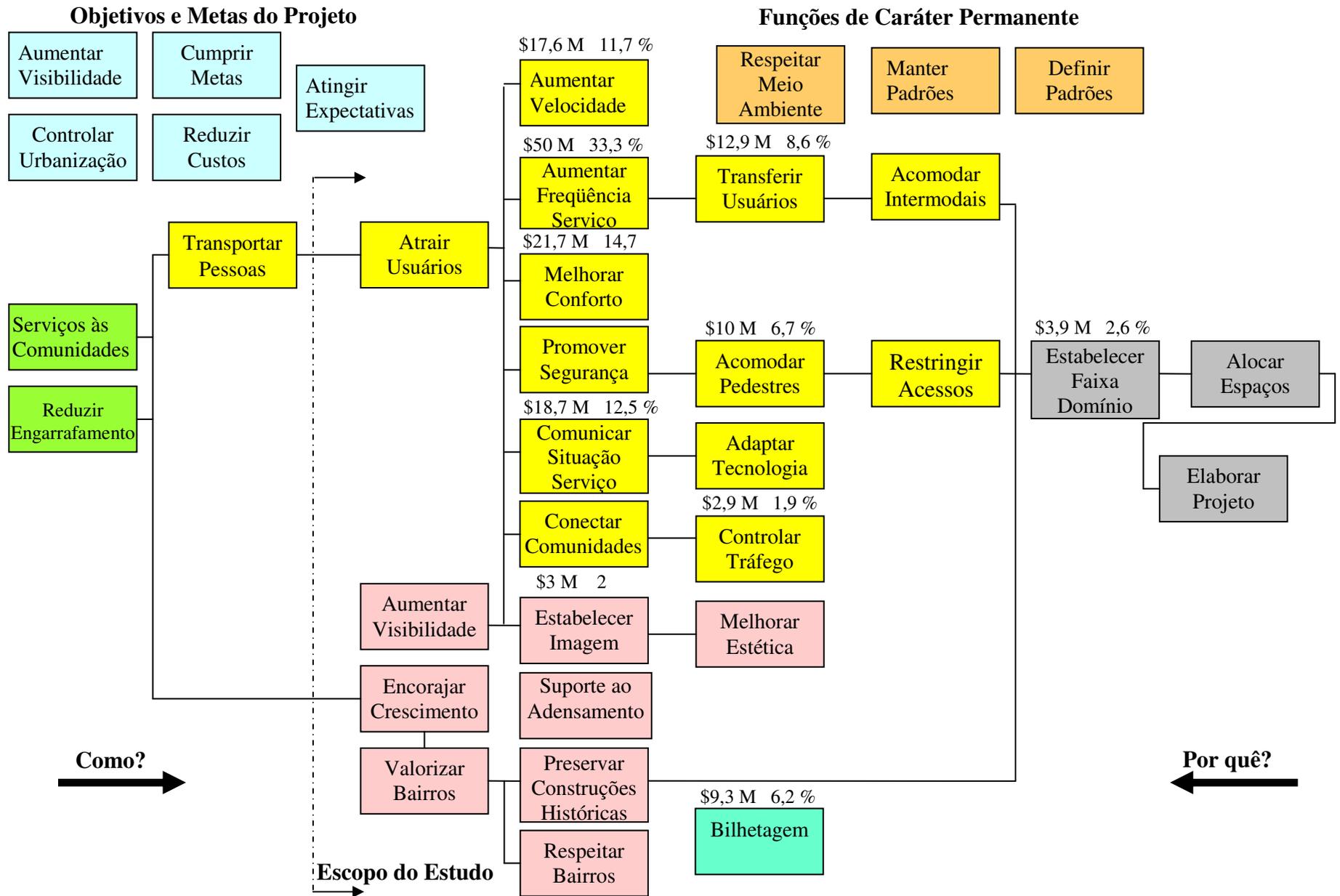


FIG 4.4: Estudo e Custos Funcionais do Sistema BRT – York – Ontário – Canadá

Fonte: Chakeris, Viva Bus Rapid Transit – York Region.

Os principais tópicos para o estudo de EV / AV, após o estudo funcional e custos envolvidos foram:

- Operações
  - Embarque pelo lado do motorista e sinalização antecipada para o ônibus;
  - Conversão de 6 faixas exclusivas para o ônibus (3+3);
  - Conversão de 6 faixas exclusivas para veículos com 3 ou mais ocupantes nos períodos de pico.
- Paradas
  - Eliminação de algumas paradas;
  - Redução do comprimento de plataformas;
  - Projetos individualizados em lugar de projeto padrão;
  - Eliminar suporte para os painéis de informação (utilizar a cobertura).
- Tecnologia
  - Informações sobre o próximo ônibus apenas em algumas paradas.
- Faixas de Rolamento
  - Rever pavimentação nas baias de ônibus;
  - Reduzir largura de faixa para 3,5 m onde necessário;
  - Alongar o estreitamento das baias de ônibus;
  - Eliminar estreitamento na faixa prioritária para cruzamentos.

Não há uma indicação do motivo, ou motivos, para não estar incluído nesse conjunto o item de maior peso – ônibus, que tem uma relação direta com a função de maior custo – aumentar a frequência do serviço. Esses tópicos acima foram então desenvolvidos tendo em vista os compromissos e expectativas quanto à implantação desse empreendimento, conforme relação abaixo:

- Elementos já inclusos no projeto
  - Número de paradas;
  - Paradas extremamente elaboradas para uma primeira fase;
  - Tamanho da plataforma e materiais para construção;
  - Métodos para a bilhetagem (tarifação).

- Elementos ainda não inclusos no projeto
  - Faixas dedicadas, onde possível;
  - Facilidades de “park-and-ride”;
  - Melhorias urbanas (calçadas, arborização, etc);
  - Prioridade de gastos para aumentar os usuários do transporte público.
  
- Parâmetros Qualitativos
  - Eficácia Operacional;
  - Estabelecimento de Imagem;
  - Efetividade do Investimento;
  - Acessibilidade e Segurança;
  - Flexibilidade para expansões futuras;
  - Melhoria do Meio Ambiente;
  - Respeito às expectativas e valores comunitários.

Na TAB 4.10 encontram-se as recomendações do estudo, seus impactos no custo e a determinação dos tomadores de decisão para cada uma delas. Observa-se que as recomendações operacionais de maior impacto, relacionadas à exclusividade de faixas e bilhetagem, foram rejeitadas ou adiadas, tendo critérios políticos como base de argumentação.

Nas conclusões relativas a esse estudo foram classificadas como “lições aprendidas” algumas experiências vividas pela equipe do estudo (Chackeris, 2006):

- *“O Estudo de Valor dessa primeira fase poderia ter identificado outras oportunidades de melhoria se profissionais de outras disciplinas fossem incluídos (Preservação, Meio Ambiente)”;*
- *“Parcerias Público Privadas oferecem oportunidades para “utilizar” especialistas como planejadores, arquitetos, engenheiros e outros profissionais especializados”;*
- *“A melhor solução não é necessariamente a mais barata”;*
- *“A individualização de alguns elementos é uma oportunidade chave para reduzir custo sem perder funcionalidade: Ônibus, Coberturas, Pistas, Equipamentos de Controle e Rotas”.*

*“Olhar precocemente esses elementos no processo de análise do valor pode levar a economia de custos”.*

**TAB 4.10: Decisões sobre as Recomendações do Estudo de EV / AV**

<b>Recomendações do Estudo EV / AV</b>	<b>Impacto no Custo</b>	<b>Avaliação da Idéia</b>
Embarque pelo lado esquerdo e Sinalização antecipada para os ônibus.	(\$ 911.000)	Rejeitada por questões operacionais.
6 faixas exclusivas para os ônibus.	(\$ 200.000)	Rejeitada por questões políticas.
6 faixas para veículos com 3 ou mais ocupantes no período de pico.	(\$ 200.000)	Adiada (monitorar após início do serviço).
Eliminar algumas paradas.	(\$ 1.000.000)	Aceitas – confirmar as paradas a serem eliminadas.
Reduzir o tamanho das plataformas em algumas paradas.	(25 a 35 % de economia no custo das paradas)	Aceita.
Eliminar os postes de fixação dos painéis de informação.	(\$ 2.112.000)	Aceita – definir no projeto onde instalar os painéis.
Projetos individualizados das paradas (3 ou 4 tipos).	Não avaliado	Aceita.
Informações do próximo ônibus somente em algumas paradas.	(\$ 1.020.000)	Rejeitada.
Rever pavimentação nas baias de ônibus.	Não avaliado	Aceita.
Reduzir largura da faixa para 3,5 m onde possível.	Não avaliado	Aceita – apenas para evitar conflito.
Criar Lei para regular o uso das faixas.	Mínimo	Aceito.
Orientações para educar usuários e motoristas.	Não avaliado	Aceito.
Bilhetes Integrados.	(\$14/100 viagens)	Adiada por questões políticas.
Máquinas de Vendas de Bilhete em escolas, Shoppings.	(\$ 3.000)	Adiada.
Venda de Bilhetes via Internet.	(\$5.150.000)	Adiada.

Fonte: Chackeris. Viva Bus Rapid Transit – York Region.

#### 4.2.2 ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE TILBURG - HOLANDA

Trata-se de um estudo realizado pela empresa ProRail, também apresentado na conferência da CSVA em 24 de outubro de 2006. Visava a melhor integração da estação ferroviária de Tilburg à região central da cidade de mesmo nome, localizada na província de Nord – Brabant, Município de Tilburg – Holanda (FIG 4.4), com destaque para o comércio existente nos corredores da estação. Os objetivos desse projeto são:

- Necessidades da ProRail
  - 1- Aumentar a capacidade de transferência do túnel, escadas e elevadores;
  - 2- Reformar o bicicletário em capacidade e qualidade;
- Ambições adicionais da cidade de Tilburg
  - 3- Permitir uma passagem para o lado norte face aos planos futuros de desenvolvimento dessa região;
  - 4- Transformar essa passagem num eixo de integração desse ambiente futuro;
  - 5- Interligar essa passagem com as ruas de pedestres do centro da cidade.

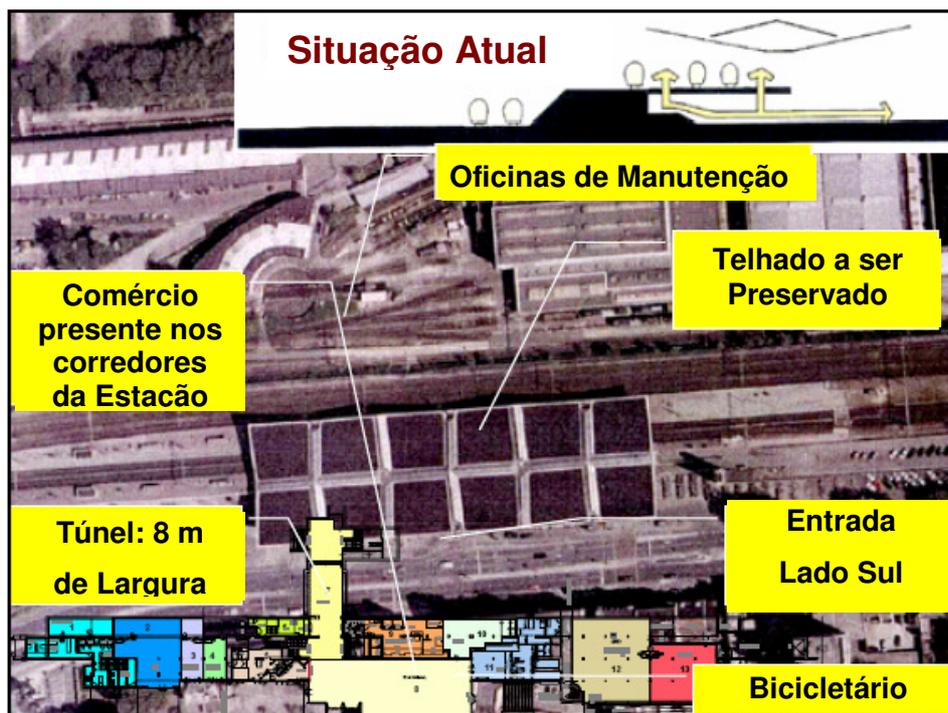


FIG 4.5: Estação de Tilburg – Situação Atual

Fonte: Adaptado de Hendriksen. Improving Transfer Capacity to Railway Station Tilburg.

Um pequeno histórico desse projeto é colocado na forma de tópicos, a seguir:

- A ProRail concluiu que um túnel de 11,2 m de largura, em lugar do atual de 8 m, atenderia à capacidade de transferência dos usuários;
- O conselho municipal desejava uma passagem com pelo menos 100 m de largura;
- Chegou-se a uma proposição de um túnel de 24 m de largura;
- Embora o benefício para a ProRail fosse atingido com o túnel de 11,2 m de largura, ela arcaria com a maior parte dos custos de um túnel mais largo.

Em função desse encargo, o estudo de valor realizado teve como meta encontrar soluções alternativas que cumprissem as funções essenciais, com os requeridos desempenhos, a um menor custo. Participaram da equipe representantes da ProRail, do comércio local da estação, empresa construtora, conselho municipal (desenvolvimento urbano), engenheiros de custo e arquitetos.

A linha mestra do Projeto existente, que já se encontrava com cerca de 20 % desenvolvido, estabelecia:

- Construção do túnel, no local (in situ), a partir do lado sul;
- Medidas temporárias em prol do comércio local durante as obras;
- Implantar suportes para o telhado uma vez que ele seria preservado;
- Túnel com largura de 24 m, com pilares centrais, e altura de 3,2 m.

A FIG 4.5 informa os principais custos envolvidos. Os maiores custos são os ligados às obras civis – túnel e novo prédio da estação, mas se destaca que o terceiro maior custo são as medidas temporárias para o comércio local durante o período das obras.

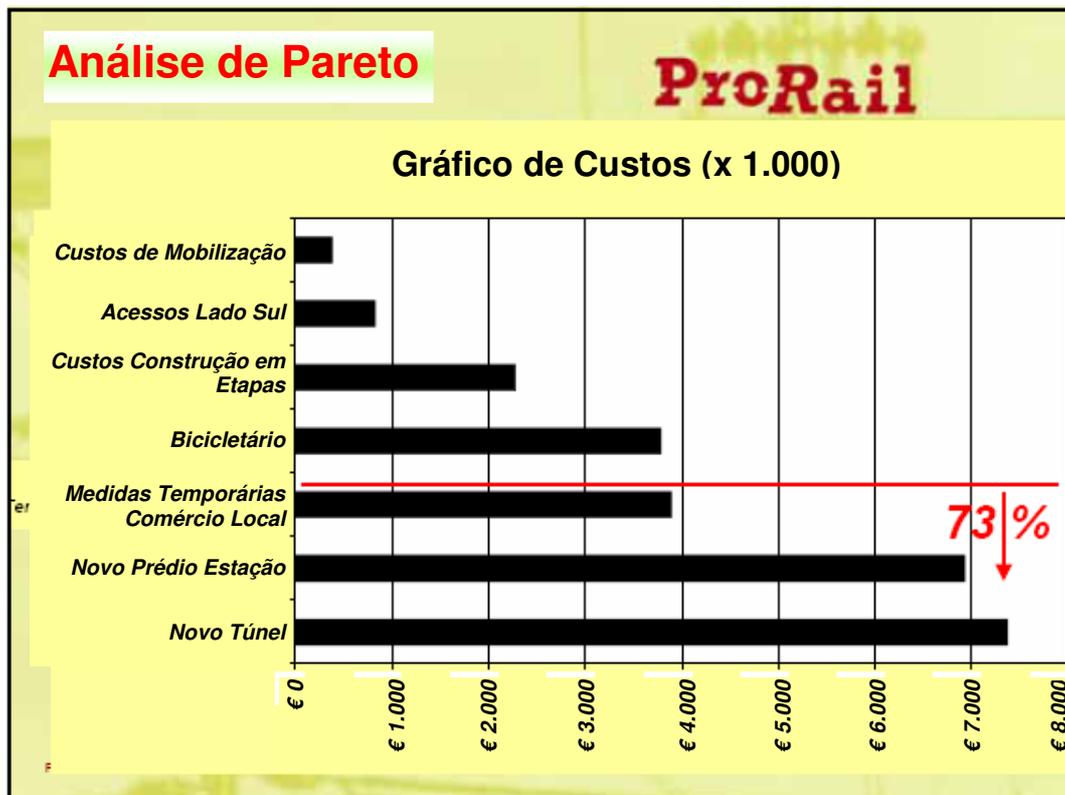


FIG 4.6: Custos do Túnel da Estação de Tilburg

Fonte: Adaptado de Hendriksen. Improving Transfer Capacity to Railway Station Tilburg.

As soluções propostas pelo Estudo de Valor, assim como o julgamento pelos critérios de avaliação, foram apresentadas de forma bastante visual conforme a TAB 4.11. Não há uma menção explícita na documentação disponível sobre esse estudo, mas é dedutível que há uma escala de graduação da cor vermelha (baixa) à verde escura (alta) para indicar o grau de aceitação da solução alternativa.

Dentre as propostas de maior economia de custos - 3, 4 e 5, foi escolhida a de número 4 por ter desempenho superior às propostas 3 e 5 nos critérios de percepção do usuário e qualidade ambiental, tendo o mesmo desempenho nos demais critérios. Ressalta-se que dois dos critérios de avaliação, percepção pelo usuário e qualidade comercial, tinham o enfoque da parcela da sociedade beneficiada e afetada pelo projeto. A solução recomendada (Hendriksen, 2006):

- Muda o método construção no local (in situ) para pré-construção e deslizamento da estrutura;
- É construída a partir do lado norte;
- Cruza as vias em ângulo;
- Possui largura de 18 a 20 m e altura de 3,2 m;
- Apresenta uma boa conexão ao centro da cidade;
- Possui suportes externos para sustentar o telhado;
- Possibilita uma economia total de 8,6 milhões de euros;
- Possibilita uma economia de 5,9 milhões de euros no túnel.

Algumas conclusões destacadas por esse estudo de EV / AV são (Hendriksen, 2006):

- *“A adoção de um método construtivo com pré-construção e escorregamento da estrutura provocaria muito menos interferência no tráfego de trens, além de ser mais rápido que o método com escavação”;*
- *“O conselho municipal obteve uma passagem subterrânea do lado sul para o norte da cidade a um custo bem reduzido”;*
- *“O êxito desse estudo fez com que o conselho Municipal já iniciasse o processo de aquisição da área das oficinas no lado norte”.*

**TAB 4.11: Soluções Recomendadas e Avaliação – Túnel da Estação Tilburg**

Proposta	Descrição	Avaliação Comparativa com o Projeto Original							
		Percepção Usuário	Qualidade Ambiental	Qualidade Funcional	Qualidade Comercial	Ambiente Futuro	Facilidades Manutenção	Facilidades Construção	Ganhos: Custos de Construção
1	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 24 - 26 m de largura, 3,2 m de altura, cruzamento ortogonal.	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde	-34 %
2	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 24 - 26 m de largura, 2,59 m de altura, cruzamento ortogonal.	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Amarelo	Verde	-36 %
3	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 15 - 17 m de largura, 3,2 m de altura, cruzamento ortogonal.	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Verde Escuro	-49 %
4	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 18 - 20 m de largura, 3,2 m de altura, cruzamento em ângulo na direção de Spoorlaan.	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Verde Escuro	-42 %
5	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 18 - 20 m de largura, 2,59 m de altura, cruzamento em ângulo na direção de Spoorlaan.	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Verde Escuro	-43 %
6	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado sul, 15 - 17 m de largura, 3,2 m de altura, cruzamento ortogonal.	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	-33 %
7	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado sul, 18 - 20 m de largura, 3,2 m de altura, cruzamento em ângulo na direção de Spoorlaan.	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	-23 %
8	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado norte, 15 - 17 m de largura, 2,59 m de altura, cruzamento ortogonal.	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	-33 %
9	Pré-construção, deslizamento da estrutura a partir do lado sul, 18 - 20 m de largura, 2,59 m de altura, cruzamento em ângulo, direção do Centro da Cidade.	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde	Amarelo	Verde	Amarelo	-23 %

Fonte: Hendriksen. Improving Transfer Capacity to Railway Station Tilburg



## **5 ESTUDO DE CASO - IMPLANTAÇÃO DE NOVA SINALIZAÇÃO NO TRECHO RECIFE – BARRO DA CBTU / STU-RECIFE**

### **5.1 A MALHA FERROVIÁRIA DA STU - RECIFE**

A Superintendência de Trens Urbanos de Recife – STU-REC, da Companhia Brasileira e Trens Urbanos – CBTU, opera com duas linhas, atendendo aos corredores centro e sul da Região Metropolitana do Recife, sendo a Linha Centro eletrificada, com padrão operacional de trem metropolitano e a Linha Sul com tração a diesel e características de trem de subúrbio.

Esse sistema encontra-se em expansão, com a transformação de parte da Linha Sul - 14,3 km, entre Recife e Cajueiro Seco, para o padrão de trem metropolitano, a exemplo da Linha Centro. A expansão de 4,7 Km na Linha Centro, trecho Rodoviária – Camaragibe, já se encontra em operação comercial plena, desde novembro de 2006.

Com 20 estações e 29,3 km de extensão, incluindo os 5,8 Km do trecho Recife – Imbiribeira, o Metrô do Recife transporta atualmente cerca de 190 mil usuários por dia, com 45 linhas de ônibus interligadas em 6 terminais fechados do Sistema Estrutural Integrado (SEI), que realizam integração física e tarifária. Está prevista para setembro de 2008, a operação do trecho Recife - Porta Larga e, em dezembro de 2008, a operação plena até Cajueiro Seco.

Portanto, em dezembro de 2008, o metrô do Recife passará a operar em via dupla e exclusiva, 37,8 Km de linhas eletrificadas em 3.000 volts, corrente contínua, rede aérea, bitola de 1,60 m, com sistema de sinalização, via e bordo, controle centralizado de tráfego e energia (tração) e uma frota de 25 trens-unidade elétricos (TUEs) com 4 carros cada.

A configuração geral da malha ferroviária da STU-REC encontra-se na FIG 5.1.

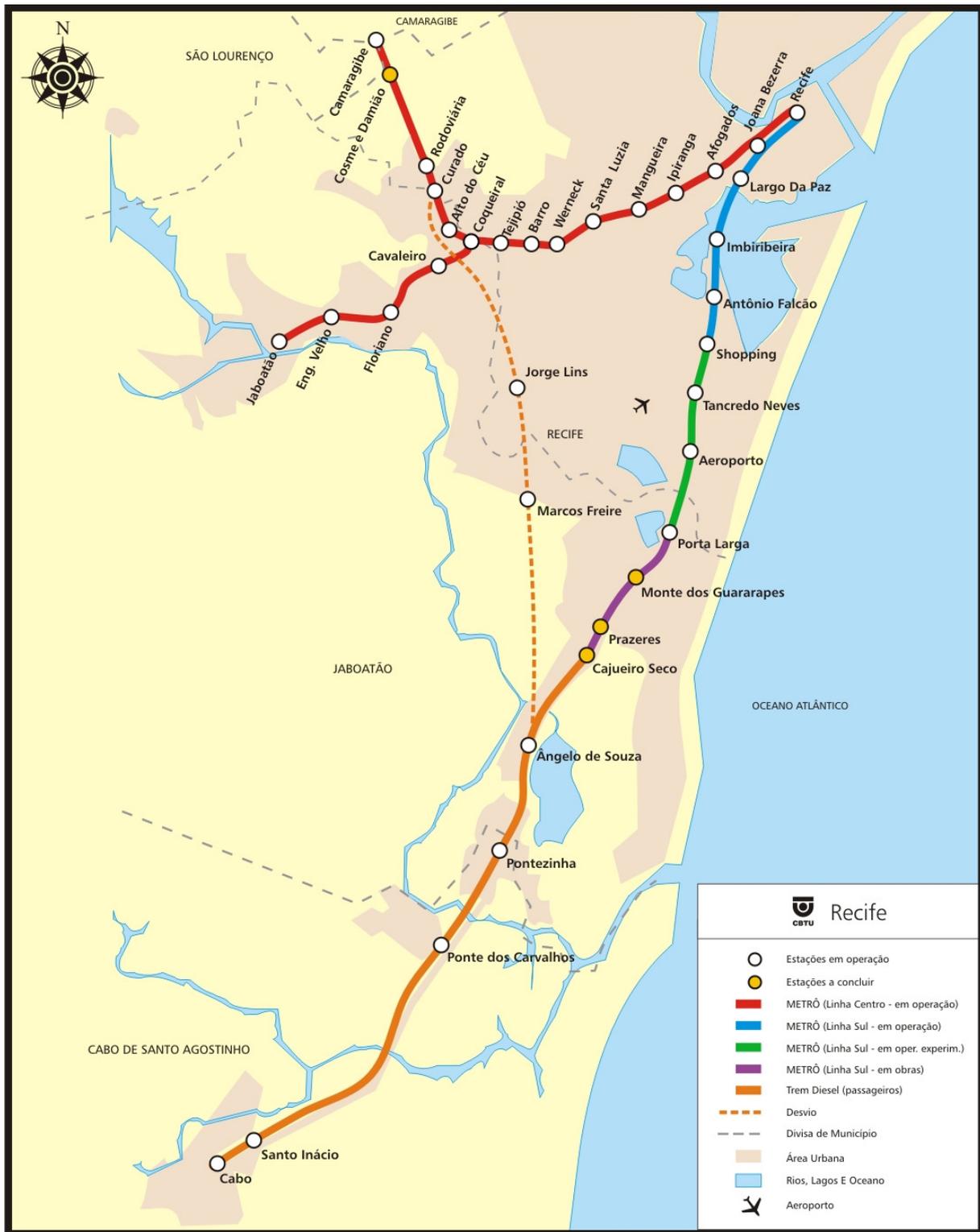


FIG 5.1: Esquema Geral das Linhas da CBTU / STU-REC

Fonte: CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos – Galeria – Mapas.

## 5.2 O SISTEMA DE SINALIZAÇÃO DA STU-REC

Após a presente etapa do programa de expansão dos trens metropolitanos de Recife, os sistemas de sinalização das Linhas Centro e Sul ficarão com as seguintes características:

### **Linha Centro (Recife – Coqueiral – Camaragibe – Jaboatão)**

- Sistema de intertravamento distribuído em nove domínios (trechos de via) instalados nas salas técnicas das estações Recife, Ipiranga, Werneck, Coqueiral, Alto do Céu, Rodoviária, Camaragibe, Cavaleiro e Jaboatão. Todos os intertravamentos são a relés, com exceção do de Camaragibe que é de tecnologia digital, baseado em microprocessadores. O domínio de Recife passará a contar com intertravamento digital;
- Circuitos de Via baseados em tecnologia de relés reed em toda a extensão, com exceção do trecho Rodoviária – Camaragibe que possui circuitos de via em audiodfrequência;
- Máquinas de Chave elétricas para comandos dos AMVs e sinaleiros do tipo anão;
- Intervalo permitido entre trens (“headway”) de três minutos em toda a extensão;

A FIG 5.2 ilustra a descrição acima com o atual Plano de Vias e Sinais. As estações com os Intertravamentos são aquelas que concentram os Aparelhos de Mudança de Via.

### **Linha Sul (Recife – Cajueiro Seco)**

- Sistema de intertravamento distribuído em três domínios (trechos de via) instalados nas salas técnicas das estações Recife, Tancredo Neves e Cajueiro Seco. Todos os intertravamentos são de tecnologia digital, baseado em microprocessadores;
- Circuitos de Via baseados em audiodfrequência em toda a extensão;
- Máquinas de Chave elétricas para comandos dos AMVs e sinaleiros do tipo anão com emprego de diodos que emitem luz (leds).
- Intervalo permitido entre trens (“headway”) de três minutos em toda a extensão;

O sistema conta ainda com um Centro de Controle Operacional para controle do movimento dos trens e do sistema de tração de ambas as linhas. A frota é equipada com um novo sistema de bordo para supervisão das velocidades máximas autorizadas e frenagem automática em qualquer violação das condições apresentadas aos maquinistas.

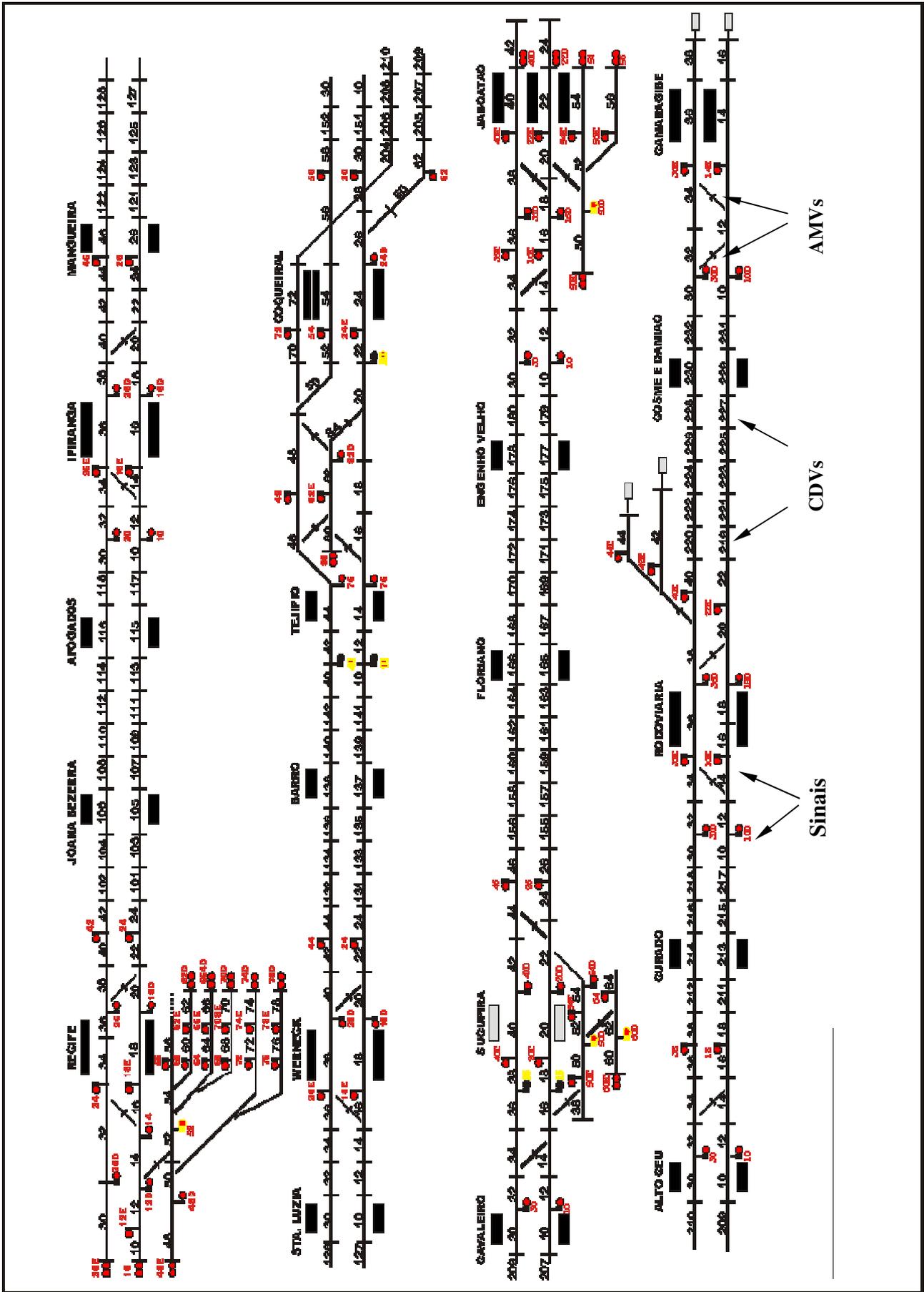


FIG 5.2: Plano de Vias e Sinais da Linha Centro – STU-REC

Para uma melhor compreensão das funções dos componentes de um sistema de sinalização, encontra-se a seguir um glossário com a terminologia empregada nesse capítulo, que é constante das especificações técnicas do Edital de Licitação RE-11 – CBTU.

**Alinhamento de Rota:** Posicionamento de AMVs e abertura do sinal pertinente, antecedendo a liberação do tráfego para um determinado bloco.

**Alinhamento de Rota de Chamada:** Posicionamento de AMVs e acionamento do aspecto vermelho piscante do sinal pertinente, antecedendo a liberação do tráfego para um determinado bloco que esteja ocupado.

**Alinhamento de Rota em Modo Automático:** Manutenção do posicionamento de AMVs e abertura do sinal pertinente, antecedendo a liberação do tráfego para um determinado bloco, assim que uma composição que ocupe esse determinado bloco o libere.

**Aparelho de Mudança de Via – AMV:** Conjunto dos mecanismos que permitem a seleção da direção a ser seguida por um TUE ou veículo ferroviário em uma bifurcação da via permanente.

**Automatic Train Control – ATC:** Sistema constituído de equipamentos embarcados e equipamentos de via que supervisiona a velocidade do trem, garantindo a segurança da circulação em relação às velocidades permitidas pelo Sistema de Sinalização.

**Bloco:** Trecho de via férrea sinalizada composto por um ou mais circuitos de via que, em operação normal, quando ocupado por uma primeira composição ferroviária, não pode ser ocupado simultaneamente por uma segunda composição ferroviária que trafega no mesmo sentido ou em sentido oposto.

**Bloqueio Automático:** Conjunto de equipamentos integrantes do Sistema de Sinalização, interligados através de circuitos de segurança que se iniciam e terminam em Intertravamentos adjacentes, que atuam de tal forma que as operações desses equipamentos impedem a autorização de movimentos conflitantes entre os Intertravamentos adjacentes, mas permite movimentos de composições ferroviárias no mesmo sentido, fisicamente separadas por blocos, quando cumpridas as condições de segurança (distâncias de frenagem).

**Bondes ou Bobinas de Impedância:** Equipamentos instalados nas extremidades dos circuitos de via, onde existam juntas isolantes, cuja função é permitir a continuidade da corrente de tração (retorno) e impedir a invasão da corrente de um circuito de via no circuito de via adjacente.

**Cab-Signal ou Sinal de Cabine:** Painel na cabine dos TUEs que informa ao maquinista a velocidade máxima permitida para circulação num bloco, a partir de códigos de velocidade informados pelos circuitos de via ao ATC.

**Circuito de Via – CDV:** Um circuito elétrico do qual os trilhos da via permanente fazem parte, que permite a detecção da presença de material rodante e envio dos códigos de velocidade ao ATC de Bordo.

**Código de Velocidade:** Sinal elétrico codificado ao qual se associa um limite de velocidade a ser observado para a movimentação segura dos trens, apresentado ao maquinista pelo Sinal de Cabine para definir as velocidades máximas permitidas em cada circuito de via.

**Falha Segura - "Fail Safe":** Princípio pelo qual, para qualquer falha plausível de seus componentes ou qualquer entrada imprópria, o circuito ou equipamento apresenta na saída um sinal que conduz o sistema a um estado seguro: redução de velocidade ou parada total dos trens.

**Headway:** Intervalo de tempo entre dois trens consecutivos trafegando com velocidade máxima permitida na mesma via e no mesmo sentido.

**Intertravamento:** Conjunto de equipamentos integrantes do Sistema de Sinalização, cujas características de projeto dos respectivos circuitos elétricos, eletrônicos e programas (software) responsáveis por sua operação, determinam uma seqüência de operações interligadas, que possibilitará o alinhamento, autorização de rotas e a determinação do nível de velocidade imposto às composições, em estrita obediência ao princípio da falha segura.

**Intertravamento a Relés:** Conjunto de relés eletromecânicos que compõem circuitos elétricos para realizar as funções de um intertravamento.

**Intertravamento Digital:** Conjunto de microprocessadores e circuitos eletrônicos que, juntamente com seus programas (software), realizam as funções designadas a um intertravamento. O intertravamento digital da ALSTOM do Brasil é denominado CMT – Controle de Movimentação de Trens.

**Junta Isolante:** Dispositivo instalado na via para isolar eletricamente duas seções de trilho e delimitar o comprimento de um circuito de via.

**Junta Elétrica (Z-Bond):** Dispositivo instalado na via, sintonizado na frequência de um transmissor de circuito de via cuja função, além de delimitar seu comprimento, é permitir que o sinal do transmissor chegue ao receptor do mesmo circuito de via.

**Máquina de Chave:** Dispositivo eletro-mecânico que movimenta e trava as pontas de agulha de um AMV.

**Perfil de Velocidade:** Perfil teórico das velocidades cumpridas pelo trem em função das características dinâmicas do material rodante, geometria da via permanente e da seqüência dos códigos de velocidade transmitidos nos trilhos pelos circuitos de via e recebidos pelo ATC de Bordo (ver exemplo na FIG 5.3).

**Perfil de Frenagem:** Perfil teórico das velocidades cumpridas pelo trem em função das características dinâmicas do material rodante, geometria da via permanente e da seqüência dos códigos de velocidade transmitidos nos trilhos pelos circuitos de via e recebidos pelo ATC de Bordo no caso de parada obrigatória motivada por um sinal fechado ou bloco ocupado à frente (ver exemplo na FIG 5.3).

**Receptor de Circuito de Via:** Conjunto de equipamentos responsáveis por receber os sinais elétricos enviados pelo transmissor de circuito de via e informar ao Intertravamento se o trecho supervisionado está livre ou ocupado.

**Sala Técnica ou Sala de Equipamentos:** Sala localizada nas estações que abriga equipamentos de sinalização ferroviária.

**Sentido de Tráfego:** Função gerada automaticamente pelo Intertravamento que, ao alinhar uma rota, determina para todos os circuitos de via dessa rota o mesmo sentido de circulação de uma composição ferroviária.

**STU-REC:** Designação dada à Superintendência de Trens Urbanos de Recife pertencente à Companhia Brasileira de Trens Urbanos - **CBTU**, operadora do sistema de transporte de passageiros sobre trilhos na região metropolitana do Recife.

**Tabela de Rotas:** Representação em forma tabular das condições de formação e cancelamento de rotas, rotas conflitantes, posição de AMVs, aspectos de sinais, códigos de velocidade e demais condições das funções de intertravamento de uma seção da via (Domínio - ver exemplo na FIG 5.4).

**Transmissor de Circuito de Via:** Conjunto de equipamentos responsáveis por gerar os sinais elétricos a serem enviados aos trilhos, com o objetivo de efetuar a detecção da presença de material rodante e informar os códigos de velocidade ao ATC.

**Travessão:** Conjugação de dois AMVs, numa via dupla, que se movimentam solidariamente e permitem a seleção da direção a ser seguida por um TUE ou veículo ferroviário passar de uma via para outra.

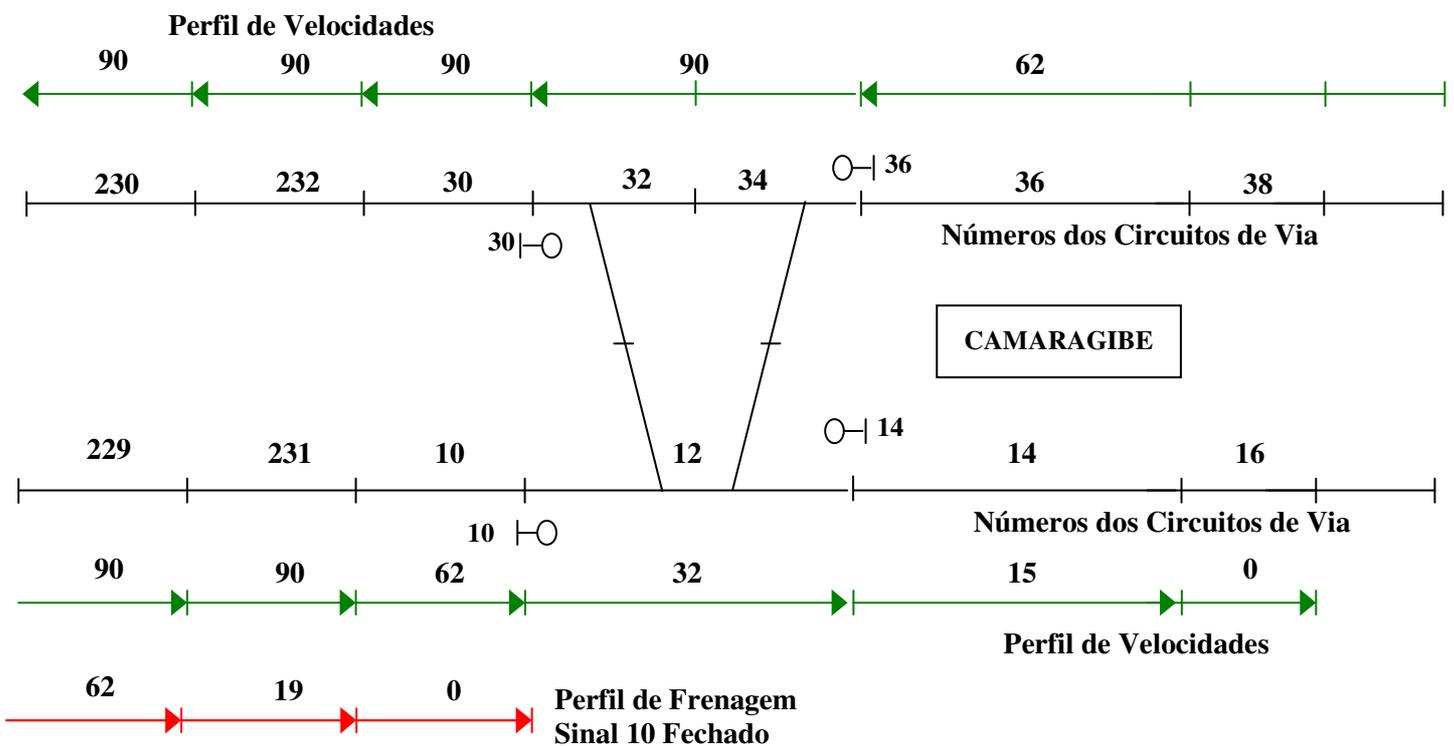
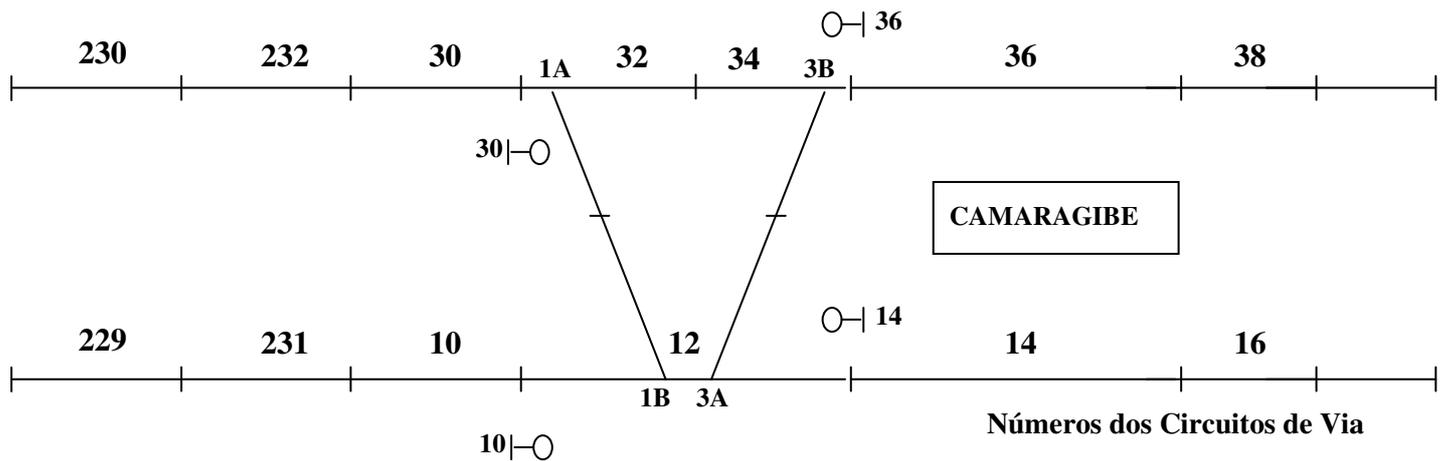


FIG 5.3: Exemplos de Perfis de Frenagem e de Velocidades



**TABELA DE ROTAS**

Rota	CDVs Livres	AMV Normal	AMV Reverso	Rotas Conflitantes	Aspectos Sinais
14-30	12,32,30,232	3A-3B	1A-1B	30-14; 30-36 10-14; 14-10 36-10; 36-10	14 Verde 10 Vermelho 30 Vermelho 36 Vermelho
10-36	12,34,36,38	1A-1B	3A-3B	36-10; 36-30 14-10; 14-30 30-14; 30-30	10 Verde 14 Vermelho 30 Vermelho 36 Vermelho
36-10	34,12,10,231	1A-1B	3A-3B	10-36; 10-14 14-10; 14-30 30-36; 30-14	36 Verde 10 Vermelho 14 Vermelho 30 Vermelho
30-14	32,12,14,16	3A-3B	1A-1B	14-30; 14-10 36-30; 36-10 10-36; 10-14	30 Verde 10 Vermelho 14 Vermelho 36 Vermelho

FIG 5.4: Exemplo de Tabela de Rotas

### 5.3 A MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DO VALOR

O sistema de intertravamento da região de Recife – Linha Centro, em função da construção da Linha Sul partindo da própria estação de Recife, com paralelismo até Joana Bezerra e interface entre as linhas por meio dos travessões 21 e 23, além de outras mudanças

na configuração das vias – introdução do AMV 19 e do Travessão 25, terá que passar por significativas alterações para ser capaz de realizar as novas funções advindas dessas alterações. (Ver FIG 5.5)

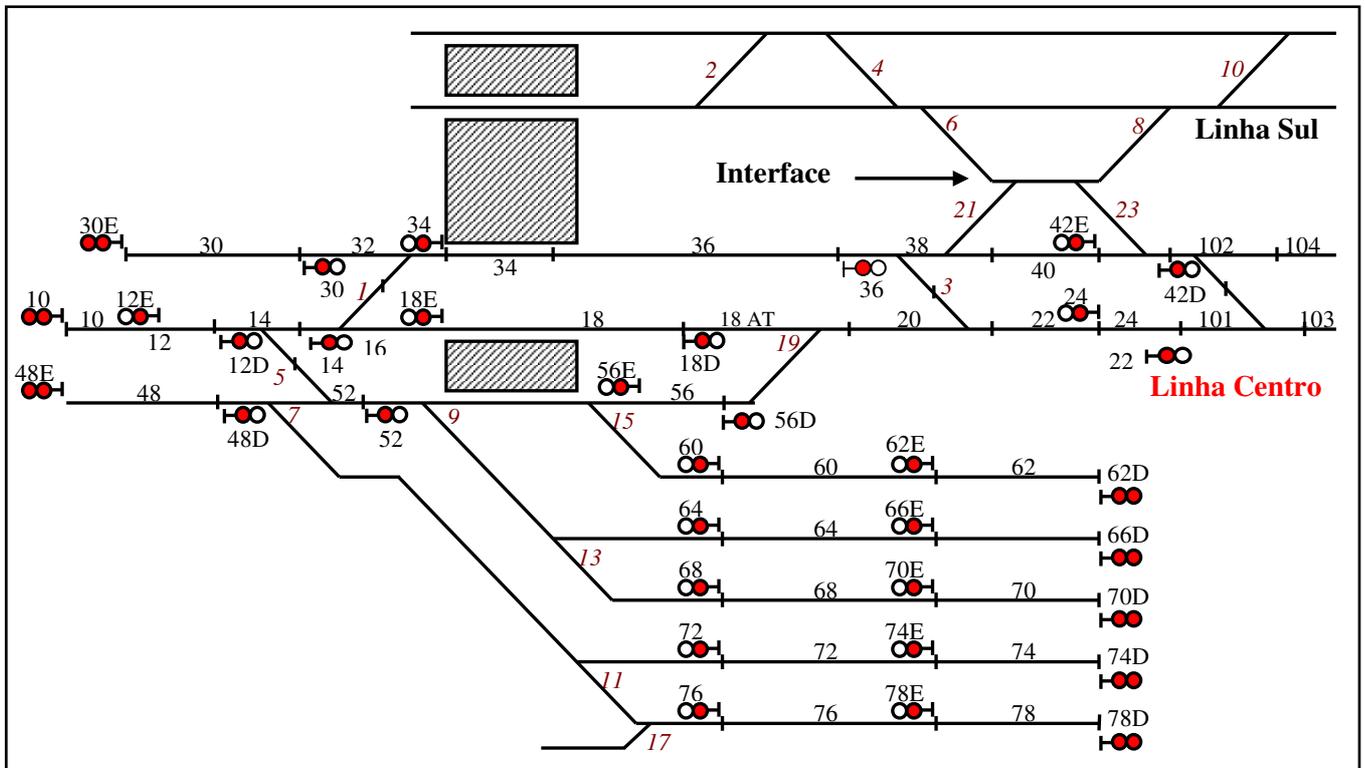


FIG 5.5: Plano de Vias e Sinais da Estação Recife – Linhas Centro e Sul

A concepção inicial previa um único intertravamento digital para todo esse complexo de vias e rotas para substituir o atual intertravamento a relés e incorporar as funções de intertravamento das novas vias. Esse escopo faz parte das obrigações da empresa ALSTOM DO BRASIL, contratada da CBTU para projetar e implantar toda a expansão e modernização do sistema da sinalização da STU-REC, com os seguintes empreendimentos:

- Sinalização da expansão Rodoviária - Camaragibe;
- Sinalização da Linha Sul de Recife a Cajueiro Seco;
- Substituição do Sistema ATC de Bordo na frota de 25 TUEs;
- Sistema Centralizado de Controle de Tráfego e Energia para toda a malha eletrificada da STU-REC;
- Sinalização do Pátio das Oficinas de Cavaleiro.

Por razões técnicas, visando minimizar dificuldades de implantação, a ALSTOM optou por separar os equipamentos de intertravamento das vias da Linha Sul e da Linha Centro na

região de Recife. Com isso, serão instalados em Recife dois Equipamentos CMT: um para controlar as vias da Linha Centro, de Recife até Afogados, e outro para controlar as vias da Linha Sul, de Recife a Imbiribeira.

Outro ponto importante da concepção inicial do projeto é que os novos circuitos de via a serem introduzidos na região de Recife, em função dos travessões de interface com a Linha Sul, seriam da mesma tecnologia dos existentes na Linha Centro: circuitos de via em corrente alternada que utilizam relés do tipo reed, de fabricação da General Electric Company – General Signal (CDV AC – GEC-GS).

A ALSTOM, face às dificuldades de adquirir esse tipo de circuito de via no mercado internacional, já estudava a possibilidade de empregar os circuitos de via em áudiofrequência de seu fornecimento (CDV AF), tendo colocado claramente essa opção para a CBTU.

A conjugação dessas duas opções propiciou uma oportunidade para que a CBTU avaliasse a aplicação desse tipo de circuito de via numa extensão maior da Linha Centro, baseada nas seguintes situações:

- a) O equipamento CMT tem capacidade de controlar as funções de intertravamento de extensões de via maiores e mais complexas;
- b) Um gabinete ECV – Eletrônica de Circuitos de Via tem capacidade para controlar mais CDVs AF do que aqueles que seriam criados na região de Recife;
- c) Dificuldade de aquisição de sobressalentes para o sistema de sinalização da Linha Centro, principalmente para os circuitos de via;
- d) Quantidade elevada de falhas de sinalização na Linha Centro, mormente nos circuitos de via (29 falhas por mês);
- e) Alto custo de manutenção corretiva dos bondes de impedância, juntas isolantes e suas implicações na via permanente;
- f) Necessidade de aumentar a capacidade de transporte no trecho tronco da Linha Centro, Recife – Coqueiral, pela alta solicitação no pico da tarde partindo de Recife.

Motivado por esse conjunto de fatores, a CBTU decidiu estudar a viabilidade de estender o emprego dos CDVs AF, os mesmos empregados na Linha Sul e no trecho Rodoviária – Camaragibe, entre Recife e Coqueiral e, com isso, buscar resolver os problemas de capacidade de transporte, confiabilidade e manutenção de seu sistema de sinalização.

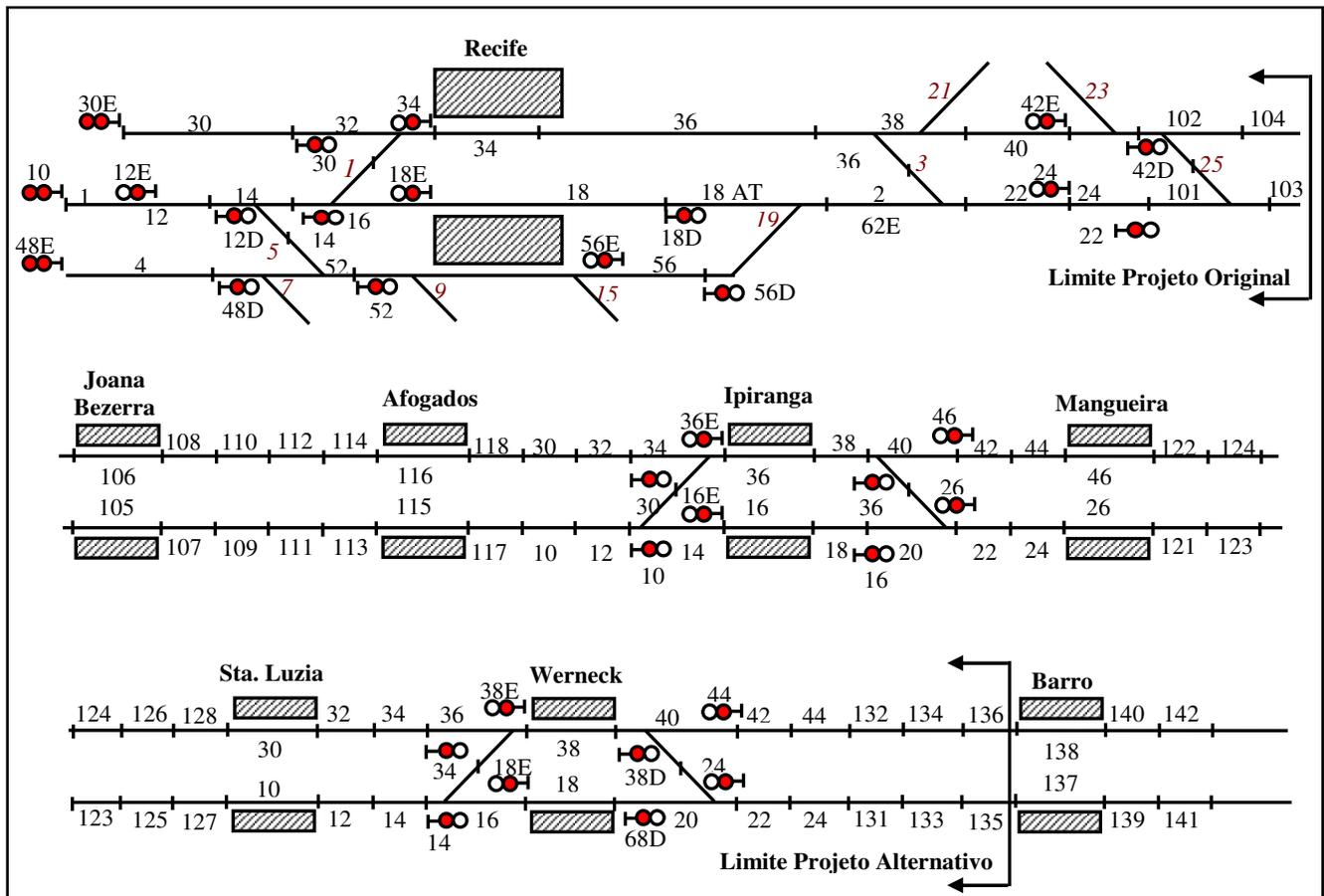


FIG 5.6: Extensão dos Projetos Original e Alternativo

Foram então aplicadas técnicas da Engenharia e Análise do Valor, baseadas no Plano de Trabalho do Caltrans, para fazer essa avaliação.

## 5.4 A FASE DE PREPARAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

### 5.4.1 REUNIÕES DE PRÉ - ESTUDO

Com o apoio da Diretoria Técnica da CBTU e da Gerência de Engenharia da STU-REC, foi programada uma reunião inicial em Recife para cumprir os seguintes objetivos:

- Exposição dos principais conceitos e propósitos da Engenharia e Análise do Valor;
- Exposição do plano de trabalho do CALTRANS;
- Escolha dos membros da Equipe;

- Formalização do apoio ao estudo pela projetista do sistema de sinalização - ALSTOM DO BRASIL.

Dessas exposições participaram representantes das Coordenadorias de Obras, Operação e Manutenção da STU-REC, além de representantes da projetista que se prontificaram a apoiar o estudo sem necessidade de formalização. Em seguida a essas exposições foram indicados por cada Coordenadoria os participantes da Equipe de Valor que ficou composta por oito membros, conforme consta da TAB 5.1 – Equipe de Análise do Valor.

Estabelecida a equipe, a reunião inicial cumpriu os seguintes objetivos:

- Compreensão pelos membros de todo o processo do estudo;
- Conhecimento da linha básica do estudo - o projeto original e seu escopo;
- Conhecimento do projeto alternativo, seu escopo, seus propósitos e suas necessidades;
- Conhecimento e compreensão das metas pretendidas com o Estudo do Valor;
- Necessidade de se estabelecer as Medidas de Desempenho para avaliação dos projetos.

#### 5.4.1.1 O PROJETO ORIGINAL

Independentemente da opção da ALSTOM pelo emprego dos CDVs AC ou AF, o projeto original tem o seguinte escopo:

- Realizar todas as funções e intertravamento do domínio de Recife com o equipamento CMT proposto;
- Prover as funções de interface com o intertravamento do domínio de Ipiranga;
- Comandar e fazer a leitura dos estados de todas as máquinas de chave, sinaleiros, circuitos de via e geradores de códigos de velocidade que permanecerão operando no domínio de Recife;

Espera-se que, com os novos circuitos de via introduzidos, seja melhorada a chegada dos trens na estação Recife provenientes de Joana Bezerra, atualmente com restrição de 15 Km / h a partir do CDV 42 (ver FIG. 5.2), mediante uma melhor distribuição dos códigos de velocidade. Outro propósito é o restabelecimento do estoque de relés de intertravamento sobressalentes da STU-REC, uma vez que grande parte já foi empregada nos 23 anos de

operação e nas adequações do intertravamento de Rodoviária pela introdução das vias de estacionamento. Associada a essa implantação não há qualquer melhoria prevista na capacidade de transporte na Linha Centro.

**TAB 5.1 – Equipe de Análise do Valor**

<b>RELATÓRIO SUMÁRIO DE ESTUDO DE AV PARTICIPANTES E PROGRAMAÇÃO</b>			<b>CBTU-AC STU-REC</b>
<b>Nome do Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>			
<b>LÍDERES DE EQUIPE</b>			
<b>Nome</b>	<b>Organização</b>	<b>Disciplina / Posição</b>	<b>Especialização</b>
Márcio Cazelli	CBTU-AC / Diretoria Técnica	Líder de Equipe	Sinalização Ferroviária
<b>MEMBROS DA EQUIPE DE ESTUDO</b>			
Ricardo Esberard	STU-REC / Gerência de Engenharia	Engenheiro de Projetos	Sinalização Ferroviária
Fabiano Sales	STU-REC / Depto. Sistemas de Via	Chefe Depto. Manutenção	Manutenção
Roberto Maranhão	STU-REC / Depto. Operação	Engenheiro de Operação	Operação Ferroviária
Júlio Cezar	STU-REC / Gerência de Sistemas Fixos	Gerente de Manutenção	Sinalização Ferroviária
Luís Alberto	STU-REC / Gerência de Engenharia	Interface Manutenção	Sinalização Ferroviária
Marilton Uchôa	STU-REC / Gerência de Laboratório	Gerente do Laboratório	Eletro-Eletrônica
Alejandro Livera	SMZ / Coordenador de Implantação	Engenheiro de Projetos	Sinalização Ferroviária
<b>CONTATOS DA PROJETISTA</b>			
Paulo Sérgio Moreira	Alstom	Coordenador de Projetos	Sinalização Ferroviária
Paulo Stuart	Alstom	Coordenador de Propostas	N / A
Sérgio Miwa	Alstom	Gerente de Implantação	Sinalização Ferroviária
<b>CONSULTORES DA EQUIPE PARA PESQUISAS</b>			
<b>REVISORES TÉCNICOS DO ESTUDO</b>			
Márcio Cazelli	CBTU-AC / Diretoria Técnica	Líder de Equipe	Sinalização Ferroviária
<b>TOMADORES DE DECISÃO DO PROJETO</b>			
Diretoria da CBTU			

#### 5.4.1.2 O PROJETO ALTERNATIVO

Como consequência da possibilidade de opção pelo emprego dos CDVs AF no projeto original, propõe-se o máximo aproveitamento da capacidade desses equipamentos, CMT e ECV, estendendo suas aplicações num trecho maior da Linha Centro. O escopo passa a ser:

- Realizar todas as funções e intertravamento dos domínios de Recife, Ipiranga e Werneck com o equipamento CMT proposto;
- Prover as funções de interface com o intertravamento do domínio de Coqueiral;
- Comandar e fazer a leitura dos estados de todas as máquinas de chave, sinaleiros e circuitos de via que permanecerão operando nos domínios de Recife, Ipiranga e Werneck;
- Realizar as funções de detecção de presença de trens e geração de códigos de velocidade com os CDVs AF de fornecimento próprio da ALSTOM;

Os principais propósitos desse projeto são:

- Melhorar o desempenho da chegada dos trens na estação Recife, que atualmente é restrita a 15 Km / h, mediante melhor distribuição de códigos de velocidade nos circuitos de via de aproximação;
- Aumentar a capacidade do trecho Recife – Coqueiral com uma possível diminuição do headway e aumento da velocidade comercial, adotando um melhor perfil de velocidades, tendo em vista que o sistema de sinalização passa a contar com mais patamares de velocidade e possibilita reações mais rápidas do sistema de ATC de Bordo;
- Aumentar consideravelmente a confiabilidade do sistema de sinalização no trecho Recife – Coqueiral;
- Eliminar os bondes de impedância, juntas isolantes e suas implicações na via permanente, para diminuir os custos de manutenção do sistema de sinalização nesse trecho - materiais e mão-de-obra;
- Dotar o sistema de sinalização de maiores facilidades de manutenção.

Com os escopos e propósitos definidos passa-se à coletânea de dados para obtenção de todos os custos envolvidos na análise.

#### 5.4.2 COLETÂNEA DOS DADOS

A Equipe de AV selecionou para acesso e conhecimento de todos os participantes a documentação abaixo relacionada:

- Edital de Licitação RE-11 – CBTU para contratação dos empreendimentos listados no item 5.3 dessa dissertação;
- Proposta ALSTOM para o Edital de Licitação RE-11;
- Contrato 037-2002 / DT entre a CBTU e ALSTOM e seus Termos de Alteração;
- Plano de Vias e Sinais da Linha Centro (GEC-GS);
- Propostas da ALSTOM para fornecimento de Circuitos de Via Reed, Geradores de Códigos de Velocidade, Filtros Reed e Relés do Sistema da Linha Centro.
- Proposta da ALSTOM para emprego dos CDVs AF entre Recife e Barro e suas revisões;

Além dessa documentação, seria necessário o conhecimento dos itens relacionados a seguir para ser possível compor todos os custos de implantação e custos no ciclo de vida, período de 20 anos, para avaliação dos projetos e das soluções alternativas:

- Quantidade de módulos sobressalentes dos equipamentos GEC-GS em estoque na STU-REC;
- Equipamentos sobressalentes para o sistema de sinalização, e suas quantidades estimadas, para os próximos 10 anos de operação na Linha Centro;
- Equipamentos necessários para implantar a linha de teste do Pátio de Cavaleiro, uma vez que, se implantado o Projeto Original, não haveria sobra de equipamentos para esse fim;
- Índices de falhas e intervenções da manutenção no sistema de sinalização de campo, por domínio de intertravamento;
- Itens de consumo relevantes da manutenção dos circuitos de via, bondes de impedância, juntas isolantes, equipamentos de intertravamento e laboratório;
- Falhas notáveis de sinalização de campo, trecho Recife – Barro, que provocaram atrasos nos trens superiores a 6 minutos nos últimos 5 anos;
- Informações dos metrô de São Paulo e Brasília que operam com esse mesmo sistema da ALSTOM que sejam úteis na estimativa dos custos de manutenção do Projeto Alternativo.

### 5.4.3 PREPARO DOS DADOS

#### 5.4.3.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ORIGINAL

Esses custos, em sua maioria, fazem parte do Contrato 037-2002/DT entre a CBTU e a ALSTOM. Alguns equipamentos, materiais e serviços serão comuns ao Projeto Alternativo e, portanto, seus custos não serão computados para efeito do Estudo do Valor, uma vez que interessam as diferenças de custos entre os projetos. A memória de cálculo dos custos considerados para o Projeto Original encontra-se no Apêndice 9.1 – Cálculos dos Custos de Implantação - Projeto Original. A TAB 5.2 resume tais custos, referenciados a Dezembro de 2007.

**TAB 5.2 – Custos de Implantação – Projeto Original**

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Sinalização Recife – Joana Bezerra</i>			CBTU STU-REC
Elementos do Sistema	Quantidade	Custo	% do Total
<b>Intertravamento</b>			
Equipamento CMT			
Equipamento GC			
<b>Subtotal Intertravamento</b>	--X--	--X--	--X--
<b>Circuitos de Via</b>			
Conjunto Transmissor - Receptor			
Geradores de Código			
<b>Projeto</b>	--X--	--X--	--X--
<b>Implantação</b>	--X--	--X--	--X--
<b>Testes</b>	--X--	--X--	--X--
<b>Sobressalentes</b>			
Relés de Intertravamento	100	R\$ 112.728	22 %
Filtros tipo Reed	60	R\$ 135.274	26 %
Conjunto ATC Campo	6	R\$ 94.557	18 %
<b>Subtotal Sobressalentes</b>		<b>R\$ 342.559</b>	<b>66 %</b>
<b>Geradores de Código - Linha de Teste</b>	10	R\$ 173.602	34 %
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 516.161</b>	<b>100 %</b>

### 5.4.3.2 CUSTOS NO CICLO DE VIDA – PROJETO ORIGINAL

Seguindo o modelo do Plano de Trabalho do Caltrans, descrito no Capítulo 3, os custos no ciclo de vida do presente estudo serão considerados num período de 20 anos. Recomenda também que a taxa de desconto a ser aplicada seja uma taxa real, ou seja, uma taxa nominal descontada a expectativa de inflação.

O desconto de expectativas inflacionárias é bastante discutido nas análises econômicas ou financeiras de longo prazo. Anexos técnicos sobre análises benefício / custo publicados pelo próprio CALTRANS discutem a composição das taxas de desconto a serem empregadas. A FIG 5.5 demonstra o efeito das taxas de desconto sobre o valor presente de um custo ou benefício futuro.

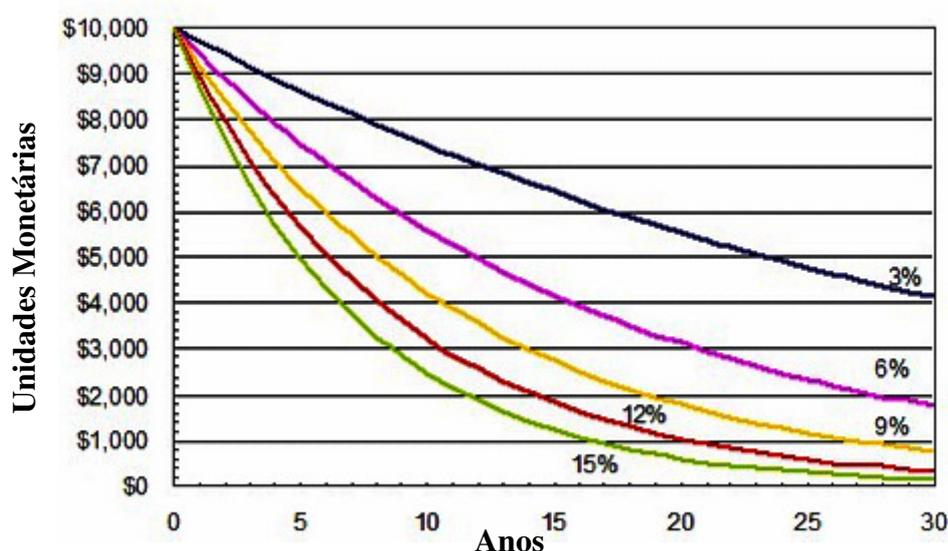


FIG 5.7: Efeitos da Taxa de Desconto no Valor Presente

Fonte: Adaptado de CALTRANS-CALIFORNIA. Discounting Benefits and Costs

Como exemplo do efeito da aplicação de uma determinada taxa de desconto, pode-se tomar um valor de \$ 10.000 que, trazido a Valor Presente a uma taxa de 3 % ao ano, num período de 30 anos, esse valor seria equivalente a \$ 4.000. Esse mesmo valor, no mesmo período, a uma taxa de 6 %, seria equivalente a menos de \$ 4.000. Descontando a uma taxa de 15 %, o valor equivalente seria de menos de \$ 1.000.

No Suplemento Técnico ao Guia do Usuário – California Life-Cycle Benefit / Cost Analysis Model, no Capítulo VIII – Taxas de Desconto, são tecidas considerações sobre essa taxa resumidas a seguir:

- A taxa de inflação não é normalmente utilizada na análise benefício / custo;

- A taxa de inflação é relevante quando está em causa uma análise de fluxos financeiros.
- O rendimento de títulos de longo prazo do Tesouro Americano, menos a previsão da inflação, é muitas vezes adotado como uma aproximação da taxa real de desconto.

Lima Júnior, Pereira Rezende e Oliveira (1992) propõem, em artigo técnico, uma nova metodologia para a determinação da taxa de desconto a ser usada na análise econômica de projetos florestais, levando em consideração as características das empresas, dos projetos e a conjuntura econômica. Foram usadas como variáveis determinantes da taxa de desconto o Índice de Risco, o Horizonte de Planejamento, a Taxa de Inflação, a Preferência por Liquidez, a Produtividade do Capital e a Posição Particular do Investidor (Valor Patrimonial da Empresa).

Salvalágio (2006), apud Blanchard (2001), em sua monografia sobre a Análise e Evolução da Taxa Selic Meta em Relação à Taxa Selic Efetiva e seus Reflexos sobre a Dívida Pública Interna, cita que, quando se analisa as decisões de investimento, além de variáveis como o nível de vendas corrente, expectativas de vendas futuras e lucros esperados, devem ser consideradas as taxas de juros reais.

O interesse do Estudo de AV nos custos do ciclo de vida é o Valor Presente dos mesmos, caracterizando-se assim uma questão de fluxo financeiro e, portanto, justificando-se o emprego de uma taxa real de desconto como previsto no Plano de Trabalho do CALTRANS e nos estudos anteriormente mencionados.

Uma vez que a Taxa Referencial Selic se origina de taxas de juros efetivamente observadas no mercado e reflete as condições instantâneas de liquidez no mercado monetário, ela será utilizada como a taxa nominal de juros. Como os preços estão referenciados ao mês de Dezembro / 2007, será então considerada a Taxa SELIC de 12,04 %, relativa ao mês de Dezembro / 2007, publicada pelo Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil – COPOM. (Disponível em [http://www.portalbrasil.net/indices\\_selic.htm](http://www.portalbrasil.net/indices_selic.htm). Capturado em 27 / 02 / 2008).

A expectativa de inflação publicada para os anos de 2008 e 2009 é de 4,5 % ao ano, conforme publicação do Banco Central do Brasil – Histórico de Metas para Inflação no Brasil (Disponível em <http://www.bcb.gov.br/?SISMETAS>. Capturado em 16 de maio de 2006).

Pelas recomendações de Lima Júnior, Pereira Rezende e Oliveira (1992), para calcular a taxa de desconto real usa-se a equação de Fisher, como segue:

$$(1 + In) = (1 + Ir) \times (1 + Ii) \quad \text{ou} \quad (1 + Ir) = (1 + In) \div (1 + Ii)$$

onde  $In$  = taxa nominal;  $Ir$  = taxa real e  $Ii$  = taxa de inflação.

Considerando  $In = 12,04\%$  e  $Ii = 4,5\%$  tem-se que  $Ir = 7,215\%$ , que será a taxa de desconto a ser aplicada para obtenção do Valor Presente dos custos no ciclo de vida. Os tipos de custos considerados são:

- **Custos Anuais Subseqüentes:** custos de operação, custos com as equipes de manutenção preventiva e corretiva, reposição de materiais de campo e laboratório.
- **Custos Subseqüentes Periódicos:** custos de reabilitação e reparos programados, na forma como trabalha a manutenção da STU-REC, podem ser considerados como custos anuais, uma vez que são dessa forma programados e, portanto, emprega-se o mesmo fator do valor presente;
- **Custos Anuais dos Usuários:** a determinação desse custo para o usuário, função das deficiências operacionais provocadas por falhas no sistema de sinalização, é bastante complexa e a CBTU não dispõe de um modelo para tal. Para comparar os dois projetos, foi adotado um custo anual de supressão de viagens conforme abordado ao final do presente item (Atrasos e Supressões de Viagem).

Todos esses custos serão trazidos à mesma linha de tempo, Dezembro de 2007, pela taxa de desconto estabelecida. A comparação entre as opções será feita com esses custos totais em valor presente. O Fator do Valor Presente para essas séries de pagamentos anuais pode ser obtida pelo programa Excel pela função VP – Valor Presente, com os seguintes parâmetros:

$$\begin{aligned} \text{Taxa} &= 7,215\% \text{ ao ano}; \text{Número de Períodos} = 20; \text{Pagamento} = -\text{R\$ } 1,00 \\ \text{VP} &= (7,215\%; 20; -1,0) = 10,42 \end{aligned}$$

A memória de cálculo desses custos considerados para o Projeto Original encontra-se no Apêndice 9.2 – Cálculos dos Custos de Implantação - Projeto Original. A TAB 5.3 resume tais custos.

**TAB 5.3 – Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original**

<b>CUSTOS NO CICLO DE VIDA</b> <i>Sinalização Recife – Joana Bezerra</i>		<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>
<b>Período do Ciclo de Vida: 20 anos</b>	<b>Taxa de Desconto: 7,215 %</b>	<b>Original</b>
<b>A. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</b>		<b>R\$ 516.161</b>
<b>Tempo de Serviço do Projeto Original: 20 anos</b>		
<b>B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES</b>		
Equipes de Manutenção		R\$ 260.000
Reposição de Componentes de Manutenção no Campo		R\$ 85.000
Reposição de Componentes de Manutenção de Laboratório		R\$ 45.000
Operação e Consumo de Energia		--x--
<b>Custos Anuais Subseqüentes Totais</b>		<b>R\$ 390.000</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>		<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes</b>		<b>R\$ 4.063.800</b>
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>		
<b>Circuitos de Via Reed</b>		
Substituição de Fusíveis de Proteção		R\$ 26.400
Reposição de Juntas Isolantes (Aquisição e Substituição)		R\$ 493.680
Remoção de Colmatagem do Lastro		R\$ 147.300
Manutenção dos Bondes de Impedância		R\$ 68.920
<b>Custos Subseqüentes Periódicos Totais</b>		<b>R\$ 736.300</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>		<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos</b>		<b>R\$ 7.672.246</b>
<b>D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)</b>		
<b>Total dos Custos Subseqüentes:</b>		<b>R\$ 11.736.046</b>
<b>E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS</b>		
Atrasos e Supressão de Viagens		R\$ 91.177
Tempo de Viagem		--x--
<b>Custos Anuais Totais dos Usuários</b>		<b>R\$ 91.177</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>		<b>10,42</b>
<b>Valor Presente Custos Anuais dos Usuários</b>		<b>R\$ 950.064</b>
<b>F. TOTAL DOS CUSTOS</b>		
<b>Total dos Custos de Implantação (A)</b>		<b>R\$ 516.161</b>
<b>Total dos Custos no Ciclo de Vida (D+E)</b>		<b>R\$ 12.686.110</b>

### 5.4.3.3 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ALTERNATIVO

Os custos de implantação foram obtidos por meio de uma proposta da ALSTOM, em nível ainda informal, cujos valores e composição estão descritos no Apêndice 9.3. Todos os custos são adicionais aos já integrantes do Contrato 037-2002/DT, tendo sido extraídos os custos comuns ao Projeto Original. A TAB 5.4 resume esses custos, referenciados ao mês de Dezembro de 2007.

Esses custos foram fruto da concepção inicial de se aproveitar ao máximo a distribuição dos circuitos de via existentes, substituí-los pelos de áudiofrequência e determinar os novos códigos de velocidade para permitir frenagens seguras, cumprimento do “headway” e velocidade comercial.

Uma primeira observação dos itens de maior contribuição percentual indica uma vinculação estreita ao item circuito de via: equipamentos, cabos, instalação e testes o que, de antemão, provocou um direcionamento ao Estudo do Valor. Pela FIG 5.6 é possível extrair os itens de maior contribuição, o que possibilitou à Equipe de Análise do Valor focalizar as funções de maior potencial de redução de custos.

Um mero enfoque econômico indica que os custos de implantação do Projeto Alternativo – R\$ 17.234.007.197,00 superam os custos totais do Projeto Original - R\$ 516.161,00 + R\$ 12.686.110,00 = R\$ 13.202.271,00, o que poderia levar o Projeto Alternativo a uma inviabilidade, mesmo considerando seus prováveis benefícios.

Para facilitar a compreensão das demais atividades das próximas fases do estudo de caso, encontra-se na TAB 5.5 um resumo descritivo do projeto e seus propósitos. Haverá uma pequena adequação do plano de trabalho em razão do projeto alternativo proposto ter uma abrangência bem superior ao original e, evidentemente, apresentar custos de implantação bem superiores.

Conhecidas suas primeiras estimativas, a fase de geração e avaliação de idéias focalizou a melhoria dessa proposição para o cumprimento dos objetivos anteriormente relacionados e diminuir esses custos. As soluções alternativas desenvolvidas compuseram então o projeto alternativo aprimorado para ser comparado em desempenho ao projeto original.

**TAB 5.4 – Custos de Implantação – Projeto Alternativo**

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC	
Elementos do Sistema	Quantidade	Custo	% do Total
<b>Intertravamento</b>			
Ampliação do Equipamento CMT	1	R\$ 261.869	
Ampliação do Equipamento GC	1	R\$ 115.183	
Painel de Comando Local	1	R\$ 201.958	3,36 %
Cabos Multicondutores CMT - TBs	10 Km	R\$ 887.991	
Cabos Multiplex CMT - ECVs	10 Km	R\$ 189.018	6,25 %
<b>Subtotal Intertravamento</b>		<b>R\$ 1.656.019</b>	
<b>Circuitos de Via</b>			
Gabinetes ECV	6	R\$ 2.861.522	16,60 %
Caixas de Interface, Antenas, Z-bonds e Cabos de Controle	Conjunto	R\$ 2.357.993	13,68 %
Cabos ECVs – Caixas de Interface	Conjunto	R\$ 1.497.518	
Cabos de Bondeamento	Conjunto	R\$ 321.781	10,56 %
Quadros de Alimentação - ECVs	6	R\$ 108.292	
Cabos de Aterramento	Conjunto	R\$ 57.099	0,96 %
<b>Subtotal Circuitos de Via</b>		<b>R\$ 7.204.205</b>	
<b>Projeto</b>			
Simulações - Desempenho e Segurança	Verba	R\$ 157.515	
PVS e Tabela de Rotas	Verba	R\$ 196.894	
Análise de Segurança – FMEA	Verba	R\$ 39.379	
Documentação Técnica e Manuais	Verba	R\$ 147.670	
<b>Subtotal Projeto</b>		<b>R\$ 541.458</b>	3,14 %
<b>Implantação</b>			
Materiais e Acessórios de Instalação		R\$ 697.917	4,05 %
Vala, Dutos e Lançamento dos Dutos		R\$ 853.535	4,95 %
Lançamento dos Cabos		R\$ 2.086.998	12,11 %
Montagem Equipamentos Via		R\$ 1.596.656	9,26 %
Montagem Gabinetes ECVs		R\$ 559.179	3,24 %
Supervisão Técnica Alstom		R\$ 492.235	2,86 %
Supervisão Técnica CBTU		R\$ 118.325	0,69 %
<b>Subtotal Implantação</b>		<b>R\$ 6.404.845</b>	
<b>Testes</b>			
Testes de Instalação		R\$ 374.960	2,18 %
Testes Operacionais		R\$ 1.052.520	6,11 %
<b>Subtotal Testes</b>		<b>R\$ 1.427.480</b>	
<b>Sobressalentes</b>	--X--	--X--	--X--
<b>Geradores de Código – Linha de Teste</b>	--X--	--X--	--X--
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 17.234.007</b>	<b>100 %</b>

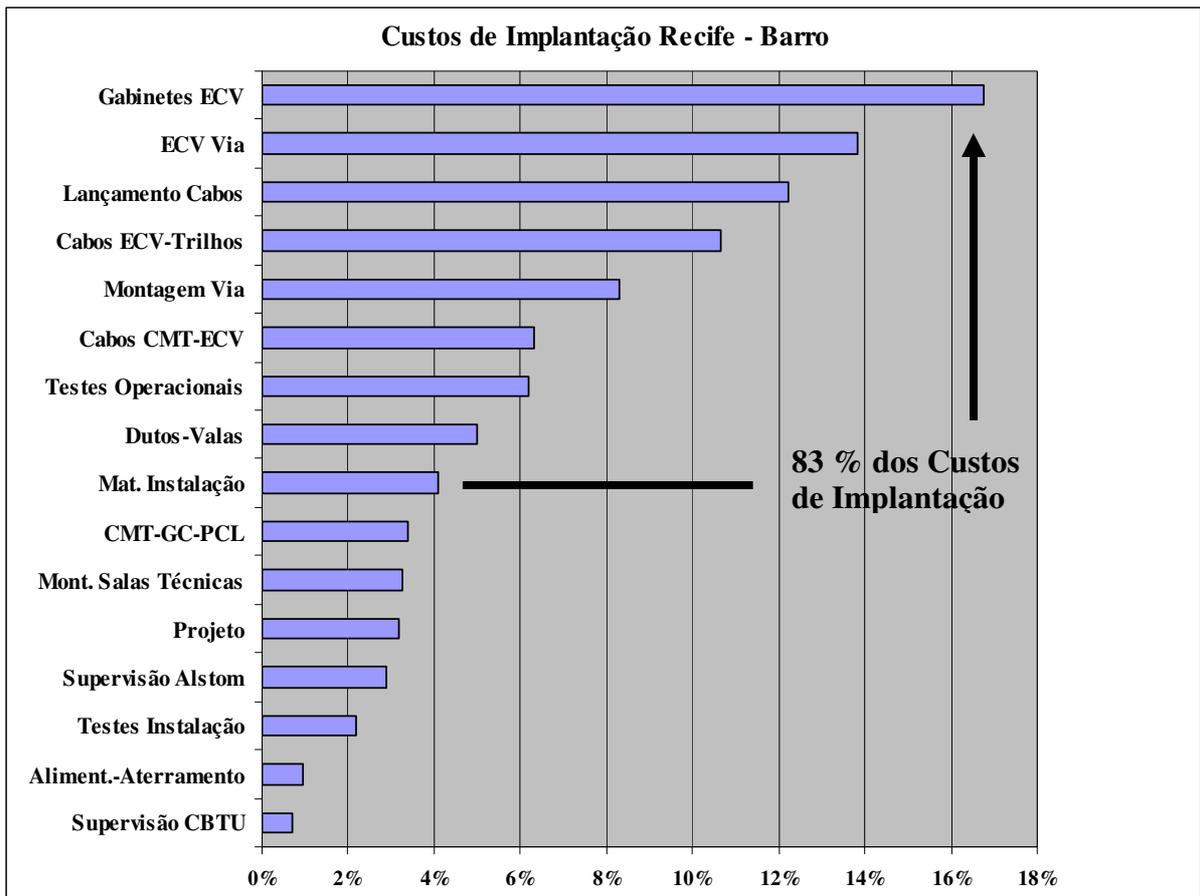


FIG 5.8: Gráfico de Pareto – Custos de Implantação – Sinalização Recife – Barro

**TAB 5.5: Sumário do Estudo de Análise do Valor: Recife - Barro**

SUMÁRIO DE ESTUDO DE ANÁLISE DO VALOR MARCOS, NECESSIDADES E PROPÓSITOS					CBTU-AC STU-REC
Nome do Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)					
Período do Estudo: Outubro 2007 a Março de 2008					
INFORMAÇÕES DE IDENTIFICAÇÃO					
Contrato	Objeto	Contratada	Superintendência	Trecho	Extensão
037-2002/DT	Sinalização de Campo	Alstom	Recife	Recife-Barro	7.424 m
TIPO DO ESTUDO DE VALOR					
Projeto de Sinalização Ferroviária	X	Processo		Produto	
MARCOS DE PROGRAMAÇÃO DO ESTUDO DE VALOR					
M 0: Identificação da Oportunidade	Ago 2007	M 4: Geração de Idéias			03/12/2007
M 1: Consenso da Necessidade de Estudo de Justificativa do Projeto Alternativo	Set 2007	M 5: Avaliação de Idéias e Formulação de Alternativas			12/02/2008
M 2: Reunião Inicial do Estudo de Valor	23/10/2007	M 6: Avaliação das Alternativas			04/03/2008
M 3: Reunião de Análise Funcional e Critérios de Desempenho	06/11/2007	M 7: Recomendações de Implantação e Relatório Final			Mar 2008
DESCRIÇÃO DO PROJETO DE SINALIZAÇÃO					
<p>O projeto original irá implantar no trecho da Linha Tronco Centro, entre as Estações de Recife e Joana Bezerra, os circuitos de via (CDV) necessários para atender as funções de detecção de presença de trens, intertravamento de rotas e máquinas de chave, em função dos AMVs criados para a interface com a Linha Sul (AMVs 21, 23 e 25) e com o Pátio de Estacionamento de Recife (AMV 19), além da geração de códigos de velocidade entre Recife e Joana Bezerra. O limite do projeto se estende do final da plataforma da Estação Recife até o início da plataforma da Estação Joana Bezerra, numa distância em torno de 940 m. A implantação desse projeto faz parte do escopo do Contrato 037-2002/DT entre a CBTU e a ALSTOM, que prevê a adoção de um Sistema de Intertravamento Digital (CMT) na estação Recife em substituição ao Intertravamento a relés existente. Os circuitos de via previstos seriam de mesma tecnologia dos existentes nesse trecho, ou seja, com empregos de relés do tipo reed. Um dos objetivos a ser considerado é obter um melhor perfil de velocidades para que a entrada dos trens em Recife, provenientes de Joana Bezerra, não sofra uma restrição de 15 Km / h num trecho longo, o que penaliza muito o usuário.</p>					
<b>Custos Adicionais Estimados do Projeto Alternativo</b>				<b>R\$ 541.458,00</b>	
<b>Custos Adicionais Estimados dos Equipamentos</b>				<b>R\$ 8.860.224,00</b>	
<b>Custos Adicionais Estimados de Implantação</b>				<b>R\$ 7.832.325,00</b>	
NECESSIDADES E PROPÓSITOS DO PROJETO					
<p>Face à alegação pela ALSTOM da dificuldade de aquisição dos CDVs do tipo dos existentes (GEC-GS) e a opção de usar os CDVs de seu fornecimento (CDVs em áudio-freqüência sem juntas isolantes, idênticos aos da Linha Sul), estudou-se a possibilidade de um melhor aproveitamento da capacidade desses novos equipamentos, buscando-se a extensão do emprego dos CDVs ALSTOM num trecho maior da Linha Centro. Uma estimativa inicial indicou ser tecnicamente possível a expansão até Coqueiral. A aplicação de um Estudo de Valor ajudará a criar alternativas de implantação no processo de negociações com a Contratada. A Equipe de Análise do Valor concentrará esforços nas alternativas que venham a melhorar a operação, aumentar a confiabilidade, manter ou melhorar a segurança, reduzir custos de manutenção e de implantação, visando que o investimento se enquadre nos limites de alteração do valor contratual. Um dos objetivos a ser considerado é obter um melhor perfil de velocidades ao longo desse trecho, visando uma redução no “headway” e aumento da velocidade comercial. A equipe deve avaliar questões específicas de parâmetros de projeto, incluindo o lançamento de cabos, aproveitamento da infra-estrutura existente e a realização de algumas atividades com equipes próprias da CBTU / STU-REC.</p>					

## 5.5 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 1

Nessa fase do Estudo do Valor aprofundou-se o conhecimento sobre o projeto pelo estudo de suas funções e pela procura das oportunidades para melhorá-lo. Foram discutidos e estabelecidos os critérios de desempenho que irão comparar as soluções alternativas com as originais, assim como suas escalas. Identificadas as idéias que beneficiarão o projeto e escolhidas as opções a serem desenvolvidas como soluções alternativas.

### 5.5.1 DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

Foram propostos 7 (sete) critérios de forma que cobrissem todos os aspectos que envolviam o empreendimento: benefícios de sua implantação, impactos na operação atual e dificuldades de sua implantação. As escalas de avaliação passaram por várias discussões e revisões na equipe tendo, em algumas reuniões, a participação de outros especialistas para consolidação dos entendimentos. Para cada critério está descrita uma justificativa de sua adoção. A TAB 5.6 apresenta as escalas dos graus de desempenho para todos os critérios.

#### **Segurança Operacional**

Mudanças no atual sistema de sinalização, assim como no controle do tráfego ferroviário, são necessárias para adequá-los à nova configuração das vias na Linha Tronco Centro, entre Recife e Joana Bezerra (Projeto Original) e entre Recife e Barro (Projeto Alternativo), em função dos novos travessões de interface com a Linha Sul recentemente implantada e pela nova distribuição de circuitos de via. Serão necessárias modificações, principalmente no intertravamento, para atender a entrada de novas máquinas de chave, sinais e circuitos de via e novo perfil de velocidades. A segurança do tráfego é essencial e se constitui no principal propósito de um sistema de sinalização.

#### **Eficiência Operacional**

O trecho Recife – Coqueiral se constitui no tronco principal da Linha Centro. Em Coqueiral ocorrem as derivações para Jaboatão e Camaragibe. Qualquer ineficiência operacional nesse trecho contribuirá para o não atendimento à demanda diária de passageiros a serem transportados. Assim, o projeto terá que, calcado na segurança da circulação, possibilitar uma redução do intervalo entre trens, mesmo que pequena, entre Recife e

Coqueiral, atualmente de 3 minutos. A meta é que se obtenha um intervalo entre 2,0 e 2,5 minutos. Também é necessária uma redução da velocidade comercial, considerando os ciclos Recife – Jaboatão e Recife – Camaragibe.

### **Confiabilidade**

A adoção desse critério se justifica por ser essencial que se consiga eliminar, ou reduzir a um mínimo, os atrasos provocados por falhas no sistema de sinalização, para que se cumpra o número de viagens diárias programadas para o atendimento à demanda diária de passageiros a serem transportados.

### **Facilidades de Manutenção**

Pela dificuldade de alocação de pessoal e necessidade de diminuir custos de manutenção, facilidades para diagnósticos de falhas e intervenção no sistema são altamente desejáveis.

### **Facilidades de Implantação**

A implantação torna-se bastante complicada por ser imperativo que seja realizada sem interrupção da operação do atual sistema, o que implica em executar serviços de instalação à margem das vias em período noturno (00:30 às 04:30) ou durante o dia, em condições especiais. Os testes para entrada em operação só podem ser realizados nesse mesmo período noturno.

### **Prazos de Implantação**

Dado que a implantação acontecerá com o sistema em operação, nas condições anteriormente definidas, que tendem a dilatar prazos para implantação, é extremamente importante que sejam adotadas medidas que busquem minimizar esse efeito.

### **Impactos Operacionais Durante a Implantação**

Como o projeto envolve a permanência de equipamentos atualmente em operação - máquinas de chave, sinais e circuitos de via – que serão controlados por um novo intertravamento, poderão ser necessárias interrupções de tráfego ou desligamento de sistemas para permitir instalação de alguns equipamentos ou testes operacionais.

**TAB 5.6: Critérios e Escala de Desempenho – Nova Sinalização Recife - Barro**

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Segurança Operacional</b>	Uma medida de como o projeto, ou conceitos empregados no projeto, irão contribuir para que todas operações envolvendo a circulação de trens – passageiros ou serviço – sejam realizadas com todos os necessários requisitos de segurança.	10	Segurança baseada em sistemas de sinalização ou telecomunicações, com intertravamentos vitais, controle da posição dos trens, proteção a bordo (ATP ou ATO), limitação de velocidade de acordo com as condições da via e prevenção contra ações de sabotagem.
		9	
		8	Segurança baseada em sistemas de sinalização com intertravamentos vitais e proteção a bordo (ATP ou ATS).
		7	
		6	Segurança baseada em sistemas de telecomunicação, intertravamentos não vitais no centro de despacho, controle de posição dos trens e dispositivos do tipo “cerca eletrônica”.
		5	
		4	Segurança baseada em sistemas de sinalização com intertravamentos vitais e somente sinais externos.
		3	
		2	Segurança baseada em procedimentos operacionais, com monitoramento por um centro de despacho e suporte de comunicações com as composições.
		1	Segurança baseada em procedimentos operacionais, com monitoramento estação a estação e suporte mínimo de comunicações entre estações.

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Eficiência Operacional</b>	Uma medida de como o projeto, ou conceitos empregados no projeto, irão contribuir para que sejam atingidos os parâmetros de tráfego – headway e velocidade comercial - necessários ao atendimento das projeções de demanda num horizonte de 20 anos.	10	Sistema com automatismo pleno (sem condutor, sinalização com bloco móvel e ATO) que possam atingir velocidade comercial e intervalos entre trens superiores em até 20 % aos projetados.
		9	Sistema com alto grau de automatismo (sinalização de bloco fixo, ATO com parada programada em estações) que possam atingir velocidade comercial e intervalos entre trens superiores em até 10 % aos projetados.
		8	Sistemas com sinalização de bloco fixo, ATP, recurso de mudança de código de velocidade por break-points, mínimo de 6
		7	códigos de velocidade e monitoração dos códigos de velocidade aplicados à via.
		6	Sistemas com sinalização de bloco fixo, ATP com até 5 códigos de velocidade e
		5	automatismo de manobras de retorno em estações terminais.
		4	Sistemas com sinalização de bloco fixo
		3	com sinalização de cabine ou sinalização externa.
		2	Sistemas com sinalização somente para
		1	despacho de composições.

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Confiabilidade</b>	Uma medida da capacidade do sistema, equipamentos ou configuração de equipamentos utilizada, estar em condições de desempenhar suas funções, tendo em vista os impactos de suas falhas, principalmente atrasos e supressão de viagens, no cumprimento das metas de transporte num horizonte de 20 anos.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Sistema cujo tempo médio entre falhas que causem perturbação na operação seja superior a 20.000 horas.  Sistema cujo tempo médio entre falhas que causem perturbação na operação seja inferior a 20.000 e superior a 10.000 horas.  Sistema cujo tempo médio entre falhas que causem perturbação na operação seja inferior a 10.000 e superior a 5.000 horas.  Sistema cujo tempo médio entre falhas que causem perturbação na operação seja inferior a 5.000 horas, implicando numa operação totalmente degradada.

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b>	Uma medida de como o projeto e conceitos empregados no projeto irão contribuir para um diagnóstico rápido de falhas, localização das falhas, facilidades de substituição de módulos e diminuição de custos.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Sistemas com programas de auto diagnose, ajustes de parâmetros e correção de falhas em modo remoto e suporte “on line” dos fornecedores. Sistemas com auto diagnose, diagnósticos de falhas “on line”, ajustes de parâmetros e pesquisa de defeitos com auxílio de lap-tops, substituição de módulos “a quente” e gigas especiais de pesquisa de defeitos em laboratório. Sistemas com diagnóstico de falhas somente em laboratório com gigas de teste, ajustes de parâmetros e pesquisa de defeitos em campo com instrumentos de propósitos gerais (multímetros, osciloscópios, etc). Manutenção totalmente baseada em instrumentos de propósitos gerais. Pesquisa de defeitos no campo e em laboratório com base em procedimentos e conhecimento das equipes de manutenção.

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Facilidades de Implantação</b>	Uma medida aproximada da capacidade do projeto ser implantado em etapas ou trechos, num período de tempo definido, e / ou sua capacidade de ser expandido para etapas futuras.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Ótima facilidade de divisão em etapas ou trechos (a implantação é facilmente dividida assim como facilmente expansível).  Moderada facilidade de divisão em etapas ou trechos (a implantação pode ser dividida em um número limitado de etapas ou trechos; expansões futuras requerem adaptações)  Restrições severas de divisão em etapas ou trechos (a implantação não pode ser dividida em ou trechos; expansões futuras são quase proibitivas).
<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Prazos de Implantação</b>	Uma medida do tempo total para implantar o projeto, considerando os conceitos empregados, do estágio atual até sua conclusão – a ser medido, normalmente, em meses.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	> 50 % de redução no prazo. 36 a 50 % de redução no prazo. 21 a 35 % de redução no prazo. 11 a 20 % de redução no prazo. 1 a 10 % de redução no prazo. Prazo normalmente previsto. 1-10 % de aumento de prazo. 11-20 % de aumento de prazo. 21-35 % de aumento de prazo. > 35 % de aumento de prazo.

<b>Critério</b>	<b>Definição</b>	<b>Escala de Avaliação</b>	<b>Unidade de Medida Avaliação</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b>	Uma medida aproximada dos impactos temporários que a implantação do projeto irá provocar no tráfego de trens de um sistema em operação (atrasos, interrupções ou desvios) e / ou incômodos aos usuários (ruídos, vibração, poeira, dificuldades de acesso, outros).	10	Sem impactos diretos ou indiretos.
		9	Sem impactos diretos e impactos indiretos menores (esforços mínimos de mitigação).
		8	Impactos diretos menores (pequenos intervalos de interrupções de tráfego ou restrições de velocidade).
		7	Impactos diretos ou indiretos menores.
		6	Impactos indiretos moderados (esforços significantes de mitigação e / ou inconveniências aos usuários).
		5	Impactos diretos moderados (múltiplos pequenos intervalos interrupções de tráfego ou restrições de velocidade).
		4	Impactos diretos e indiretos moderados
		3	Impactos indiretos importantes (esforços substanciais de mitigação e / ou inconveniências aos usuários).
		2	Impactos diretos importantes (prolongadas interrupções de tráfego, severas restrições de velocidade).
		1	Impactos diretos e indiretos importantes.

## 5.5.2 MATRIZ DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

A Matriz dos Critérios de Desempenho empregada para atribuir o peso de cada critério no julgamento das idéias a serem geradas está representada na TAB 5.7. Os critérios sugeridos pelos membros da Equipe de AV, projetistas e demais participantes foram comparados aos pares, entre todos os critérios, contabilizando um ponto ao critério considerado mais importante e meio ponto a ambos os critérios, se forem considerados de igual importância. O resultado das comparações foi fruto de discussões e consenso da equipe. A mesma mecânica de preenchimento da Matriz da TAB 3.5 – item 3.4.1.2 é seguida.

**TAB 5.7: Matriz de Critérios de Desempenho - Nova Sinalização Recife - Barro**

<b>MATRIZ DE CRITÉRIOS DE DESEMPENHO</b>								<b>CBTU-AC</b>	
<b>Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>								<b>STU-REC</b>	
<b>Segurança Operacional</b>	<b>A</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>6,0</b>	<b>29 %</b>
<b>Eficiência Operacional</b>	<b>B</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>5,0</b>	<b>24 %</b>
<b>Confiabilidade</b>	<b>C</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>c</b>	<b>4,0</b>	<b>19 %</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b>	<b>D</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>3,0</b>	<b>14 %</b>
<b>Facilidades de Implantação</b>	<b>E</b>	<b>e / f</b>	<b>0,5</b>	<b>2 %</b>					
<b>Prazos de Implantação</b>	<b>F</b>	<b>f</b>	<b>f</b>	<b>f</b>	<b>f</b>	<b>f</b>	<b>f</b>	<b>0,5</b>	<b>2 %</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b>	<b>G</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>g</b>	<b>2,0</b>	<b>10 %</b>
<b>TOTAIS</b>								<b>21,0</b>	<b>100 %</b>

## 5.5.3 ANÁLISE FUNCIONAL

Pela importância de transformar os elementos do projeto em funções e pela impossibilidade de se exprimir todas as funções realizadas por cada um desses elementos, procurou-se nessa análise retratar as funções num nível que permitisse uma vinculação clara desde a aplicação dos critérios de projeto até os seus mais elevados propósitos. A exemplo do Estudo de Valor do Aeroporto Regional da Zona da Mata, comentado no Capítulo 4, foi feito um estudo funcional estendido para se chegar ao Diagrama Fast, onde todas as vinculações entre as funções são representadas. As TABs 5.8 e 5.9 contêm esses estudos.

**TAB 5.8: Análise Funcional – Nova Sinalização Recife – Barro**

<b>ESTUDO DO VALOR - ANÁLISE FUNCIONAL</b>			<b>CBTU-AC STU-REC Folha 1 / 2</b>
<b>Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>			
<b>Item</b>	<b>FUNÇÃO</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Verbo</b>	<b>Substantivo</b>	<b>Tipo</b>
<b>Necessidades e Propósitos</b>	Garantir	Segurança de Tráfego	<b>AO</b>
	Prover	Segurança do Usuário	<b>AO</b>
	Aumentar	Capacidade de Transporte	<b>AO</b>
	Melhorar	Conforto do Usuário	<b>AO</b>
	Aumentar	Confiabilidade	<b>A</b>
	Diminuir	Custos de Manutenção	<b>A</b>
<b>Circuito de Via</b>	Detectar	Ocupação	<b>B</b>
	Transmitir	Códigos de Velocidade	<b>B</b>
	Eliminar	Juntas Isolantes	<b>SR</b>
	Detectar	Trilho Partido	<b>SR</b>
<b>Máquinas de Chave</b>	Movimentar	Aparelhos de Mudança de Via	<b>B</b>
	Travar	Aparelhos de Mudança de Via	<b>SR</b>
	Indicar	Posição dos AMVs	<b>B</b>
<b>Sinaleiros</b>	Indicar	Rota Liberada	<b>B</b>
	Indicar	Rota Cancelada	<b>B</b>
	Indicar	Rota em Chamada	<b>B</b>
<b>Cabos de Controle</b>	Controlar	Sinaleiros	<b>B</b>
	Controlar	Máquinas de Chave	<b>B</b>
	Controlar	Circuitos de Via	<b>B</b>
	Controlar	Geradores de Código	<b>B</b>
<b>Rede de Dutos</b>	Acomodar	Cabos de Controle	<b>S</b>
<p><b>Função: Verbo Ativo</b>                      <b>Tipo: B = Básica</b>                      <b>AO = Alta Ordem</b>  <b>Substantivo Mensurável</b>   <b>S = Secundária</b>                      <b>A = Adotada ou Assumida</b>  <b>SR = Secundária Requerida</b>                      <b>D = Desnecessária</b></p>			

ESTUDO DO VALOR - ANÁLISE FUNCIONAL			CBTU-AC STU-REC Folha 2 / 2
Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)			
Item	FUNÇÃO		
Descrição	Verbo	Substantivo	Tipo
<b>Intertravamento (CMT)</b>	Processar	Situação das Vias	<b>B</b>
	Armazenar	Tabela de Rotas	<b>B</b>
	Analisar	Tabela de Rotas	<b>B</b>
	Aplicar	Equações Lógicas	<b>B</b>
	Alinhar	Rotas	<b>B</b>
	Cancelar	Rotas	<b>B</b>
	Cancelar	Rotas em Emergência	<b>B</b>
	Estabelecer	Sentido de Tráfego	<b>B</b>
	Impedir	Movimentos Conflitantes	<b>B</b>
	Estabelecer	Perfil de Velocidade	<b>B</b>
	Estabelecer	Perfil de Frenagem	<b>B</b>
	<b>Planos de Vias Sinalizadas</b>	Estabelecer	Tabela de Rotas
Dimensionar		Circuitos de Via	<b>B</b>
Quantificar		Circuitos de Via	<b>B</b>
Estabelecer		Patamares de Velocidade	<b>B</b>
<b>Critérios de Projeto</b>	Aplicar	Regras de Intertravamento	<b>A</b>
	Simular	Marcha do Trem	<b>A</b>
	Calcular	Distâncias de Frenagem	<b>A</b>
	Aplicar	Critérios de Segurança	<b>A</b>
	Considerar	Projeto Geométrico	<b>A</b>
	Considerar	Desempenho dos Trens	<b>A</b>
<b>Função: Verbo Ativo</b> <b>Tipo: B = Básica</b> <b>AO = Alta Ordem</b> <b>Substantivo Mensurável S = Secundária</b> <b>A = Adotada ou Assumida</b> <b>SR = Secundária Requerida</b> <b>D = Desnecessária</b>			

**TAB 5.9 Análise Funcional Estendida – Nova Sinalização Recife – Barro**

<b>ESTUDO DO VALOR - ANÁLISE FUNCIONAL ESTENDIDA</b>		<b>CBTU-AC STU-REC Folha 1 / 3</b>
<b>Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>		
<b>Por Quê?</b>	<b>Elemento do Projeto</b>	<b>Como?</b>
	<b>Circuito de Via AF</b>	
Determinar Situação das Vias	Detectar Ocupação	Controlar Circuito de Via
Cumprir Perfil de Velocidades	Transmitir Códigos de Velocidade	Emitir Frequência Apropriada aos Trilhos
Aumentar a Confiabilidade	Eliminar Juntas Isolantes	Empregar Circuitos (loops) Sintonizados – “Z - bonds”
Garantir Segurança do Tráfego	Detectar Trilho Partido	Interromper Sinal para Detectar Ocupação
	<b>Máquinas de Chave</b>	
Alinhar Rotas	Movimentar AMVs	Acionar Barras de Operação
Garantir Segurança de Tráfego	Travar AMVs	Acionar Mecanismo de Travamento
Determinar Situação das Vias	Indicar Posição dos AMVs	Ativar Sensores do Mecanismo de Detecção
	<b>Sinaleiros</b>	
Movimentar Veículos	Indicar Rota Liberada	Acionar Foco (Verde / Vermelho)
Inibir Movimento de Veículos	Indicar Rota Cancelada	Acionar Foco (Vermelho / Vermelho)
Movimentar Veículos em Trecho Ocupado	Indicar Rota de Chamada	Acionar Foco (Vermelho Piscante / Vermelho)
	<b>Intertravamento (CMT)</b>	
Gerar Comandos Seguros: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rotas</li> <li>➤ Códigos de Velocidade</li> <li>➤ Perfil de Velocidade</li> <li>➤ Perfil de Frenagem</li> </ul>	Processar Situação das Vias	Obter Condição dos Circuitos de Via Obter Posição dos AMVs (Máquinas de Chave) Obter Condição das Rotas (Sinaleiros) Obter Rotas dos Intertravamentos Adjacentes

<b>ESTUDO DO VALOR - ANÁLISE FUNCIONAL ESTENDIDA</b>		<b>CBTU-AC</b>
<b>Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>		<b>STU-REC</b>
<b>Por Quê?</b>	<b>Elemento do Projeto</b>	<b>Como?</b>
	<b>Intertravamento (CMT)</b>	
Analisar Situação das Vias Garantir Segurança de Circulação Cumprir Headway de Projeto	Armazenar Tabela de Rotas	Armazenar Equações Lógicas
Gerar Comandos Seguros	Analisar Tabela de Rotas	Armazenar Equações Lógicas
Controlar Tráfego Estabelecer Perfil de Velocidades	Alinhar Rotas ➤ Rota Normal ➤ Traçado Permanente ➤ Rota em Chamada ➤ Ciclos Automáticos	Acionar Máquinas de Chave Acionar Focos dos Sinaleiros Acionar Geradores de Códigos de Velocidade Acionar Automatismos
Atender Comando do Controle de Tráfego Atender Passagem de Trem	Cancelar Rotas	Acionar Foco Vermelho / Vermelho dos Sinaleiros Desabilitar Geradores de Códigos de Velocidade
Atender Comando do Controle de Tráfego	Cancelar Rotas em Emergência (Travamento de Aproximação)	Acionar Foco Vermelho / Vermelho dos Sinaleiros Desabilitar Geradores de Códigos de Velocidade Acionar Travamento de Tempo
Garantir Segurança de Circulação Informar aos Intertravamentos Adjacentes	Estabelecer Sentido de Tráfego	Acionar Sentido de Tráfego em cada Circuito de Via de Rota
Garantir Segurança de Circulação	Impedir Movimentos Conflitantes	Analisar Situação das Vias Analisar Tabela Rotas
Circular na Velocidade Máxima	Estabelecer Perfil de Velocidade	Liberar Código de Velocidade para cada Circuito de Via de Rota
Impor Distância de Frenagem Segura	Estabelecer Perfil de Frenagem	Liberar Código de Velocidade para cada Circuito de Via de Rota

<b>ESTUDO DO VALOR - ANÁLISE FUNCIONAL ESTENDIDA</b>		<b>CBTU-AC</b>
<b>Projeto: Nova Sinalização do trecho Recife-Barro (STU-REC)</b>		<b>STU-REC</b>
<b>Por Quê?</b>	<b>Elemento do Projeto</b>	<b>Como?</b>
	<b>Planos de Vias Sinalizadas</b>	
Garantir Segurança de Circulação	Estabelecer Tabela de Rotas	Aplicar Regras de Intertravamento
Cumprir Headway de Projeto	Dimensionar Circuitos de Via Quantificar Circuitos de Via	Simular Marcha do Trem Calcular Distâncias de Frenagem Aplicar Critérios de Segurança Considerar Projeto Geométrico
Cumprir Headway de Projeto Garantir Segurança de Circulação Reduzir Tempos de Circulação (Ciclos)	Estabelecer Patamares de Velocidade	Considerar Projeto Geométrico Considerar Desempenho dos Trens Considerar as Distâncias de Frenagem
	<b>Cabos de Controle</b>	
Enviar Comandos Adquirir Situação das Vias	Controlar Elementos da Via <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sinais</li> <li>➤ Máquinas de Chave</li> <li>➤ Circuitos de Via</li> <li>➤ Geradores de Código</li> </ul>	Lançar Cabos para Interligar Intertravamentos aos Elementos da Via
	<b>Rede de Dutos</b>	
Controlar Elementos da Via	Acomodar Cabos de Controle	Lançar Dutos em Valas ao Longo da Via

A aplicação da Técnica de Análise Funcional de Sistemas - Diagrama FAST expressa com bastante clareza os três grandes propósitos desse projeto de sinalização ferroviária: o aumento da capacidade, a segurança do tráfego e o aumento da confiabilidade, esse último restrito ao sistema de sinalização. Fica bem demonstrado o relacionamento entre os blocos funcionais, principalmente entre a capacidade e a segurança.

Alguns relacionamentos entre os blocos funcionais estão explorados abaixo para tornar bem compreensíveis as ligações horizontais e verticais do diagrama por meio das perguntas: *Como? ou O que precisa ser feito para?, Por quê? e Quando? ou O que acontece ao mesmo tempo?,* ou ainda, *O que é causado por?* No sentido horizontal da esquerda para a direita:

- Como? O que precisa ser feito para aumentar a capacidade de transporte? Diminuir o intervalo entre trens, aumentar a velocidade comercial ou as duas funções.
- Como? O que precisa ser feito para diminuir o intervalo entre trens? Dimensionar e quantificar adequadamente os circuitos de via, assim como colocar mais patamares de velocidades a serem transmitidos para os trens.
- Como? O que precisa ser feito para dimensionar, quantificar os circuitos de via e determinar os patamares de velocidade? Estabelecer um PVS. Como estabelecer um PVS? Aplicar critérios de projeto: regras de intertravamento, simulações de marcha, simulações de frenagem, parâmetros de segurança.

No sentido inverso, caminha-se com a pergunta Por Quê?

- Por quê aplicar critérios de projeto? Para estabelecer um PVS e para determinar as equações lógicas de intertravamento a serem aplicadas. Por quê aplicar equações lógicas de intertravamento? Para poder processar a situação das vias.
- Por quê processar a situação das vias? Para gerar comandos seguros para os sinais, máquinas de chave e geradores de códigos e velocidade.
- Por quê gerar comandos seguros? Para alinhar rotas, estabelecer perfis de frenagem e velocidades e assim atender aos propósitos de garantir a segurança do tráfego e aumentar a capacidade de transporte.

No sentido vertical tem-se:

- O que é causado pelo aumento da velocidade comercial? A diminuição dos tempos de percurso.

- Quando acontece a detecção da ocupação dos circuitos de via, do alinhamento de rotas e da posição dos AMVs? Ao processar a situação das vias.

Evidentemente que esse Diagrama FAST não é completo ou retrata com exatidão o relacionamento entre todas as funções do projeto. Como exemplo disso, pode ser feita uma pequena exploração a partir do bloco funcional Detectar Ocupações:

- O que precisa ser feito para detectar ocupações? Controlar circuitos de via. Como controlar os circuitos de via? É necessário instalar equipamentos, lançar cabos e fazer conexões com os trilhos.
- O que precisa ser feito para lançar cabos? Abrir valas, lançar dutos e passar os cabos.

A continuação dessa exploração pode prosseguir para cada nova atividade o que, evidentemente, irá levar a um diagrama com muitos blocos. Procurou-se deixá-lo num nível tal que contivesse os blocos essenciais para compreensão do projeto e das correlações entre suas funções e seus propósitos. Na linha inferior encontram-se as funções adotadas para aumento da confiabilidade e diminuição de custos de manutenção.

Uma distribuição aproximada dos custos de implantação do projeto alternativo pelos blocos funcionais do Diagrama FAST também se encontra na FIG 5.7, confirmando a tendência já apontada no Gráfico de Pareto para a grande participação nos custos das funções vinculadas aos circuitos de via:

- Funções vinculadas à Segurança de Tráfego (intertravamento – assinaladas com o número 1): **R\$ 3.800.000 - 22 %**;
- Funções vinculadas ao Projeto (aumento da capacidade e equações lógicas - assinaladas com o número 2): **R\$ 725.000 - 4,35 %**;
- Funções vinculadas aos comandos e processamento da situação das vias (assinaladas com o número 3): **R\$ 108.000 – 0,65 %**;
- Funções vinculadas à ocupação e controle dos circuitos de via (assinaladas com o número 4): **R\$ 12.600.000 - 73 %**.

Com essa distribuição em mente passa-se à fase da geração de idéias.

**DIAGRAMA DE ANÁLISE FUNCIONAL DE SISTEMAS - FAST**

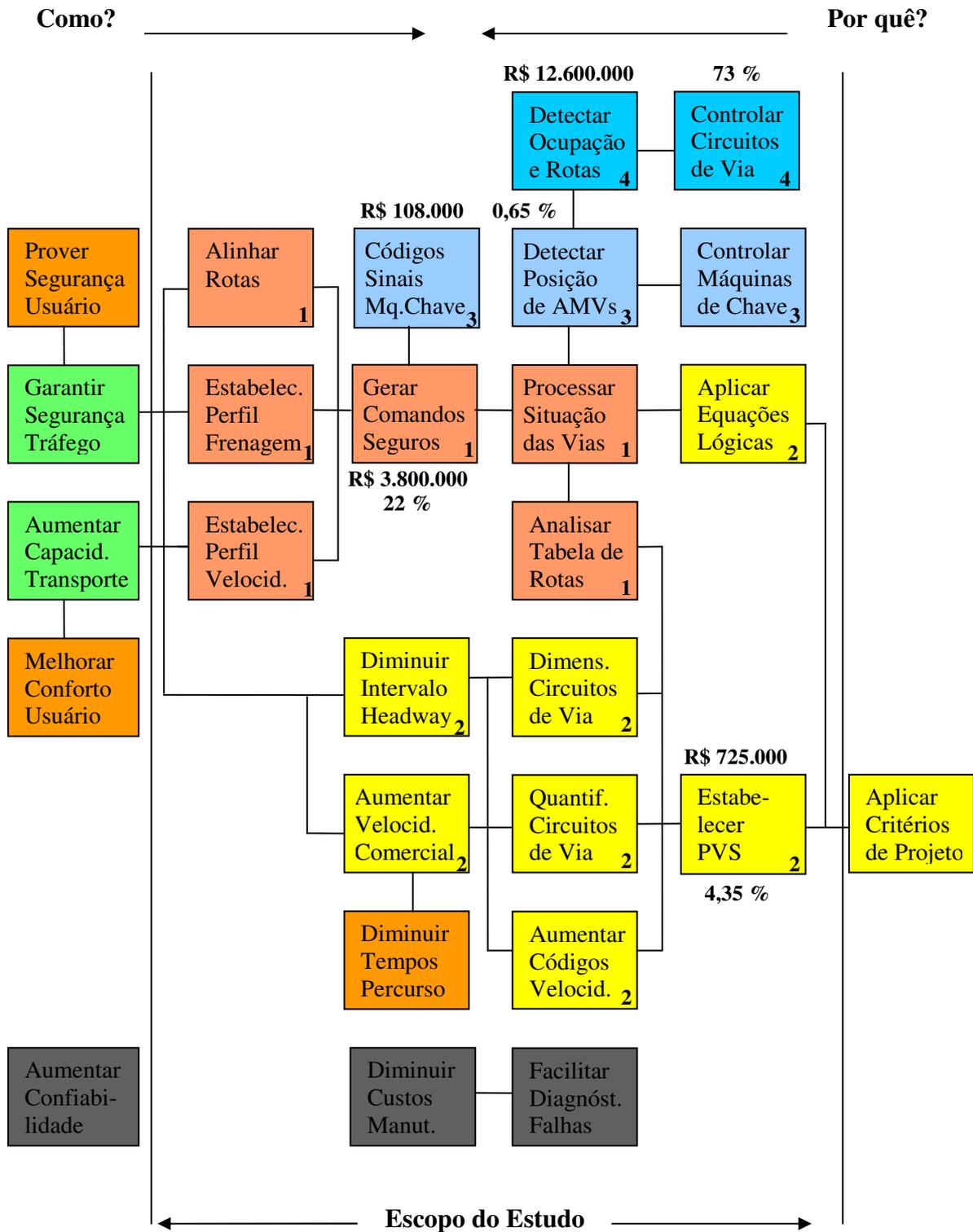


FIG 5.9: Diagrama FAST – Nova Sinalização Recife - Barro

#### 5.5.4 GERAÇÃO DE IDÉIAS

A atividade de “Geração de Idéias” foi realizada utilizando as técnicas de brainstorming, individuais e em grupo, pelos membros equipe. A sessão em grupo serviu para a compreensão do conteúdo e extensão das idéias individuais assim como para suas complementações. Ressalta-se que não havia uma grande liberdade para identificar outros meios, tantos quantos possíveis, para realizar as funções previstas para o projeto, uma vez que o universo de equipamentos era limitado ao fornecimento contratual.

Nessa fase foi de grande valia a colaboração da projetista na avaliação da viabilidade das idéias sugeridas. Na TAB 5.10 encontram-se as idéias geradas por função.

**TAB 5.10: Geração de Idéias – Nova Sinalização Recife - Barro**

GERAÇÃO DE IDÉIAS								CBTU			
Nova Sinalização Recife – Barro								STU-REC			
Idéias		Critérios de Desempenho						Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função										
<b>GARANTIR A SEGURANÇA DO TRÁFEGO (ST)</b>											
ST-1	Estender o domínio do intertravamento de Recife até o atual domínio do intertravamento de Werneck;										
<b>AUMENTAR A CAPACIDADE DE TRANSPORTE (AC)</b>											
AC-1	Empregar circuitos de via em audiofrequência com os mesmos comprimentos dos circuitos de via do plano de vias sinalizadas atual até o domínio do intertravamento de Werneck;										
AC-2	Redistribuir os circuitos de via em audiofrequência e novos códigos de velocidade ao longo do trecho Recife – Barro, de acordo com novo PVS a ser estabelecido.										
AC-3	Não empregar o conceito de circuito de via exclusivo para delimitar o comprimento de plataforma;										
<b>DETECTAR OCUPAÇÃO (DO)</b>											
DO-1	Manter os atuais circuitos de via nas linhas de estacionamento do Pátio de Recife;										
<b>COMANDAR MÁQUINAS DE CHAVE (CM)</b>											
CM-1	Manter os atuais cabos de acionamento das máquinas de chave (diretamente enterrados na vala de cabos existente);										

GERAÇÃO DE IDÉIAS								CBTU			
Nova Sinalização Recife – Barro								STU-REC			
Idéias		Critérios de Desempenho						Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função										
<b>COMANDAR SINAIS (CS)</b>											
CS-1 Manter os atuais cabos de acionamento dos sinais (diretamente enterrados na vala de cabos existente);											
<b>ACOMODAR CABOS DE CONTROLE (CC)</b>											
CC-1 Executar o lançamento dos cabos diretamente enterrado em valas;											
CC-2 Construir uma nova rede de dutos para lançamento dos cabos de circuitos de via em audiofrequência com eletrodutos corrugados sem envelopamento;											
CC-3 Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança;											
CC-4 Dispensar a recomposição da camada de imprimação na região da abertura da vala de cabos;											
CC-5 Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de controle e de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento;											
CC-6 Executar o lançamento dos cabos na posteação da rede aérea.											
<b>ESTABELEECER CRITÉRIOS DE PROJETO (CP)</b>											
CP-1 Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto, evitando a repetição de manuais de equipamentos comuns aos demais trechos.											

Após o relacionamento de todas as idéias procedeu-se ao agrupamento daquelas que propiciariam os mesmos efeitos, contivessem ou estivessem contidas em outras.

As idéias AC-2 e AC-3 foram agrupadas pois se considera que, prevalecendo o conceito da AC-3, a AC-2 a conterà. Embora sejam mutuamente exclusivas, a vantagem intrínseca da AC-1, eliminação de juntas isolantes, é também intrínseca à AC-2. As idéias CM-1 e CS-1 foram agrupadas por apresentar o mesmo propósito para equipamentos diferentes. Esses agrupamentos estão materializados no item seguinte – Avaliação de Idéias.

### 5.5.5 AVALIAÇÃO DE IDÉIAS

A Equipe de AV, como um grupo, julgou as idéias de acordo com os critérios de desempenho estabelecidos para as funções. As idéias foram graduadas pelo sistema de cinco pontos, assim como seus potenciais de impacto nos custos, com um máximo positivo de dois (+2) pontos e um mínimo negativo de dois (-2) pontos, conforme metodologia do Caltrans:

<b>+2</b> Grande Melhoria	<b>0</b> Sem Mudança Significativa	<b>-1</b> Pequena Degradação
<b>+1</b> Alguma melhoria		<b>-2</b> Degradação Significativa

A atribuição da escala abaixo, como classificação final de cada idéia, foi feita após discussões e consenso na equipe, não se limitando apenas a um processo de soma de pontuações.

- 5** Melhoria Significativa de Valor – Desenvolver como Solução Alternativa;
- 4** Boa Melhoria de Valor – Desenvolver como Solução Alternativa;
- 3** Pequena Melhoria de Valor – Desenvolver se houver tempo hábil;
- 2** Pequena Degradação de Valor – Não desenvolver posteriormente;
- 1** Degradação Significativa de Valor – Não desenvolver posteriormente.

Na TAB 5.11 encontra-se o julgamento de todas as idéias relacionadas na TAB 5.10.

**TAB 5.11: Avaliação de Idéias – Nova Sinalização Recife – Barro**

AVALIAÇÃO DE IDÉIAS <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>									CBTU STU-REC			
Idéias		Critérios de Desempenho							Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função	SO	EO	CF	FM	FI	PI	IO				
ST-1	<b>Garantir Segurança</b>											
	Estender o Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	+2	+2	+2	+2	0	-1	-1	- Aumenta a segurança contra sabotagens; - Facilidades de Manutenção	- Aumento de custo: equipamentos e desenvolvimento de software de intertravamento.	-1	5
AC-1	<b>Aumentar Capacidade</b>											
	Empregar CDVs AF conforme PVS atual: Recife até Barro.	0	+2	+2	+2	-1	-2	-1	- Reduz o custo de estabelecimento do PVS; - Elimina juntas isolantes da via e seus efeitos na via permanente.	- Aumenta custos de aquisição, implantação de CDVs e testes do sistema; - Requer maior desenvolvimento de software de intertravamento.	-2	3
AC-2												
	Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	0	+2	+2	+2	-1	-1	-1	- Possibilita reduzir quantidade de circuitos de via; - Possibilita reduzir desenvolvimento de software de intertravamento; - Possibilita reduzir custos com aquisição de cabos e implantação	- Maior custo para estabelecimento do PVS; - Parâmetros de projeto mais desafiadores.	-1	5
DO-1	<b>Detectar Ocupação</b>											
	Manter os atuais circuitos de via nas linhas de estacionamento do Pátio de Recife.	0	0	0	-1	+2	+2	0	- Diminui os custos de aquisição de circuitos de via; - Não afeta a confiabilidade da operação das vias principais.	- Necessidade de uma interface especial com o intertravamento, já prevista no conceito original.	+1	+4
<p><b>Escala de Classificação:</b> 5 = Melhoria Significativa de Valor      4 = Boa Melhoria de Valor  3 = Pequena Melhoria de Valor      2 = Pequena Degradação de Valor      1 = Degradação Significativa de Valor</p> <p><b>Escala dos Critérios de Avaliação:</b> Melhoria Significativa +2, +1, 0, -1, -2 Degradação Significativa</p> <p>SO = Segurança Operacional    EO = Eficiência Operacional    CF = Confiabilidade    FM = Facilidades de Manutenção  FI = Facilidades de Implantação    PI = Prazos de Implantação      IO = Impactos Operacionais - Implantação</p>												

AVALIAÇÃO DE IDÉIAS									CBTU			
Nova Sinalização Recife – Barro									STU-REC			
Idéias		Critérios de Desempenho							Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função	SO	EO	CF	FM	FI	PI	IO				
CM-1 e CS-1	<b>Comandar Máq.Chave e Sinais</b>											
	Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinaleiros (Recife até Barro).	0	0	0	0	+2	+2	0	- Diminui custos de aquisição e implantação de cabos;	- Permanência de cabos operando há mais de 20 anos.	+1	5
CC-1	<b>Acomodar Cabos</b>											
	Executar o lançamento dos cabos diretamente enterrado em valas.	0	0	0	-1	+2	+2	0	- Evita custos com aquisição, lançamento de dutos e construção de caixas de passagem; - Propicia menor tempo de lançamento dos cabos.	- Dificulta lançamento de cabos sobressalentes no futuro; - Dificulta o acesso para execução de emendas no caso de defeitos pontuais.	+1	4
CC-2	Construir uma nova rede de dutos (Kandutos) para lançamento dos cabos	0	0	0	+2	+1	0	-1	- Permite o grupamento de cabos por dutos; - Facilita o lançamento de cabos sobressalentes no futuro; - Facilita o acesso para execução de emendas.	- Maior prazo de lançamento; - Maior custo de lançamento: dutos e caixas de passagem.	-1	3
CC-3	Permitir a abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno.	0	0	0	0	+1	+2	-1	- Diminui os custos de incidência de adicional noturno; - Diminui os custos de incidência de perda de produtividade; - Tende a diminuir o prazo de lançamento.	- Necessidade de cuidados especiais para segurança das equipes à margem da via.	+1	4
Escala de Classificação: 5 = Melhoria Significativa de Valor									4 = Boa Melhoria de Valor			
3 = Pequena Melhoria de Valor			2 = Pequena Degradação de Valor			1 = Degradação Significativa de Valor						
Escala dos Critérios de Avaliação: Melhoria Significativa +2, +1, 0, -1, -2 Degradação Significativa												
SO = Segurança Operacional			EO = Eficiência Operacional			CF = Confiabilidade			FM = Facilidades de Manutenção			
FI = Facilidades de Implantação			PI = Prazos de Implantação			IO = Impactos Operacionais - Implantação						

AVALIAÇÃO DE IDÉIAS <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>									CBTU STU-REC			
Idéias		Critérios de Desempenho							Vantagens	Desvantagens	\$	Classificação
No	Função	SO	EO	CF	FM	FI	PI	IO				
CC-4	<b>Acomodar Cabos</b>											
	Dispensar a recomposição da camada de imprimação na região da abertura da vala de cabos.	0	0	0	+1	+2	+1	0	- Diminui os custos das atividades de lançamento.	- Pelo fato da via estar consolidada há mais de 20 anos em operação, não haverá prejuízo ao leito ferroviário.	+1	5
CC-5	Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento.	0	0	0	-1	+1	+1	0	- Diminui os custos de aquisição dos cabos; - Diminui os custos de lançamento dos cabos.	- No caso de avaria em cabos individuais, exige emenda ou lançamento de um novo cabo.	+1	3
CC-6	Executar o lançamento dos cabos na posteação da rede aérea.	0	-2	-2	+2	0	-1	0	- Necessita menos infra-estrutura.	- Alto risco de vandalismo; - A quantidade de cabos é um fator dificultoso; - Lançamento somente em período noturno com a rede aérea desligada.	-2	1
	<b>Critérios de Projeto</b>											
	Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto. Não repetir manuais comuns.	0	0	0	0	+1	+1	0	- Diminui os custos de emissão de documentos; - Evita documentos duplicados.	- Foge ao padrão de fornecimento da Alstom; - Exige um maior controle sobre a emissão de documentos.	+1	3

**Escala de Classificação:** 5 = Melhoria Significativa de Valor      4 = Boa Melhoria de Valor  
3 = Pequena Melhoria de Valor      2 = Pequena Degradação de Valor      1 = Degradação Significativa de Valor  
**Escala dos Critérios de Avaliação:** Melhoria Significativa +2, +1, 0, -1, -2 Degradação Significativa  
SO = Segurança Operacional    EO = Eficiência Operacional    CF = Confiabilidade    FM = Facilidades de Manutenção  
FI = Facilidades de Implantação    PI = Prazos de Implantação    IO = Impactos Operacionais - Implantação

Foram escolhidas as idéias abaixo relacionadas para serem desenvolvidas como soluções alternativas ao projeto original, tendo havido mais um grupamento entre as idéias CC-2 e CC-4 por serem complementares.

- **ST-1:** Estender o Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck;
- **AC-2:** Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro;
- **CM-1 e CS-1:** Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinais (Recife até Barro);
- **CC-2 e CC-4:** Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos, com dispensa da recomposição da camada de imprimação na faixa da abertura da vala de cabos;
- **CC-3:** Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança;
- **CC-5:** Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento;
- **CP-1:** Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto, evitando a repetição de manuais de equipamentos comuns aos demais trechos.

A idéia **DO-1**, de preservação dos circuitos de via do tipo reed no Pátio de Recife, não foi destacada para ser desenvolvida como solução alternativa pois, já na primeira estimativa de preços solicitada à projetista, havia um consenso na equipe da economia de custos propiciada sem qualquer afetação da segurança e confiabilidade operacionais, assim como da capacidade de transporte. A cotação inicial foi feita já considerando essa opção.

## 5.6 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 2

Nesse Segmento 2 aconteceu o desenvolvimento e refinamento das Soluções Alternativas oriundas das idéias selecionadas ao final da etapa anterior. Esse desenvolvimento e a documentação dessas soluções se processaram com apoio de técnicos da projetista ALSTOM e de técnicos da STU-REC, esses últimos das áreas de manutenção de sistemas e via permanente. As revisões foram realizadas por membros da equipe. Não aconteceu a

formalidade prevista na metodologia do Caltrans de validação das soluções alternativas pelo cunho acadêmico do estudo.

### 5.6.1 DESENVOLVIMENTO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

O desenvolvimento dessas soluções, para cada idéia ou grupamentos de idéias selecionadas, constou de:

#### **Descrição Sumária**

Uma pequena descrição para firmar os conceitos e propósitos, com destaque para o que difere do projeto original. São também destacadas as vantagens, desvantagens, justificativas, comentários, economias de custo e melhorias de desempenho.

#### **Croquis / Esquemas / Gráficos**

Foram inseridas fotografias para ilustrar as diferenças entre os conceitos original e alternativo.

#### **Medidas de Desempenho**

As soluções alternativas foram pontuadas em todos os critérios de desempenho, de acordo com a escala elaborada para cada um deles. (TAB 5.5).

#### **Hipóteses Assumidas e Cálculos**

Declaração das hipóteses e critérios assumidos para determinar os custos envolvidos na solução alternativa, sempre com referências às memórias de cálculo constantes dos Apêndices 9.1 a 9.4.

#### **Custos de Implantação**

Estimativas dos custos de implantação dos elementos de projeto, conceito original e alternativo, afetados pelas soluções alternativas.

#### **Custos no Ciclo de Vida**

Total dos custos subsequentes anuais e periódicos para cada opção alternativa, incluindo os custos anuais de operação, custos periódicos futuros de manutenção e custos anuais para os usuários.

Todo esse desenvolvimento está documentado segundo os itens anteriormente mencionados, sempre que aplicáveis à solução alternativa em questão. Para cada solução estão apresentados os formulários e os comentários pertinentes.

#### 5.6.1.1 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 1

As oito páginas da TAB 5.12 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.12: Avaliação da Solução Alternativa No 1 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Garantir Segurança do Tráfego		<b>Idéia No</b> ST-1	<b>Solução</b> Alternativa No 1	
<b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.			<b>Pág.:</b> 1 de 8	
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito do projeto original prevê que o novo intertravamento digital (CMT) de Recife – Linha Centro irá substituir o intertravamento existente a relés, mantendo seu domínio até o limite com o intertravamento a relés de Ipiranga.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> Essa solução alternativa prevê a extensão do domínio de Recife – Linha Centro até o intertravamento de Werneck, passando a interface desse domínio para o intertravamento a relés de Coqueiral.				
<b>VANTAGENS:</b>		<b>DESVANTAGENS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduz a uma única instalação de intertravamento em Recife três Salas Técnicas de Intertravamentos a Relés (Recife-Ipiranga e Werneck);</li> <li>• Aumenta a segurança do sistema de sinalização, principalmente contra sabotagem (alterações de fiação);</li> <li>• Permite reduzir os códigos de velocidade emitidos à via em condições de degradação;</li> <li>• Agrega funções que permitem mais flexibilidade operacional (Rotas de Chamada, por exemplo);</li> <li>• Em situação de falha do Centro de Controle Operacional permite o controle de Recife a Barro por um único Posto de Comando Local;</li> <li>• Possibilita visualizar os códigos de velocidade emitidos na via de Recife a Barro;</li> <li>• Reduz os custos de manutenção.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta os custos com aquisição de equipamentos complementares;</li> <li>• Aumenta os custos com desenvolvimento de software de intertravamento;</li> <li>• Aumenta os custos com desenvolvimento de software para o Painel de Comando Local.</li> </ul>		
SUMÁRIO DE CUSTOS	Custos de Implantação	Valor Presente Custos de Manutenção	Valor Presente Custos Usuários	Valor Presente Líquido
<b>Conceito Original</b>	R\$ 112.728	R\$ 812.760	--x--	R\$ 925.488
<b>Conceito Alternativo</b>	R\$ 2.128.634	R\$ 438.161	--x--	R\$ 2.566.795
<b>Ganhos ou Economias</b>	(R\$ 2.015.906)	R\$ 374.599	--x--	(R\$ 1.641.307)
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> + 17,4 %

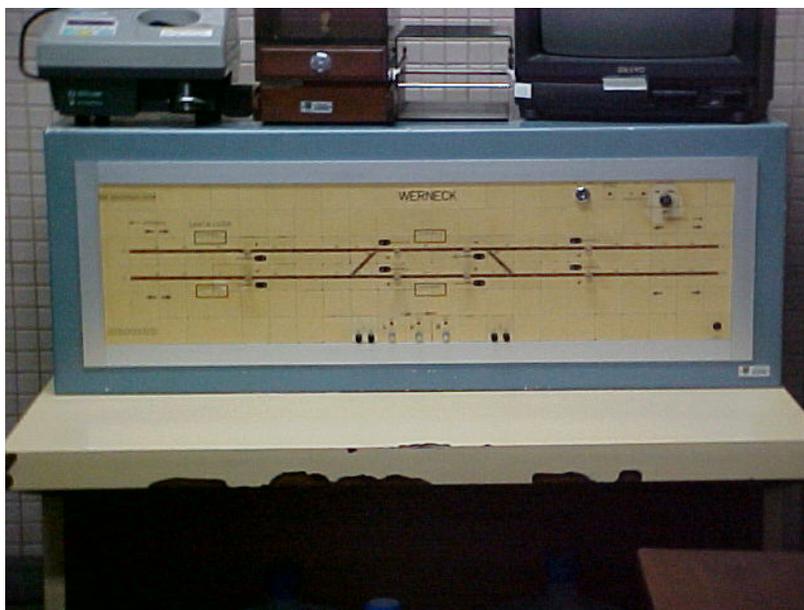
ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	CBTU STU-REC	
<b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	<b>Solução Alternativa No 1</b>	<b>Pág:</b> 2 de 8
<p><b>Discussões / Justificativas</b></p> <p>O escopo original do Contrato 037-2002/DT entre a CBTU e a ALSTOM prevê a adoção de um Sistema de Intertravamento Digital (CMT) na estação Recife em substituição ao Intertravamento a relés existente, com a incorporação do controle das vias da Linha Sul até a estação Imbiribeira.</p> <p>Para minimizar as dificuldades de implantação, a Alstom decidiu, por razões técnicas, separar os equipamentos de intertravamento das vias da Linha Sul e da Linha Centro na região de Recife. Com isso, passaram a ser implantados dois Equipamentos CMT em Recife.</p> <p>O Equipamento CMT tem capacidade para controlar as funções de intertravamento de configurações de via mais amplas. Ficando restrito às vias da Linha Centro, até o limite da estação de Afogados, estaria operando abaixo de sua capacidade. A extensão de seu domínio até Werneck, declarada possível pelos projetistas da Alstom, daria um melhor aproveitamento ao equipamento, tornando possível a destinação dos relés dos intertravamentos de Ipiranga e Werneck para sobressalentes dos intertravamentos restantes – Coqueiral, Alto do Céu, Rodoviária, Cavaleiro e Jaboatão, na sinalização de linhas secundárias da STU-REC ou ainda em outros sistemas da CBTU.</p> <p>As melhorias nos propósitos do projeto associadas a essa alternativa: aumento da segurança, flexibilidade operacional e facilidades de manutenção justificam o aumento nos seus custos.</p>		
<p><b>Comentários dos Revisores Técnicos:</b></p> <p>A projetista do sistema – Alstom do Brasil, foi consultada sobre essa possibilidade e confirmou ser possível ao CMT de Recife controlar até o limite do domínio de Werneck.</p>		
<p><b>Considerações do Gerente de Projeto:</b></p>		

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	CBTU STU-REC
---	-----------------

TÍTULO: Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	Solução Alternativa No 1	Pág: 3 de 8
--	-----------------------------	----------------

**CROQUIS**

**CONCEITO ORIGINAL:** Permanência dos Intertravamentos a Relés em Ipiranga e Werneck



**Bastidores de Intertravamento a Relés e Painel de Comando Local (PCL)**

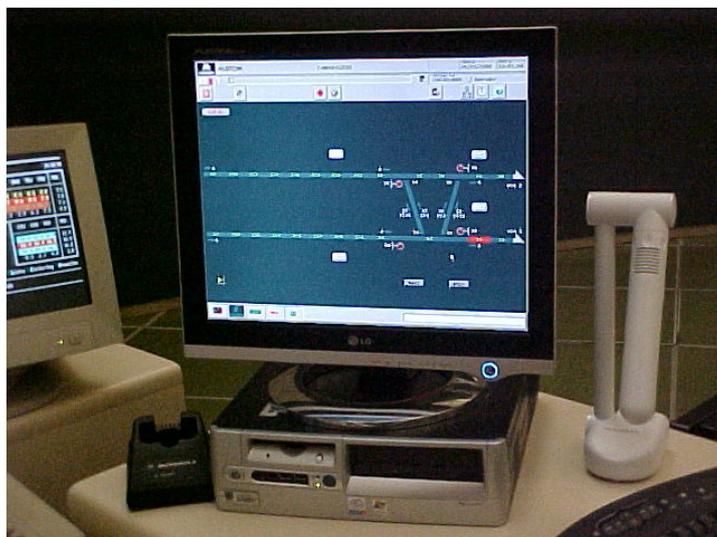
**Sala Técnica da Estação Werneck – STU-REC**

<b>ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>
--	-------------------------------

<b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	<b>Solução</b> <b>Alternativa No 1</b>	<b>Pág:</b> 4 de 8
---	---	-----------------------

**CROQUIS**

**CONCEITO ALTERNATIVO:** O intertravamento digital de Recife absorve os domínios de Ipiranga e Werneck



**Gabinete do Equipamento de Intertravamento – CMT e novo PCL**  
**Sala Técnica da Estação Camaragibe – STU-REC**

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>		
<b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	<b>Solução Alternativa No 1</b>		<b>Pág:</b> 5 de 8
<b>Critérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
<b>Segurança Operacional</b> Aumenta a segurança do sistema de sinalização, principalmente contra sabotagem (alterações de fiação). Permite redução de patamares de velocidade dependendo das condições da via.	Pontuação	7	9
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>203</b>	<b>261</b>
<b>Eficiência Operacional</b> Agrega funções que permitem mais flexibilidade operacional (Rotas de Chamada, Controle Local de uma maior extensão da via em caso de falha do Centro de Controle Operacional).	Pontuação	6	8
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>144</b>	<b>192</b>
<b>Confiabilidade</b> Além de sua própria confiabilidade (MTBF de 300.000 horas), aumenta a confiabilidade por eliminar mais duas Salas de Intertravamento a Relés.	Pontuação	8	9
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>152</b>	<b>171</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> Além de programas de auto diagnose, indicações locais do estado das entradas e saídas, registro de eventos e alarmes com diagnósticos, são permitidas intervenções com o sistema em operação.	Pontuação	6	9
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>84</b>	<b>126</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> A possibilidade de colocação em operação por domínio de intertravamento permite uma programação mais segura para a migração do sistema atual a relés para o novo (digital).	Pontuação	6	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Prazos de Implantação</b> O projeto alternativo envolve uma extensão maior, um domínio de intertravamento maior e, portanto, tem prazo de implantação ampliado.	Pontuação	5	1
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Poderão ser necessárias pequenas interrupções de tráfego ou restrições de velocidade devendo gerar inconveniências aos usuários.	Pontuação	8	4
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>80</b>	<b>40</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>685</b>	<b>804</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 17,4 %</b>

<p align="center"><b>HIPÓTESES E CÁLCULOS</b> <i>Nova Sinalização do trecho Recife – Barro</i></p>	<p align="center"><b>CBTU</b> <b>STU-REC</b></p>	
<p><b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.</p>	<p align="center"><b>Solução</b> <b>Alternativa No 1</b></p>	<p align="center"><b>Pág:</b> 6 de 8</p>
<p><b>Hipóteses de Projeto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A capacidade do equipamento CMT de processar todas as funções de intertravamento, hoje executadas pelos intertravamentos a relés no trecho Recife – Barro, domínios de Recife, Ipiranga e Werneck, foi confirmada pela Alstom do Brasil, projetista do Sistema de Sinalização.</li> </ul> <p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos de Implantação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliação do Equipamento de Intertravamento de Recife Centro (CMT – Controle de Movimento de Trens) – Permanece inalterada a composição de preço conforme a TAB 5.4 (<b>R\$ 261.869,00</b>);</li> <li>• Ampliação do Equipamento Gestor de Comunicações de Recife Centro (GC) - Permanece inalterada a composição de preço conforme a TAB 5.4 (<b>R\$ 115.183,00</b>);</li> <li>• O custo do retrabalho na Interface Homem x Máquina (IHM) do PCL diminui pela adoção da Solução Alternativa 2, com menos circuitos de via – (<b>R\$ 145.701,00</b>);</li> <li>• Fornecimento de cabos multicondutores entre o CMT / MUX e os TBs (Terminais de Bornes) - Permanece inalterada a composição de preço conforme a TAB 5.4 (<b>R\$ 887.991,00</b>);</li> <li>• Fornecimento de cabos multiplex entre o CMT / MUX e os Gabinetes ECVs - Permanece inalterada a composição de preço conforme a TAB 5.4 (<b>R\$ 189.018,00</b>);</li> </ul> <p><b>Novo Custo Total de Equipamentos de Intertravamento: R\$ 1.599.762,00.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Testes de Instalação – Estima-se em 10 % do custo desse item a parcela relativa ao intertravamento. Com a diminuição da quantidade de circuitos de via (ver Alternativa 2), esse custo passa a ser: 20 % x R\$ 280.574,00 = <b>R\$ 56.315,00</b>;</li> <li>• Testes Operacionais – 60 % dos custos se destinam às verificações das funções de intertravamento. Com a diminuição da quantidade de circuitos de via (ver Alternativa 2), esse custo passa a ser: 60 % x R\$ 787.595,00 = <b>R\$ 472.557,00</b>.</li> </ul> <p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos no Ciclo de Vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos com Equipes de Manutenção (Ver Apêndice 9.4). <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Estima-se que 20 % da mão-de-obra de manutenção preventiva e corretiva anual será empregada na manutenção do CMT, portanto: 20 % x R\$ 130.000,00 = <b>R\$ 26.000,00</b>.</li> </ul> </li> <li>• Reposição de Materiais para a Manutenção em Campo para os Equipamentos de Salas Técnicas (Ver Apêndice 9.4): <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Com base nos levantamentos, esse custo por ano é estimado em 20 % do custo dessa reposição, que é de R\$ 55.250,00 por ano, portanto: 20 % x R\$ 55.250,00 = <b>R\$ 11.050,00</b>.</li> </ul> </li> <li>• Reposição de Componentes de Laboratório para os Equipamentos de Salas Técnicas (Ver Apêndice 9.4): <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Com base nos levantamentos, esse custo por ano é estimado em 20 % do custo dessa reposição, que é de R\$ 25.000,00 por ano, portanto: 20 % x R\$ 25.000,00 = <b>R\$ 5.000,00</b>.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Custo Total no Ciclo de Vida: R\$ 42.050,00.</b></p>		

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>			CBTU STU-REC	
TÍTULO: Estender o Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.			Solução Alternativa No 1	Pág.: 7 de 8
Elementos do Sistema	Projeto Original		Projeto Alternativo	
Descrição	Quantidade	Custo	Quantidade	Custo
<b>Intertravamento</b>				
Ampliação do CMT				R\$ 261.869
Gaveta Multiplex			1	
Cartões VAM			6	
Cartões GR			2	
Cartões IPS			3	
Cabos Interligação			Conjunto	
Interface Coqueiral			1	
Gestor de Comunicações				R\$ 115.183
Retrabalho IHM - PCL				R\$ 145.701
Cabos CMT - TBs				R\$ 887.991
Cabos CMT - ECVs				R\$ 189.018
<b>Subtotal Intertravamento</b>				<b>R\$ 1.599.762</b>
Testes de Instalação				R\$ 56.315
Testes Operacionais				R\$ 472.557
<b>Subtotal Testes</b>				<b>R\$ 528.772</b>
<b>Sobressalentes</b>				
Relés de Intertravamento	100	R\$ 112.728		
<b>Subtotal Sobressalentes</b>		<b>R\$ 112.728</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 112.728</b>		<b>R\$ 2.128.634</b>
<b>Ganhos ou Economias</b>				<b>(R\$ 2.015.906)</b>

<b>CUSTOS NO CICLO DE VIDA</b> <i>Nova Sinalização do trecho Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>	
<b>TÍTULO:</b> Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	<b>Solução</b> <b>Alternativa No 1</b>	<b>Pág.:</b> 8 de 8
<b>Período do Ciclo de Vida: 20 anos</b> <b>Taxa de Desconto: 7,215 %</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
<b>A. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>R\$ 112.728</b>	<b>R\$ 2.128.634</b>
<b>Tempo de Serviço Original: 20 anos</b> <b>“GANHOS NOS CUSTOS INICIAIS”:</b> <b>Tempo de Serviço Alternativo: 20 anos</b>		<b>(R\$ 2.015.906)</b>
<b>B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
Equipe de Manutenção das Salas Técnicas	R\$ 52.000	R\$ 26.000
Componentes de Manutenção das Salas Técnicas	R\$ 17.000	R\$ 11.050
Componentes de Manutenção de Laboratório	R\$ 9.000	R\$ 5.000
Operação e Consumo de Energia	--x--	--x--
<b>Custos Anuais Subseqüentes Totais</b>	<b>R\$ 78.000</b>	<b>R\$ 42.050</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes</b>	<b>R\$ 812.760</b>	<b>R\$ 438.161</b>
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
--x--		
--x--		
<b>Custos Subseqüentes Periódicos Totais</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)</b>	<b>R\$ 812.760</b>	<b>R\$ 438.161</b>
<b>Ganhos Totais nos Custos Subseqüentes</b>		<b>R\$ 374.599</b>
<b>E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
1. Atrasos e Supressão de Viagens	--x--	--x--
2. Tempo de Viagem	--x--	--x--
<b>Custos Anuais Totais dos Usuários</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente Custos Anuais dos Usuários</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>Ganhos Totais nos Custos dos Usuários</b>		<b>R\$ 0</b>
<b>F. TOTAL DOS CUSTOS (D+E)</b>	<b>R\$ 812.760</b>	<b>R\$ 438.161</b>
<b>Ganhos no Ciclo de Vida</b>		<b>R\$ 374.599</b>
<b>Ganhos Totais – Implantação e Ciclo de Vida</b>		<b>(R\$ 1.641.307)</b>

### 5.6.1.2 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 2

As nove páginas da TAB 5.13 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.13: Avaliação da Solução Alternativa No 2 – Nova Sinalização Recife – Barro**

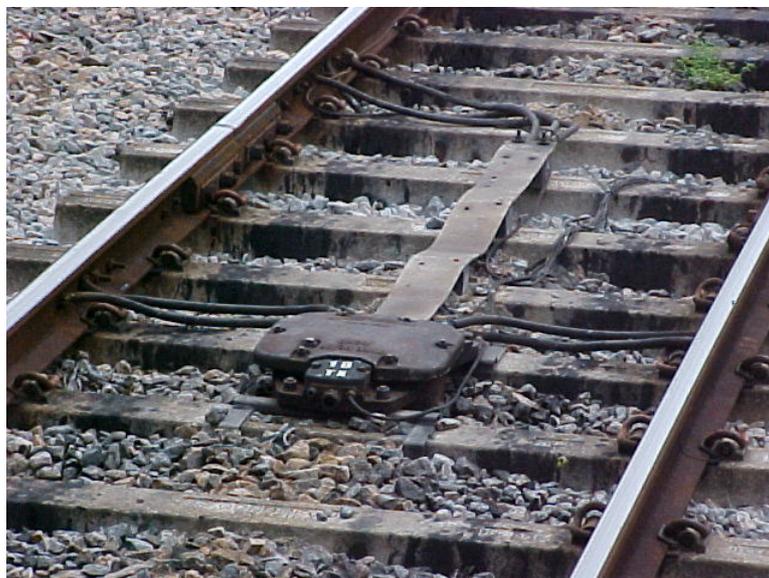
ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Aumentar a Capacidade de Transporte		<b>Idéia No</b> AC-2	<b>Solução</b> Alternativa No 2	
<b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.		<b>Pág.:</b> 1 de 9		
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito original do projeto prevê somente a alteração do PVS entre Recife e Joana Bezerra para acomodar os travessões de interface entre a Linha Centro e Linha Sul. Os novos circuitos de via, cerca de 12, seriam da mesma tecnologia dos hoje existentes com empregos de relés do tipo Reed.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> Essa solução alternativa prevê o estabelecimento de um novo PVS – trecho Recife – Barro, englobando três domínios atuais de intertravamento: Recife – Ipiranga – Werneck. Os circuitos de via seriam em áudiofrequência, sem emprego de juntas isolantes e com maior número de códigos de velocidade.				
<b>VANTAGENS:</b>		<b>DESVANTAGENS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita a redução do intervalo entre trens para um valor abaixo de 3 minutos e aumento da velocidade comercial;</li> <li>• Permite aos trens atingirem a velocidade máxima de 90 Km/h contra o atual limite de 80 Km/h. As velocidades geradas na via seriam: 90; 79; 62; 49; 32; 25 e 10 Km/h;</li> <li>• Elimina as bobinas de impedância, as juntas isolantes e todos seus custos agregados: manutenção, substituição e colmatagem da via permanente;</li> <li>• Aumenta a confiabilidade do sistema principalmente no trecho Recife – Coqueiral, ramo principal a Linha Centro;</li> <li>• Elimina o emprego de fusíveis de proteção e aumenta a imunidade contra surtos no sistema de tração (Rede Aérea em 3.000 Volts);</li> <li>• Maiores facilidades de manutenção, com diagnósticos de falhas e redução dos custos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentam os custos com o desenvolvimento de projeto e simulações de desempenho e segurança;</li> <li>• Aumentam os custos com aquisição de equipamentos complementares;</li> <li>• Aumentam os prazos e os custos de implantação;</li> <li>• Aumentam os impactos operacionais e inconveniências aos usuários durante o período de implantação;</li> <li>• Aumentam os custos para implantação de infra-estrutura (vala de cabos ou rede de dutos).</li> </ul>		
<b>SUMÁRIO DE CUSTOS</b>	<b>Custos de Implantação</b>	<b>Valor Presente Custos Subseqüentes</b>	<b>Valor Presente Custos Usuários</b>	<b>Valor Presente Líquido</b>
<b>Conceito Original</b>	R\$ 229.831	R\$ 10.923.286	R\$ 950.064	R\$ 12.103.181
<b>Conceito Alternativo</b>	R\$ 7.432.631	R\$ 1.752.644	R\$ 190.009	R\$ 9.375.284
<b>Ganhos ou Economias</b>	(R\$ 7.202.800)	R\$ 9.170.642	R\$ 760.055	R\$ 2.727.897
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> + 32,8 %

<b>ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>	
<b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	<b>Solução Alternativa</b> <b>No 2</b>	<b>Pág:</b> 2 de 9
<p><b>Discussões / Justificativas</b></p> <p>Os maiores índices de falhas do sistema de sinalização que implicam em ocorrências notáveis na operação, com os conseqüentes atrasos e supressão de viagens, são provocadas pelos circuitos de via do tipo reed. Os maiores custos de manutenção do projeto original também estão vinculados a esses circuitos de via: substituição de fusíveis, juntas isolantes, bondes de impedância e colmatagem da via permanente. Esses motivos justificam essa alternativa ao projeto original.</p> <p>Também para os custos de implantação do projeto alternativo, as maiores contribuições são dos custos relativos aos circuitos de via em audiofrequência: gabinetes ECV, cabos, caixas de interface, z-bonds e conexões aos trilhos. Dessa forma, qualquer economia nesse componente terá um reflexo significativo no custo total do empreendimento.</p> <p>Outra implicação em custos no projeto alternativo é a necessidade de solda aluminotérmica nos trilhos quando da remoção das juntas isoladas.</p> <p>A opção pelos circuitos de via em audiofrequência se justifica por três propósitos do projeto alternativo: o aumento da capacidade de transporte, por ficarem disponíveis mais patamares de velocidade, além de possibilitar velocidade máxima de 90 Km/h, o aumento da confiabilidade e a diminuição dos custos de manutenção. As melhorias nesses propósitos justificam o aumento nos seus custos.</p> <p><b>Comentários dos Revisores Técnicos:</b></p> <p>A projetista do sistema – Alstom do Brasil, foi consultada sobre a possibilidade de atingir um intervalo entre trens entre 2,0 e 2,5 minutos, que foi confirmada em simulações preliminares empregando cerca de 55 a 60 circuitos de via.</p> <p><b>Considerações do Gerente de Projeto:</b></p>		

<p align="center"><b>ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i></p>	<p align="center"><b>CBTU</b> <b>STU-REC</b></p>	
<p><b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.</p>	<p align="center"><b>Solução</b> <b>Alternativa No 2</b></p>	<p align="center"><b>Pág:</b> 3 de 9</p>

**CROQUIS**

**CONCEITO ORIGINAL:** Circuitos de Via Reed no trecho Recife – Barro



**Conexão aos trilhos por meio de Bondes de Impedância e Juntas Isolantes**

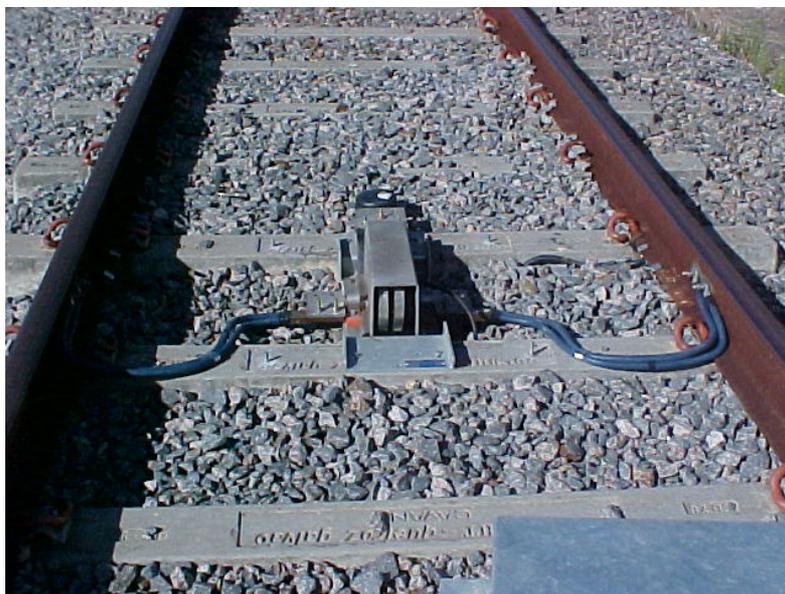
<b>ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>	
<b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	<b>Solução</b> <b>Alternativa No 2</b>	<b>Pág:</b> 4 de 9

**CROQUIS**

**CONCEITO ALTERNATIVO:** Circuito de Via em Audiofrequência no trecho Recife - Barro



**Gabinete ECV – Eletrônica de Circuitos de Via e Caixa de Interface**



**Conexão aos Trilhos via Z-Bond e Dispensa de Juntas Isoladas**

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>		
<b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	<b>Solução</b> <b>Alternativa No 2</b>		<b>Pág.:No</b> 5 de 9
<b>Critérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>Segurança Operacional</b> O nível de segurança esperado para os circuitos de via é a detecção de “shunts” (curto-circuito entre trilhos) de até 0,4 ohms, detecção de trilho partido e trilhos topados. A solução alternativa é mais imune a atos de sabotagem.	Pontuação	7	9
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>203</b>	<b>261</b>
<b>Eficiência Operacional</b> A eficiência cresce significativamente, uma vez que os trens poderão trafegar em velocidades maiores que na situação atual, o que crescerá a velocidade comercial, além de permitir um intervalo entre trens menor, face à elaboração de um novo PVS.	Pontuação	6	8
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>144</b>	<b>192</b>
<b>Confiabilidade</b> Além de sua própria confiabilidade (MTBF de 15.000 horas), há ainda uma contribuição pelo número menor de CDVs. É esperado que se reduza de 20 para um máximo de 2 falhas por mês no trecho Recife - Barro.	Pontuação	4	9
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>76</b>	<b>171</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> Além de programas de auto diagnose, indicações locais do estado das entradas e saídas, registro de eventos e alarmes com diagnósticos, são permitidas intervenções com o sistema em operação.	Pontuação	5	8
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>70</b>	<b>112</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> Uma vez que a implantação se dará com o sistema atual em operação, é necessária uma montagem prévia antes da conexão aos trilhos. O projeto alternativo não necessita seccionar a via para instalar juntas isolantes mas sua maior extensão anula essa facilidade.	Pontuação	6	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Prazos de Implantação</b> O projeto alternativo envolve uma extensão maior e, portanto, tem prazo de implantação ampliado.	Pontuação	5	1
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Poderão ser necessárias pequenas interrupções de tráfego ou restrições de velocidade devendo gerar inconveniências aos usuários.	Pontuação	8	4
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>80</b>	<b>40</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>595</b>	<b>790</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 32,8 %</b>

<p align="center"><b>HIPÓTESES E CÁLCULOS</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i></p>	<p align="center"><b>CBTU</b> <b>STU-REC</b></p>	
<p><b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.</p>	<p align="center"><b>Solução</b> <b>Alternativa No 2</b></p>	<p align="center"><b>Pág:</b> 6 de 9</p>
<p><b>Hipóteses de Projeto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A possibilidade de se obter uma redução no “headway” com uma quantidade menor de circuitos de via foi confirmada pela Alstom do Brasil, conjugada com o aumento da velocidade máxima para 90 km/h e utilização de oito códigos de velocidade. A quantidade precisa de circuitos de via será confirmada no desenvolvimento do projeto.</li> </ul> <p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos de Implantação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A nova composição de custos passa a ser, com a redução dos circuitos de via para a quantidade apontada, entre 55 e 60, e conseqüente menor ocupação dos gabinetes ECV (ver Item 5.4.3.3 - Custos de Implantação – Projeto Alternativo): <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 6 (seis) Gabinetes de Eletrônica de Circuito de Via – ECV, nas mesmas Salas Técnicas apontadas no Item 5.4.3.3 – <b>R\$ 2.064.432,00;</b></li> <li>➤ Caixas de Interface, Antenas, Shunts de Via (Z-bonds) e cabos de controle para todos os circuitos de via no trecho Recife – Barro – <b>R\$ 1.701.163,00;</b></li> <li>➤ Cabos entre os Gabinetes ECV e Caixas de Interface – <b>R\$ 1.072.087,00;</b></li> <li>➤ Cabos de Bondeamento (Z-Bonds e AMVs) – <b>R\$ 230.366,00;</b></li> <li>➤ Quadros de Alimentação Elétrica para os Gabinetes ECV – <b>R\$ 92.540,00;</b></li> <li>➤ Cabos de Aterramento nas Salas Técnicas – <b>R\$ 57.099,00.</b></li> </ul> </li> </ul> <p><b>Custo Total de Equipamentos de Circuito de Via: R\$ 5.217.687,00.</b></p> <p><b>Redução do Custo Total de CDVs: R\$ 7.204.205,00 - R\$ 5.217.687,00 = R\$ 1.986.518,00</b></p> <p><b>Obs.:</b> Essa redução de CDVs faz com que diminua o custo do retrabalho do PCL de Recife – Solução Alternativa No 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais e Acessórios de Instalação. Esse custo fica reduzido praticamente à metade pela redução do número de circuitos de via, passando a R\$ 305.185,00. 80 % desse custo é atribuído para os acessórios de instalação dos circuitos de via - 80 % x R\$ 305.185,00 = <b>R\$ 244.148,00;</b></li> <li>• Montagem dos Equipamentos na Via. Esse custo passa para <b>R\$ 618.247,00</b> pela quantidade menor de circuitos de via e parte dos serviços realizada durante o dia.</li> <li>• Montagem dos Gabinetes ECV. Preço inalterado pela permanência do mesmo número de gabinetes – <b>R\$ 559.179,00;</b></li> <li>• Supervisão Técnica da Alstom. Preço inalterado – <b>R\$ 492.235,00;</b></li> <li>• Supervisão Técnica da CBTU. Preço inalterado – <b>R\$ 118.325,00.</b></li> </ul>		

<p align="center"><b>HIPÓTESES E CÁLCULOS</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i></p>	<p align="center"><b>CBTU</b> <b>STU-REC</b></p>	
<p><b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.</p>	<p align="center"><b>Solução</b> <b>Alternativa No 2</b></p>	<p align="center"><b>Pág:</b> 7 de 9</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção de Juntas Isoladas e aplicação de Solda Aluminotérmica nos trilhos. É acrescido esse custo, estimado em <b>R\$ 100.000,00</b>, com os serviços realizados em período noturno (ver Apêndice 9.3);</li> <li>• Retirada dos Bondes de Impedância. É também acrescido esse custo, cuja estimativa é de <b>R\$ 82.810,00</b> (serviços noturnos), conforme Apêndice 9.3.</li> </ul> <p><b>Obs.:</b> esse subtotal de <b>R\$ 182.810,00</b> está acrescido no item Montagem Equipamentos Via na Tabela da página seguinte (8/9) - <b>R\$ 618.247,00 + R\$ 182.810,00 = R\$ 801.057,00.</b></p> <p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos no Ciclo de Vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos com Equipes de Manutenção (Ver Apêndice 9.4). <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 80 % da mão-de-obra de manutenção preventiva e corretiva anual será empregada na manutenção dos CDVs em campo, portanto: 80 % x R\$ 130.000,00 = <b>R\$ 104.000,00.</b></li> </ul> </li> <li>• Reposição de Materiais para a Manutenção em Campo (Ver Apêndice 9.4): <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Com base nos levantamentos, esse custo por ano é estimado em 80 % do custo dessa reposição, que é de R\$ 55.250,00 por ano, portanto: 80 % x R\$ 55.250,00 = <b>R\$ 44.200,00.</b></li> </ul> </li> <li>• Reposição de Componentes de Laboratório para a Manutenção em Campo (Ver Apêndice 9.4): <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Com base nos levantamentos, esse custo por ano é estimado em 80 % do custo dessa reposição, que é de R\$ 25.000,00 por ano, portanto: 80 % x R\$ 25.000,00 = <b>R\$ 20.000,00.</b></li> </ul> </li> <li>• Atrasos e Supressões de Viagens (Ver Apêndice 9.4): <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Com base na operação do trecho Rodoviária – Camaragibe, projeta-se esse custo em 20 % do custo atual – 20 % x R\$ 91.177,00 = <b>R\$ 18.235,00.</b></li> </ul> </li> </ul> <p><b>Custo Total no Ciclo de Vida: R\$ 186.435,00.</b></p>		

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>			CBTU STU-REC	
TÍTULO: Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.			Solução Alternativa No 2	Pág.: 8 de 9
Elementos do Sistema	Projeto Original		Projeto Alternativo	
Descrição	Quantidade	Custo	Quantidade	Custo
<b>Circuitos de Via</b>				
Gabinetes ECV			6	R\$ 2.064.432
Caixas de Interface, Antenas, Z-bonds e Cabos de Controle			Conjunto	R\$ 1.701.163
Cabos ECVs – Caixas de Interface			Conjunto	R\$ 1.072.087
Cabos de Bondeamento			Conjunto	R\$ 230.366
Quadros de Alimentação - ECVs			6	R\$ 92.540
Cabos de Aterramento			Conjunto	R\$ 57.099
<b>Subtotal Circuitos de Via</b>				<b>R\$ 5.217.687</b>
<b>Implantação</b>				
Materiais e Acess. de Instalação				R\$ 244.148
Montagem Equipamentos Via				R\$ 801.057
Montagem Gabinetes ECVs				R\$ 559.179
Supervisão Técnica Alstom				R\$ 492.235
Supervisão Técnica CBTU				R\$ 118.325
<b>Subtotal Implantação</b>				<b>R\$ 2.214.944</b>
<b>Sobressalentes</b>				
Filtros tipo Reed	60	R\$ 135.274		
Conjunto ATC Campo	6	R\$ 94.557		
<b>Subtotal Sobressalentes</b>		<b>R\$ 229.831</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 229.831</b>		<b>R\$ 7.432.631</b>
<b>Ganhos ou Economias</b>				<b>(R\$ 7.202.800)</b>

<b>CUSTOS NO CICLO DE VIDA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>	
<b>TÍTULO:</b> Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro	<b>Solução</b> Alternativa No 2	<b>Pág.:</b> 9 de 9
<b>Período do Ciclo de Vida: 20 anos</b> <b>Taxa de Desconto: 7,215 %</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
<b>A. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>R\$ 229.831</b>	<b>R\$ 7.432.631</b>
<b>Tempo de Serviço Original: 20 anos</b> <b>“GANHOS NOS CUSTOS INICIAIS”:</b>		<b>(R\$ 7.202.800)</b>
<b>Tempo de Serviço Alternativo: 20 anos</b>		
<b>B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
Equipes de Manutenção em Campo	R\$ 208.000	R\$ 104.000
Componentes de Manutenção em Campo	R\$ 68.000	R\$ 44.200
Componentes de Manutenção de Laboratório	R\$ 36.000	R\$ 20.000
Operação e Consumo de Energia	--x--	--x--
<b>Custos Anuais Subseqüentes Totais</b>	<b>R\$ 312.000</b>	<b>R\$ 168.200</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes</b>	<b>R\$ 3.251.040</b>	<b>R\$ 1.752.644</b>
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
<b>Circuitos de Via Reed</b>		
Substituição de Fusíveis de Proteção	R\$ 26.400	
Reposição de Juntas Isolantes (Aquisição e Substituição)	R\$ 493.680	
Remoção de Colmatagem do Lastro	R\$ 147.300	
Manutenção dos Bondes de Impedância	R\$ 68.920	
<b>Custos Subseqüentes Periódicos Totais</b>	<b>R\$ 736.300</b>	<b>--x--</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>--x--</b>
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos</b>	<b>R\$ 7.672.246</b>	<b>--x--</b>
<b>D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)</b>	<b>R\$ 10.923.286</b>	<b>R\$ 1.752.644</b>
<b>Ganhos Totais nos Custos Subseqüentes</b>		<b>R\$ 9.170.642</b>
<b>E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
1. Atrasos e Supressão de Viagens	R\$ 91.177	R\$ 18.235
2. Tempo de Viagem	--x--	--x--
<b>Custos Anuais Totais dos Usuários</b>	<b>R\$ 91.177</b>	<b>R\$ 18.235</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente Custos Anuais dos Usuários</b>	<b>R\$ 950.064</b>	<b>R\$ 190.009</b>
<b>Ganhos Totais nos Custos dos Usuários</b>		<b>R\$ 760.055</b>
<b>F. TOTAL DOS CUSTOS (D+E)</b>	<b>R\$ 11.873.350</b>	<b>R\$ 1.942.653</b>
<b>Ganhos no Ciclo de Vida</b>		<b>R\$ 9.930.697</b>
<b>Ganhos Totais – Implantação e Ciclo de Vida</b>		<b>R\$ 2.727.897</b>

### 5.6.1.3 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 3

As duas páginas da TAB 5.14 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.14: Avaliação da Solução Alternativa No 3 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
FUNÇÃO: Comandar Máquinas de Chave e Sinais		Idéias No CM-1 e CS-1	Solução Alternativa No 3	
TÍTULO: Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinais entre Recife e Barro.		Pág.: 1 de 2		
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O projeto original prevê que o novo intertravamento digital (CMT) de Recife – Linha Centro controlaria as máquinas de chave e sinais com os dispositivos de acionamento por meio de cartões de interface a relés, aproveitando as mesmas formas de comando, controle e alimentação desses dispositivos.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> A solução alternativa prevê a extensão do controle desses dispositivos pelo intertravamento do domínio de Recife – Linha Centro, até o limite inferior da estação Barro.				
<b>VANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elimina os custos com aquisição de novos cabos e lançamento dos mesmos;</li> <li>• Aproveita a estrutura de acionamento desses dispositivos já existentes.</li> </ul>		<b>DESVANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanência de cabos operando há mais de 20 anos.</li> </ul>		
SUMÁRIO DE CUSTOS	Custos de Implantação	Valor Presente Custos Subseqüentes	Valor Presente Custos Usuários	Valor Presente Líquido
Conceito Original	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
Conceito Alternativo	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
Ganhos ou Economias	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
Membro da Equipe: Márcio Cazelli		Especialidade: Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> <b>+ 0 %</b>

<b>ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>
--	-------------------------------

<b>TÍTULO:</b> Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinais entre Recife e Barro	<b>Solução</b> <b>Alternativa No 3</b>	<b>Pág:</b> 2 de 2
---	---	-----------------------

**CROQUIS**

**CONCEITO ORIGINAL E ALTERNATIVO:**

**Permanência dos Cabos de Controle de Máquinas de Chave e Sinais**



**Máquina de Chave e Sinal – Linha Centro – STU-REC**

Essa solução alternativa foi desenvolvida somente em função das seguintes considerações da Equipe de Valor:

- A substituição desses cabos pode acontecer na programação normal da manutenção, de acordo com a monitoração por testes de continuidade e resistência de isolamento;
- Para a implantação do projeto alternativo é necessária uma nova vala de cabos. Com isso cria-se uma oportunidade de lançar novos cabos de controle desses dispositivos, antecipando-se ao programa de substituição;
- A segurança do sistema de sinalização não é afetada pela preservação desses cabos
  - Falhas nos cabos de máquina de chave levarão ao bloqueio de rotas sobre seus respectivos AMVs;
  - Falhas nos cabos de sinais levarão ao não acendimento de seus focos (um ou dois), não afetando a segurança da circulação dos trens uma vez que são despachados por sinais a bordo das cabines dos trens;
- Falhas nos cabos das máquinas de chave podem perturbar a circulação dos trens pelo bloqueio de rotas sobre seus respectivos AMVs sendo, no entanto, baixíssima essa incidência. As máquinas de chave que não movimentam os AMVs para as manobras de retorno em Recife praticamente não são acionadas na operação comercial.
- Falhas nos cabos dos sinais não têm influência na circulação uma vez que os trens são conduzidos pelos sinais de cabine.

Com essas considerações, para todos os critérios de avaliação do grau de desempenho, as notas para o conceito original e alternativo serão absolutamente iguais. Essa solução deve ser implantada para evitar custos para o projeto alternativo.

#### 5.6.1.4 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 4

As três páginas da TAB 5.15 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.15: Avaliação da Solução Alternativa No 4 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Acomodar Cabos		<b>Idéias No CC-2 e CC-4</b>	<b>Solução Alternativa No 4</b>	
<b>TÍTULO:</b> Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos, com dispensa da recomposição da camada de imprimação na faixa da abertura da vala de cabos.				<b>Pág.:</b> 1 de 3
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito original do projeto prevê o lançamento dos cabos de controle e dos novos circuitos de via diretamente enterrados, conforme padrão atual entre Recife e Joana Bezerra, com emprego de dutos somente em travessias, sendo obrigatória a recomposição da camada de imprimação da base sempre que a abertura de qualquer vala a destrua.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> Essa solução alternativa prevê o lançamento dos cabos numa rede longitudinal de dutos em toda a extensão de Recife até Barro, com caixas de passagem a cada 100 metros. As travessias de via permanecem no mesmo padrão original. Elimina a necessidade de recomposição da camada de imprimação uma vez que entre Joana Bezerra e Barro ela é praticamente inexistente. A execução da vala de cabos não irá contribuir para aumentar a deterioração do leito, uma vez que haverá recompactação do terreno com o material retirado da vala. Entre Recife e Joana Bezerra já foi lançada uma rede de dutos, com dutos reservas, que irão absorver os cabos do projeto alternativo, não havendo necessidade de nova vala.				
<b>VANTAGENS:</b>		<b>DESVANTAGENS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilita o grupamento funcional dos cabos por duto;</li> <li>• Facilita o lançamento de cabos sobressalentes no futuro;</li> <li>• Facilita o acesso para execução de emendas no caso de problemas pontuais;</li> <li>• Maior proteção para os cabos;</li> <li>• Diminui os custos pela redução das atividades vinculadas ao lançamento de cabos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentam os custos pela aquisição de dutos;</li> <li>• Aumentam os prazos e os custos de lançamento: dutos e caixas de passagem;</li> <li>• Aumentam os custos para implantação de infra-estrutura;</li> <li>• Possível deterioração na superfície na extensão da largura da vala de cabos (máximo de 0,5 m).</li> </ul>		
<b>SUMÁRIO DE CUSTOS</b>	<b>Custos de Implantação</b>	<b>Valor Presente Custos Subseqüentes</b>	<b>Valor Presente Custos Usuários</b>	<b>Valor Presente Líquido</b>
<b>Conceito Original</b>	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
<b>Conceito Alternativo</b>	R\$ 573.687	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 573.687
<b>Ganhos ou Economias</b>	(R\$ 573.687)	R\$ 0	R\$ 0	(R\$ 573.687)
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> + 2,3 %

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>		
<b>TÍTULO:</b> Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos.	<b>Solução Alternativa No 4</b>		<b>Pág.:</b> 2 de 3
<b>Critérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>Segurança Operacional</b> O tipo de lançamento, ambos enterrados, fornece um nível de proteção adequado aos cabos para a segurança da operação do sistema.	Pontuação	7	7
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>203</b>	<b>203</b>
<b>Eficiência Operacional</b> Da mesma forma, em ambas as situações, o nível de proteção é adequado para que a operação dos trens não seja afetada por deterioração nos cabos.	Pontuação	6	6
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Confiabilidade</b> Os cabos para aplicações ferroviárias normalmente são fabricados para atender níveis altíssimos de confiabilidade e disponibilidade. Com um lançamento adequado, contribuem para preservar a confiabilidade da função cumprida pelos equipamentos que interligam.	Pontuação	10	10
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>190</b>	<b>190</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> O lançamento em rede de dutos com caixas de passagem facilita a substituição de lances entre caixas, emendas e lançamento de cabos sobressalentes.	Pontuação	3	5
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>42</b>	<b>70</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> O lançamento em rede de dutos com caixas de passagem facilita a divisão em etapas, assim como a separação de equipes: uma de passagem dos cabos e outra de abertura de valas com lançamento dos dutos.	Pontuação	6	8
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>12</b>	<b>16</b>
<b>Prazos de Implantação</b> A solução alternativa de lançamento envolve mais elementos. Mesmo sendo mais facilitada, resulta num maior prazo de implantação.	Pontuação	5	2
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Poderão ser necessárias pequenas interrupções de tráfego ou restrições de velocidade devendo gerar inconveniências aos usuários uma vez que os serviços acontecem à margem das vias.	Pontuação	8	7
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>80</b>	<b>70</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>681</b>	<b>697</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 2,3 %</b>

<b>CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS)</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>			
<b>TÍTULO:</b> Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos.		<b>Solução</b> <b>Alternativa No 4</b>	<b>Pág.:</b> 3 de 3		
<b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos de Implantação</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Os custos dos acessórios de instalação para a rede de dutos não variaram em função do menor número de circuitos de via. São estimados em 20 % desse custo total: 20 % x R\$ 305.185,00 = <b>R\$ 61.037</b> (ver Hipóteses Assumidas na avaliação da Solução Alternativa No 2 - TAB 5.13 – pág. 6/9);</li> <li>Vala, Dutos e Lançamento dos Dutos. Esses custos reduzem de valor em decorrência da Solução Alternativa No 5, que prevê a realização desses serviços durante o dia. Seu novo valor passa a ser, conforme cotação ALSTOM, <b>R\$ 512.650,00</b>.</li> </ul>					
<b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos no Ciclo de Vida</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Não existem custos no ciclo de vida associados a esses itens.</li> </ul>					
<b>Elementos do Sistema</b>		<b>Projeto Original</b>		<b>Projeto Alternativo</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo</b>	
<b>Implantação</b>					
Materiais e Acessórios de Instalação	--x--	--x--	Conj	R\$ 61.037	
Vala, Dutos e Lançamento dos Dutos	--x--	--x--	10 Km	R\$ 512.650	
<b>Subtotal Implantação</b>		--x--		<b>R\$ 573.687</b>	
<b>TOTAL</b>		--x--		<b>R\$ 573.687</b>	
<b>Ganhos ou Economias</b>					<b>(R\$ 573.687)</b>

#### 5.6.1.5 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 5

As três páginas da TAB 5.16 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.16: Avaliação da Solução Alternativa No 5 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Acomodar Cabos		<b>Idéia No</b> CC-3	<b>Solução</b> Alternativa No 5	
<b>TÍTULO:</b> Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança.			<b>Pág.:</b> 1 de 3	
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito original do projeto prevê o lançamento dos cabos nos trechos em operação sempre em períodos noturnos (00:30 às 04:00), ou em fins-de-semana, fora dos horários da operação comercial.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> Essa solução alternativa propõe os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em toda a extensão de Recife até Barro em período diurno, com exceção de alguns trechos (máximo de 10 %) que, por força de localização, torna impossível a convivência com a circulação de trens. Já existe experiência desse procedimento na STU-REC no trecho Rodoviária – Camaragibe, embora com um intervalo médio entre trens de 15 minutos.				
<b>VANTAGENS:</b>		<b>DESVANTAGENS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminui os custos com pagamentos de adicionais noturnos, com equipamentos de iluminação, além da montagem e desmontagem desses equipamentos;</li> <li>• Amplia a jornada de trabalho das equipes de abertura de valas, lançamento de dutos e cabos;</li> <li>• Interfere menos no rendimento dessas equipes pois contarão com melhores condições de luminosidade;</li> <li>• Possibilita um prazo bem menor que o lançamento exclusivamente noturno.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessita de procedimentos rigorosos de segurança para os trabalhadores;</li> <li>• Provoca impactos na operação pois exige restrição de velocidade no trecho onde o trabalho estiver sendo executado.</li> </ul>		
<b>SUMÁRIO DE CUSTOS</b>	<b>Custos de Implantação</b>	<b>Valor Presente Custos Subseqüentes</b>	<b>Valor Presente Custos Usuários</b>	<b>Valor Presente Líquido</b>
<b>Conceito Original</b>	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
<b>Conceito Alternativo</b>	R\$ 1.253.488	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
<b>Ganhos ou Economias</b>	(R\$ 1.253.488)	R\$ 0	R\$ 0	(R\$ 1.253.488)
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> + 2 %

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>		
<b>TÍTULO:</b> Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança.	<b>Solução Alternativa No 5</b>		<b>Pág.:</b> 2 de 3
<b>Critérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>Segurança Operacional</b> A circulação dos trens não sofre restrições quanto à segurança proporcionada pelos sistemas de sinalização e ATC de Bordo em função do horário diurno desses serviços.	Pontuação	7	7
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>203</b>	<b>203</b>
<b>Eficiência Operacional</b> A circulação dos trens não sofre restrições quanto à eficiência proporcionada pelos sistemas de sinalização e ATC de Bordo em função do horário diurno desses serviços.	Pontuação	6	6
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Confiabilidade</b> A nova vala de cabos é no lado oposto à atual. Não há riscos de se interferir ou interromper qualquer outro sistema: sinalização, eletrificação ou telecomunicações.	Pontuação	4	4
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>76</b>	<b>76</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> Nenhuma facilidade de manutenção dos sistemas em operação será afetada pela realização dos serviços envolvidos em período diurno.	Pontuação	5	5
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> O lançamento durante o dia evita os inconvenientes de montagem e desmontagem de equipamentos de iluminação, além de permitir uma jornada de trabalho bem maior.	Pontuação	4	10
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>8</b>	<b>20</b>
<b>Prazos de Implantação</b> A solução alternativa reduz bastante o prazo de implantação pela extensão da jornada diária de trabalho e melhores condições de iluminação.	Pontuação	5	10
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Poderão ser necessárias pequenas interrupções de tráfego ou restrições de velocidade devendo gerar inconveniências aos usuários uma vez que os serviços acontecem à margem das vias.	Pontuação	8	7
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>80</b>	<b>70</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>591</b>	<b>603</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 2 %</b>

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>TÍTULO:</b> Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança.		<b>Solução</b> <b>Alternativa No 5</b>	<b>Pág.:</b> 3 de 3	
<p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos de Implantação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Os benefícios dessa solução em termos de custo se estendem também à Solução Alternativa No 4. A redução de custos é em torno de 60 % pelo não pagamento de adicional noturno e redução no prazo, passando para <b>R\$ 1.253.488,00</b>.</li> </ul> <p><b>Hipóteses Assumidas para as Estimativas dos Custos no Ciclo de Vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Não existem custos no ciclo de vida associados a esse item.</li> </ul>				
Elementos do Sistema	Projeto Original		Projeto Alternativo	
Descrição	Quantidade	Custo	Quantidade	Custo
<b>Implantação</b>				
Lançamento dos Cabos	--x--	--x--	Verba	R\$ 1.253.488
<b>Subtotal Implantação</b>				<b>R\$ 1.253.488</b>
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 1.253.488</b>
<b>Ganhos ou Economias</b>				<b>(R\$ 1.253.488)</b>

#### 5.6.1.6 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 6

As duas páginas da TAB 5.17 documentam essa solução alternativa.

**TAB 5.17: Avaliação da Solução Alternativa No 6 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Acomodar Cabos		<b>Idéia No</b> CC-5	<b>Solução</b> Alternativa No 6	
<b>TÍTULO:</b> Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento.			<b>Pág.:</b> 1 de 2	
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito original do projeto prevê que todos os cabos com até 4 (quatro) condutores utilizados deverão incluir, no mínimo, 1 (um) par de condutores sobressalentes. Para os cabos com até 30 (trinta) condutores utilizados, a quantidade mínima de condutores sobressalentes deverá ser de 15 % do total de condutores que compõem o cabo.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> A solução alternativa prevê que os cabos multicondutores podem ser adquiridos pelo número de condutores comercialmente produzidos, imediatamente acima do número necessário. Para os cabos individuais (CDVs), a quantidade já fornecida para a Linha Sul e para o trecho Rodoviária – Camaragibe, composta com as sobras desse fornecimento, formarão uma reserva suficiente para esses cabos.				
<b>VANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminui os custos com aquisição de cabos;</li> <li>• Diminui os custos com o lançamento dos cabos.</li> </ul>		<b>DESVANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor disponibilidade de condutores sobressalentes lançados, prontos para utilização.</li> <li>• Necessidade de se lançar cabos sobressalentes no caso de indisponibilidade superior à reserva.</li> </ul>		
SUMÁRIO DE CUSTOS	Custos de Implantação	Valor Presente Custos Subseqüentes	Valor Presente Custos Usuários	Valor Presente Líquido
<b>Conceito Original</b>	--X--	--X--	--X--	--X--
<b>Conceito Alternativo</b>	--X--	--X--	--X--	--X--
<b>Ganhos ou Economias</b>	--X--	--X--	--X--	--X--
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> - 1,4 %

O benefício com a redução de custo com os cabos de circuito de via já estão contabilizados na Solução Alternativa No 2 (Cabos ECVs – Caixas de Interface), não sendo necessária aqui uma avaliação de custos.

<b>MEDIDAS DE DESEMPENHO</b> <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>		
<b>TÍTULO:</b> Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento.	<b>Solução Alternativa No 6</b>		<b>Pág.: 2 de 2</b>
<b>Critérios e Razões para a Solução Alternativa</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativa</b>
<b>Segurança Operacional</b> A quantidade de condutores reserva lançados não influencia na segurança operacional do sistema.	Pontuação	9	9
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>261</b>	<b>261</b>
<b>Eficiência Operacional</b> Da mesma forma, para ambas as situações, a eficiência operacional não será afetada pela quantidade de condutores reserva lançados.	Pontuação	8	8
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>192</b>	<b>192</b>
<b>Confiabilidade</b> Os cabos para aplicações ferroviárias normalmente são fabricados para atender níveis altíssimos de confiabilidade e disponibilidade. Uma quantidade maior ou menor de condutores reserva não afetará a confiabilidade das funções do sistema como um todo.	Pontuação	10	10
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>190</b>	<b>190</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> Um número maior de condutores reserva lançados aumenta a facilidade de manutenção pois a utilização é imediata. O lançamento em rede de dutos, com caixas de passagem, facilita a substituição de lances entre caixas, emendas e lançamento de cabos sobressalentes.	Pontuação	9	8
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>126</b>	<b>112</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> As facilidades de implantação não se alteram com mais ou menos condutores ou cabos reserva.	Pontuação	6	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Prazos de Implantação</b> No caso dos cabos individuais, o não lançamento dos reservas reduz o prazo de implantação.	Pontuação	5	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Os impactos operacionais provocados pelo lançamento de cabos não serão ampliados ou diminuídos com mais ou menos condutores e cabos reserva.	Pontuação	7	7
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>861</b>	<b>849</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>- 1,4 %</b>

### 5.6.1.7 A SOLUÇÃO ALTERNATIVA No 7

A TAB 5.18 documenta essa solução alternativa.

**TAB 5.18: Avaliação da Solução Alternativa No 7 – Nova Sinalização Recife – Barro**

ANÁLISE DO VALOR DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC		
<b>FUNÇÃO:</b> Aplicar Critérios de Projeto		<b>Idéia No</b> CP-1	<b>Solução</b> Alternativa No 7	
<b>TÍTULO:</b> Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto, evitando a repetição de manuais de equipamentos comuns aos demais trechos.		<b>Pág.:</b> 1 de 1		
<b>PROJETO ORIGINAL:</b> O conceito do projeto original prevê o fornecimento de documentos de acordo com o padrão da Contratada que determina, para cada domínio de intertravamento, um conjunto de manuais.				
<b>PROJETO ALTERNATIVO:</b> O conceito alternativo prevê que os manuais de instalação, manutenção, desenhos e descritivos de circuitos já emitidos para os domínios de Recife (Linha Sul), Rodoviária, Tancredo Neves e Cajueiro Seco, que não têm vinculação direta com a configuração das vias, não necessitam ser emitidos.				
<b>VANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminui os custos de emissão de documentos;</li> <li>• Evita documentos duplicados.</li> </ul>		<b>DESVANTAGENS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Foge ao padrão de fornecimento da Alstom;</li> <li>• Exige um maior controle sobre a emissão de documentos.</li> </ul>		
<b>SUMÁRIO DE CUSTOS</b>	<b>Custos de Implantação</b>	<b>Valor Presente Custos Subseqüentes</b>	<b>Valor Presente Custos Usuários</b>	<b>Valor Presente Líquido</b>
<b>Conceito Original</b>	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
<b>Conceito Alternativo</b>	R\$ 108.292	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 108.292
<b>Ganhos ou Economias</b>	(R\$ 108.292)	R\$ 0	R\$ 0	(R\$ 108.292)
<b>Membro da Equipe:</b> Márcio Cazelli		<b>Especialidade:</b> Engenheiro de Sinalização		<b>Desempenho:</b> <b>+ 0 %</b>

O grande interesse nessa solução alternativa é a diminuição dos custos de emissão de documentos. Haverá uma redução de custo da ordem de 36 %, que passam de R\$ 147.670,00 para R\$ 108.292,00, pouco representativa nos custos totais. O julgamento pelos graus de desempenho dos Critérios de Avaliação levará as duas soluções ao mesmo desempenho, pois não há influência da emissão de documentos nos critérios escolhidos.

## 5.6.2 CRÍTICAS ÀS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Essa fase de crítica às soluções propostas aconteceu de forma consensual na equipe, com a projetista do sistema sendo consultada sobre a viabilidade técnica das soluções. As reavaliações de custo decorrentes das soluções alternativas foram todas feitas pela projetista, à exceção do custo de supervisão técnica da CBTU.

Como não houve soluções mutuamente exclusivas, as sete soluções alternativas desenvolvidas formarão o único conjunto para comparação com o projeto original. Na TAB 5.19 encontra-se o grupamento das soluções alternativas. Os valores constantes dessa tabela são obtidos das primeiras páginas das TABs 5.12 a 5.18 que documentaram o desenvolvimento das soluções alternativas. Ressaltamos que o potencial de ganhos só reflete os custos envolvidos naquelas soluções alternativas.

A melhoria no desempenho de um conjunto de soluções alternativas não é a soma aritmética das contribuições de cada solução conforme avaliadas na TAB 5.19. Para essa determinação monta-se uma nova Matriz de Medidas de Desempenho, conforme a TAB 5.22, e relacionam-se as justificativas para a adoção do conjunto de soluções alternativas.

Para uma melhor visibilidade das reduções de custo obtidas com as soluções alternativas, encontram-se na TAB 5.20 os custos do Projeto Alternativo, denominado Inicial, e os custos do Projeto Alternativo Aprimorado, obtidos após todo o processo de geração, avaliação de idéias e desenvolvimento das soluções alternativas.

Na TAB 5.21 encontra-se uma comparação de todos os custos do Projeto Original com os novos custos do Projeto Alternativo Aprimorado, que passa a ser designado simplesmente como Projeto Alternativo. A avaliação da melhoria de valor encontra-se na TAB 5.23.

**TAB 5.19: Grupamento das Soluções Alternativas de AV**

SUMÁRIO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>			CBTU STU-REC
Número	Descrição	Ganhos Potenciais Construção <i>Ciclo de Vida</i>	Desempenho
1.0	Estender Intertravamento de Recife até o domínio de Werneck.	(R\$ 2.015.906) R\$ 374.599	+ 17,4 %
2.0	Empregar CDVs AF conforme novo PVS a ser elaborado de Recife a Barro.	(R\$ 7.202.800) R\$ 9.170.642	+ 32,8 %
3.0	Manter os atuais cabos de controle das máquinas de chave e sinais entre Recife e Barro.	R\$ 0 R\$ 0	+ 0 %
4.0	Construir uma nova rede de dutos (Kanadutos) para lançamento dos cabos, com dispensa da recomposição da camada de imprimação na faixa da abertura da vala de cabos.	(R\$ 914.572) R\$ 0	+ 2,3 %
5.0	Permitir os serviços de abertura de valas, assentamento de dutos e lançamento de cabos em período diurno com os cuidados necessários de segurança.	(R\$ 1.253.488) R\$ 0	+ 2 %
6.0	Eliminar o conceito de condutores reserva nos cabos de circuitos de via. Montar bobinas reservas com as sobras do lançamento.	Computados na Alternativa 2.0 R\$ 0	- 1,4 %
7.0	Emitir documentos estritamente relacionados ao escopo do projeto evitando a repetição de manuais de equipamentos comuns aos demais trechos.	(R\$ 108.292) R\$ 0	0 %
SUMÁRIO DOS CONJUNTOS DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE AV			
Conjunto No	Descrição	Ganhos Potenciais Construção <i>Ciclo de Vida</i>	Ganhos em Desempenho e em Valor
1	Estender o domínio do Intertravamento de Recife até Werneck e empregar circuitos de via em audiofrequência até Barro: (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 e 7.0).	(R\$ 11.495.058) \$9.545.241	Conforme Matriz de Graus de Desempenho TAB 5.23

**TAB 5.20: Custos do Projeto Alternativo Aprimorado pelas Soluções Alternativas**

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (CUSTOS INICIAIS) <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>		CBTU STU-REC	
Elementos do Sistema	Quantidade	Proj. Alternativo Inicial	Proj. Alternativo Aprimorado
<b>Intertravamento</b>			
Ampliação do Equipamento CMT	1	R\$ 261.869	R\$ 261.869
Ampliação do Equipamento GC	1	R\$ 115.183	R\$ 115.183
Painel de Comando Local	1	R\$ 201.958	R\$ 145.701
Cabos Multicondutores CMT - TBs	10 Km	R\$ 887.991	R\$ 887.991
Cabos Multiplex CMT - ECVs	10 Km	R\$ 189.018	R\$ 189.018
<b>Subtotal Intertravamento</b>		<b>R\$ 1.656.019</b>	<b>R\$ 1.599.762</b>
<b>Circuitos de Via</b>			
Gabinetes ECV	6	R\$ 2.861.522	R\$ 2.064.432
Caixas de Interface, Antenas, Z-bonds e Cabos de Controle	Conjunto	R\$ 2.357.993	R\$ 1.701.163
Cabos ECVs – Caixas de Interface	Conjunto	R\$ 1.497.518	R\$ 1.072.087
Cabos de Bondeamento	Conjunto	R\$ 321.781	R\$ 230.266
Quadros de Alimentação - ECVs	6	R\$ 108.292	R\$ 92.540
Cabos de Aterramento	Conjunto	R\$ 57.099	R\$ 57.099
<b>Subtotal Circuitos de Via</b>		<b>R\$ 7.204.205</b>	<b>R\$ 5.217.687</b>
<b>Projeto</b>			
Simulações–Desempenho e Segurança	Verba	R\$ 157.515	R\$ 157.515
PVS e Tabela de Rotas	Verba	R\$ 196.894	R\$ 196.894
Análise de Segurança – FMEA	Verba	R\$ 39.379	R\$ 39.379
Documentação Técnica e Manuais	Verba	R\$ 147.670	R\$ 108.292
<b>Subtotal Projeto</b>		<b>R\$ 541.458</b>	<b>R\$ 502.080</b>
<b>Implantação</b>			
Materiais e Acessórios de Instalação	Conjunto	R\$ 697.917	R\$ 305.185
Vala, Dutos e Lançamento dos Dutos	10 Km	R\$ 853.535	R\$ 512.650
Lançamento dos Cabos	Verba	R\$ 2.086.998	R\$ 1.253.488
Montagem Equipamentos Via	Verba	R\$ 1.596.846	R\$ 801.057
Montagem Gabinetes ECVs	6	R\$ 559.179	R\$ 559.179
Supervisão Técnica Alstom	Verba	R\$ 492.235	R\$ 492.235
Supervisão Técnica CBTU	Verba	R\$ 118.325	R\$ 118.325
<b>Subtotal Implantação</b>		<b>R\$ 6.404.845</b>	<b>R\$ 4.042.119</b>
<b>Testes</b>			
Testes de Instalação	Verba	R\$ 374.960	R\$ 280.574
Testes Operacionais	Verba	R\$ 1.052.520	R\$ 787.595
<b>Subtotal Testes</b>		<b>R\$ 1.427.480</b>	<b>R\$ 1.068.169</b>
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 17.234.007</b>	<b>R\$ 12.429.817</b>
	<b>Ganhos ou Economias</b>		<b>R\$ 4.804.190</b>

**TAB 5.21 – Custos no Ciclo de Vida – Projeto Original x Projeto Alternativo**

<b>CUSTOS NO CICLO DE VIDA</b> <i>Sinalização Recife – Joana Bezerra</i>		<b>CBTU</b> <b>STU-REC</b>
<b>Período do Ciclo de Vida: 20 anos Taxa de Desconto: 7,215 %</b>	<b>Original</b>	<b>Alternativo</b>
<b>A. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO</b>	<b>R\$ 516.161</b>	<b>R\$ 12.429.817</b>
<b>Tempo de Serviço do Projeto Original: 20 anos</b>		
<b>B. CUSTOS ANUAIS SUBSEQÜENTES</b>		
Equipes de Manutenção	R\$ 260.000	R\$ 130.000
Reposição de Componentes de Manutenção no Campo	R\$ 85.000	R\$ 55.250
Reposição de Componentes de Manutenção de Laboratório	R\$ 45.000	R\$ 25.000
Operação e Consumo de Energia	--x--	--x--
<b>Custos Anuais Subseqüentes Totais</b>	<b>R\$ 390.000</b>	<b>R\$ 210.250</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Anuais Subseqüentes</b>	<b>R\$ 4.063.800</b>	<b>R\$ 2.190.805</b>
<b>C. CUSTOS SUBSEQÜENTES PERIÓDICOS</b>		
<b>Circuitos de Via Reed</b>		
Substituição de Fusíveis de Proteção	R\$ 26.400	R\$ 0
Reposição de Juntas Isolantes (Aquisição e Substituição)	R\$ 493.680	R\$ 0
Remoção de Colmatagem do Lastro	R\$ 147.300	R\$ 0
Manutenção dos Bondes de Impedância	R\$ 68.920	R\$ 0
<b>Custos Subseqüentes Periódicos Totais</b>	<b>R\$ 736.300</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente dos Custos Subseqüentes Periódicos</b>	<b>R\$ 7.672.246</b>	<b>R\$ 0</b>
<b>D. TOTAL DOS CUSTOS SUBSEQÜENTES (B+C)</b>		
<b>Total dos Custos Subseqüentes:</b>	<b>R\$ 11.736.046</b>	<b>R\$ 2.190.805</b>
<b>E. CUSTOS ANUAIS DOS USUÁRIOS</b>		
Atrasos e Supressão de Viagens	R\$ 91.177	R\$ 18.235
Tempo de Viagem	--x--	
<b>Custos Anuais Totais dos Usuários</b>	<b>R\$ 91.177</b>	<b>R\$ 18.235</b>
<b>Fator do Valor Presente</b>	<b>10,42</b>	<b>10,42</b>
<b>Valor Presente Custos Anuais dos Usuários</b>	<b>R\$ 950.064</b>	<b>R\$ 190.009</b>
<b>F. TOTAL DOS CUSTOS</b>		
<b>Total dos Custos de Implantação (A)</b>	<b>R\$ 516.161</b>	<b>R\$ 12.429.817</b>
<b>Total dos Custos no Ciclo de Vida (D+E)</b>	<b>R\$ 12.686.110</b>	<b>R\$ 2.380.814</b>
<b>Total dos Custos: Implantação e Ciclo de Vida</b>	<b>R\$ 13.202.271</b>	<b>R\$ 14.810.631</b>
<b>Ganhos ou Economias</b>		<b>(R\$ 1.608.360)</b>

**TAB 5.22 – Medidas de Desempenho – Projeto Original x Projeto Alternativo**

MEDIDAS DE DESEMPENHO <i>Nova Sinalização Recife – Barro</i>	CBTU STU-REC		
	Critérios e Razões para o Projeto Alternativo	Desempenho	Original
<b>Segurança Operacional</b> Aumenta a segurança do sistema de sinalização, principalmente contra sabotagem (alterações de fiação). Permite redução de patamares de velocidade dependendo das condições da via. Mantém a detecção de “shunts” (curto-circuito entre trilhos) de até 0,4 ohms, trilho partido e trilhos topados.	Pontuação	7	9
	Peso	29	29
	<b>Contribuição</b>	<b>203</b>	<b>261</b>
<b>Eficiência Operacional</b> Agrega funções que permitem mais flexibilidade operacional (Rota de Chamada). A eficiência cresce significativamente pela disponibilidade de oito códigos de velocidade, com aumento da velocidade comercial e menor intervalo entre trens.	Pontuação	6	8
	Peso	24	24
	<b>Contribuição</b>	<b>144</b>	<b>192</b>
<b>Confiabilidade</b> Além de suas próprias confiabilidades (MTBF de 300.000 horas para o CMT e 15.000 horas para os Circuitos de Via), contribuem para aumentar a confiabilidade por eliminar dois Intertravamentos a Relés e emprego de um menor número de circuitos de via.	Pontuação	4	9
	Peso	19	19
	<b>Contribuição</b>	<b>76</b>	<b>171</b>
<b>Facilidades de Manutenção</b> Além de programas de auto diagnose, indicações locais do estado das entradas e saídas, registro de eventos e alarmes com diagnósticos, são permitidas intervenções com o sistema em operação. A rede de dutos, com caixas de passagem facilita a substituição de lances de cabos entre caixas, emendas e lançamento de cabos sobressalentes.	Pontuação	5	9
	Peso	14	14
	<b>Contribuição</b>	<b>70</b>	<b>126</b>
<b>Facilidades de Implantação</b> A colocação em operação por domínio de intertravamento permite uma programação mais segura para a migração do sistema atual a relés para o novo (digital). A rede de dutos facilita a divisão em etapas e permite separação de equipes. Trabalhos diurnos evitam os inconvenientes de montagem e desmontagem de equipamentos de iluminação.	Pontuação	6	6
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Prazos de Implantação</b> O projeto alternativo envolve uma extensão maior, um domínio de intertravamento maior e, portanto, tem prazo de implantação ampliado, apesar das facilidades propostas.	Pontuação	5	1
	Peso	2	2
	<b>Contribuição</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Impactos Operacionais Durante a Implantação</b> Poderão ser necessárias pequenas interrupções de tráfego ou restrições de velocidade que devem gerar inconveniências aos usuários.	Pontuação	8	4
	Peso	10	10
	<b>Contribuição</b>	<b>80</b>	<b>40</b>
<b>Desempenho Total:</b>		<b>595</b>	<b>804</b>
<b>Mudança Líquida em Desempenho:</b>			<b>+ 35 %</b>

**TAB 5.23: Matriz dos Graus de Desempenho – Projeto Original x Projeto Alternativo**

MATRIZ DOS GRAUS DE DESEMPENHO – PROJETO ALTERNATIVO												CBTU STU-REC	
Nova Sinalização Recife – Barro													
Critérios	Pesos	Projeto	Graus de Desempenho										Desempenho Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Segurança Operacional	29	Original							7				203
		Alternativo									9		261
Eficiência Operacional	24	Original						6					144
		Alternativo									8		192
Confiabilidade	19	Original				4							76
		Alternativo										9	171
Facilidades de Manutenção	14	Original					5						70
		Alternativo										9	126
Facilidades de Implantação	2	Original						6					12
		Alternativo							6				12
Prazos de Implantação	2	Original					5						10
		Alternativo	1										2
Impactos Operacionais Implantação	10	Original									8		80
		Alternativo				4							40
Desempenho Total			Total de Pontos	% de Melhoria Desempenho		Custo Total em milhões	Índice Valor Desempenho / Custo		% Melhoria de Valor				
Projeto Original			595			R\$ 13,2	45,08						
Projeto Alternativo			804	35 %		R\$ 14,81	54,29		20,43 %				

Pela TAB 5.21 observa-se que, mesmo com o aprimoramento do Projeto Alternativo, mesmo com a grande redução obtida nos custos de implantação, aliada aos baixos custos no ciclo de vida, ainda assim o custo total do Projeto Alternativo é 12,2 % maior que o do Projeto Original.

Novamente, um enfoque meramente voltado ao aspecto econômico – financeiro poderia indicar a não implantação do Projeto Alternativo. Já a TAB 5.22 destaca um desempenho bem melhor desse projeto, denotando que a um custo total 12,2 % superior implanta-se um projeto

35 % mais eficiente. Essa relação entre eficiência e custo fica patente na TAB 5.23 ao se verificar as relações de desempenho e custo para cada projeto: 45,08 para o original e 54,29 para o alternativo, com uma melhoria em valor de 20,43 % propiciada pelo Projeto Alternativo.

Se feita uma comparação em valor entre o Projeto Alternativo Inicial e o Aprimorado, somente considerando os custos de implantação (ver TAB 5.21), observa-se uma melhoria de 41 %, significando uma importante redução de custos com a preservação do desempenho.

- Projeto Alternativo Inicial (Valor = Desempenho / Custo) = 804 / R\$ 17,23 = 46,66;
- Projeto Alternativo Aprimorado (Valor = Desempenho / Custo) = 804 / R\$ 12,43 = 65,68;
- Melhoria de Valor = 65,63 / 47,15 = 1,41 (41 %).

### 5.6.3 APRESENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Concluída a avaliação de valor dos conjuntos de soluções alternativas chega-se, pelo Plano de Trabalho do CALTRANS, à etapa de apresentação que trata da organização de toda a documentação gerada pela Equipe de Valor. Essa documentação é a que veio sendo apresentada desde o Item 5.4 – Preparação e Coleta de Dados até o Item 5.6.2 - Críticas às Soluções Alternativas para esse estudo de caso.

## 5.7 A FASE DE ESTUDO DO VALOR – SEGMENTO 3

O Segmento 3 tem seu enfoque voltado para a formalização do processo decisório de implantação das soluções alternativas e na validação de seus benefícios. Para os propósitos desse trabalho o estudo de caso se encerra nesse ponto com as considerações finais da equipe.

### 5.7.1 JULGAMENTO DAS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

Cada uma das Soluções Alternativas passou por um processo de julgamento pela equipe, com seus benefícios e custos questionados. Todas elas foram consideradas tecnicamente viáveis pela projetista, tendo esta formalizado sua proposta à CBTU incorporando essas soluções em escopo e preços.

## 5.7.2 DECISÕES SOBRE AS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

O processo decisório de implantação desse Projeto Alternativo seguirá as formalidades da CBTU para alteração de um escopo contratual e envolverá todos os aspectos de ordem técnica, jurídica e comercial da empresa.

No que compete à Equipe de Análise do Valor, recomenda-se a implantação desse Projeto Alternativo por proporcionar melhorias significativas na segurança, eficiência e confiabilidade do Sistema de Sinalização e sua conseqüente contribuição para a melhoria operacional, embora apresente custos totais superiores ao Projeto Original.

Os propósitos de aumentar a capacidade de transporte com a garantia da segurança do tráfego, de aumentar as facilidades de manutenção e diminuir seus custos e enquadramento do investimento nos limites de alteração do valor contratual são atingidos.

Quantificando alguns desses benefícios operacionais, ainda em nível de simulação, temos:

- Tempo da manobra de retorno completa na estação Recife: 130 segundos;
- Intervalo entre trens no trecho Recife-Barro: 130 segundos, considerando a manobra em Recife e uma expectativa de 120 segundos somente na via corrida;
- Tempo de percurso entre Joana Bezerra e Recife: passa de 122 segundos na situação atual para 96 segundos com a implantação do projeto alternativo.

Ainda serão simulados durante as etapas de projeto os tempos de percurso em todo o trecho Recife – Barro e a contribuição na diminuição dos tempos de ciclo Recife – Camaragibe e Recife – Jaboatão, o que representará maiores benefícios para o sistema e para os usuários.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A EV / AV, da forma como foi concebida por Lawrence D. Miles – produtos e processos industriais, é cada vez mais aplicada de forma permanente, inseridas nos programas de qualidade das empresas, a exemplo da Fiat Automóveis, Freios Varga, 3M e várias outras dos setores automobilístico e eletrodomésticos. Nessa área industrial há uma tendência evidente de se aplicar a EV / AV cada vez mais na fase de concepção dos produtos.

No setor de infra-estrutura de transportes, a exemplo do que ocorre no setor rodoviário dos EUA, as agências de governo estão também adotando a EV / AV como programas permanentes, conforme se pode constatar com a ProRail holandesa no setor ferroviário. No Brasil, essa técnica ainda é pouco aplicada. Em órgãos de governo, só se conhece um programa institucional para projetos de maior vulto no setor rodoviário - o do DER / MG.

Da mesma forma que no setor industrial, na área de transportes aplica-se a EV / AV cada vez mais na fase de planejamento e, particularmente nos projetos de transporte urbano, observa-se uma forte agregação da EV / AV aos projetos de urbanização, conforme observados nos estudos das cidades de Ottawa e Ontário no Canadá, em New Britain e Hartford nos EUA e em Tilburg na Holanda.

Quanto à metodologia do CALTRANS, proposta nessa dissertação para utilização em projetos do setor metroferroviário, as conclusões foram:

- A metodologia revelou-se plenamente aplicável em todas as etapas do plano de trabalho do estudo de engenharia do valor;
- A única adequação necessária, que era bem evidente, foi na adoção dos critérios de avaliação de desempenho e julgamento das idéias, pois tiveram que ser elaborados assim como estabelecidas as escalas de pontuação.

Quanto à experiência do estudo de caso, as conclusões são as seguintes:

- Um pouco facilitado pelo fato da equipe envolvida não ser considerada multidisciplinar, com 7 componentes ligados à sinalização ferroviária – projeto, implantação e manutenção, e um ligado à área operacional, a metodologia do CALTRANS, por ser estruturada e sistematizada, funcionou muito bem como facilitadora do trabalho em equipe;

- Outra constatação, pelo enfoque essencialmente funcional da metodologia, é que o empreendimento estudado foi realmente encarado como um meio para se atingir propósitos mais amplos.
- Apesar de, para a totalidade da equipe envolvida, ser a primeira experiência em análise do valor, a busca pelo cumprimento de todas as etapas e a elaboração de todos os documentos e tabelas recomendados na metodologia do CALTRANS, aliado ao grande conhecimento da equipe em sinalização ferroviária, compensaram essa inexperiência em EV / AV.
- A etapa que mais suscitou dúvidas e debates entre os membros da equipe foi, justamente, aquela que seria adaptada: o estabelecimento de critérios e suas escalas de pontuação.

Como um resultado geral do estudo de caso, ficou o sentimento de segurança na equipe de recomendar a realização do empreendimento calcada numa análise de custos ampliada, não se restringindo aos custos de implantação, e com uma medida mais apurada dos benefícios para a operação e manutenção do sistema, mesmo com os custos totais do projeto alternativo superiores aos do projeto original a ser implantado.

Os resultados parciais da simulação operacional, realizada com a nova distribuição de circuitos de via na região da estação de Recife, indicam melhorias no desempenho em tempos de percurso e intervalos entre trens. Recomenda-se então para as futuras etapas do projeto:

- Verificar a redução dos tempos dos ciclos das viagens Recife – Jaboatão e Recife – Camaragibe;
- Como consequência dessas reduções, apurar os benefícios na frota de TUEs necessária para o cumprimento da oferta de transporte na Linha Centro, ou seja, o quanto essa frota pode ser reduzida.

Decorrente dos fatores acima e do novo sistema de sinalização no trecho Recife – Barro, recomenda-se ainda avaliar outros benefícios para a STU-REC, relativamente aos custos no ciclo de vida;

- Redução dos custos de energia de tração e manutenção do material rodante pela menor necessidade de frota;
- Confirmação de que as atuais equipes de manutenção preventiva e corretiva não necessitam ser ampliadas para absorver o novo sistema de sinalização do trecho Recife – Cajueiro Seco, conforme indicado no Apêndice 9.4.

Embora fique bastante intuitivo o benefício aos usuários da STU-REC, não foi possível à equipe quantificá-lo pela falta de uma ferramenta que a possibilitasse tal quantificação, daí somente ter-se avaliado um custo aproximado de não realização de viagens. Assim, recomenda-se à CBTU estruturar um modelo para melhor avaliação desses benefícios, levando em conta principalmente o valor do tempo para esses usuários.

De forma bastante enfática recomenda-se a utilização da Engenharia e Análise do Valor nos empreendimentos metroferroviários, principalmente em se tratando de recursos públicos – situação da CBTU, pelas constatações de que:

- propiciará uma eficiência sempre maior em seus propósitos pela oportunidade de remoção de custos desnecessários;
- determinará com mais segurança a opção de construção que atenda ao critério mais crítico para a decisão - prazo, eficiência ou limitações orçamentárias;
- proporcionará uma avaliação comparativa de opções com uma base de custos mais ampliada: custos de implantação, operação, manutenção e custos para os usuários.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ABEAV – Associação Brasileira de Engenharia e Análise do Valor. Disponível em <http://www.abeav.com.br> (capturado em 26/10/2006)
- ABRAMCZUCK, André A. **Engenharia e Análise do Valor para Cientistas, Empresários e Cia** – São Paulo: Scortecci, 2005.
- ABREU, Romeu Carlos Lopes. **Análise do Valor: Um Caminho Criativo para a Otimização dos Custos e do Uso dos Recursos** - Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 1995.
- ACIDENTES FERROVIÁRIOS. **Jornal Folha de São Paulo**. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u6027.shtml> (capturado em 02/11/2006).
- ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informação de Transporte e Trânsito Observatório da Mobilidade Cidadã – Brasil**. Disponível em <http://www.antp.org> (capturado em 18/10/2006).
- ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. **Transporte Público - A Questão Institucional**. Disponível em: [http://www.antp.org.br/TELAS/congresso\\_transito\\_transporte6.htm](http://www.antp.org.br/TELAS/congresso_transito_transporte6.htm) (capturado em 03/11/2006).
- ASSUNÇÃO, Wellinton. **Uma Aplicação do Método de Análise do Valor em um Processo Produtivo**, Campinas-SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003.
- BACEN – Banco Central do Brasil. **Histórico de Metas para a Inflação no Brasil**. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/?SISMETAS> (capturado em 16/05/2008).
- BASSO, J. L. **Engenharia e Análise do Valor**. São Paulo: IMAM, 1991.
- BUZZATO, Marcos A. **Apostila de Engenharia e Análise do Valor** (2005).
- CALTRANS - CALIFORNIA (2005). **Value Analysis Annual Report**. Disponível em <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/2005-Annual-CT-Report.pdf> (capturado em 21/10/2006).

CALTRANS - CALIFORNIA (April 2003). **Value Analysis Report Guide** – 3.Edition. Disponível em <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/report-guide-04-30-03.pdf> (capturado em 21/10/2006).

CALTRANS-CALIFORNIA (April 2003). **Value Analysis Team Guide** - 3. Edition. Disponível em <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/value/pdf/team-guide-3rd-rev-0803.pdf> (capturado em 21/10/2006).

CALTRANS - CALIFORNIA (1999). **California Life-Cycle Benefit / Cost Analysis Model (Cal-B/C)** - Technical Supplement to User's Guide. Disponível em [http://www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/ote/benefit\\_files/tech\\_supp.pdf](http://www.dot.ca.gov/hq/tpp/offices/ote/benefit_files/tech_supp.pdf) (capturado em 16/05/2008).

CALTRANS - CALIFORNIA (2007). **Project Development Procedures Manual – PDPM, Cap. 19 – Value Analysis.** Disponível em [http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/pdpm/chap\\_pdf/chapt19.pdf](http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/pdpm/chap_pdf/chapt19.pdf) (capturado em 31/01/2008).

CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos – **Programa de Descentralização dos Trens Urbanos** – Lei nº 8.693, de 3 de Agosto de 1993. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/> (capturado em 02/10/2006).

CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos – **Galerias - Mapas.** Disponível em [http://www.cbtu.gov.br/galeria/mapas/rec/imagens/imgrec1\\_jpg.jpg](http://www.cbtu.gov.br/galeria/mapas/rec/imagens/imgrec1_jpg.jpg) (capturado em 03/03/2008).

CHACKERIS, Peter. **Viva Bus Rapid Transit VE Study – York Region.** CSVA - October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=42&nav=18> (capturado em 08/06/2008).

CLARK, Jennifer Anne. **Value Engineering for Small Transportation Projects.** A Thesis for Degree of Master of Science. Worcester Polytechnic Institute, 1999.

COLENCI JR, A. (1989). **Análise e Engenharia de Valor.** São Carlos - Relatório Técnico EESC-USP.

CSILLAG, João Mário. **Análise do Valor** - 4.ed. - São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

DEPARTMENT OF DEFENSE HANDBOOK U.S 5010.8-4. O'BRIEN, J.J. **Value Analysis in design and construction.** New York: McGraw-Hill, 1976.

DER / MG – Departamento de Estradas de Rodagem, MG. **Programa de Engenharia e Análise do Valor** (2001 / 2002).

DER / MG – Departamento de Estradas de Rodagem, MG. **Estudo de Engenharia de Valor – Aeroporto Regional da Zona da Mata**. (2001).

DONAIS, René. **Value Engineering - Montreal Subway Project**. CSVA - October 2001. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=51&nav=51> (capturado em 08/03/2008).

EBTU - Empresa Brasileira de Transportes Urbanos. **Lei nº 6.261, de 14 de novembro de 1975**. Disponível em <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123071> (capturado em 03/11/ 2006).

EBTU - Empresa Brasileira de Transportes Urbanos. **Lei nº 8.029, de 12 de abril de 1990**. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/decreto/1990-1994/D230.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/decreto/1990-1994/D230.htm) (capturado em 03/11/2006).

EFCB - Estrada de Ferro Central do Brasil. **A Eletrificação nas Ferrovias Brasileiras**. Disponível em: <http://www.efbrasil.eng.br> (capturado em 26/10/2006).

FNP - Frente Nacional de Prefeitos. **Barateamento e a Qualidade no Transporte Público Urbano**. Brasília, 23 de Agosto de 2005. Disponível em <http://www.fnp.org.br> (capturado em 21/10/2006).

FORUM NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE TRANSPORTE. **O Papel do Fórum Nacional de Secretários e dos Dirigentes de Transporte Urbano e Trânsito**. Disponível em <http://www.fnp.org.br> (capturado em 21/10/2006).

GAGE, William Lionel. **Pratique de l'analyse de valeurs**. Paris: Hommes et Techniques, 1971.

GORDON, William J. J. **Synectics: the development of creative capacity**. 5 Ed. New York: Macmillan, 1973.

HENDRIKSEN, Timme. **Improving Transfer Capacity to Tilburg Railway Station**. CSVA - October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=42&nav=18> (capturado em 08/06/2008).

HENDRIKSEN, Timme. **Tailoring VE to ProRail's Needs in Holland.** CSVA - October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=37&nav=18> (capturado em 08/06/2008).

HORRORTH, Charles. **Interactions – Newsletter of the Society of Americans Value Engineers.** February, 1980.

HUNTER, George C. (CALTRANS-CALIFORNIA). **8a. Semana da Tecnologia Metroviária.** São Paulo, Agosto de 2002.

HUNTER, George Hunter. **The New Britain-Hartford Bus Rapid Transit VE Study.** CSVA – October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=42&nav=18> (capturado em 08/06/2008).

JOHNSON, P. **Concept-Level VE Expedites Design Concept Selection for Transportation Projects.** Value World Summer, 1999.

KING, Thomas R. **This is the time: value analysis evolves into value management.** Purchasing Word, February 1990.

LIMA JÚNIOR, Vicente Batista; PEREIRA REZENDE, José Luiz; OLIVEIRA, Antônio Donizette. (1997). **Determinação da Taxa de Desconto a ser usada na Análise Econômica de Projetos Florestais.** Disponível em <http://www.dcf.ufla.br/cerne/revistav3n1-1997/TAXDESC.PDF> (capturado em 16/05/2008).

MCCLINTOCK, Scot. **VE for Decision Making on Edmonton's South LRT Extension.** CSVA - October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=102&nav=62> 2006 (capturado em 08/06/2008).

MDT - Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos. **O MDT e a Política de Sustentação Econômica do Transporte Público - 1º Encontro Nacional - 07 de Agosto de 2004.** Disponível em <http://www.fnp.org.br> (capturado em 21/10/2006).

MILES, Lawrence D. **Techniques of Value Analysis and Engineering.** New York: McGraw-Hill, 1961.

MUDGE, Arthur E. **Value Engineering - A Systematic Approach**. 2 Ed. Pennsylvania, 1981.

OSBORN, Alex F. **O Poder Criador da Mente – Princípios e Processos do Pensamento**. 3.ed. - São Paulo: Ed. IBRASA, 1972.

PBS - PUBLIC BUILDINGS SERVICE. **Value Engineering (VE). Programs (PBS 8050.1C). Management (PBS P 8000.1A)**. Disponível em [http://www.gsa.gov/gsa/cm\\_attachments/GSA\\_DOCUMENT/New\\_VEPG\\_Volume\\_I\\_R2Q-iK\\_0Z5RDZ-i34K-pR.pdf](http://www.gsa.gov/gsa/cm_attachments/GSA_DOCUMENT/New_VEPG_Volume_I_R2Q-iK_0Z5RDZ-i34K-pR.pdf) (Capturado em 06/02/08).

PITTA, Danilo M. (2003). **Otimização de Investimentos Públicos pela aplicação da Metodologia e Engenharia de Valor na duplicação da BR-101 / RN / PB / PE - Trecho Natal – Palmares**. 10a ENACOR JOINVILLE / SC.

PRINCE, George M. **A prática da criatividade**. São Paulo: Cultrix, 1975.

RAND, Chris. **Making companies well through VE / VA**. Value World – May / June, 1979.

RYE, Owen E. **How cost engineering is relevant to Value Engineering**. Texas: SAVE Proc., 1979.

SALVALÁGIO, Alessandra V.de Souza. **Análise e Evolução da Taxa Selic Meta em Relação à Taxa Selic Efetiva e seus Reflexos sobre a Dívida Pública Interna**. Florianópolis-SC. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas). - Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SAVE INTERNATIONAL. **Value Methodology Standard (1997)**. Disponível em [http://www.value-eng.org/pdf\\_docs/monographs/vmstd.pdf](http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/vmstd.pdf) (capturado em 28/10/2006).

SAVE INTERNATIONAL. **Function: Definition and Analysis (1998)**. Disponível em [http://www.value-eng.org/pdf\\_docs/monographs/funcmono.pdf](http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/funcmono.pdf) (capturado em 24/03/2007).

SAVE INTERNATIONAL. **Function Analysis Systems Technique – The Basics**. Disponível em [http://www.value-eng.org/pdf\\_docs/monographs/FAbasics.pdf](http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/FAbasics.pdf) (capturado em 24/03/2007).

SAVE INTERNATIONAL. **Function Relationships – An Overview.** Disponível em [http://www.value-eng.org/pdf\\_docs/monographs/funcrelat.pdf](http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/funcrelat.pdf) (capturado em 24/03/2007).

SAVE INTERNATIONAL. **Function Logic Models.** Disponível em [http://www.value-eng.org/pdf\\_docs/monographs/funclogic.pdf](http://www.value-eng.org/pdf_docs/monographs/funclogic.pdf) (capturado em 24/03/2007).

SNODGRASS, Thomas J. and KASI Muthiah. **Function Analysis: the stepping stones to good value.** Wisconsin: University of Wisconsin, Madison, 1986.

STANTON, Bernard W. **Value engineering study report.** 1983.

STEACY, Peter and GORDON, Christopher. **Value Planning Sets Path for Light Rail in City of Ottawa.** CSVA - October 2006. Disponível em <http://www.scav-csva.org/publications.php?id=102&nav=62> 2006 (capturado em 08/06/2008).

SUPERVIA. **Relatório de Suporte ao Reequilíbrio Econômico-Financeiro - período: 1998 a 2003.** Fundação Instituto de Administração – USP. Disponível em <http://www.agetransp.rj.gov.br/supervia.asp>.(capturado em 24/10/2006).

TAVARES JR, João Medeiros. **Uma Aplicação da Metodologia de Análise do Valor na Verificação dos Valores Ambientais do Processo Produtivo numa Empresa do Setor Cerâmico Catarinense,** Florianópolis-SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). - Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

VALE TRANSPORTE. **Origem e Evolução Institucional - Lei nº 7.418, de 16 de dezembro de 1985 e Lei nº 7.619, de 30 de setembro de 1987.** Disponível em: [http://www.sectran.rj.gov.br/saiba\\_vale.asp](http://www.sectran.rj.gov.br/saiba_vale.asp) (capturado em 02 de novembro de 2006).

## **8 ANEXOS**

## 8.1 ANEXO 1: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – CALTRANS

### 8.1.1 DESIGNAÇÃO PADRONIZADA DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Quando os critérios de desempenho estão sendo desenvolvidos para um projeto, designações já padronizadas para alguns critérios podem ser empregadas, se o critério é aplicável ao projeto em questão. A manutenção de designações já padronizadas é importante para o Programa de Análise do Valor do CALTRANS nos relatórios de medidas de desempenho. Um projeto pode ter critérios específicos que necessitem ser desenvolvidos mas, caso esteja incluído na lista a seguir, a designação padrão deve ser usada, e não uma variação qualquer dessa designação. As designações padronizadas são:

Mainline Traffic Operations	Operações de Tráfego na Via Principal
Local Traffic Operations	Operações de Tráfego nas Vias Locais
Highway User Safety	Segurança dos Usuários da Rodovia
Highway Worker Safety	Segurança dos Trabalhadores da Rodovia
Access	Acessos
System Compatibility	Compatibilidade de Sistemas
Environmental Impacts	Impactos Ambientais
Constructibility	Facilidades de Construção
Construction Impacts to Community	Impactos da Construção às Comunidades
Hydraulics	Hidráulica
Geotechnical Stability	Estabilidade Geotécnica
Project Schedule	Cronograma do Projeto
Project Phaseability	Divisão do Projeto em Fases
Construction Risk	Riscos de Construção
Maintainability	Facilidades de Manutenção
Aesthetics	Estética
Ramp Operations	Operações em Rampas de Acesso
HOV Traffic Operations	Operações com Veículos de Alta Ocupação
Non-Motorized Mobility	Mobilidade não Motorizada

Construction Impact on Business	Impactos da Construção nas Atividades Econômicas
Traffic Operations During Construction	Operações de Tráfego Durante a Construção
Roadway Geometrics	Geometria da Rodovia
Right-of-Way Impacts	Impactos da Faixa de Domínio
Riding Surface	Superfície de Rolamento

### 8.1.2 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO TÍPICOS DO CALTRANS

Além do Critério de Operações de Tráfego na Via Principal, apresentado na TAB 3.4 do Capítulo 3, os demais critérios, e suas escalas de pontuação, utilizados no Projeto Exemplo do Capítulo 3 estão na tabela seguinte.

**TAB 8.1: Escalas de Desempenho – Critérios Típicos do Caltrans**

<b>Critério de Desempenho</b>	<b>Definições</b>	<b>Escala de Desempenho</b>	<b>Unidade de Medida / Quantificação</b>
<b>Segurança do Usuário da Rodovia</b>	Uma medida comparativa da taxa de acidentes esperada para o projeto (conceito original e conceito alternativo), expressa por comparação a uma taxa média vigente ou estabelecida.	10	20 % abaixo da Taxa Média Estabelecida
		9	
		8	Taxa Média Estabelecida para a configuração da rodovia.
		7	
		6	20 % maior que a Taxa Média Estabelecida.
		5	
		4	60 % maior que a Taxa Média Estabelecida.
		3	
		2	Duas vezes maior que a Taxa Média Estabelecida.
		1	

Critério de Desempenho	Definições	Escala de Desempenho	Unidade de Medida / Quantificação
<b>Acessos</b>	Uma aproximação do grau de facilidade de acesso (ingresso e saída) entre a infra-estrutura de rodovias locais e o sistema de rodovias. Esse critério considera o quanto bem a expectativa dos usuários é atingida em quantidade (número de rampas de acesso e saída) e a qualidade do acesso.	10  9  8  7  6  5  4  3  2  1	<p><b>Ótimo acesso.</b> Todos os movimentos, principais e secundários, são possíveis e todas as expectativas dos motoristas relativas aos acessos são atendidas.</p> <p><b>Excelente acesso.</b> Atinge as expectativas dos motoristas; todos os principais movimentos são acomodados de maneira direta – um movimento secundário requer trafegar em direção contrária.</p> <p><b>Bom acesso.</b> Atinge as expectativas dos motoristas; todos os principais movimentos são acomodados de maneira direta – dois movimentos secundários requerem trafegar em direção contrária.</p> <p><b>Bom acesso.</b> Atinge as expectativas dos motoristas; todos os principais movimentos são acomodados de maneira direta – vários movimentos secundários requerem trafegar em direção contrária.</p> <p><b>Acesso Satisfatório.</b> Atinge as expectativas essenciais dos motoristas; um movimento principal e um secundário requerem trafegar em direção contrária.</p> <p><b>Acesso Satisfatório.</b> Atinge as expectativas essenciais dos motoristas; vários movimentos principais e secundários requerem trafegar em direção contrária.</p> <p><b>Acesso Marginal.</b> Vários movimentos principais requerem trafegar em direção contrária - alguns movimentos secundários não são possíveis.</p> <p><b>Acesso Limitado.</b> Vários movimentos principais não são possíveis e / ou requerem trafegar em direção contrária por grandes extensões.</p> <p><b>Acesso Severamente Limitado.</b> Vários movimentos principais não são possíveis e requerem trafegar em direção contrária por grandes extensões.</p> <p><b>Acesso Insatisfatório.</b> Nenhum acesso é oferecido – só é possível em interseções ou rampas fora do escopo do projeto.</p>

<b>Critério de Desempenho</b>	<b>Definições</b>	<b>Escala de Desempenho</b>	<b>Unidade de Medida / Quantificação</b>
<b>Operações de Tráfego Locais</b>	Uma medida da eficiência das operações de tráfego e sua relação direta com rodovias locais, baseada numa projeção de tráfego prevista para os próximos 20 anos.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	<p><b>Operação Ótima.</b> O máximo nível de serviço para a facilidade em questão – NDS “A”.</p> <p><b>Operação Boa.</b> Atrasos mínimos nas horas de pico. O nível de serviço é equivalente ao NDS “B”.</p> <p><b>Operação Satisfatória.</b> Atrasos aceitáveis nas horas de pico. O nível de serviço é equivalente ao NDS “C”.</p> <p><b>Operação Satisfatória.</b> Atrasos aceitáveis nas horas de pico. O nível de serviço é equivalente ao NDS “D”.</p> <p><b>Operação Insatisfatória.</b> Atrasos significativos nas horas de pico. O nível de serviço é equivalente ao NDS “E”.</p> <p><b>Operação Inaceitável.</b> Engarrafamentos sempre presentes. O nível de serviço é equivalente ao NDS “F”.</p>

<b>Critério de Desempenho</b>	<b>Definições</b>	<b>Escala de Desempenho</b>	<b>Unidade de Medida / Quantificação</b>
<b>Impactos Ambientais</b>	<p>Uma medida conceitual aproximada dos efeitos gerais no meio-ambiente. Esse critério inclui as seguintes áreas:</p> <p><b><i>Ambiente Físico</i></b> Topografia, geologia, solos, paleontologia, qualidade da água, hidrologia, rejeitos de risco, qualidade do ar, ruídos e energia.</p> <p><b><i>Ambiente Natural</i></b> Vegetação, vida animal, rios e lagos e outras águas, situações especiais de plantas, animais e comunidades.</p> <p><b><i>Interesses Comunitários</i></b> Planejamento do uso do solo, terras agricultáveis, justiça ambiental, relocações, serviços públicos, aspectos visuais e estéticos.</p> <p><b><i>Fontes Culturais</i></b> Sítios arqueológicos e históricos.</p>	10	Importantes melhorias nas condições ambientais existentes.
		9	Pequenas melhorias nas condições ambientais existentes.
		8	Nenhum impacto ambiental é provocado.
		7	Degradação insignificante, não sendo necessária qualquer medida mitigadora.
		6	Pequena degradação, exigindo uma mitigação limitada.
		5	Degradação moderada. Requer medidas mitigadoras significantes em uma área ou moderadas em duas.
		4	Degradação moderada. Requer medidas mitigadoras significantes em duas áreas ou moderadas em três.
		3	Degradação importante. Requer medidas mitigadoras substanciais em uma área e moderadas ou significantes em outras.
		2	Degradação importante. Requer medidas mitigadoras substanciais em duas áreas e moderadas ou significantes em outras.
		1	Degradação severa. Requer medidas mitigadoras substanciais em várias áreas.

<b>Critério de Desempenho</b>	<b>Definições</b>	<b>Escala de Desempenho</b>	<b>Unidade de Medida / Quantificação</b>
<b>Mobilidade não Motorizada</b>	Uma aproximação do grau e da natureza do acesso e da mobilidade dos usuários não motorizados, tipicamente ciclistas e pedestres.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Mobilidade total. Todas as direções de viagem são disponíveis e totalmente separadas do tráfego veicular.  Mobilidade moderada. Acesso e mobilidade são oferecidos com um grau relevante de importância.  Nenhuma mobilidade é oferecida.
<b>Riscos de Construção</b>	O risco do contratante não obter o escopo do projeto conforme especificado no contrato e documentos de licitação, dentro dos preços e prazos previstos. Isso inclui potenciais mudanças de especificações ou disputas judiciais.	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Nenhum risco detectável além daqueles que podem ser antecipados como “normais”.  Pequenos riscos.  Riscos moderados.  Grandes riscos.  Risco extremo para o contratante. Pleitos significativos, mudanças de especificação e / ou disputas judiciais iminentes.

Fonte: CALTRANS-CALIFORNIA. Value Analysis Team Guide (April 2003).

## 9. APÊNDICES

## 9.1 APÊNDICE 1: CÁLCULOS DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ORIGINAL

### **EQUIPAMENTOS DE INTERTRAVAMENTO E CIRCUITOS DE VIA - DOMÍNIO RECIFE**

Esse custo é constante do Contrato 037-2002/DT entre a CBTU e a ALSTOM. Uma vez que esses mesmos equipamentos são também parte integrante do Projeto Alternativo, esse custo é comum e, portanto, não será computado.

### **PROJETO, IMPLANTAÇÃO E TESTES DO SISTEMA – DOMÍNIO RECIFE**

Da mesma forma que os equipamentos de intertravamento, esse custo não será computado.

### **SOBRESSALENTES PARA OS PRÓXIMOS 10 ANOS DE OPERAÇÃO DA LINHA CENTRO**

Levantado o estoque existente na STU-REC, foi dimensionado o complemento necessário.

#### **Relés de Intertravamento**

Existem 292 relés sobressalentes de vários tipos sendo 65 sucateados, sem condições de recuperação. Portanto:  $292 - 65 = 227$  relés.

Conforme recomendações do fabricante e a experiência acumulada da STU-REC em 22 anos de operação do sistema, o estoque mínimo considerando todos os tipos de relés é em torno de 320 peças. Seriam então necessários:  $320 - 227 = 93$  relés a mais.

Considerou-se a compra de mais 100 relés, a um preço médio de R\$ 1.000,00 por unidade, em moeda base de março de 2002. Esse preço é referenciado ao dólar da época (1 US\$ = R\$ 1,7685), conforme consta da proposta da Alstom – Carta EAT – R / 021 / 02.

A atuação monetária desse valor será feita da seguinte forma:

- (i) Considerar a inflação em dólar, medida pelo Customer Price Index – CPI do governo britânico, uma vez que esses relés são fabricados na Inglaterra, de Mar / 2002 a Dez / 2007 (12 %);
  - CPI Mar / 2002 = 94,9;

- $CPI_{Dez / 2007} = 106,2 \Rightarrow 106,2 / 94,9 = 1,12$ ; (Disponível em: <http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/tsdataset.asp?vlnk=7174&More=Y>. Capturado em 28/02/2008).
- (ii) Aplicar o câmbio de Dez / 2007 de conversão do Dólar para o Real (1 US\$ = R\$ 1,78), conforme média calculada pelas cotações do mês de dezembro do Banco Central do Brasil; (Disponível em: <http://www5.bcb.gov.br/pec/taxas/port/PtaxRPesq.asp?idpai=TXCOTACAO>. Capturado em 28/02/2008).

O preço atualizado para dezembro de 2007 é:

- $(R\$ 1.000,00 / 1,7685) \times 100 \times 1,12 \times 1,78 = \mathbf{R\$ 112.728,30}$ .

### **Filtros tipo Reed**

Em toda a extensão das vias sinalizadas do Metrô de Recife existem 2.020 filtros reed instalados. Dos 192 filtros sobressalentes, 30 deles estão sucateados, sendo necessários mais 60 filtros para suportar mais 10 anos de operação ( $192 - 30 + 60 = 222$  filtros). O preço unitário desses filtros é R\$ 2.000,00 (março / 2002) e o preço total atualizado é:

- $(R\$ 2.000,00 / 1,7685) \times 60 \times 1,12 \times 1,78 = \mathbf{R\$ 135.273,96}$

### **Conjunto ATC Campo**

Trata-se do conjunto formado por Gerador de Código, Amplificadores de Potência, Modulador, Amplificador Oscilador e Filtro de Linha, cujo custo é de R\$ 13.980,00 na base março / 2002. São necessários mais 6 conjuntos para mais 10 anos de operação, a um custo de:

- $(R\$ 13.980,00 / 1,7685) \times 6 \times 1,12 \times 1,78 = \mathbf{R\$ 94.556,50}$ .

### **GERADORES DE CÓDIGO - LINHA DE TESTE DO PÁTIO DE CAVALEIRO**

A linha de teste do Pátio de Cavaleiro, para atender plenamente aos testes necessários no sistema ATC de Bordo, também necessita ser equipada com geradores de código de velocidade do atual sistema ATC. Caso seja implantado o Projeto Alternativo, tais geradores seriam obtidos dos equipamentos a serem retirados do trecho Recife – Barro. Esse custo é, portanto, considerado no Projeto Original.

O preço por conjunto Gerador de Código é R\$ 15.400,00 (março / 2002). São necessários 10 conjuntos para a Linha de Teste, com preço total atualizado para Dez / 07 de:

➤  $(R\$ 15.400,00 / 1,7685) \times 10 \times 1,12 \times 1,78 = \mathbf{R\$ 173.601,58}$ .

**CUSTO TOTAL DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ORIGINAL**

O Custo Total a ser considerado é:

➤  $R\$ 112.728,30 + R\$ 135.273,96 + R\$ 94.556,50 + R\$ 173.601,58 = \mathbf{R\$ 516.160,34}$ .

## 9.2 APÊNDICE 2: CÁLCULOS DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA – PROJETO ORIGINAL

### **CUSTOS DE OPERAÇÃO**

Como para ambos os conceitos, original e alternativo, os sistemas de sinalização são automáticos, não incorrendo em custos de pessoal para operá-los, o único custo de operação envolvido é o consumo de energia. Trata-se de um consumo extremamente difícil de apurar, uma vez que a alimentação vem de um Sistema Auxiliar em 6,6 kV, diretamente das Subestações de Tração, que também alimenta as demais cargas dos sistemas de Telecomunicações e Eletrificação.

A medição de consumo e demanda é toda integralizada na própria subestação de 69 kV, não havendo separação do consumo de tração e dos sistemas auxiliares. Como essa configuração de alimentação irá se manter, esse custo não será computado.

### **CUSTOS COM EQUIPES DE MANUTENÇÃO**

A equipe de manutenção é responsável pelos equipamentos dos sistemas de sinalização, controle centralizado de tráfego e energia e se reparte em duas grandes áreas: equipes de oficina e laboratório e equipes de campo. As equipes de campo são organizadas em restabelecimento, manutenção preventiva e corretiva programada.

As equipes de restabelecimento atuam em regime de plantão e são responsáveis por restabelecer as condições que permitam a continuidade da operação no caso de qualquer falha na sinalização, não tendo a incumbência de pesquisar causas das falhas ou realizar serviços de recuperação em equipamentos. Essas equipes, assim como as de laboratório, permanecerão no seu atual dimensionamento e seus custos serão comuns a ambos os projetos, não sendo então avaliados. A análise de custos se restringirá à manutenção preventiva e corretiva programada.

Essas equipes de manutenção atuam nos oito domínios de intertravamento a relés existentes na Linha Centro: Recife, Ipiranga, Werneck, Coqueiral, Alto do Céu, Rodoviária, Cavaleiro e Jaboatão. A Sinalização de Campo consome 70 % dos H x h dessa equipe sendo que, desses 70 %; 40 % são gastos na manutenção preventiva e 60 % na manutenção corretiva programada.

Nos últimos 5 anos (2003 – 2007), a média de falhas por mês na sinalização de campo é de 29, sendo 20 falhas por mês nos domínios de interesse do estudo, assim distribuídas: Recife – 9 falhas por mês; Ipiranga – 7 falhas por mês e Werneck - 4 falhas por mês.

A disponibilidade da equipe de manutenção é de 1.000 H x h mensais com a seguinte distribuição:

- H x h consumido na sinalização de campo  $70\% \times 1000 \text{ H x h} = 700 \text{ H x h}$ ;
- H x h consumido na manutenção preventiva  $40\% \times 700 \text{ H x h} = 280 \text{ H x h}$ ;
- H x h consumido na manutenção preventiva dos domínios Recife – Ipiranga e Werneck  $60\% \text{ de } 280 \text{ H x h} = 170 \text{ H x h}$ ;
- H x h consumido na manutenção corretiva programada  $60\% \times 700 \text{ H x h} = 420 \text{ H x h}$ ;
- H x h consumido na manutenção corretiva programada nos domínios Recife – Ipiranga e Werneck  $(20/29) \times 420 = 290 \text{ H x h}$ .

A quantidade de mão-de-obra empregada na manutenção corretiva e preventiva nesse três domínios é de  $170 \text{ H x h} + 290 \text{ H x h} = 460 \text{ H x h}$ . Esses trabalhos são realizados em período noturno, das 00:30 às 04:00 h, o que significa 3,5 horas diárias de trabalho e 77 horas mensais em 22 dias úteis. Em termos de equipe tem-se:

- $460 \text{ H x h} / 77 \text{ h} = 5,97$  homens, ou seja, duas equipes com um técnico e dois auxiliares.

O custo médio mensal dessa equipe típica é, considerando salários, adicionais noturnos e demais benefícios:

- R\$ 5.000,00 por Técnico;
- R\$ 2.500,00 por Auxiliar Técnico;
- $2 \times \text{R\$ } 5.000,00 + 4 \times \text{R\$ } 2.500,00 = \text{R\$ } 20.000,00$  mensais e
- $\text{R\$ } 20.000,00 \times 13 = \text{R\$ } 260.000,00$  anuais.

Desse custo, 20 % é considerado para os equipamentos nas salas técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

- $20\% \times \text{R\$ } 260.000,00 = \text{R\$ } 52.000,00$ ;
- $80\% \times \text{R\$ } 260.000,00 = \text{R\$ } 208.000,00$ .

## **CUSTOS DE REPOSIÇÃO DE MATERIAIS PARA MANUTENÇÃO DE CAMPO**

O custo de componentes para aplicação em campo do sistema de sinalização, conforme levantamento da Gerência de Sistemas Fixos do Departamento de Manutenção de Sistemas de Via, excluindo os itens destacados adiante, é de R\$ 140.000,00 por ano, média dos últimos 5 anos, mantida para o ano de 2008. No rateio entre os domínios, os três de interesse – Recife, Ipiranga e Werneck, face à maior solicitação, consomem mais da metade desse dispêndio, cerca de **R\$ 85.000,00** por ano.

Desse custo, 20 % é considerado para os equipamentos nas salas técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

- 20 % x R\$ 85.000,00 = **R\$ 17.000,00**;
- 80 % x R\$ 85.000,00 = **R\$ 68.000,00**.

## **CUSTOS DE REPOSIÇÃO DE COMPONENTES DE LABORATÓRIO**

O custo de componentes de laboratório para a sinalização de campo, conforme levantamento da Gerência de Sistemas Fixos do Departamento de Manutenção de Sistemas de Via, rateado pelos três domínios de interesse do estudo, é de **R\$ 45.000,00** por ano. Desse custo, 20 % é considerado para os equipamentos nas salas técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

- 20 % x R\$ 45.000,00 = **R\$ 9.000,00**;
- 80 % x R\$ 45.000,00 = **R\$ 36.000,00**.

## **CUSTOS DE MANUTENÇÃO DOS CIRCUITOS DE VIA DO TIPO REED**

### **Substituição de Fusíveis de Proteção**

Pela série histórica da manutenção da STU-REC, há uma aplicação média no trecho Recife – Barro de 200 fusíveis por mês, o que representa um custo anual de **R\$ 26.400,00**.

### **Aquisição de Juntas Isolantes**

Esses circuitos de via instalados no trecho Recife – Jaboatão – Rodoviária empregam juntas isoladas, do tipo encapsuladas, para delimitar seus comprimentos. No trecho de interesse do estudo, Recife – Barro, existem 168 pares de juntas isolantes que necessitam de troca a cada 2,5 anos em média. Como a STU-REC faz um programa anual de substituição, a quantidade de pares de juntas isolantes substituídas nesse trecho, considerando o período de 20 anos é:

- 20 anos / 2,5 anos = 8 trocas dos 168 pares;
- 168 x 8 = 1344 pares de juntas trocadas em 20 anos;
- 1344 / 20 = 68 pares de juntas por ano.

O custo unitário de uma junta encapsulada, de acordo com processo de aquisição feito em Outubro de 2007 pela STU-REC é de R\$ 2.280,00. Portanto, em 1 ano tem-se:

- $R\$ 2.280,00 \times 68 \times 2 = \mathbf{R\$ 310.080,00}$ .

### **Substituição de Juntas Isolantes**

Para substituição dessas juntas, custa à STU-REC R\$ 2.700,00 o par. O custo da mão-de-obra de instalação em 1 (um) ano é:

- $R\$ 2.700,00 \times 68 = \mathbf{R\$ 183.600,00}$ .

### **Remoção de Colmatagem na Via Permanente**

Outro custo decorrente do emprego desse tipo de junta é o fenômeno da colmatagem que acontece no lastro na região dessas juntas. Com o passar dos trens por esses pontos mais frágeis da via, acontece uma trituração da brita, acumulando um pó de pedra. Normalmente, esse pó é removido na limpeza do lastro anualmente programada. No período de chuvas mais fortes esse pó de brita pode formar uma camada como se fosse uma nata de cimento sobre o lastro (colmatagem), podendo chegar à petrificação, caso a limpeza não tenha acontecido na região.

A FIG 9.1 ilustra a colmatagem do lastro na região das juntas isolantes.



FIG 9.1: A Colmatagem no Lastro na Região de Juntas Isolantes Encapsuladas

Levantamentos desses serviços nos últimos 5 anos na STU-REC indicam, no trecho Recife – Barro, a ocorrência desse fenômeno em cerca de 15 pontos. Para a remover a colmatagem do lastro tem-se a seguinte composição de materiais, serviços e custos; por ponto de retirada:

- Quantidade de brita substituída = 10 m<sup>3</sup>;
- Custo da brita (m<sup>3</sup>) = R\$ 80,00, considerando o transporte até o local de aplicação;
- Custo da brita aplicada = 10 m<sup>3</sup> x R\$ 80,00 / m<sup>3</sup> = R\$ 800,00;
- Duração do serviço = 13 dias em média, considerando que, dependendo do período de mais ou menos chuvas, gasta-se de 10 a 16 dias para completar o serviço com uma equipe de 8 homens;
- Custo da Mão-de-Obra = (8 H x 6h x 13d x R\$ 11,25 / h) = R\$ 7.020,00;
- Custo da Socaria = R\$ 2000,00 (Obs.: custo estimado entre maquinário e mão de obra por 4 horas de trabalho).

O custo total por ponto é de:

- R\$ 7.020,00 + R\$ 800,00 + R\$ 2000,00 = R\$ 9.820,00 e, para os 15 pontos;
- R\$ 9.820,00 x 15 = **R\$ 147.300,00.**

### **Custos de Manutenção dos Bondes de Impedância**

Os custos com os materiais de recuperação para um Bonde de Impedância encontram-se na TAB 9.1. Esse trabalho de recuperação em oficina gasta 40 H x h, além de passagem em estufa por duas vezes para retirada da a umidade e secagem do verniz. Esses 40 H x h equivalem a 25 % (40 / 160) do custo de um Técnico (R\$ 5.000,00 mensais). O custo total, material e mão-de-obra, para recuperação de um Bonde de Impedância é:

- 25 % x R\$ 5.000,00 x (13 ÷ 12) + R\$ 121,43 = **R\$ 1.475, 60.**

A retirada e recolocação de um Bonde de Impedância na via gastam 7 H x h em período noturno, o que irá custar, considerando uma equipe equivalente à de manutenção corretiva e preventiva:

- (7 H x h) ÷ 77 h = 0,091;
- 0,091 x R\$ 10.000,00 x (13 ÷ 12) = **R\$ 985,83** por Bonde de Impedância.

O custo total, por Bonde de Impedância, é

- R\$ 1475, 60 + R\$ 985,83 = **R\$ 2.461,43.**

**TAB 9.1: Materiais para Recuperação de um Bonde de Impedância**

Item	Código	Descrição	Quantidade	Unidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
1	914835855-6	Fibra de Poliéster (0,3 mm)	0,3	Um	20,00	6,00
2	914219015-7	Folha de Fenolite (2 mm)	0,06	Um	200,00	12,00
3	914231142-6	Verniz Glyptal	0,2	Galão	90,00	18,00
4	914931471-4	Verniz Isolante Classe F	0,6	Litro	12,00	7,20
5	914228034-2	Diluyente para Verniz	0,6	Litro	10,00	6,00
6	914228070-9	Esmalte Sintético Preto	0,2	Galão	31,90	6,38
7	914228200-0	Thinner	0,2	Galão	23,90	4,78
8		Folha de Cortiça (4 mm)	0,6	Um	20,00	12,00
9	914237051-1	Resina de Poliéster	0,6	Litro	9,74	5,84
10	914237111-9	Diluyente para Resina Poliéster	0,3	Litro	7,50	2,25
11	914237143-7	Cobalto	0,03	Litro	2,50	0,08
12	914228301-5	Catalisador	0,3	Litro	30,00	9,00
13	914237032-5	Talco Industrial	0,3	Kg	2,00	0,60
14		Silicone Incolor	3	Um	10,00	30,00
15	914242160-4	Lixas Ferro 80	1	Um	1,30	1,30
					<b>Total</b>	<b>121,43</b>

No trecho Recife – Barro encontram-se instalados 168 bondes de impedância. Em média, a cada três anos, metade deles necessita de recuperação. Como a recuperação é feita de forma continuada, podemos considerar que a quantidade a ser recuperada por ano é:

- $(168 \div 3) \times 50 \% = 28$  bondes de impedância, o que leva a um custo anual de
- $R\$ 2.461,43 \times 28 = \mathbf{R\$ 68.920,00}$ .

O custo total no ciclo de vida relativo ao item Circuitos de Via do tipo Reed é:

- $R\$ 26.400,00 + R\$ 310.080,00 + R\$ 183.600,00 + R\$ 147.300,00 + R\$ 68.920,00 = \mathbf{R\$ 736.300,00}$ .

## **CUSTOS COM ATRASOS E SUPRESSÕES DE VIAGENS**

Uma das ocorrências mais controladas pela operação da STU-REC são os atrasos de trens provocados pelas falhas do próprio material rodante, equipamentos do ATC de bordo, sinalização de campo, eletrificação, telecomunicações e via permanente. É contabilizada como uma ocorrência notável toda vez que uma falha num desses sistemas provoca um atraso igual ou superior a 6 minutos numa determinada viagem, o que significa um atraso superior a 20 % do tempo de percurso entre Recife e Jaboatão e Recife e Camaragibe na Linha Centro: 27 e 29 minutos, respectivamente.

O levantamento dessas ocorrências notáveis provocadas pelo sistema de sinalização de campo, entre 2002 e 2006, no trecho Recife – Coqueiral encontra-se na TAB 9.2.

Os valores das colunas de Ocorrências Notáveis e Atrasos são obtidos diretamente dos relatórios diários de operação. As viagens suprimidas são os resultados dos atrasos acumulados, divididos pelo intervalo médio entre trens de 7,25 minutos praticado ao longo das 20 horas diárias de operação.

**TAB 9.2: Custos com Viagens Suprimidas por Falhas de Sinalização de Campo**

<b>Ano</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Atrasos (Minutos)</b>	<b>Viagens Suprimidas</b>	<b>Custo</b>
<b>2002</b>	167	1437	198	R\$ 108.178,00
<b>2003</b>	108	815	112	R\$ 61.392,00
<b>2004</b>	106	1240	171	R\$ 93.346,00
<b>2005</b>	98	1066	147	R\$ 80.284,00
<b>2006</b>	128	1497	206	R\$ 112.686,00
<b>Total</b>	607	6.055	835	R\$ 455.886,00
<b>Média</b>	121,4	1.211,00	167	<b>R\$ 91.177,00</b>

As conseqüências para os usuários do Metrô de atrasos desse porte numa viagem são: maior tempo de viagem e maior desconforto, uma vez que pode haver acúmulos nas plataformas após a ocorrência notável. A forma consensual no Grupo de Estudo foi, para se ter uma mesma medida para as soluções propostas, considerar que as supressões de viagem levariam a uma perda de receita conforme os parâmetros a seguir:

- Carregamento médio de uma composição de quatro carros – 1114 passageiros;
- Arrecadação tarifária média – R\$ 0,49 (cerca de 35 % da tarifa cobrada considerando o rateio com integrações).

Assim, os custos relativos às supressões de viagens são obtidos pelo produto do número de viagens suprimidas pelo carregamento médio (1114 passageiros) e pelo valor de tarifa (R\$ 0,49). Considerou-se o valor de **R\$ 91.177,00** de perda média anual de receita devido às ocorrências notáveis relativas à sinalização de campo no trecho Recife – Coqueiral, obtido pelos valores médios dos últimos cinco anos.

O Custo Anual Total a ser considerado no Ciclo de Vida é:

$$\text{➤ } \mathbf{R\$ 260.000,00 + R\$ 85.000,00 + R\$ 45.000,00 + R\$ 736.300,00 + R\$ 91.177,00 = R\$ 1.217.477,00.}$$

### 9.3 APÊNDICE 3: CÁLCULOS DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ALTERNATIVO

Os custos de implantação foram obtidos por meio de uma proposta da ALSTOM, em nível ainda informal, cujos valores e composição estão aqui descritos. Todos os custos considerados adicionais aos já integrantes do Contrato 037-2002/DT, tendo sido extraídos os custos comuns ao Projeto Original.

Esses custos foram fruto da concepção inicial de se aproveitar ao máximo a distribuição dos circuitos de via existentes, substituí-los pelos de áudiofrequência e determinar os novos códigos de velocidade para permitir frenagens seguras, cumprimento do “headway” e velocidade comercial.

#### **EQUIPAMENTOS DE INTERTRAVAMENTO**

Os custos adicionais de aquisição e fabricação dos equipamentos para que o Equipamento CMT tenha sua capacidade ampliada e seja configurado para estender seu controle até a interface com o Intertravamento de Coqueiral (Circuitos de Via 135 e 136 anteriores à Estação Barro), têm a seguinte composição:

- Ampliação do Equipamento de Intertravamento de Recife Centro (CMT – Controle de Movimento de Trens) – **R\$ 261.869,00;**
- Ampliação do Equipamento Gestor de Comunicações de Recife Centro (GC) para inclusão de 3 (três) cartões de 64 saídas digitais a relés – **R\$ 115.183,00;**
- Retrabalho na Interface Homem x Máquina (IHM) do Painel de Comando Local para incorporar os domínios de Ipiranga e Werneck - **R\$ 201.958,00;**
- Fornecimento de cabos multicondutores entre o CMT / MUX e os TBs (Terminais de Bornes) existentes, localizados nas Salas Técnicas de Recife, Ipiranga e Werneck - **R\$ 887.991,00;**
- Fornecimento de cabos multiplex entre o CMT / MUX e os Gabinetes ECVs nas Salas Técnicas de Recife, Afogados, Ipiranga, Mangueira, Santa Luzia e Werneck – **R\$ 189.018,00;**

**Custo Adicional Total de Equipamentos de Intertravamento: R\$ 1.656.019,00.**

## **CIRCUITOS DE VIA EM AUDIOFREQUÊNCIA**

A aplicação desse tipo de circuito de via na extensão até Barro envolve a aquisição e fabricação dos seguintes equipamentos e seus respectivos custos adicionais:

- 6 (seis) Gabinetes de Eletrônica de Circuito de Via (ECV – Transmissores e Receptores) nas Salas Técnicas de Recife, Afogados, Ipiranga, Mangueira, Santa Luzia e Werneck – **R\$ 2.861.522,00;**
- Caixas de Interface, Antenas, Shunts de Via (Z-bonds) e cabos de controle para todos os circuitos de via no trecho Recife – Barro – **R\$ 2.357.993,00;**
- Quadros de Alimentação Elétrica para os Gabinetes ECV – **R\$ 108.292,00;**
- Cabos entre os Gabinetes ECV e os trilhos – **R\$ 1.497.518,00;**
- Cabos de Bondeamento (Z-Bonds e AMVs) – **R\$ 321.781,00;**
- Cabos de Aterramento nas Salas Técnicas – **R\$ 57.099,00.**

**Custo Total de Equipamentos de Circuito de Via: R\$ 7.204.205,00.**

## **PROJETO DO SISTEMA DE INTERTRAVAMENTO**

Os custos adicionais para a extensão até Barro têm a seguinte composição:

- Projeto de Engenharia dos Equipamentos Adicionais – incluso em seus preços;
- Projeto das adequações dos equipamentos existentes para implementação das interfaces (Intertravamentos, Sinais, Máquinas de Chave e Reed FDM);
- Plano de Códigos de ATC, Simulações de Desempenho e Segurança para Comprovação de “Headway” – **R\$ 157.515,00;**
- Plano de Vias Sinalizadas, Tabelas de Rotas e Equações Lógicas – **R\$ 196.894,00;**
- Análise de Segurança (Modos de Falha e seus Efeitos – FMEA) – **R\$ 39.379,00;**
- Plano de Cabos e Interligação aos Equipamentos de Campo;
- Elaboração do Plano de Migração da operação do atual sistema para o novo, em conjunto com a CBTU / STU-REC;
- Documentação Técnica e Manuais – **R\$ 147.670,00;**

**Custo Total de Projeto: R\$ 541.458,00.**

## **IMPLANTAÇÃO - INTERTRAVAMENTO E CIRCUITOS DE VIA**

Os custos adicionais para montagem e instalação dos circuitos de via e demais componentes necessários têm a seguinte composição:

- Projeto de Encaminhamento de Dutos e Cabos com a posição quilométrica das travessias e obras de arte especiais, assim como as cotas destas em relação à estrutura de rede aérea mais próxima;
- Plano de Cabos e Interligação aos Equipamentos de Campo;
- Fornecimento de Materiais e Acessórios de Instalação – **R\$ 697.917,00;**
- Fornecimento dos Dutos de 4 e 2 polegadas, Abertura de Vala e Lançamento dos Dutos – **R\$ 853.535,00;**
- Lançamento dos Cabos (CDV, Multiplex e Multicondutores) – **R\$ 2.086.998,00;**
- Montagem Equipamentos na Via (Z-Bonds e Caixas de Interface) - **R\$ 1.413.846,00;**
- Montagem dos Gabinetes ECVs nas Salas Técnicas – **R\$ 559.179,00;**
- Supervisão Técnica e Gerenciamento da Alstom – **R\$ 492.235,00;**
- Supervisão Técnica e Gerenciamento da CBTU (SMZ) – **R\$ 118.325,00;**

Com a aplicação dos circuitos de via em audiofrequência haverá necessidade de remoção das juntas isoladas e soldagem aluminotérmica para 168 pontos na via e assim permitir a continuidade da tração elétrica. Baseado em proposta recebida da empresa SESORFEC, sediada em Recife, para realização desses serviços tem-se:

- Remoção de Juntas Isoladas e aplicação de solda aluminotérmica – R\$ 500,00, incluindo materiais e considerando os trabalhos em períodos noturnos;
- Número de pontos de solda – 168;
- Perda estimada de 20 %,ou seja, 32 pontos com retrabalho, totalizando assim 200 pontos de solda (168 + 32);
- Custo total –  $R\$ 500,00 \times 200 = \mathbf{R\$ 100.000,00}$ .

Serão também retirados os Bondes de Impedância que, com base nos Custos de Manutenção dos Bondes de Impedância constantes do Apêndice 9.2, têm um custo de R\$ 985,83 para a retirada e colocação de uma unidade. Fazendo uma equivalência da retirada e colocação de uma unidade com a retirada de duas unidades, o custo total dessa retirada será:

- $R\$ 985,83 \times (168 \div 2) = \mathbf{R\$ 82.810,00}$ .

**Custo Total de Implantação: R\$ 6.404.845,00.**

### **TESTES DO NOVO SISTEMA DE SINALIZAÇÃO: RECIFE - BARRO**

Os custos adicionais para os testes das ampliações no CMT, no PCL e dos novos ECVs, têm a seguinte composição:

- Testes em Fábrica e em Plataformas de Ensaio do Conjunto CMT - ECVs (incluso no preço dos equipamentos);
- Testes de instalação e interligação aos sistemas existentes – **R\$ 374.960,00;**
- Testes Operacionais e Ajustes em Campo – **R\$ 1.052.520,00.**

**Custo Total de Testes: R\$ 1.427.480,00.**

### **SOBRESSALENTES PARA OS PRÓXIMOS 10 ANOS DE OPERAÇÃO: RECIFE – BARRO**

Como esse mesmo tipo de equipamento já se encontra em operação no trecho Rodoviária – Camaragibe, está em implantação na Linha Sul (Recife – Cajueiro Seco) e Pátio de Cavaleiro, a quantidade de sobressalentes já prevista no fornecimento contratual é suficiente para um mínimo de 10 anos de operação.

### **GERADORES DE CÓDIGO - LINHA DE TESTE DO PÁTIO DE CAVALEIRO**

Na implantação do Projeto Alternativo, serão utilizados os equipamentos a serem retirados do trecho Recife – Barro. Esse custo é somente considerado no Projeto Original.

### **CUSTO TOTAL DE IMPLANTAÇÃO – PROJETO ALTERNATIVO**

O Custo Total a ser considerado é:

- $R\$ 1.656.019,00 + R\$ 7.204.205,00 + R\$ 541.458,00 + R\$ 6.404.845,00 + R\$ 1.427.480,00 = R\$ 17.234.007,00.$

#### 9.4 APÊNDICE 4: CÁLCULOS DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA – PROJETO ALTERNATIVO

##### **CUSTOS DE OPERAÇÃO**

Os custos de consumo de energia para manter o sistema em operação são extremamente difíceis de apurar, uma vez que a alimentação vem de um Sistema Auxiliar em 6,6 kV, diretamente das Subestações de Tração, que também alimenta as demais cargas dos sistemas de Telecomunicações e Eletrificação. A medição de consumo e demanda é toda integralizada na própria subestação de 69 kV, não havendo separação do consumo de tração e dos sistemas auxiliares. Como essa configuração irá se manter, esse custo não será computado.

##### **CUSTOS COM EQUIPES DE MANUTENÇÃO**

De acordo com os cálculos dos custos com equipes de manutenção preventiva e corretiva programada para o trecho Recife – Barro (domínios Recife, Ipiranga e Werneck), conforme Apêndice 9.2, a distribuição dos H x h é a seguinte:

- H x h consumido na manutenção preventiva dos domínios Recife – Ipiranga e Werneck = 170 H x h
- H x h consumido na manutenção corretiva programada nos domínios Recife – Ipiranga e Werneck = 290 H x h

Considerando que o número de equipamentos diminuirá sensivelmente: 25 % a menos de circuitos de via, remoção de todos os bondes de impedância e remoção de duas salas de intertravamento, o empenho de mão-de-obra para a manutenção preventiva deverá ser menor estimando-se, de modo conservador, em cerca de 75 % da quantidade atual.

Com base em um ano de operação do trecho Rodoviária – Camaragibe, no qual ocorreram 3 falhas nos 20 circuitos de via existentes, o que projeta para o trecho Recife – Barro, com uma quantidade máxima de 60 circuitos de via, um valor esperado de 10 falhas por ano, cerca de uma falha por mês, contra 20 falhas mensais de circuitos de via, conforme ocorre para o projeto original. Com isso, estima-se, também de modo conservador, que a manutenção corretiva programada seja executada com 40 % do total de mão-de-obra consumido considerando o projeto original.

Dessa forma, a distribuição dos H x h passa a ser a seguinte:

- H x h consumido na manutenção preventiva do trecho Recife – Barro  
 $75\% \text{ de } 170 = 130 \text{ H x h}$
- H x h consumido na manutenção corretiva programada do trecho Recife – Barro  
 $40\% \times 290 \text{ H x h} = 116 \text{ H x h}$

Portanto, a quantidade de mão-de-obra empregada na manutenção corretiva e preventiva nesse três domínios é  $130 \text{ H x h} + 116 \text{ H x h} = 246 \text{ H x h}$ . Considerando que esses trabalhos são realizados em período noturno, das 00:30 às 04:00 h, o que significa 3,5 horas diárias de trabalho e 77 horas mensais em 22 dias úteis. Em termos de equipe tem-se:

- $246 \text{ H x h} / 77 \text{ h} = 3,2$  homens, ou seja, uma equipe com um técnico e dois auxiliares.

O custo médio mensal dessa equipe típica é, considerando salários, adicionais noturnos e demais benefícios:

- R\$ 5.000,00 por Técnico;
- R\$ 2.500,00 por Auxiliar Técnico;
- $R\$ 5.000,00 + 2 \times R\$ 2.500,00 = R\$ 10.000,00$  mensais e
- $R\$ 10.000,00 \times 13 = \mathbf{R\$ 130.000,00}$  anuais.

Observa-se assim a redução de um técnico e dois auxiliares técnicos para esse trecho Recife – Barro. Considerando as necessidades inicialmente previstas para a ampliação do sistema tem-se:

- Equipe Atual = 4 Técnicos e 9 Auxiliares Técnicos;
- Equipe prevista para atender a Linha Centro e a Linha Sul sem a adoção do Projeto Alternativo = 4 Técnicos e 9 Auxiliares Técnicos para a Linha Centro;  
= 1 Técnico e 2 Auxiliares Técnicos para a Linha Sul;
- Equipe estimada para atender a Linha Centro e a Linha Sul com a adoção do Projeto Alternativo = 3 Técnicos e 7 Auxiliares Técnicos para a Linha Centro;  
= 1 Técnico e 2 Auxiliares Técnicos para a Linha Sul;

Conclui-se que com a adoção do Projeto Alternativo, a economia gerada na mão-de-obra permite que a atual equipe que atende às manutenções preventiva e corretiva pode ser mantida, sem a necessidade de se aumentar o quadro da equipe de sinalização.

Desse custo, 20 % é considerado para as Salas Técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

- 20 % x R\$ 130.000,00 = **R\$ 26.000,00;**
- 80 % x R\$ 130.000,00 = **R\$ 104.000,00.**

### **CUSTOS DE REPOSIÇÃO DE MATERIAIS PARA MANUTENÇÃO DE CAMPO**

Na nova sinalização a ser implantada existirá um único domínio de intertravamento em Recife, incluindo o módulo gestor de comunicações (GC) e o módulo de eletrônica de circuitos de via (ECV). Os demais módulos ECVs estarão nas estações Ipiranga e Santa Luzia.

Como ainda não há possibilidade de se ter esse custo para o novo sistema, uma vez que instalado no trecho Rodoviária – Camaragibe opera somente há um ano e três meses, foram feitas consultas ao Metrô de São Paulo e Metrô de Brasília que possuem esses sistemas em operação há mais de 10 anos.

Com base nesses levantamentos e considerando a diminuição da quantidade de equipamentos (cabos, conectores, z-bonds, caixas de interface, equipamentos de intertravamento e circuitos de via), o custo estimado de reposição de componentes da sinalização de campo, sendo bastante conservador na estimativa, é de 65 % do custo atual, ou seja, 65 % x R\$ 85.000,00 = **R\$ 55.250,00.**

Desse custo, 20 % é considerado para os equipamentos nas salas técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

- 20 % x R\$ 55.250,00 = **R\$ 11.050,00;**
- 80 % x R\$ 55.250,00 = **R\$ 44.200,00.**

### **CUSTOS DE REPOSIÇÃO DE COMPONENTES DE LABORATÓRIO**

Na nova sinalização a ser implantada existirá um único domínio de intertravamento em Recife, incluindo o módulo gestor de comunicações (GC) e o módulo de eletrônica de circuitos de via (ECV). Os demais módulos ECVs estarão nas estações Ipiranga e Werneck.

Como ainda não havia possibilidade de se ter esse custo para o novo sistema, uma vez que o instalado no trecho Rodoviária – Camaragibe operava somente há um ano e três meses, foram feitas consultas ao Metrô de São Paulo e Metrô de Brasília que possuem esses sistemas em operação há mais de 10 anos.

Com base nesses levantamentos, o custo estimado de componentes de laboratório para a sinalização de campo, considerando a quantidade de equipamentos de intertravamento e circuitos de via desse trecho, é de:

➤ **R\$ 25.000,00** por ano.

Desse custo, 20 % é considerado para as Salas Técnicas e 80 % para os equipamentos de campo. Portanto:

➤ 20 % x R\$ 25.000,00 = **R\$ 5.000,00**;

➤ 80 % x R\$ 25.000,00 = **R\$ 20.000,00**.

### **CUSTOS COM ATRASOS E SUPRESSÕES DE VIAGENS**

Como ainda não há uma série de eventos de ocorrências notáveis no trecho Rodoviária – Camaragibe, onde já opera o sistema da Alstom proposto para o trecho Recife – Barro, que sirva de base para uma projeção desses custos, será estipulado que tais custos se situarão em torno de 20 % do que ocorre atualmente. Assim esse custo será, por ano:

➤ 20 % x R\$ 91.177,00 = **R\$ 18.235,00**.

Custos Totais no Ciclo de Vida:

**R\$ 130.000,00 + R\$ 55.250,00 + R\$ 25.000,00 + R\$ 18.235,00 = R\$ 228.485,00**

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)