

TÚNEIS RODOVIÁRIOS

**Proposta de avaliação de conformidade para liberação ao uso e
operação comercial**

André Luiz Gonçalves Scabbia

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Canale

São Carlos

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S227t Scabbia, André Luiz Gonçalves
Túneis rodoviários : proposta de avaliação de
conformidade para liberação ao uso e operação comercial /
André Luiz Gonçalves Scabbia; orientador Antônio Carlos
Canale. -- São Carlos, 2007.

Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica. Área de Concentração: Dinâmica das
Máquinas e Sistemas) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

1. Túneis rodoviários. 2. NBR ISO/IEC 17020:2006.
3. Avaliação de conformidade. 4. Rodovia dos Imigrantes.
5. Incêndio. I. Título.

Santa Bárbara é a protetora dos que trabalham em túneis porque foi em uma caverna que pediu ajuda à Deus para que seu pai entendesse sua conversão ao cristianismo.

Quando um túnel começa a ser construído, é colocada uma imagem da santa na sua entrada, sempre em lugar de destaque.

Aqui não é diferente!



Santa Bárbara Rogai por nós!

Dedico o presente trabalho:

Aos meus pais, Antônio Carlos e M. da Penha.

À minha querida amiga e esposa, Prof^ª D^ª Renata.

Aos meus filhos e auxiliares, Henrique e Antônio.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Canale, meu orientador, com quem muito aprendi e continuo aprendendo.

Ao Prof. Dr. Douglas Barreto mais do que um co-orientador, pois entendeu o objetivo desta obra.

Aos amigos e companheiros de estrada Luís Mauro e Mario Saad.

Ao Prof Dr Josmar pelas perguntas que abrem caminhos.

Aos Mestres Antônio Fernando Berto, José Carlos Tomina e Wolfgang Leopold Bauer.

Douglas Messina e Prof. Dr Juan Carlos Horta Gutiérrez, amigos e professores.

Aos amigos Douglas Carvalho, Fábio Grillo, Fábio Ortega, Marcelo Biciato, Manuel Jesus Lucas, Paulo Gomes, Carlos Alberto de Oliveira Carvalho e ao "Prof. Dr" Luiz Shida

Ao Edisom Moragi pela realização dos ensaios.

À Ligia Gallo pela tradução do português para o inglês.

À Jeronymo Monteiro Filho (in memoriam), pelo pioneirismo no estudo de rodovias.

Á Dra Maria de Lourdes César Ribas Scabbia por insistir que o estudo é a única saída (in memoriam), Feliz Aniversário 01/10/2007 (dia da defesa).

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão a todos que viabilizaram a conclusão deste trabalho:

A Escola de Engenharia de São Carlos pelo voto de confiança;

Ao IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, que possibilitou técnica e economicamente este estudo;

À Ecovias pela liberação do material referente a PD – Pista Descendente;

Ao Corpo de Bombeiros do estado de São Paulo, pela troca de experiências;

Aos membros das bancas de Qualificação e Defesa, pelo apoio e sugestões, que tanto contribuíram para a lapidação deste trabalho;

Aos membros do CB 24, pelas opiniões, idéias e pela visão dos caminhos que levam ao Gerenciamento de Riscos em túneis.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS, DEFINIÇÕES E SIGLAS	XII
RESUMO.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Estrutura do Trabalho.....	5
2 OPERAÇÃO DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS.....	7
2.1 Construção e operação de túneis rodoviários	7
2.1.1 Construção e Operação – Internacional	7
2.1.2 Construção e Operação – Brasil.....	8
2.1.3 Histórico do Sistema Anchieta-Imigrantes	9
2.2 Acidentes em túneis rodoviários	17
2.2.1 Lições aprendidas com os incêndios ocorridos no século XX	18
2.3 Normas Referentes a Túneis	22
2.3.1 Normas internacionais	22
2.3.2 Norma Nacional	24
2.4 Sistemas de Segurança - Automação Viária.....	25
3 MÉTODO DE TRABALHO	27
4 IMPLANTAÇÃO DA PISTA DESCENDENTE DA RODOVIA DOS IMIGRANTES	28
4.1 Definição do modelo operacional e de manutenção.....	29
4.1.1 Modelo Operacional do SAI com a inclusão da PD	29
4.2 Identificação dos riscos e medidas de redução	31
4.2.1 Influência das normativas e da frota de veículos na operação	32
4.2.2 Medidas operacionais adotadas na Pista Descendente	33
4.2.3 Procedimentos de manutenção	35
4.3 Normas aplicáveis (período de 2000 a 2001)	36
4.4 Sistemas de Segurança	36
4.4.1 Experiência da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô na operação de Sistemas de Segurança em túneis	37
4.5 Projetos básicos.....	40

4.6	Projetos executivos - caracterização dos sistemas	40
4.6.1	Levantamento de dados com operadores de túneis providos de sistemas automáticos de segurança - Brasil.....	41
4.6.2	Levantamento de dados com operadores de túneis providos de sistemas automáticos de segurança – Espanha.....	42
4.7	Construção do túnel e o as <i>built</i> do projeto	43
4.8	Implantação da infra-estrutura e o as <i>built</i> do projeto	43
4.9	Ensaio de equipamentos e sistemas na Espanha e no Brasil	44
4.10	Comissionamento do túnel	45
4.10.1	Comissionamento sem fumaça.....	45
4.10.2	Comissionamento com fumaça.....	46
4.11	Operação simulada	46
4.11.1	Ensaio de descida de caminhões (pontos principais)	47
5	ANÁLISE DE RISCOS PARA TÚNEIS RODOVIÁRIOS	49
5.1	Aplicação de Estudo de Análise de Riscos - EAR para um túnel rodoviário com rampa em declive superior a cinco por cento, com circulação de veículos comerciais.	50
5.1.1	Identificação de perigos/riscos.....	50
5.1.2	Análise dos Riscos	74
5.1.3	Avaliação dos riscos	77
5.1.4	Propostas de controle dos riscos.....	77
5.1.5	Gerenciamento de riscos	78
5.2	Resultados	78
6	PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS	83
6.1	Validação do Método e consolidação das Informações	84
6.2	Proposta de Avaliação de Conformidade	84
6.2.1	Definição do modelo operacional e de manutenção	84
6.2.2	Identificação dos riscos e medidas de redução	87
6.2.3	Definição das normas aplicáveis	88
6.2.4	Definição dos sistemas de segurança	88
6.2.5	Anteprojetos.....	90
6.2.6	Projetos Executivos - caracterização dos sistemas	91
6.2.7	Construção do túnel e <i>as built</i> do projeto.....	92
6.2.8	Implantação da infra-estrutura e <i>as built</i> do projeto.....	92
6.2.9	Ensaio de equipamentos e sistemas.....	92
6.2.10	Comissionamento do túnel	93
6.2.11	Operação simulada.....	94
6.3	Correlação entre os requisitos de verificação e as 11 Atividades	94

6.4	Avaliação Sazonal da Operação Rodoviária	98
7	DISCUSSÃO FINAL	99
8	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	103
9	SUGESTÕES DE MELHORIA DO PROCESSO	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	ANEXO A - PERMISSÃO DE USO DE TRABALHOS CIENTÍFICOS E RELATÓRIOS DA CONCESSIONÁRIA ECOVIAS DOS IMIGRANTES SA ...	112
	ANEXO B - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL DE NIHONZAKA – 1979	114
	ANEXO C - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL DE CALDECOTT – 1982.....	117
	ANEXO D - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL MONT BLANC.....	119
	ANEXO E – SSPD E SEUS COMPONENTES	124
	ANEXO F- PROPOSTA DE CATEGORIZAÇÃO DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS	137
	ANEXO G – IEC 695-2-1/91 – MÉTODO DO FIO QUENTE - ADAPTADO A PNEUS	146
	ANEXO H – COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS QUANDO SUBMETIDO AO CALOR DE UM INCÊNDIO - NBR 11836.	148
	ANEXO I- ANÁLISE ESTATÍSTICA DO IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA PD..	151
	ANEXO J-WHAT IF? DE TÚNEIS	162
	ANEXO L- APP DE TÚNEIS.....	168
	ANEXO M - REQUISITOS DE VERIFICAÇÃO DA EAR	174
	ANEXO N – RELAÇÃO ENTRE OS REQUISITOS DE VERIFICAÇÃO E AS 11 ATIVIDADES	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos Principais Riscos: por Fase da Obra	1
Figura 2 - Distribuição dos Principais Riscos: Durante a Operação	2
Figura 3 – Sistema Anchieta Imigrantes. Fonte: Shida (2002)	4
Figura 4 – Etapas do trabalho	6
Figura 4 – Via Anchieta. Fonte: Monteiro Filho (1961)	10
Figura 5 – Ser Humano x Automação	26
Figura 7 – Como Estimar e Mitigar os Riscos?	27
Figura 8 - Atividades do Ensaio Preliminar	28
Figura 9 - Operação Normal - 5 x 5	30
Figura 10 - Operação Especial - Descida 7 x 3	30
Figura 11 - Operação Especial - Subida 2 x 8	31
Figura 12 – Ensaios individuais dos sistemas. Fonte: Shida & Scabbia (2001)	45
Figura 13 – Comissionamento com fumaça	46
Figura 14 – Estudo de Análise de Riscos. Fonte: Scabbia (2004)	49
Figura 15 - Pontos de estudo	54
Figura 16 – Vida útil por velocidade média. Fonte: Lucas (2004)	60
Figura 17 – Locais passíveis de originar incêndios em veículos comerciais	63
Figura 18 - Ônibus queimado (origem do sinistro na região do motor)	63
Figura 19 - Filtro separador de água x diesel (vazando) instalado na frente do radiador	64
Figura 20 - Impacto térmico no freio em um veículo com 120% da capacidade de carga. Fonte: modificado de Lucas (2004)	65
Figura 21 – Níveis de Serviço. Fonte: HCM (2000)	68
Figura 22 – Comparação entre seções de túneis rodoviários	71
Figura 23 - Estágios do lascamento do piso quando exposto ao fogo	71
Figura 24 - Velocidades permitidas - Veículo MB 1720 trucado. Fonte: Lucas (2004).	72
Figura 25 – Origens de patologias em edificações na União Européia. Fonte: Henriques (2001)	74
Figura 26 – Cabeçalho da APP	76

Figura 27 – Sistema global de segurança contra incêndio. Fonte: Berto (1995).	91
Figura 28 – Distribuição dos 527 requisitos	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Maiores túneis rodoviários do mundo _____	8
Tabela 2 - Maiores túneis do Brasil _____	8
Tabela 3 - Cronologia de implantação da Rodovia dos Imigrantes _____	11
Tabela 4 – Caracterização das rodovias. Fonte: Brasil (1969). _____	13
Tabela 5 - Distribuição dos trabalhos na Pista Descendente - PD _____	17
Tabela 6 - Acidentes mais relevantes em ordem cronológica. _____	17
Tabela 7 – Normas de Segurança relacionadas a túneis _____	22
Tabela 8 – Pontos em comum entre a instalação do SSPD e automação Metrô-SP. _____	38
Tabela 9 – Diferenças entre a instalação do SSPD e automação Metrô- SP. _____	39
Tabela 10 - Túneis visitados em São Paulo _____	41
Tabela 11 - Túneis visitados na Espanha _____	42
Tabela 12 - Volume de tráfego x extensão de túnel. Fonte: UNIÃO EUROPÉIA (2004) _____	50
Tabela 13 - Temperatura do freio x pneu. Fonte: Costa <i>et all</i> (1996). _____	62
Tabela 14 - Características principais de cada tipo de fogo. Fonte:Brasil (1992) _____	67
Tabela 15 - Parâmetros de segurança _____	75
Tabela 16 – Matriz de riscos _____	77
Tabela 17 – Quatro grupos de risco _____	78
Tabela 18 - Requisitos de verificação Itens Fixos - A- Infra-estrutura _____	79
Tabela 19 Requisitos de verificação Itens Fixos - B- Estrutura _____	80
Tabela 20 Requisitos de verificação Itens variáveis - C -sem controle operacional _____	81
Tabela 21 Requisitos de verificação Itens variáveis - D - com controle operacional _____	82
Tabela 22 - Correlação Requisitos de verificação (A) e as 11 atividades _____	95
Tabela 23 - Correlação Requisitos de verificação (B) e as 11 atividades _____	95
Tabela 24 - Correlação Requisitos de verificação (C) e as 11 atividades _____	96
Tabela 25 - Correlação Requisitos de verificação (D) e as 11 atividades _____	96
Tabela 26 - Medidas mitigadoras por requisitos de verificação _____	97

LISTA DE ABREVIATURAS, DEFINIÇÕES E SIGLAS

ABREVIATURAS

CB 24 - Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndios da ABNT

Decreto 46076 - Decreto Nº 46.076, de 31 de agosto de 2001, do Estado de São Paulo

Diretiva 2002/309 - União Européia. Proposta de Diretiva 2002/309/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos requisitos mínimos de segurança para os túneis inseridos na Rede Rodoviária Transeuropeia, Bruxelas 30.12.2002, COM(2002) 769 final 2002/0309 (COD).separata 89

Directiva 2004/54 - União Européia Diretiva 2004/54/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004, relativa aos requisitos mínimos de segurança para os túneis da Rede Rodoviária Transeuropeia, 2004

EN 45000 - Séries de normas da União Européia - UE

Ecovias – Concessionária Ecovias dos Imigrantes SA.

NBR 5410 - Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Pista Descendente - PD - Pista Sul da Rodovia dos Imigrantes no Estado de São Paulo

Sistema de Segurança - Sistema de Segurança em Túneis

DEFINIÇÕES

Acidente – evento que gera perda de vida ou material.

Consórcio Construtor - As obras de grande porte normalmente são realizadas por um consórcio de empresas de engenharia civil para dividir os riscos e aporte financeiro, distribuindo entre elas as tarefas de projetos, perfuração e concretagem.

Critério – É o valor, mensurável, adotado para cada requisito de verificação.

Efeito pistão - Em um ambiente confinado onde existe uma pressão baixa que se distribui numa área grande, quando sofre a redução da área (passagem de um veículo) sofre aumento de pressão e conseguinte velocidade do ar .

DEFINIÇÕES (continuação)

Emboque: estrutura civil que delimita a entrada e saída do túnel.

Fade - Processo através do qual ocorre a perda de atrito entre a lona e o tambor ou entre a pastilha e o disco. O maior responsável pela sua ocorrência é a temperatura excessivamente alta que ocorre por ocasião da fricção entre as partes citadas.

Greide - é uma linha em perfil longitudinal judiciosamente posicionada em relação ao terreno natural. Definição dos cortes e aterros. A posição é influenciada pela Classe de projeto da rodovia, sendo o perfil cotado em cada estaca, portanto o greide é o projeto em perfil.

Incidente – evento na eminência do acidente, ou seja, um quase acidente.

Indicadores de segurança relativos a túneis rodoviários - Para a avaliação do atendimento dos requisitos mínimos é necessário a elaboração de indicadores de desempenho que apontem a sua aderência às Normas aplicáveis.

Órgãos de inspeção - Cabe aos órgãos de inspeção respeitar as normas harmonizadas, relativas à atividade dos organismos responsáveis pela avaliação da conformidade (EN 45000). Uma organização envolvida na gestão de um túnel não pode ser acreditada como órgão de inspeção.

Requisitos de verificação – tarefas mínimas a serem realizadas em cada etapa da vida útil do túnel.

Retarders - sistemas normalmente hidráulicos que por cisalhamento do óleo provoca um torque adicional de frenagem nas rodas do veículo. Este sistema dissipa parte da energia térmica durante a descida de serra.

Sistemas de Segurança - Sistema de Automação customizado a túneis

Túneis Novos e Recapitados - Os túneis que sofreram sinistros ou reformas devem ser preparados a atender a legislação em vigor, no caso da EU as Directivas, para reiniciarem a operação comercial.

SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre

APP - Análise Preliminar de Perigos

Artesp - Agência Regulamentadora do Transporte no Estado de São Paulo

ATO - Automatic Train Operation

ATP - Automatic Train Protection

BS - British Standards

CBPMESP - Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

CCM - Centro de Controle da Manutenção

CCO - Centro de Controle Operacional

CET-SP – Companhia de Engenharia de Tráfego do Município de São Paulo.

Cetesb - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CFD - Computational Fluid Dynamic

CFTV - Circuito Fechado de Televisão

CIM - Centro de Informação da Manutenção

CLP - Controlador Lógico Programável

Contran - Conselho Nacional de Trânsito

CREA - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

DAI - Detector Automático de Incidentes

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

Dersa - Desenvolvimento Rodoviário S.A.

Dicor - Divisão de credenciamento de organismos do INMETRO

EAR - Estudo de Análise de Riscos

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos.

SIGLAS (continuação)

GR - Gerenciamento de Riscos

HCM - Highway Capacity Manual

ICP - Interface de Controle Programável

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

ISO - International Organization for Standardization

ITS - Intelligent Transport Systems

MCBF - Mean Cycles Between Failures

Metrô-SP – Companhia do Metropolitano de São Paulo.

MTBF - Mean Time Between Failures

MTTR - Mean Time To Repair

NFPA - National Fire Protection Association

PA - Audição Pública (Megafonia)

PAM - Plano de Emergência e Auxílio Mútuo

PBT - Peso bruto total

Piarc - Permanent International Association of Road Congress, atualmente denominada de World Road Association

PMRv - Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo.

PMV - Painel de Mensagens Variáveis

PTZ - Movimentação da câmera nos eixos X/Y/Z

SAI - Sistema Anchieta Imigrantes

SAT - Sistema Aferição de Tráfego

SSCE - Sistema de Supervisão e Controle de Elétrica

SIGLAS (continuação)

SSPD - Sistema de Segurança da Pista Descendente

STD - Sistema de Transmissão de Dados

STE - Sistema de Telefonia de Emergência

TA - Túnel Ascendente

TD - Túnel Descendente

UE - União Européia

USP – Universidade de São Paulo.

VDM - Volume diário médio de veículos

RESUMO

O processo de liberação da operação comercial de um túnel rodoviário, sempre é realizada sobre a pressão típica do final de um cronograma, cujo prazo final, está em vias de se esgotar. Por outro lado considerando os relevantes riscos envolvidos com a operação de um túnel, o órgão público que libera o início da operação comercial (Artesp no caso do Estado de São Paulo), deve ter plena certeza que a nova estrutura está pronta a utilização e apresenta-se totalmente preparada a atender os requisitos mínimos de segurança. O presente trabalho propõe uma metodologia de avaliação de conformidade aderente a NBR ISO/IEC 17020:2006 - Avaliação de conformidade com os critérios gerais para o funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeções. Para tanto foi realizado um extenso e minucioso trabalho de identificação dos requisitos aplicáveis, concatenando as referências internacionais de túneis, o *modus operandi* nacional e a ferramenta Gerenciamento de Riscos, que resultaram numa proposta de metodologia de avaliação de conformidade composta por onze atividades, que aplicadas permitem avaliar as condições de liberação ao uso e operação comercial de túneis rodoviários.

Palavras – Chave: Túneis Rodoviários; NBR ISO/IEC 17020:2006, Avaliação de Conformidade, incêndio.

ABSTRACT

The process of releasing the commercial operation of a road tunnel is always done under the typical pressure of a chronogram deadline. On the other hand, considering the relevant risks involved with the tunnel operation, the public institution that releases the beginning of the commercial operation (ARTESP, in the case of São Paulo State), should be totally sure that the new structure is ready to be used and shows it is completely prepared to meet the needs of the minimum security requirements. The present work proposes an evaluation methodology of adherent conformity the NBR ISO/IEC 17020:2006 – Conformity evaluation with the general criteria for the functioning of different types of organisms that perform inspections. In order to do so, a large and detailed work of identification of the applicable requirements, linking together the international references of tunnels, national way of working and the tool Management of Risks, that ended in a proposal of conformity evaluation methodology composed by eleven activities, that if applied, allow evaluation of the releasing conditions to the use and commercial operation of road tunnels.

Keywords: Road tunnels, NBR ISO/IEC 17020:2006, Conformity Evaluation, fire.

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa de doutorado está relacionada à validação de conformidade aos requisitos mínimos (normativos) aplicáveis a túneis rodoviários, mais especificamente aos que possuem declives longos superiores a 5 (cinco) por cento, de modo a viabilizar o início da operação comercial, tendo como caso de estudo a implantação da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes e o acompanhamento de sua operação por 4 anos, a partir da inauguração (Anexo A).

A construção de um túnel é a solução para um problema específico, pois em função de sua complexidade, normalmente é adotado como última alternativa. Muitas vezes, esse problema é um obstáculo que deve ser ultrapassado, seja um rio ou oceano, uma montanha ou outra rota de transporte.

Os túneis oferecerem as seguintes opções:

- menor impacto ambiental, por exemplo: projeto da Rodovia dos Imigrantes teve impacto concentrado na região dos emboques,
- cidades densamente povoadas permitem a sua transposição sem influenciar o já caótico tráfego local, como o Túnel de Costanera Norte na cidade de Santiago no Chile;
- interligar áreas, encurtando distâncias, como o exemplo do Eurotúnel

Em contrapartida às suas vantagens, riscos podem ser associados a cada etapa de sua vida útil, ou seja, da construção a operação (Figura 1).

	Risco → A	Escavação – durante o período de construção o risco está concentrado em desmoronamentos na obra e intoxicação por acúmulo de gases tóxicos.
	Risco → B	Instalação de infraestrutura – limita-se aos riscos inerentes de instalação de sistemas, ou seja, choque elétrico, queda, atropelamento.
	Risco → C	Operação simulada – todos os riscos inerentes a operação estão presentes em escala menor, pois o tráfego está limitado aos funcionários da própria empresa.
	Risco → D	Operação comercial – pode-se dividir os principais riscos em: incêndio, explosão e escorregamento dos taludes.

Figura 1 - Distribuição dos Principais Riscos: por Fase da Obra

A verificação de conformidade de um túnel envolve um estudo multidisciplinar (Figura 2), pois, desde a análise geológica (risco de escorregamento) até a manutenção dos Sistemas Elétricos (risco de incêndio), abordam-se a geometria da pista, os veículos que irão trafegar tipos de cargas transportadas, características operacionais do fluxo de veículos e infra-estrutura instalada.

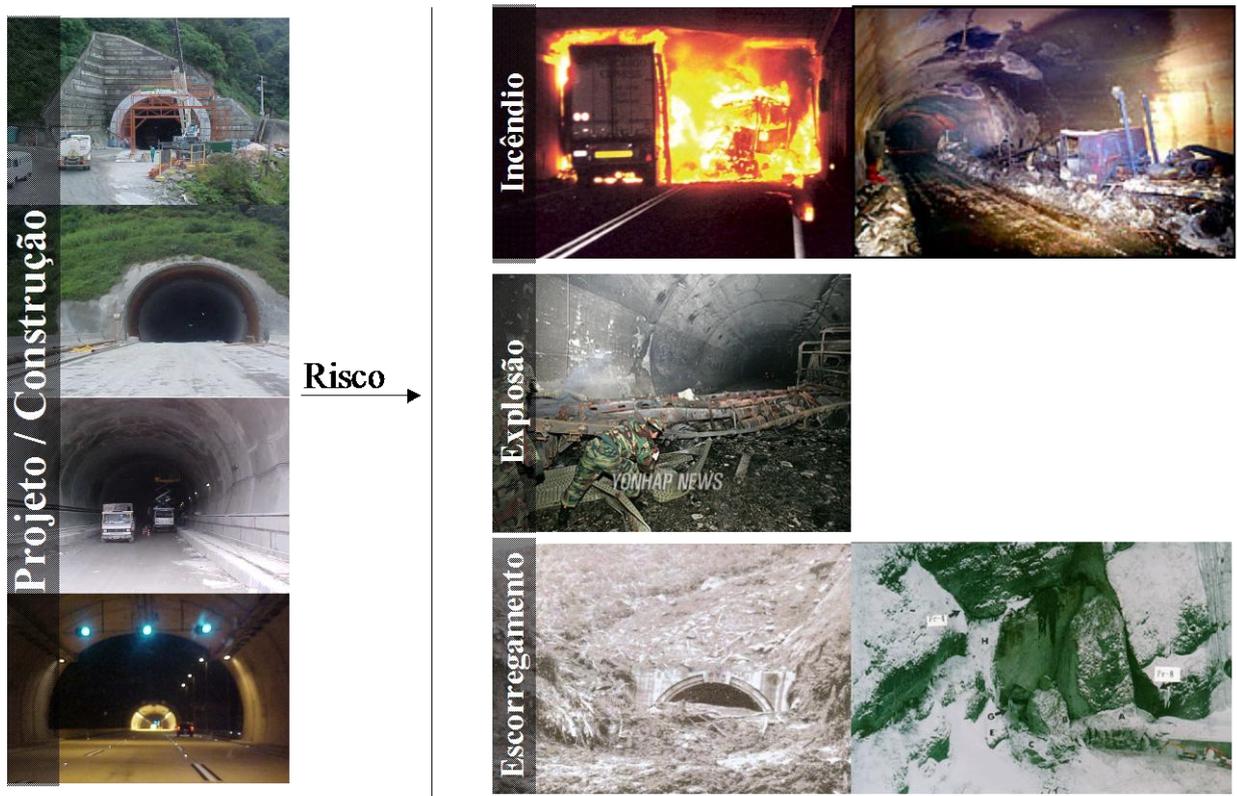


Figura 2 - Distribuição dos Principais Riscos: Durante a Operação

Conforme apresentado por Scabbia & Canale (2006), a origem dos incidentes e acidentes em túneis está relacionada a:

- Falha mecânica nos veículos (freio) - Nihonzaka em 1979 e Dalsehong em 2005;
- Choque com o túnel - Reigersdorf em 2001, Lefortovo em 2004;
- Colisão frontal - Tauern / Gleinalm / São Gotardo em 2001;

- Colisão traseira - Isola delle femmine em 1996, Tauern em 1999;
- Escorregamento de encostas – Túnel (TA 10/11) da Rodovia dos Imigrantes e Túnel de Toyohama em 1996,

Tendo como aspecto agravante o transporte de produtos perigosos - Nihonzaka - 1979 e Kajiwara - 1980, Caldecott - 1982, Isola delle femmine - 1996, Tauern - 1999 e Dalsehong - 2005.

Considerando estes precedentes, elaborou-se trabalho que concatenou as referências internacionais de túneis, o *modus operandi* nacional e a ferramenta Gerenciamento de Riscos, que resultaram numa proposta de metodologia de avaliação de conformidade composta por onze atividades, que aplicadas permitem avaliar as condições de liberação ao uso e operação comercial de túneis rodoviários.

Em função da existência de um maior número de túneis com comprimento superior a 8.000 metros na Europa, inclusive ampla descrição dos acidentes ocorridos, ficou nítida a diferença entre o *modus operandi* adotado no Brasil (centrado na operação rodoviária em campo) e o europeu (centrado na supervisão por meio da adoção de Sistemas de Automação).

Foi adotado como estudo de caso, no que tange o *modus operandi* nacional, a Liberação da Operação Comercial da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes, Figura 3, que é composta por 8.231 metros de túneis que foram distribuídos da seguinte forma: Túnel Descendente - TD1 - 3.146 m, TD2 - 2.080 m, TD3 - 3.005 m.

A Implantação da Pista Descendente foi fruto da experiência técnica do grupo que projetou, construiu e capacitou-a, de modo que no momento da liberação da operação comercial ela possuía características similares, entre elas o traçado, segurança, largura de faixa, as melhores estradas do mundo.

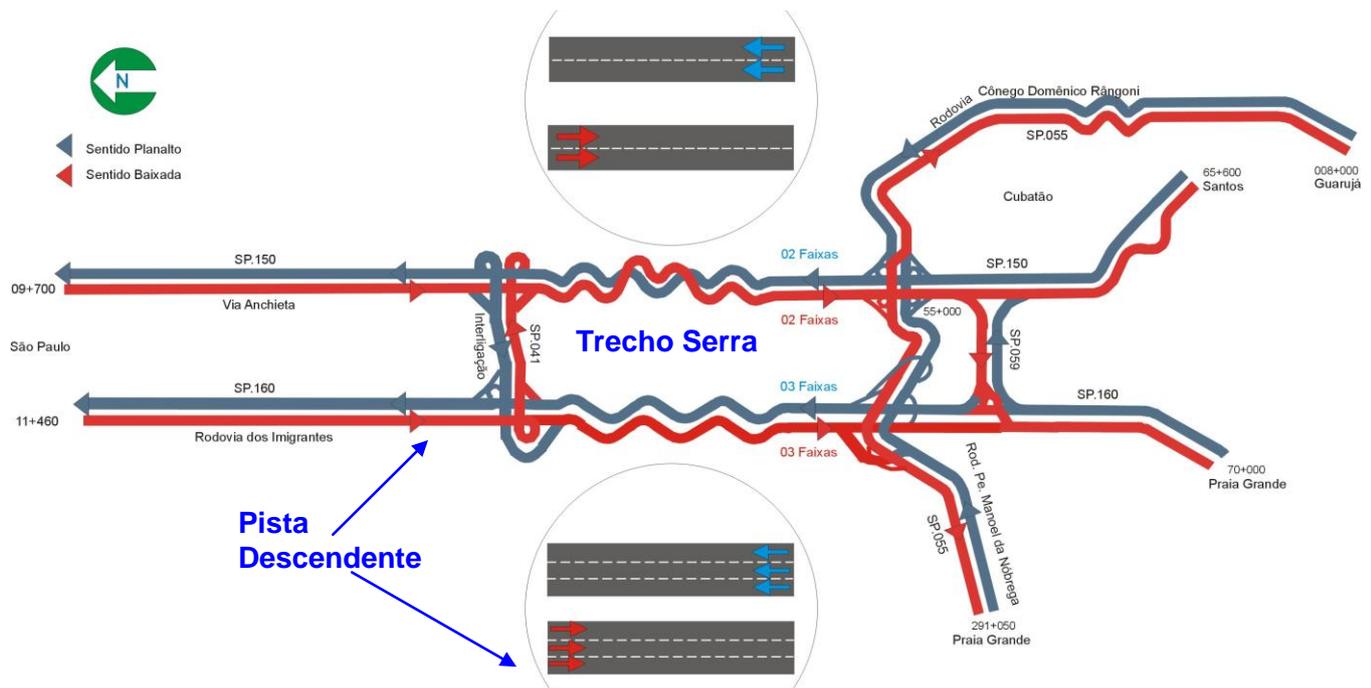


Figura 3 – Sistema Anchieta Imigrantes. Fonte: Shida (2002)

A obra reflete inúmeras horas de trabalho da equipe técnica da projetista, do Consórcio Construtor e das equipes de operação e engenharia da concessionária rodoviária, responsável pela obra.

A grande questão quando se realiza uma obra de grande porte, como construir 8.231 metros de túneis, é comprovar que ela está pronta para ser entregue aos usuários, pois apresenta todas as características técnicas e funcionais para tanto. Como verificar e comprovar que todos os riscos foram estimados e posteriormente plenamente mitigados?

1.1 Objetivos

Este trabalho de doutorado busca o estabelecimento de uma proposta de metodologia considerando as diversas variáveis envolvidas com a definição de requisitos mínimos para promover a liberação ao uso e operação de túneis rodoviários. O presente trabalho tem como objetivos:

Objetivo principal

Estabelecer método que permita a avaliação de conformidade tendo como base requisitos de verificação, mínimos, para a operação de túneis rodoviários longos com declividade superior a cinco por cento, com base na experiência da

liberação operacional da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes (indicado pela Directiva 2004/54, por tratar-se de caso extremo, as demais situações são abrangidas por esse estudo).

Objetivo secundário

Identificar os critérios aplicáveis para cada requisito de verificação, sua pertinência e aderência, de modo que se possa utilizá-lo como subsídio a elaboração da norma brasileira de túneis.

A seguir são apresentadas as etapas de elaboração da tese:

1.2 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho foi dividido em seis etapas, Figura 4, apresentadas a seguir:

ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DO TEMA E OBJETIVOS DO TRABALHO: definição do tema do trabalho, dos objetivos e das hipóteses de modo a sistematizar a realização da pesquisa bibliográfica e demais etapas.

ETAPA 2 - ESTUDO DOS ASPECTOS ENVOLVIDOS NA OPERAÇÃO COMERCIAL DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS: sendo analisados o Histórico de construção e operação de túneis rodoviários, os relatos de acidentes em túneis rodoviários, as normas referentes a túneis e os sistemas de segurança - automação viária

ETAPA 3 - ESTUDO DE CASO: foram realizadas as tarefas de Implantação da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes e Elaboração de EAR de túneis rodoviários.

ETAPA 4 - PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS: nesta etapa foi realizada a Consolidação das Informações - comparação entre APP (Análise Preliminar de Perigos) e as 11 Atividades, Proposta de avaliação de conformidade e avaliação sazonal da operação rodoviária.

ETAPAS 5 e 6 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS, SUGESTÕES DE MELHORIA DO PROCESSO E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS: a apresentação de resultados, proposta de sugestão de melhorias do processo e a redação final foram realizadas nestas etapas.

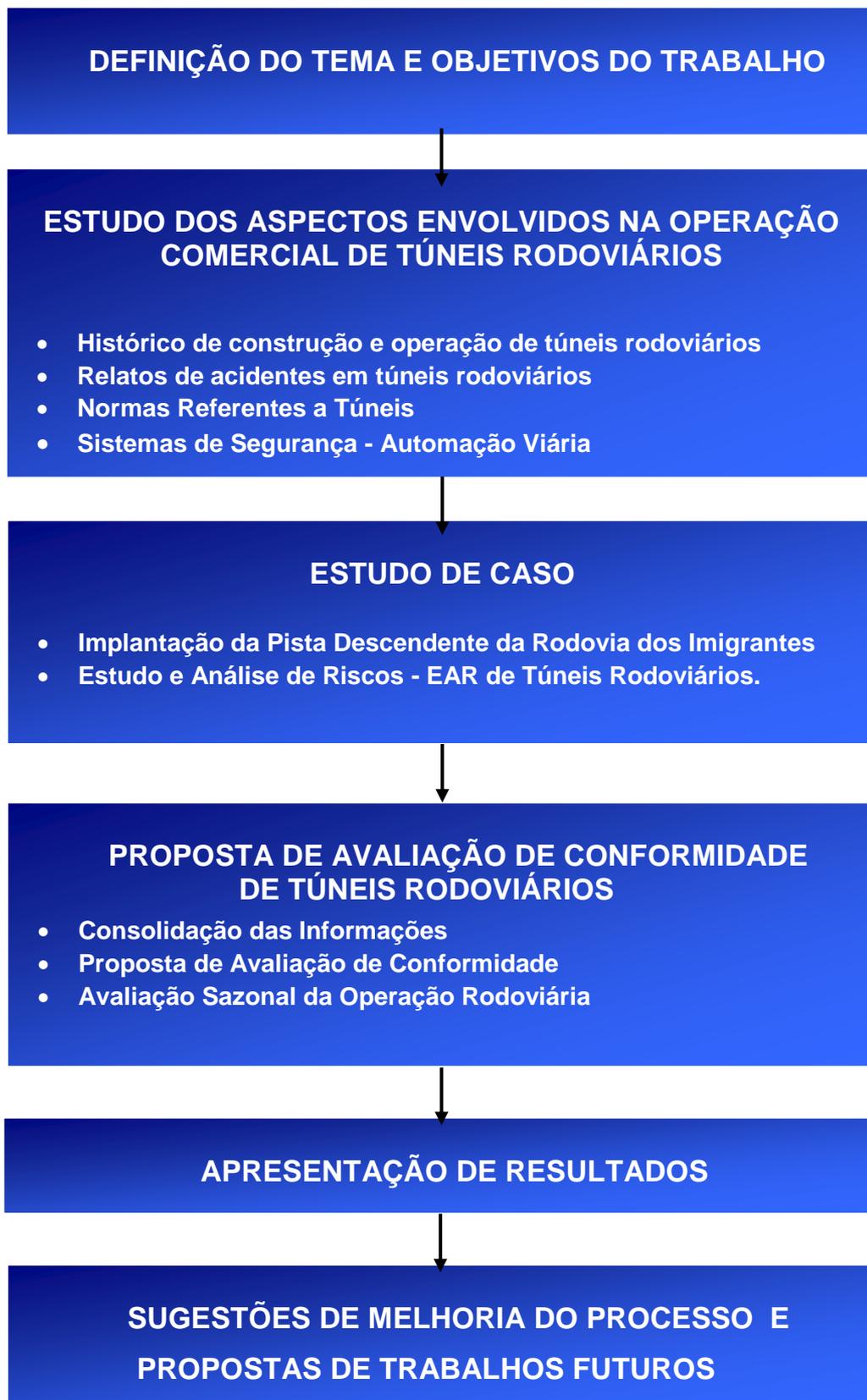


Figura 4 – Etapas do trabalho

2 OPERAÇÃO DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS.

O presente estudo iniciou-se com o histórico de construção e operação de túneis rodoviários, destacando-se os acidentes ocorridos, suas origens e medidas adotadas para evitar-se a sua recorrência, inclusive edição de normas e adoção da automação viária no controle e supervisão das tarefas diárias.

2.1 Construção e operação de túneis rodoviários

O processo de construção no Brasil já está consolidado, e a sua abrangência totalmente definida. Tanto que VALLE (1934) já afirmava que os pontos principais na definição dos traçados são fixados por considerações naturais, econômicas e técnicas:

Cabe ao engenheiro apenas ligar esses pontos, dois a dois, de acordo com as regras da arte e do modo o mais favorável à circulação. Deve-se fugir da montanha, pois cada metro de elevação aumenta as despesas de tráfego, porém nem sempre a montanha pode ser evitada, muitas vezes é necessário transpô-la. ... alertava que os acidentes na fase de construção dos túneis eram fruto de falta de vigilância ou por excesso de economia.

MONTEIRO FILHO (1961) alertou:

Apreciável tem sido o evoluir das obras de túneis, altamente influenciado pelas mais decisivas inovações hodiernas¹, pois descreve que no ano de 41 dc (Império Romano) iniciou-se a construção do Túnel Fucinus e, após 11 anos de trabalho, obtiveram-se 5.000 metros escavados, bem como o avanço tecnológico que permitiu, em 1928, a inauguração do Túnel Ferroviário de Cascatas (EUA) de 12.500 metros, após 3 anos do início das obras.

2.1.1 Construção e Operação – Internacional

A necessidade de construir túneis para transpor obstáculos ambientais no século XXI, período focado na globalização obriga a aplicação de novos métodos construtivos para ligar dois pontos de difícil acesso. Os túneis construídos estão próximos dos 25.000 metros (Tabela 1), sendo que para a próxima geração espera-se muito mais, inclusive a interligação de continentes (América/Europa) e (Europa/África).

¹ acompanharam a evolução dos processos e da sociedade

Tabela 1 - Maiores túneis rodoviários do mundo

Túnel	comprimento (metros)	inauguração	País
Laerdal	24 510	27.11.2000	Noruega
Zhongnanshan (em construção)	18 040	20.01.2008	China
San Gottardo	16 918	05.09.1980	Suíça
Arlberg	13 972	01.12.1978	Austria
Hsuehshan	12 917	16.06.2006	Taiwan
Fréjus	12 895	12.07.1980	França /Itália
Mont-Blanc	11 611	19.07.1965	França/ Itália

2.1.2 Construção e Operação – Brasil

No Brasil os túneis rodoviários, Tabela 2, nasceram da utilização de estruturas construídas para circulação de bondes. Entre eles destaca-se o Túnel 9 de Julho, que apesar de possuir apenas 1045 metros passou por sucessivas recapitações, em função do volume de tráfego, tipo de veículo que circula e cargas transportadas.

Tabela 2 - Maiores túneis do Brasil

Túnel	comprimento (metros)	inauguração	Estado
Rodovia dos Imigrantes Pista Descendente- PD - (TD1)	3 146 m	2002	SP
Rodovia dos Imigrantes Pista Descendente- PD - (TD3)	3 005 m	2002	SP
Antônio Rebouças	2 800 m	1965	RJ
André Rebouças	2 800 m	1965	RJ
Eng. R. de Paula Soares	2 187 m	1997	RJ
Rodovia dos Imigrantes Pista Descendente- PD - (TD2)	2 080 m	2002	SP
Mário Covas	1 730 m	2002	SP
Zuzu Angel (Dois Irmãos)	1 590 m	1972	RJ
Santa Bárbara	1 357 m	1966	RJ
Grota Funda	1 100 m	2005	RJ
9 de julho	1 045 m	1938	SP

Como possui os maiores túneis do Brasil (1º, 2º e 6º), implantados simultaneamente, a Pista Descendente, da Rodovia dos Imigrantes, constituiu-se em um modelo de estudo muito representativo, para a elaboração de uma proposta de avaliação de conformidade.

2.1.3 Histórico do Sistema Anchieta-Imigrantes

Para se entender o processo de implantação da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes deve-se estudar todo o processo de desenvolvimento do Sistema Anchieta-Imigrantes – SAI, pois se trata de um sistema unificado com uma entrada (planalto ou baixada) e uma saída (baixada ou planalto). O SAI é composto pela Via Anchieta (SP 150) e Rodovia dos Imigrantes (SP 160). De acordo com o Dersa (1970).

2.1.3.1 Via Anchieta

Conforme Dersa (1970):

Por volta de 1920, a Estrada de Ferro Santos-Jundiaí e a Estrada da Maioridade (hoje conhecida como Estrada Velha do Mar) começaram a ser insuficientes para atender à demanda por transporte na região.

A Via Anchieta foi uma das primeiras rodovias a serem construídas no Brasil segundo padrões técnicos modernos e rigorosos para a época, inspirada nas auto-estradas norte-americanas, as *highway* (Figura 4) com curvas horizontais com raio mínimo de 50 metros, faixa entre cercas de 20 metros, pista de 6 metros e pavimento de concreto. A Via Anchieta possui 58 viadutos, 18 pontes e 5 túneis.

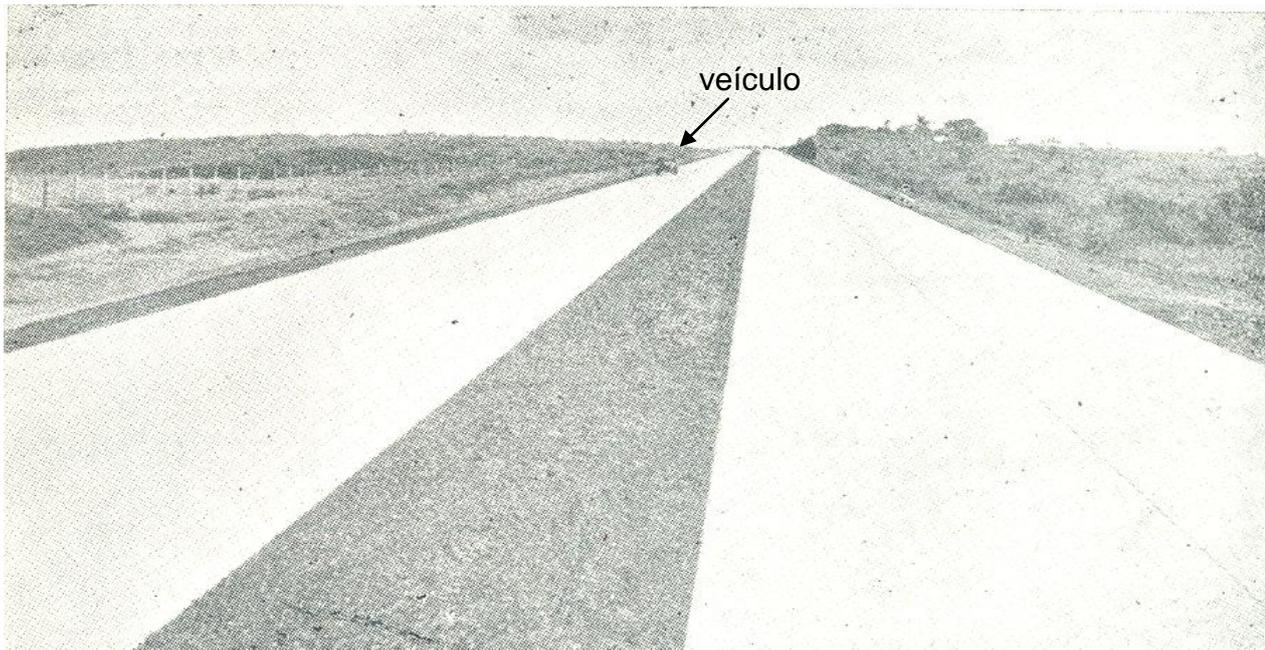


Figura 5 – Via Anchieta. Fonte: Monteiro Filho (1961)

Conforme o Dersa (1970) a primeira parte da rodovia, atual Pista Ascendente (norte), foi entregue ao tráfego em 13 de março de 1947, pelo interventor federal em São Paulo, Macedo Soares. Em 9 de julho de 1953, o então governador Lucas Nogueira Garcez inaugurou a segunda pista da Anchieta (descida/sul) e o trecho da Baixada, entre as cidades de Cubatão e Santos.

2.1.3.2 Rodovia dos Imigrantes

Em função da sua saturação ao final da década de 60, iniciou-se o estudo para o aumento da oferta de tráfego, mas de modo independente da rodovia existente. Surgiu assim a Rodovia dos Imigrantes (SP 160), que liga a Baixada Santista ao Planalto, através de 58,54 km, foi projetada para conter três pistas: Pista Ascendente (norte), com três faixas; Pista Descendente (sul), com duas faixas; e Pista Reversível, também com duas faixas. Ressalta-se que várias revisões de projetos foram realizadas, sendo sua cronologia apresentada a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 - Cronologia de implantação da Rodovia dos Imigrantes

Item	1º Estudo		2º Estudo						Implantação PA	3º Estudo		4º Estudo		5º Estudo		6º Estudo		Implantação PD		
	Ramal Mongaguá	Ramal Santos	Pista Ascendente PA		Pista Reversível PR		Pista Descendente PD		Pista Ascendente		Pista Descendente		Pista Descendente		Alternativa escolhida		Alternativa TD 03/04		Pista Descendente	
	Projeto 1968	Projeto 1968	Projeto 1970		Projeto 1970		Projeto 1970		construída - 1976		Estudo IPT - 1994		Projeto edital 1994		Projeto ECOVIAS 1998		Projeto ECOVIAS (Básico) 2000		construída - 2002	
Extensão	Extensão (m)	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)	qde	Extensão (m)
Túneis	não definido	não definido	14	2.326	13	2249	12	2331	12	3925	1	13.000	5	5570	4	7455	3	8114	3	8231
Total da via	16.500	16.500	15.040		15.040		15.040		15.300		15.040		14.340		14.490		14.620		11.721	
% de túneis no total da rodovia	não definido	não definido	15,5%		15,0%		15,5%		25,7%		86,4%		38,8%		51,4%		55,5%		70,2%	
greide do túnel	3,0%	3,0%	3,3%		3,3%		3,3%		5		5,1%		5,3%		5,3%		5,2%		6,5%	

Como apresentado na Tabela 3, em função do impacto ambiental proveniente da construção das rodovias, os novos projetos tendem a reduzir o número de emboques e, em consequência, realizar túneis mais longos, que geram pistas com greide mais severo. Portanto, no projeto inicial, estimou-se o greide em 3,3%, mas implantou-se com 6,5%.

A Rodovia dos Imigrantes, até o presente momento, foi objeto de 6 projetos, no período de 1968 a 2002, esses projetos são apresentados e discutidos a seguir:

Primeiro Estudo

O estudo para a criação da Estrada do Imigrante, hoje denominada Rodovia dos Imigrantes, iniciou-se com a análise geológica apresentada nos Relatórios Técnicos do IPT N° 4777, (IPT, 1968a) e 4939 (IPT, 1968b), em função de convênio N° 125.464/DER/1967 celebrado entre o IPT e o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - DER.

Este estudo abrangia 25 km de estrada entre o município de Diadema e a borda do planalto (município de São Bernardo da Borda do Campo). Neste ponto bifurcava para dois ramais, Mongaguá e Santos. Cada bifurcação teria aproximadamente 16,5 km. Portanto, existiriam duas transposições independentes na Serra do Mar.

O Relatório Técnico do IPT N° 4777 (IPT, 1968a) constatou que a região de descida da serra possuía uma topografia abrupta (desnível de 650 para 150 metros). O traçado da nova rodovia foi considerado viável, sendo desejável que a estabilidade do corpo de talus não fosse alterada, em função das implicações que poderiam ser geradas na encosta, afetando inclusive a Via Anchieta.

Segundo Estudo

O Decreto - Lei N° 5 (BRASIL, 1969), cria o Dersa – Desenvolvimento Rodoviário S.A., com o objetivo de explorar, mediante concessão, nos moldes dos artigos 70 e 71 da Constituição do Estado de São Paulo, a Via Anchieta e a Rodovia dos Imigrantes (a ser construída),

Conforme o Dersa (1970) e a portaria do DNER nº 3602 de 24/10/69, as pistas seriam separadas em três rodovias, uma ascendente, uma descendente e outra reversível, para diminuir as plataformas. Conforme Ferraz (1970) elaborou-se um novo traçado para vencer os 750 metros de desnível em 16 km de extensão, tendo uma velocidade diretriz de 110 km/h, apresentado pelo consórcio formado pela J. C. de Figueiredo Ferraz & Alpina Spa.

O projeto apresentado pelo Dersa (1970) (Tabela 4) seguia a regulamentação do DNER² nº 3602 de 24/10/69, que caracterizava as rodovias.

Tabela 4 – Caracterização das rodovias. Fonte: Brasil (1969).

característica	Região	Classe de rodovia			
		0	I	II	III
velocidade de projeto (km/h)	plana	120	100	80	60
	ondulada	100	80	60	40
	montanhosa	80	60	40	30
Greide máximo %	plana	3	3	3	4
	ondulada	4	4,5	5	6
	montanhosa	5	6	7	8

Destaca-se que a Rodovia dos Imigrantes foi projetada como rodovia de Classe 0, ou seja, velocidade de projeto 80 km/h. nesta etapa.

Implantação da Pista Ascendente

Apesar de existir um projeto completo (ascendente, reversível e descendente), Dersa (1970), somente a Pista Ascendente foi construída, sendo inaugurada em 28 de junho de 1976.

A Pista Ascendente foi construída com 17,8 quilômetros de extensão, distribuídos em 44 viadutos, 7 pontes e 11 túneis (Túnel TA-1: 224 metros; TA-2:

² O regulamento foi substituído pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais editado pelo DNER em 1999. Em 2002, foi criada pela Resolução N° 001, de 20 de fevereiro de 2002, DOU de 20 de março de 2002, a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, em substituição ao DNER. Independentemente deste fato o manual continua válido.

84,7 metros; TA-4: 227,3 metros; TA-5: 362,0 metros; TA-6: 114,0 metros; TA-7: 285,5 metros; TA-9: 419,3 metros; TA-10/11: 1.210,4 metros; TA-12: 315 metros; TA-13: 460,6 metros; TA-14: 117,6 metros), totalizando 3.919 metros em túneis.

Como o greide máximo da rodovia é de 5%, os veículos comerciais foram proibidos de utilizarem essa pista quando esta opera no sentido descendente. Esta proibição perdura até hoje, sendo regulamentada pela Portaria 11/02 da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo – Artesp (SÃO PAULO, 2002).

Deste projeto destaca-se a proteção contra escorregamentos do maciço, minimizando desta forma a ocorrência de um acidente que promoveria o fechamento do emboque.

Terceiro Estudo

Em 1986, o Dersa contratou o escritório técnico Figueiredo Ferraz para desenvolver um novo projeto básico para a Pista Descendente, de maneira a incorporar os conhecimentos e a experiência do empreendimento anterior (PA).

Neste trabalho, Dersa e Figueiredo Ferraz, na tentativa de eliminar as fontes de problemas que ocorreram durante as obras (escorregamentos, desmatamento, atraso nas obras), previram a construção de cinco túneis com uma extensão total de 5.570 m, reduzindo desta forma o número de emboques e portanto o impacto ambiental. Este estudo foi baseado no anteprojeto apresentado pela Proposta de Serviços de Consultoria J. C. de Figueiredo Ferraz & Sondotécnica - (Ferraz, 1976), que previa 5 túneis na Pista Descendente. Difere, porém, do Estudo de Alternativas em Pistas Colaterais, realizado pela Consultoria J. C. de Figueiredo Ferraz - (Ferraz, 1974) , que previa greide máximo de 6% (foi aprovado o greide de 5,1%) para os 5 túneis.

Previam-se que na Rodovia dos Imigrantes seriam aplicadas tecnologias avançadas de construção de túneis e viadutos de grandes extensões, sustentados por pilares de até 100 metros de altura. No trecho da serra, seriam 16 km de viadutos e túneis sucessivos, formando uma espécie de "estrada artificial".

Quarto Estudo

Em 1994, o IPT foi contratado para estudar a viabilidade técnica de diminuir o impacto ambiental da obra e verificar a viabilidade da implantação de túneis longos na Serra.

O Relatório Técnico IPT Nº 32.194 (IPT, 1994) informa que um novo traçado com um ou dois túneis, com 13 km com rampa de 5%, similar ao aplicado na Europa, tendo como exemplo o túnel de Mont Blanc que liga a França a Itália na região dos Alpes, seria viável geologicamente. Fato este que reduziria o número de emboques e conseqüentemente o impacto ambiental. Os resultados deste estudo serviram como base para o projeto de construção da Pista Descendente - PD.

Quinto Estudo

O projeto para a construção de cinco túneis, terceiro estudo, com uma extensão total de 5.570 m completou mais de 12 anos de existência, sem ter sido implantado, tempo suficiente para caracterizar a necessidade de sua revisão, principalmente por já existir um estudo mais recente realizado pelo IPT em 1994.

No dia 27 de maio de 1998 foi firmado o Contrato de Concessão nº 007/CR/98 entre o DER - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo e a Concessionária Ecovias dos Imigrantes SA, que regulamentou a exploração e manutenção do Sistema Anchieta-Imigrantes pelo prazo de 20 anos, conforme o Programa Estadual de Desestatização e Parcerias com a Iniciativa Privada do Estado de São Paulo, por meio do Edital de Licitação Nº 015/Cic/97 do Lote 22 – Sistema Rodoviário Anchieta-Imigrantes, em seu Anexo 7, Capítulo 1. AMPLIAÇÃO PRINCIPAL, item 1.1. Obras: Implantação da Pista Descendente da SP-160, Rodovia dos Imigrantes, Trecho Serra e Baixada - entre os km 41 e 59, incluindo a intersecção com a SP 055 (Ramos 100 e 200) e o viaduto VD12.

O projeto da PD foi atualizado sob a visão técnica, econômica, financeira e ambiental do início do século XXI. Elaborou-se um novo projeto para implantação da Pista Descendente, sendo este estudo realizado pelas empresas Figueiredo Ferraz Consultoria e Engenharia de Projeto Ltda. (projetista da pista

norte/ascendente da rodovia dos Imigrantes) e pelas empresas italianas In.CO. e Geodata. Este projeto foi concluído em maio de 1999.

Para a construção da pista, mediante ajustes de projeto e escolha do traçado, priorizando-se túneis e viadutos, a área desmatada foi da ordem de 40 ha; na construção da primeira pista da Imigrante foram desmatados 1600 ha.

Como a rodovia está mais no interior do maciço rochoso, houve um aumento da extensão dos túneis e a conseqüente diminuição de seu número, fato que acarretou um menor número de emboques, que são intervenções agressivas ao meio ambiente, gerando condições favoráveis para a instabilidade da encosta e aumento no custo das contenções.

O projeto da Pista Descendente apresenta três trechos distintos:

- Trecho Planalto (do km 40 ao 46); Trecho Serra (do km 46 ao 57); Trecho Baixada (do km 57 ao 60), sendo composta por quatro túneis, que totalizavam 7465 metros.

Sexto Estudo

Conforme CASSANIGA, ALVES & ZANETTI (2003):

A alternativa escolhida para o TD-04 apresentava-se com baixas características geomecânicas, que implicavam dificuldades executivas, pois o túnel seria totalmente escavado em seções mistas (solo/rocha) e em desfavoráveis condições hidrogeológicas, refletindo em incertezas construtivas quanto ao atendimento do cronograma executivo da obra. Dessa forma, com a evolução dos estudos da pista descendente, através da incorporação e análise dos resultados das investigações programadas e realizadas, concluiu-se pela modificação do projeto, resultando em maior confiabilidade no atendimento ao cronograma das obras e menores riscos para a execução do túnel. Esta modificação correspondeu a uma variante de traçado, no segmento correspondente aos túneis TD-03 e TD-04, evoluindo para a alternativa TD-03/04, onde foram unidos os túneis TD-03 e TD-04, eliminando-se dois emboques e um viaduto, o VD-06.

Implantação Pista Descendente - PD

O primeiro trecho da Pista Descendente - PD, designado como Trecho Planalto, começou a ser construído em setembro de 1998, sendo entregue ao tráfego no dia 3 de setembro de 1999. A pista completa, com túneis, foi liberada comercialmente em 17/12/2002, Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição dos trabalhos na Pista Descendente - PD

PISTA DESCENDENTE - EXTENSÕES (metros)						
Trechos	Viadutos	Túneis	Terraplenos	Pontilhões	Galerias	Total(m)
Planalto	0	0	4.996	0	0	4.996
Serra	2.589	8.231	704	136	133	11.721
Baixada	723	0	1.385	0	0	2.108
Total	3.312	8.231	7.085	136	133	18.825

Os 8.231 metros de túneis foram distribuídos da seguinte forma: TD1 - 3.146m, TD2 – 2.080m, TD3 – 3.005m.

2.2 Acidentes em túneis rodoviários

O melhor modo de evitar-se acidentes no futuro é analisar os sinistros do passado. A seguir serão apresentados os acidentes mais graves já divulgados (Tabela 6).

Tabela 6 - Acidentes mais relevantes em ordem cronológica.

DATA	LOCAL	IMPACTO (mortes e feridos)
11 de julho de 1979	Japão	Colisão entre vários caminhões e carros no túnel de Nihonzaka, sete pessoas morreram.
7 de abril de 1982	EUA	O túnel Caldecott perto de Oakland, Califórnia, sete pessoas morreram em um acidente múltiplo.
3 de novembro de 1982	Afganistão	Túnel de Salang de 3.4000 m localizado ao norte de Cabul, comboio do exercito choca-se com caminhão de combustível. A explosão provoca morte de 700 a 2000 pessoas asfixiadas ou queimadas (número final não oficializado).
10 de Abril de 1995	Áustria	Acidente múltiplo no túnel de Pfänder próximo de Bregenz, quatro carros queimaram. Três pessoas morreram.
10 de fevereiro de 1996	Japão	Túnel de Toyohama, Ilha de Hokkaido, escorregamento da encosta, levando à queda de pedras (50.000 toneladas). Morreram 20 pessoas.
18 de março de 1996	Itália	Depois de uma colisão traseira um caminhão de combustível explodiu no túnel próximo de Palermo. 19 carros incendiaram e cinco pessoas morreram e 26 ficaram feridas.
18 de novembro de 1996	Canal da Mancha	Eurotúnel, um caminhão que viajava no trem de carga incendiou-se, 30 pessoas sofreram intoxicação.
24 de março de 1999	Entre a França e a Itália	Caminhão belga que transportava farinha e margarina incendiou-se no túnel de Mont Blanc. 39 pessoas morreram.
29 de maio de 1999	Áustria	Após uma colisão traseira no túnel de Tauern um caminhão de tintas explodiu, o incêndio envolveu 24 veículos. 12 pessoas morreram.

Tabela 6 (continuação)

DATA	LOCAL	IMPACTO (mortes e feridos)
10 de janeiro de 2000	Áustria	Túnel Tauern, novo incêndio envolvendo caminhão, sem vítimas.
12 de abril de 2001	Áustria	Túnel Helbersberg na rota do Tauern, acidente múltiplo. O incêndio causou a morte de duas pessoas e dez ficaram feridas.
10 de julho de 2001	Áustria	Colisão frontal no túnel Tauern, o condutor extinguiu o incêndio.
29 de julho de 2001	Áustria	O motor de um ônibus de turistas suecos incendiou-se no túnel de Gleinalm. O condutor retirou o veículo em chamas do túnel evitando uma catástrofe.
6 de agosto de 2001	Áustria	Dois automóveis colidiram frontalmente no túnel de Gleinalm na autopista Pyhrn (A9) ao norte de Graz. Os veículos incendiaram imediatamente e cinco pessoas morreram e cinco feridas.
8 de agosto de 2001	Áustria	Túnel de Amberg na autopista Rhein (A14) entre Frastanz y Feldkirch, dois ônibus colidiram, ocasionando três mortes.
13 de agosto de 2001	Áustria	Próximo de Klagenfurt en Kärnten um ônibus italiano com 30 peregrinos polacos se chocou contra a entrada do túnel de Reigersdorf. Resultando em 24 feridos.
26 de agosto de 2001	Suíça	Colisão frontal no túnel de Gotthard na A2 entre Göschenen e Airolo. Seis pessoas ficaram feridas.
31 de agosto de 2001	Áustria	Dois mortos e nove feridos este foi o balanço de três acidentes de tráfico em um único dia. a) uma mulher ficou gravemente ferida ao chocar seu veículo contra a entrada de túnel de Sonnstein. b) Túnel de Lainberg (A9) ao lado de Windischgarsten, dois Austríacos morreram e dois alemães uma colisão frontal. c) o túnel de Katschberg na A10 próximo de St. Michael em Lungau, seis feridos.
10 de setembro de 2001	Alemanha	Túnel de Gleinalm - autopista Pyhrn (A9) ao norte de Graz um ônibus de turistas se incendiou, não houve feridos.
17 de outubro de 2001	Dinamarca	Túnel Danish Guldborgsund entre Copenhague e porto de Rødby, um caminhão chocou-se com carro, nove morreram e seis ficaram feridos.
24 de outubro de 2001	Suíça	Incêndio originado por colisão frontal de dois veículos pesados no túnel de Gotthard-San Gotardo (A2) entre Göschenen y Airolo. Foram oficializadas onze mortes
18 de janeiro de 2002	Áustria	Caminhão incendiou-se (motor) no túnel de Tauern, produzindo grande quantidade de fumaça.
01 de novembro de 2005	Coréia do sul	Caminhão com peças de míssil explode no túnel Dalseong 2. O caminhão estava em um comboio de quatro veículos quando seus freios falharam em uma via que liga a cidade de Taegu a Masan, a oeste de Pusan, o número de mortes não foi divulgado.

2.2.1 Lições aprendidas com os incêndios ocorridos no século XX

Foram pesquisados os relatórios oficiais que apontam as origens dos principais sinistros ocorridos em túneis rodoviários destes obtiveram-se suas causas e os aspectos de como proteger os novos túneis, das origens já conhecidas, de sinistros.

Túnel de Nihonzaka - 1979 - (Mashimo, 2002)

Após o acidente foram tomadas as seguintes medidas:

- proibição da circulação de caminhões com carga perigosa;

- b) proibição da ultrapassagem dentro do túnel;
- c) instalação de radares para não permitir circulação em altas velocidades;
- d) instalação de PMV nas entradas do túnel (dois em cada entrada) e mais dois internamente;
- e) união dos dois túneis, pois o túnel onde pegou fogo foi anexado ao seu paralelo que tinha sentido contrário, aumentando desta forma para 4 faixas de mesmo sentido;
- f) construção de outro túnel. O novo túnel, de 3 faixas, distante do existente, tem maior número de faixas, que possuía 2 faixas;
- g) construção de área de descanso (baia de emergência) para carros no interior do túnel;
- h) aumento da iluminação dentro do túnel;
- i) colocação de uma sinalização semafórica (vermelho/verde) nas entradas do túnel.

O relatório oficial do sinistro está disponível no Anexo B.

Túnel de Caldecott - 1982 - (NTSB, 1983)

O Relatório do National Transportation Safety Board - Highway Accident Report Adopted: May 3, 1983 Multiple Vehicle Collisions And Fire Caldecott Tunnel Near Oakland, California April 7, 1982, regulamenta que:

- a) avaliar e revisar, onde necessário, exigências de equipamento e os procedimentos de emergência no Túnel de Caldecott, informando o motorista antes de sua aproximação do local do acidente;
- b) desenvolver sistema com resposta rápida a emergências e treinar empregados do túnel em todas as fases e as etapas de emergência, inclusive para casos de incêndio com periodicidade tal que possa evidenciar a capacidade dos funcionários quando em situações de estresse;
- c) identificar de modo claro as saídas do túnel;
- d) proibir mudanças de pistas ou ultrapassagens no interior do túnel;
- e) efetuar inspeção veicular;

- f) melhorar as condições de supervisão e atuação por meio da adoção de sistemas de segurança em caso de incêndio e sistema de comunicação;
- g) proibir o movimento de produtos perigosos no túnel;
- h) rever a administração federal da estrada e os programas urbanos de administração do transporte que incentivem a segregação dos veículos, de modo a evitar que a estrada apresente um risco desnecessário ao público em função do compartilhamento da estrada com a movimentação de caminhões trafegando com produtos perigosos;
- i) monitorar os condutores com problemas médicos conhecidos.

O relatório oficial do sinistro está disponível no Anexo C.

Túnel de Mont Blanc - 1999 - (MLMLTL, 1999)

O Relatório do Ministère de L'equipement des Transports et du Logement de 1999, dispõe-se que:

- a) examinar a possibilidade de reduzir os riscos potenciais de incêndio por meio do controle dos materiais transportados;
- b) examinar a possibilidade de inspeção dos veículos antes de seu ingresso no túnel;
- c) instalação de sistema automático de detecção de incidentes (DAI);
- d) unificação dos objetivos, missões e políticas de investimento, inclusive nos túneis binacionais;
- e) CCO único;
- f) operação viária capaz de supervisionar os veículos, inclusive a sua quantidade no interior do túnel e possuir agilidade e plena capacidade de atuação;
- g) de modo geral os sistemas/equipamentos, principalmente os sistemas elétricos e de comunicação no interior do túnel, devem estar aptos a funcionar mesmo na ocorrência de incêndios;
- h) de modo a evitar-se o efeito dominó (um carro queimar o próximo) quando ocorrer congestionamento espaçar os carros;

- i) diante de um incêndio os usuários devem ser informados de modo claro, com sinalização visual e sonora, permitindo a ele conhecer o sinistro e saber onde se localiza a saída de emergência;
- j) existência ininterrupta de serviço de primeira atuação composta por uma equipe de 3 a 5 especialistas capazes de atuar em 5 minutos após a ocorrência;
- k) plano único de atuação, mesmo em túneis binacionais;
- l) deve existir um plano único de segurança pública, prevendo ensaios unificados anuais, principalmente em túneis binacionais;
- m) regulamentação mesmo em túneis binacionais;
- n) para túneis bidirecionais deve existir base jurídica para controle e operação de túneis, prevendo um diagnóstico de segurança, bem como obrigar a criação de um plano de atuação local.

O relatório oficial do sinistro está disponível no Anexo D.

Relacionando-se os acidentes descritos na Tabela 6, pode-se dizer que o melhor seria que os túneis atendessem aos seguintes tópicos:

- sempre unidirecionais;
- proibição da circulação de caminhões com carga perigosa, também proposto por (Real, 2000);
- proibição da ultrapassagem dentro do túnel;
- instalação de radares para não permitir circulação em altas velocidades;
- instalação de PMV nas entradas do túnel e em seu interior;
- área de descanso (baia de emergência) para carros no interior do túnel;
- sinalização semafórica (vermelho/verde) nas entradas do túnel.
- avaliação e revisão, onde necessário, equipamento e os procedimentos de emergência;
- melhores condições de supervisão e atuação por meio da adoção de sistemas de segurança em caso de incêndio;

- inspeção dos veículos antes de seu ingresso no túnel;
- sistema automático de detecção de incidentes (DAI);
- diante de um incêndio, informações aos usuários com sinalização visual e sonora permitindo a eles, conhecer o sinistro e saber onde se localiza a saída de emergência;
- plano único de segurança pública, prevendo ensaios unificados anuais.

A lista de requisitos apresentada, anteriormente, com certeza, influencia na proposição de normas e procedimentos de uso e operação de túneis rodoviários.

2.3 Normas Referentes a Túneis

Na inexistência de norma nacional, selecionaram-se normas internacionais que fossem compatíveis com a realidade nacional.

2.3.1 Normas internacionais

Após o acidente no túnel ítalo-francês de Mont Blanc, em 1999, as normas que regem a segurança em túneis começaram a ser ajustadas em vários países, de modo a atender as novas demandas de tráfego e operação e reduzir a escalada de acidentes e mortes (Tabela 7).

Tabela 7 – Normas de Segurança relacionadas a túneis

Norma	Título	País/ Local	Versão	Versão	Versão
			válida em 1999	Posterior aos acidentes	em vigor 2006
NFPA 502	NFPA 502: Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways	EUA	1987	2001	2004
Directiva 89/106/ da União Européia	Requisitos mínimos de segurança para os túneis da Rede Rodoviária Transeuropéia	União Européia	1988	2001	Directiva 2004/54
Australasian Fire Authorities Council	Fire Safety Guidelines For Road Tunnels	Austrália	-	2001	2001
NBR	Não definido	Brasil	-	IT 35 do CBPMES P	em elaboração

Considerando-se a necessidade de uma autoridade administrativa, no Brasil, em particular no Estado de São Paulo, seria adequado afirmar que esta atribuição poderia ser assumida pela Artesp, em função de suas responsabilidades estatutárias.

A proposta de Directiva 309/2002 – (UNIÃO EUROPÉIA, 2002) definia que, para o início da operação comercial, devia-se avaliar a conformidade do túnel com relação aos requisitos mínimos. Define também a realização de simulações e ensaios compreendendo as seguintes premissas:

- ser tão realistas quanto possível e corresponder aos cenários de incidente pré-definidos no projeto básico;
- produzir resultados de avaliação claros;
- evitar danos no túnel;
- podem também ser parcialmente realizados por simulações teóricas por meio de simulações em computador (CFD), para obter-se resultados complementares.

O Artigo 5º, da mesma proposta, definia que os Estados-Membros da União Européia - UE designarão um ou mais órgãos de inspeção técnica para efetuarem avaliações, ensaios ou inspeções em nome da Autoridade Administrativa, na impossibilidade desta desempenhar essa função.

Ainda na proposta de Directiva 309/2002 – (UNIÃO EUROPÉIA, 2002), estava estabelecido que os órgãos de inspeção deverão respeitar as normas harmonizadas, relativas à atividade dos organismos responsáveis pela avaliação da conformidade (EN 45000). Uma organização envolvida na gestão de um túnel não pode ser acreditada como órgão de inspeção, sendo esses definidos no âmbito da RETT - Comissão de Política Regional dos Transportes e do Turismo da UE.

No Brasil os órgãos de inspeção de túneis poderiam ser criados pela atividade de Acreditação de Organismos de Inspeção - OIC, que são concedidas por área de atividade, com base na norma ABNT NBR ISO 17020:2006, e em critérios estabelecidos pela Coordenação Geral de Acreditação (Inmetro/Cgcre),

consultando o setor específico, através de Comissões Técnicas tripartites (Neutros, Consumidores e Produtores).

No âmbito do presente trabalho, busca-se propor um modelo de avaliação das atividades seguindo o conceito do órgão de inspeção, como definido na Directiva 309/2002 – (UNIÃO EUROPÉIA, 2002).

No que se refere a comissionamento e, adotar as premissas mínimas de operação, já previstas na norma brasileira, que se encontra em elaboração, pois esta adotou as principais definições das normas internacionais e incluiu as práticas da operação rodoviária nacional, que consiste na adoção de atendimento aos veículos que trafegam por meio da adoção de equipes de inspeção munidos de veículos de inspeção, resgate, além de ambulâncias com UTI.

Este modelo de operação já está consolidado, no Brasil, desde a implantação dos primeiros túneis da rodovia Anchieta, responsável pela ligação da cidade de São Paulo e o Porto de Santos, desde 13 de março de 1947.

2.3.2 Norma Nacional

No ano de 2003, em função do aumento do número de túneis no Brasil, principalmente em São Paulo, criou-se na ABNT o Comitê Brasileiro de Segurança ao Fogo, CB24, a Comissão de Estudo, CE-24:301.13 - Proteção contra incêndio em túneis, com a missão de elaborar uma norma de segurança em túneis rodoviários e metroviários.

O Comitê também analisava projetos e instalação de prevenção e combate a incêndio e serviços correlatos, como análise e avaliação de desempenho ao fogo de materiais, produtos e sistemas dentro dos ambientes a eles pertinentes; medição e descrição da resposta dos materiais, produtos e sistemas, quando submetidos a fontes de calor e chama, sob condições controladas de laboratório, no que concerne a terminologia, requisitos, métodos de ensaio e generalidades.

O grupo é formado por representantes de entidades Neutras (IPT e USP), Produtores (fabricantes de Sistemas de: Ventilação, Segurança e Automação) e Consumidores (Ecovias, Metrô-SP, Linha Amarela - RJ, CET-SP).

Inicialmente aplicaram-se os conceitos de Análise de Riscos, conforme Scabbia (2004), em função da experiência de cada representante, sendo posteriormente selecionadas as medidas mitigadoras mais relevantes, e estudou-se quais sistemas e procedimentos poderiam ser aplicados para efetivá-las.

2.4 Sistemas de Segurança - Automação Viária

Após cada acidente inicia-se um estudo de como evitar que o sinistro ocorra novamente, invariavelmente a primeira ação é adicionar um novo sistema de automação. Afinal esses sistemas operam ininterruptamente, possuem margem de erro aceitável, depois de ajustados corretamente, aproximando o centro de controle ao túnel.

Em função do custo de manutenção dos empregados e vantagens da automação, os túneis europeus possuem poucos empregados, mas que realizam monitoramento constante da estrada. Diferentemente do Brasil, onde existem equipes de campo e poucos sistemas interligados ao centro de controle.

Antes de transferir todas as atividades aos sistemas de automação, deve-se lembrar que o ser humano possui o processo de percepção e interface com o ambiente baseado nos cinco sentidos e se relaciona com o ambiente, principalmente, por meio da fala e gestos.

Destaca-se que o ser humano, com cinco sentidos plenamente desenvolvidos interligados a uma unidade de processamento com capacidade de discernimento e tomada de decisões, não pode simplesmente ser trocado por sistemas computacionais com inúmeras lacunas de processamento e coleta de dados, Figura 5. No presente estudo descartou-se o sentido “paladar”.

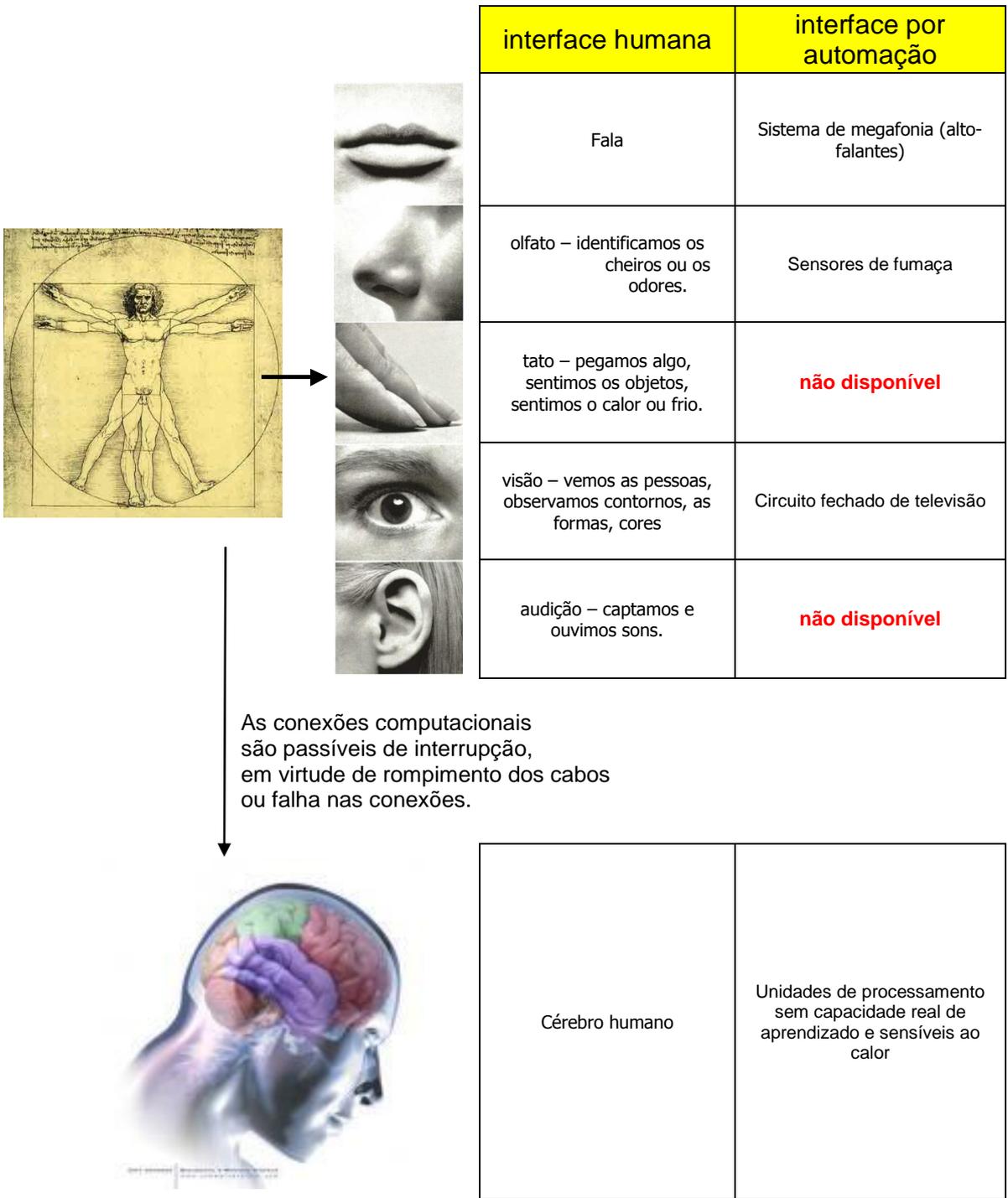


Figura 6 – Ser humano x automação

3 MÉTODO DE TRABALHO

Na presente pesquisa adotou-se um método científico híbrido, com enfoque indutivo, dedutivo e experimental, por meio da realização sucessiva de dois estudos de caso. Os dados obtidos foram comparados e modelados de modo a elaborar um método de trabalho que viabilize a execução de inspeções em túneis rodoviários. O primeiro estudo de caso visou coletar as práticas adotadas na construção de túneis, sendo esta aplicada na implantação da Pista Descendente - PD da Rodovia dos Imigrantes.

No segundo estudo de caso realizou-se um ensaio de validação com a aplicação de ferramentas de análise de riscos visando obter os requisitos de mínimos de verificação para a liberação segura de um túnel rodoviário. Portanto este trabalho também possui o caráter de uma investigação tecnológica, tendo como produto ou resultado da pesquisa deve atender aplicações práticas. Como viabilizar o processo de inspeção de túneis rodoviários no Brasil, (Figura 7).

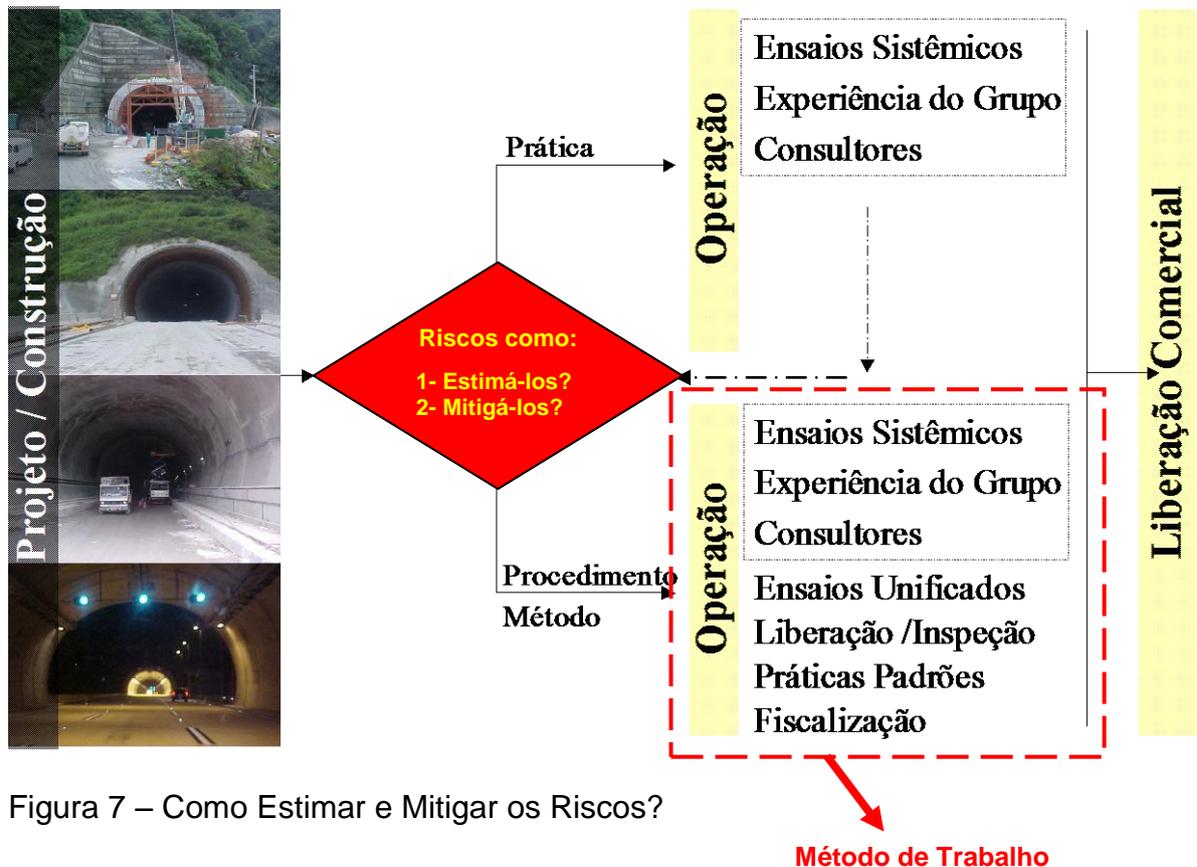


Figura 7 – Como Estimar e Mitigar os Riscos?

Método de Trabalho

Obter-se uma Metodologia que possua conceitos provenientes da prática (implantação de um túnel) e atenda premissas de segurança (análise de riscos).

4 IMPLANTAÇÃO DA PISTA DESCENDENTE DA RODOVIA DOS IMIGRANTES

A implantação da PD foi realizada por meio da adoção de 11 atividades (Figura 8).

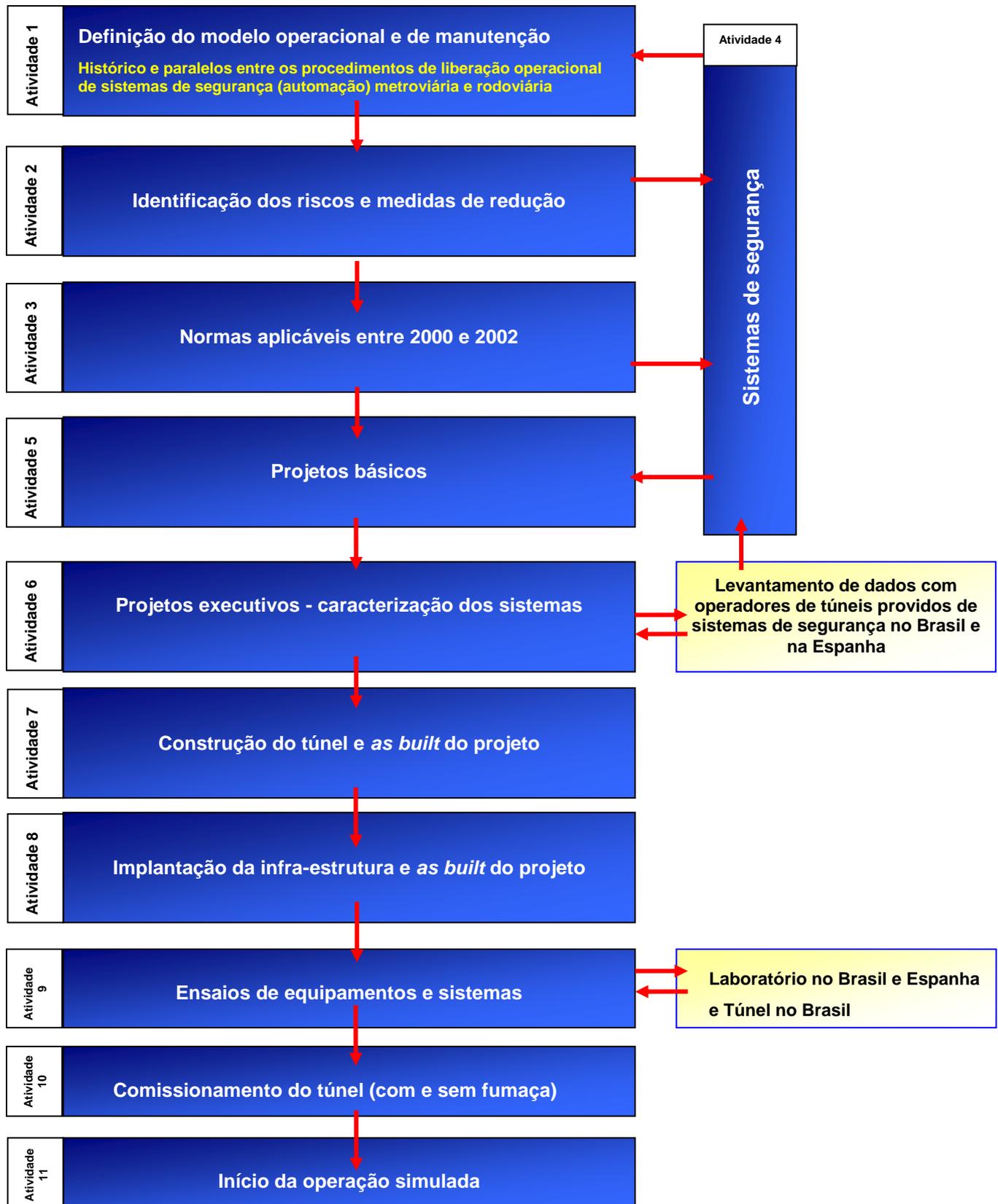


Figura 8 - Atividades do Ensaio Preliminar

Conforme Figura 8, a primeira parte do estudo de caso consiste da aplicação de um conjunto de atividades que objetivaram avaliar as condições do sistema para liberação ao uso e operação de túneis rodoviários, mais especificamente na pista descendente da Rodovia dos Imigrantes.

4.1 Definição do modelo operacional e de manutenção

Para a definição do modelo operacional foram estudadas as características históricas do Sistema Anchieta-Imigrantes – SAI, sua cronologia de projetos e implantações, e o Modelo Operacional do SAI com a inclusão da Pista Descendente.

4.1.1 Modelo Operacional do SAI com a inclusão da PD

Conforme Shida & Scabbia (2001), após a implantação da PD o SAI preferencialmente funciona por meio de três tipos de operações: Operação Normal - 5 x 5; Operação Especial - Descida 7 x 3; Operação Especial - Subida 2 x 8, que são a seguir apresentadas.

a) Operação Normal - 5 x 5

Em situação normal de tráfego, ou seja, se o número de veículos dirigindo-se para a Baixada Santista (descendo) for similar ao número de veículos dirigindo-se ao Planalto (subindo), sem a ocorrência de qualquer necessidade de bloqueio de alguma das pistas, a operação vigente é a 5x5, ou seja, 5 faixas de rolamento posicionadas para o sentido Baixada Santista (descendo) e 5 as faixas de rolamento posicionadas ao Planalto - subindo (Figura 9).

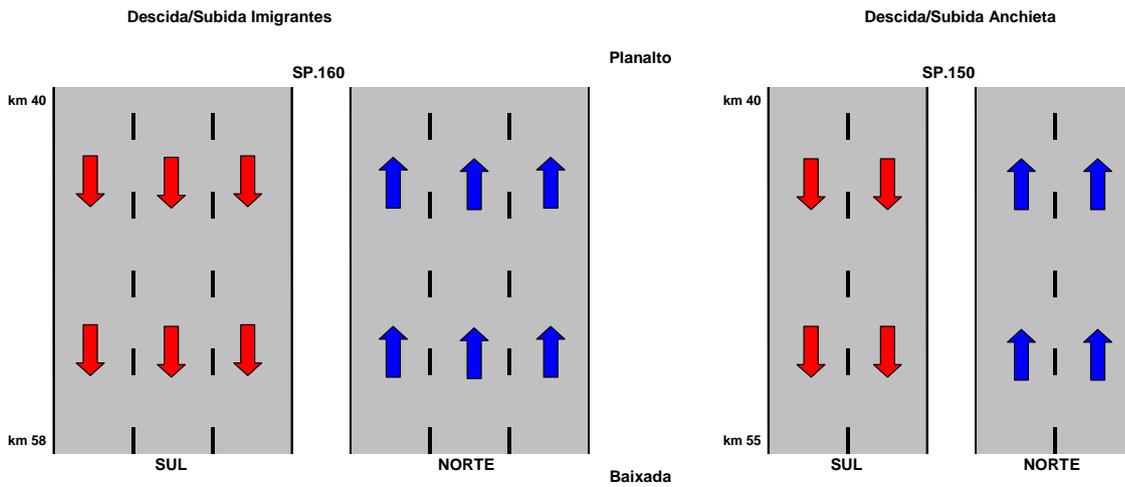


Figura 9 - Operação Normal - 5 x 5

b) Operação Especial - Descida 7 x 3

Em situação especial, ou seja, se o número de veículos dirigindo-se para a Baixada Santista (descendo) for muito maior que o número de veículos dirigindo-se ao Planalto (subindo), sem a ocorrência de qualquer necessidade de bloqueio de alguma das pistas, a operação vigente é a 7x3, que significa 7 faixas de rolamento posicionadas para a Baixada Santista (descendo) e 3 faixas de rolamento posicionadas ao Planalto (subindo); no presente caso as faixas de rolamento subindo são da Rodovia dos Imigrantes (Figura 10).

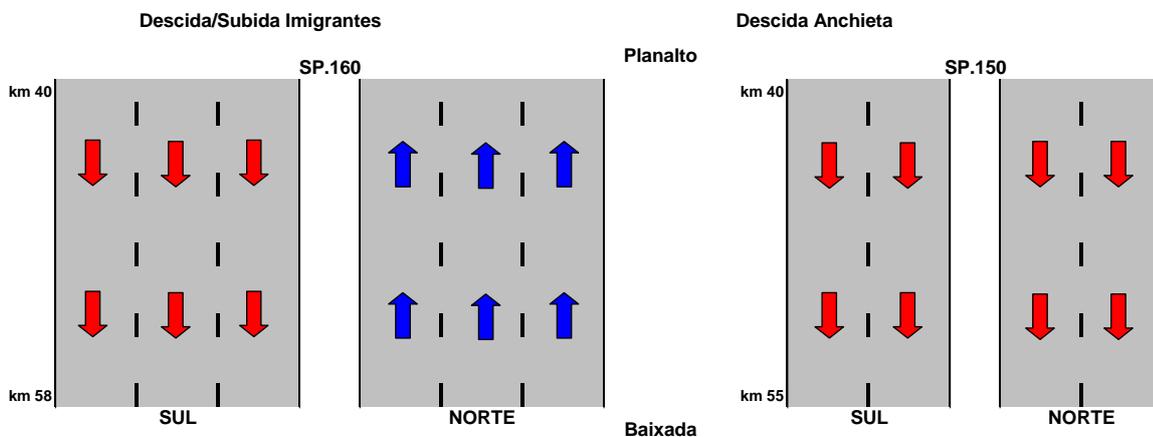


Figura 10 - Operação Especial - Descida 7 x 3

c) Operação Especial - Subida 2 x 8

Em situação especial, ou seja, se o número de veículos dirigindo-se para a Baixada Santista (descendo) for muito menor que o número de veículos dirigindo-se ao Planalto (subindo), sem a ocorrência de qualquer necessidade de bloqueio de alguma das pistas, a operação vigente é a 2x8, que significa 2 faixas de rolamento posicionadas para a Baixada Santista (descendo) e 8 faixas de rolamento posicionadas ao Planalto (subindo); no presente caso, as faixas de rolamento subindo são da Rodovia dos Imigrantes e Pista Norte da Anchieta (Figura 11).

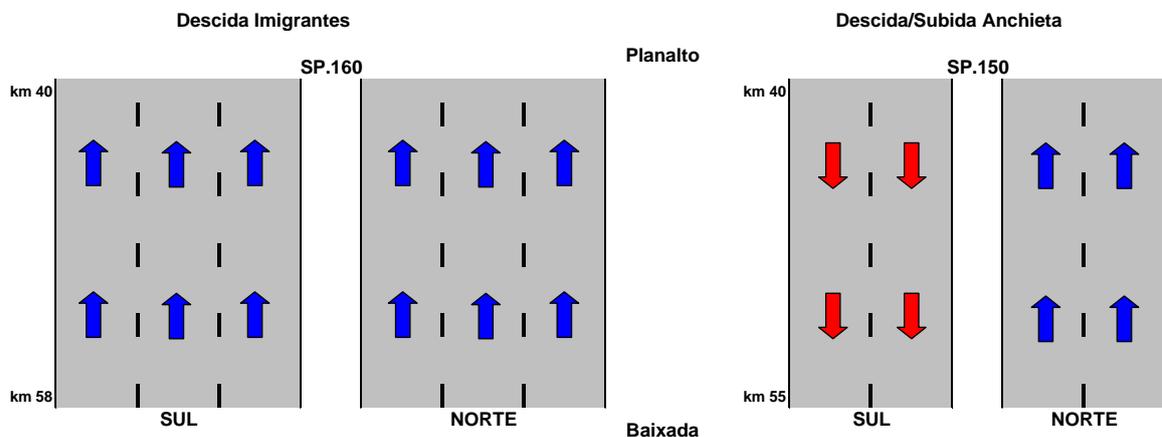


Figura 11 - Operação Especial - Subida 2 x 8

Portanto, a denominação de Pista Descendente na Rodovia dos Imigrantes é válida como definição de projeto, embora operacionalmente ela possa tornar-se ascendente quando a Operação Especial - Subida 2 x 8 estiver vigente.

4.2 Identificação dos riscos e medidas de redução

Para a identificação dos riscos foram analisadas: a influência das normativas e da frota de veículos na operação, as lições aprendidas com os incêndios ocorridos no século XX e as medidas de redução dos riscos adotadas na PD.

4.2.1 Influência das normativas e da frota de veículos na operação

Shida (2002) também realizou o estudo inicial de compatibilização da frota de veículos comerciais (caminhões, ônibus e vans) que circulam pelo SAI e seu impacto na PD, quando da liberação da operação comercial.

Após vários contatos com entidades de classe, a Ecovias recebeu o seguinte parecer da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores - Anfavea, relatado por Shida (2002):

Os veículos de carga, veículos mistos e veículos de transporte coletivos de passageiros, fabricados em nosso país a partir de 23/12/1997, quanto à construção e desempenho de seus sistemas de freio, vêm atendendo à Resolução nº 777, de 17/12/1993, do Contran, alterada pela Resolução nº 808, de 14/11/95, cujas prescrições estabelecem desempenho mínimo de frenagem após trecho descendente de 6 km, com declive de 6%, a uma velocidade de 30 km/h.”

Portanto os veículos produzidos antes de 23/12/1997 poderiam não estar aptos a circular pela PD.

Shida (2002) também quantificou o impacto operacional, concluindo que apenas 5,99% da frota estavam nesta faixa de trabalho, ou seja, fabricados após 1997 e comprovou tal fato pelo número de acidentes, 43 em 2001, envolvendo veículos comerciais na Pista Descendente (sul) da Via Anchieta.

A Portaria Artesp 11 de 6 de dezembro de 2002, (São Paulo, 2002), proíbe que os veículos comerciais utilizem a pista quando esta opera no sentido descendente.

Conforme Gutiérrez (2005), devido a diferenças entre as resoluções do Contran e as condições da rodovia, surgiu a necessidade de se realizar ensaio funcional em declive na própria rodovia, para se avaliar o desempenho dos sistemas em trecho mais longo e com velocidades de descida maiores, pois os veículos produzidos no Brasil devem atender aos requisitos estabelecidos na norma NBR 10967 (anterior MB-3160) adotada através da Resolução 777 do Conselho Nacional de Trânsito, em 17 de dezembro de 1993, que dispõe sobre os procedimentos para avaliação e ensaio funcional em declives longos (Tipo II e Tipo III), usados na homologação dos sistemas de retardo e de freio de serviço

dos veículos comerciais, sendo estes diferentes das condições reais da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes no trecho da Serra do Mar.

A NBR 6097 (ABNT, 1978) estabelece os requisitos e o ensaio funcional em trecho de 6 km com declive de 6% ou 7%, dependendo da categoria do veículo, a uma velocidade de descida média de 30 km/h. As condições reais da Pista Sul da Imigrantes, no trecho da Serra do Mar, são: distância de aproximadamente 12 km com declive médio de 6,5 % e maiores valores de velocidades médias de descida (60 km/h para os da categoria M e 40 km/h para veículos da categoria N). Sendo que a Resolução 777 do Conselho Nacional de Trânsito estabelece que a Categoria M é composta, por veículos rodoviários automotores de passageiros e uso misto, com Peso Bruto Total - PBT maior do que 10.000 N (1.000 kgf) e Categoria N, veículos rodoviários automotores para transporte de carga, com PBT maior que 10.000 N (1.000 kgf).

As velocidades máximas de 40 km/h e 60 km/h foram estabelecidas visando aumentar a segurança veicular, principalmente nos túneis, diminuindo as diferenças entre as velocidades máximas admitidas para os automóveis (80 km/h) e para os veículos comerciais (40 km/h e 60 km/h). Além disso, a Artesp levou em consideração na proibição a idade média (quase 18 anos) e o nível médio de deterioração da frota circulante, bem como o fato de ainda não estar em vigor a inspeção técnica veicular prevista no Artigo 104 do Código de Trânsito Brasileiro.

De posse do modelo operacional proposto por Shida (2002) e das condições de contorno, iniciou-se o estudo para implantação dos Sistemas (mecânicos, elétricos e eletroeletrônicos).

4.2.2 Medidas operacionais adotadas na Pista Descendente

Conforme Shida & Scabbia (2001) o modelo operacional foi estabelecido com quatro grupos de atuações: a) medidas de redução dos riscos, b) atenuação das conseqüências dos acidentes, c) atuação a partir das conseqüências dos acidentes e d) medidas para restabelecimento das condições normais de tráfego, que estão a seguir comentadas.

a) Medidas de redução dos riscos adotadas na Pista Descendente

Foram divulgadas ao público as seguintes medidas iniciais: trecho sob controle rígido de velocidade e distância de segurança entre veículos; trecho sob monitoramento contínuo por câmeras; proibição de veículos transportando produtos perigosos; fiscalização de todos os veículos comerciais adiante; tráfego com os faróis acesos; pare somente fora da pista; mantenha distância entre os veículos para o caso do tráfego parar nos túneis; não obstrua a faixa para veículos de emergência; em emergência utilize as baias de estacionamento no interior dos túneis; desligue o motor se o tráfego parar nos túneis; utilize somente as faixas de tráfego com semáforo verde; atenção: cancela fechada em caso de interrupção de tráfego nos túneis; informar declividade e extensão do declive; verificar os freios; informar distância até a próxima baia de estacionamento nos túneis; informar extensão a percorrer dentro dos túneis, a cada 200 m; informar a extensão de cada túnel.

Operacionalmente a Pista descendente foi concebida em duas fases de operação, sendo que cada fase possui premissas específicas de trabalho.

Na primeira fase, sem liberação de veículos comerciais, será rígido o controle de velocidade e distância de segurança entre veículos, sendo que com nível de serviço até "B" (HCM, 2000) veículo de passeio trafega a 80km/h; para nível de serviço "C" (HCM, 2000) ou acima passeio: 70km/h.

Na segunda fase, com liberação de veículos comerciais, está prevista a triagem de veículos comerciais; redução do risco de congestionamento, por meio de operações de transferência de tráfego para a Via Anchieta; sistema especial para desobstrução da pista; implantação de operação comboio nesta pista.

b) Atenuação das conseqüências dos acidentes

Para atenuação foi prevista a instalação dos sistemas de detecção automática de incidentes; comunicação com o usuário (STE, PMV, Painel triedro e Megafonia); comunicação direta com o CCO; faixa exclusiva para tráfego de veículos de primeiro atendimento; viaturas de primeiro atendimento; sistema de combate a incêndios (monitoramento, detecção e intervenção) extintores, hidrantes, reservatórios e sensores; monitoramento e controle do sistema de

ventilação; sistema de coleta de líquidos derramados; sistema de monitoramento de elétrica (iluminação normal e emergência e alimentação elétrica); iluminação; gerador de emergência; sistema de radiocomunicação no interior dos túneis; baias de estacionamento no interior dos túneis.

c) Atuação a partir das conseqüências dos acidentes

Para atuação em caso de acidentes foi prevista a instalação dos sistemas ventilação de combate a incêndios; brigada (interna) de combate a incêndios; retirada de veículos; saída de emergência para os pedestres; apoio médico de retaguarda; acionamento a entidades de apoio; PAM – Plano de Emergência e Auxílio Mútuo com participação de Defesa Civil; PMRv; Corpo de Bombeiros; Cetesp; Sabesp; esgotamento dos reservatórios de líquidos derramados; divulgação (educativa, preventivo e atendimentos a reportagem nos acidentes).

d) Medidas para restabelecimento das condições normais de tráfego

Normalizada a situação pós-evento, deve-se realizar a total desobstrução da pista, baias de estacionamentos e dos leitos de fuga; reparos emergenciais dos sistemas vitais da rodovia; lavagem e limpeza de detritos da pista.

4.2.3 Procedimentos de manutenção

Os procedimentos de manutenção foram elaborados por meio da definição de sistemas essenciais (manutenção corretiva emergencial), equipamentos de apoio (manutenção corretiva normal) e equipamentos não essenciais (reparo junto com a manutenção preventiva). Esse modelo segue o conceito aplicado pelo Metrô-SP.

Shida & Scabbia (2001) propuseram que nos primeiros cinco anos a manutenção ficaria a cargo das empresas que forneceram os equipamentos, inclusive cabendo a essas a atualização do software e hardware dos sistemas.

O Centro de Controle da Manutenção - CCM foi instalado dentro do Centro de Controle - CCO, de modo que no momento em que o sistema apresente algum problema, o CCO (que opera ininterruptamente) faz a triagem dos eventos e

define a sua prioridade. Inclusive realizando o primeiro atendimento quando a falha ocorre no CCO.

O CCM adotou as premissas de trabalho do CIM – Centro de Informações de Manutenção do Metrô-SP. O grande diferencial do CIM para o CCM é que o primeiro não está instalado no CCO.

4.3 Normas aplicáveis (período de 2000 a 2001)

No período de implantação da Pista Descendente, foi utilizada a norma NFPA 502:2001, que era a mais aderente àquela realidade, principalmente pelo fato de ser produzida por uma entidade especializada em segurança contra fogo. Além do fato de que as Directivas da União Européia ainda estavam em fase de discussão.

4.4 Sistemas de Segurança

O Sistema de Monitoração de Tráfego, Comunicação e Transmissão de Dados proposto no Edital de Licitação Nº 015/CIC/97 seguia a tendência internacional de que todos os projetos deviam concentrar suas atividades na qualidade do ar no interior do túnel e disponibilizar um meio de comunicação do passageiro com o CCO.

Em função dos sinistros nos túneis europeus, os sistemas previstos para serem instalados na Pista Descendente, apesar de não existir norma específica no Brasil, foram reavaliados e substituídos por um modelo mais abrangente que se denominou Sistema de Segurança da Pista Descendente – SSPD.

O SSPD tinha como premissa enviar todos os dados para o CCO, de modo a facilitar a tomada das decisões pela equipe operacional.

As inovações tecnológicas que estavam sendo implantadas, principalmente no Túnel de Oresünd (novo) e no Mont Blanc (recapitado), foram reunidas e apresentadas para cotação por meio de uma concorrência internacional.

A proposta vencedora foi de uma empresa espanhola que estava terminando a implantação do Sistema de Segurança do Túnel de Oresünd. Seguindo as premissas da concorrência internacional, definiu arquitetura para o SSPD. A diferença entre o Sistema do Edital de Concessão (São Paulo, 1997) e o SSPD é

total, pois o Edital basicamente solicitava o controle dos gases emitidos no interior do túnel, ou seja, o SSPD outros tópicos além do estabelecido no edital, ver Anexo E.

A implantação do SSPD ocorreu no período de recrudescimento dos acidentes em túneis rodoviários (1999 a 2001), inexistindo parâmetros de ensaio ou comissionamento plenamente aceitos, pois a funcionalidade dos sistemas de automação estava sendo re-discutida. Neste momento adotar os princípios de trabalho da Companhia do Metropolitano de São Paulo parecia a melhor alternativa, em função de décadas de operação trabalhando com sistemas de automação, em parceria com procedimentos operacionais obtendo-se elevado grau de segurança ao usuário.

4.4.1 Experiência da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô na operação de Sistemas de Segurança em túneis

O SSPD foi um salto tecnológico imenso na automação de Sistemas de Segurança Rodoviários no Brasil, pois partiu-se de um controle descentralizado que supervisionava a ventilação e a quantidade de veículos na rodovia para um controle de mais de trinta sistemas, tais como: Automação da Ventilação dos Túneis, SSCE – Sistema de Supervisão e Controle de Energia Elétrica, Sinalização de Solo, Detector Automático de Incidentes, Detecção de Incêndio, Cancelas de Fechamento de Emboque, Semáforos de Emboques, Semáforos para Faixa de Rolamento, Detecção de Nível de Líquidos (Água e Perigosos), Detetores de Roubo de Extintores, Radiocomunicação (VHF), Radiocomunicação (UHF), Rádio FM, Megafonia, Sinalização de Balizamento e CFTV, sendo que todos os controles e supervisão atua em tempo real no CCO.

Desde a sua inauguração o Metrô – SP vem desenvolvendo um plano de segurança viária que contempla (Metrô, 2006), política de segurança; planos de ações para mitigar riscos; delegação de autoridade e responsabilidade para tratar de segurança; treinamento de empregados; conformidade com a legislação, regulamentos e normas; processo de gestão de riscos; sistema de investigação e análise de acidentes e incidentes; sistema de coleta e análise de informações de desempenho da segurança; sistema de desenvolvimento, aprovação e monitoração de ações corretivas.

A ABNT - CB24 (2007) descreve que em 1987 foi realizado o primeiro ensaio envolvendo o Corpo de Bombeiros e empregados do Metrô-SP, com a finalidade de comprovar a eficiência dos sistemas de automação. O ensaio iniciou-se com a aplicação de fumaça na região da plataforma e realizou-se a verificação do atendimento dos planos de emergência, inclusive desempenho dos sistemas.

Pode-se verificar Tabela 8 (semelhanças) e Tabela 9 (diferenças), que existe uma relação direta entre os Sistemas de Segurança.

Destaca-se como ponto fraco no Sistema Rodoviário a fragilidade existente no controle veicular. Este fato foi minimizado com a adoção de sistemas de localização de veículos no interior do túnel, como por exemplo, o sistema DAI (Detector Automático de Incidentes), que dispara um alarme quando ocorre um comportamento não linear na trajetória ou na velocidade do veículo

Tabela 8 – Pontos em comum entre a instalação do SSPD e automação Metrô-SP³.

Metrô - SP Sistema / Subsistemas e Equipamento	Pista Descendente Sistema / Subsistemas e Equipamento
CFTV com mais de 200 câmeras	CFTV com PTZ externas
radiocomunicação em VHF	radiocomunicação em VHF
Audição Pública – PA, nos trens e nas estações;	megafonia no túnel
STD – sistema de transmissão de dados entre o CCO e a estação em <i>(back bone óptico)</i>	CLP (ICP) - sistema de transmissão de dados entre o CCO e túnel estação em <i>(back bone óptico)</i>
telefones na via	botoeira Emergência
detecção de incêndio nas estações	detecção de Incêndio nos túneis
hidrantes (seco) extintores classe BC	hidrante (pressurizado) extintores classe ABC mangotinhos Pressão Válvula dos hidrantes e mangotinhos backlight
sistema de ventilação com controle e supervisão desde o CCO	sistema de ventilação com controle e supervisão desde o CCO anemômetro medidor de CO medidor de opacidade

³ O autor trabalhou no Metrô no período de 1987-1997.

Tabela 8 (continuação)

Metrô - SP Sistema / Subsistemas e Equipamento	Pista Descendente Sistema / Subsistemas e Equipamento
cada estação possui um mini CCO, denominado SSO	cada túnel possui um mini CCO chamado Subestação, nos emboques dos túneis
controle remoto do sistema de energia elétrica	Sistema de Supervisão e Controle de Energia Elétrica - SSCE
comunicação CCO – passageiros	rádio FM
painel de destino de trens	pictogramas triedro PMV
semáforos	semáforos
iluminação de emergência sinalização de abertura de portas de saída de emergência	sinalização Evacuação cancelas para fechamento do túnel

Tabela 9 – Diferenças entre a instalação do SSPD e automação Metrô-SP.

Metrô - SP Sistema / subsistemas e Equipamento	Pista Descendente Sistema / subsistemas e Equipamento
ATO - Automatic Train Operation – controle do trem principalmente a abertura e fechamento de portas ATP - Automatic Train Protection - os trens e os veículos auxiliares de manutenção são continuamente detectados em toda a via principal e nas regiões operacionais dos pátios de manobra e estacionamentos	CFTV com Detector Automático de acidentes – DAI para localização de veículos CFTV com Detector Automático de incidentes – DAI para contagem de veículos no interior do túnel Radar Controle do nível da caixa de líquidos perigosos derramados pelos veículos

A diferença de destaque (Tabela 9), entre os Sistemas de Segurança está no controle veicular, pois o Metrô-SP pode controlar as composições, de sua propriedade, que circulam nos túneis, por meio dos Subsistemas de ATO e ATP. Outro ponto importante é a possibilidade de limitar a carga (pacotes) que os usuários transportam quando estes passam pela linha de bloqueios na entrada da estação. Dessa forma é possível estimar a carga de incêndio do trem.

No caso rodoviário, a operadora do sistema viário tem controle parcial das cargas transportadas, pois nem todos os caminhões são pesados e poucos têm a sua carga verificada, principalmente quanto à presença de produtos químicos inflamáveis ou explosivos.

O ponto mais crítico do sistema rodoviário é a diversidade de veículos que circulam, pois possuem especificações técnicas diversas com estado de conservação totalmente desconhecidos, sendo este o tópico mais difícil de se estimar.

A principal contribuição do Metrô-SP, se concentra na capacidade operacional de processar tanta informação subsidiando a tomada de decisões, pois existiam, além dos equipamentos, três consoles de trabalho no CCO e duas na SSO – sala de Supervisão Operacional, em contato direto com a operação em tempo real.

Outro procedimento obtido do Metrô-SP foi o aceite dos sistemas pelas equipes técnicas e de operação em função de:

- Ensaio individual de cada subsistema;
- Ensaio conjunto dos sistemas interligados;
- Ensaio de integração ao centro de controle local e Centro de Controle Operacional – CCO.

4.5 Projetos básicos

O Projeto básico deve incorporar todos os sistemas de segurança, de modo que até mesmo o responsável pela perfuração, saiba a utilidade de cada seção do túnel e a sua interligação com o sistema rodoviário. A adição das informações dos sistemas de segurança em fases posteriores criar re-trabalhos e custos adicionais. Para o atendimento desta premissa de trabalho todos os projetos básicos estavam no centro de documentação da Ecovias para controle de versão e padronização. Todos os projetos do SSPD foram adicionados às plantas da obra civil, de modo que qualquer alteração na obra alteraria os desenhos dos sistemas.

4.6 Projetos executivos - caracterização dos sistemas

Os projetos executivos do SSPD foram desenvolvidos com o andamento da obra civil e deste modo semanalmente eram realizadas reuniões de convivência para tirar dúvidas com as projetistas e equipe da obra sobre cronograma e *as built* na obra.

4.6.1 Levantamento de dados com operadores de túneis providos de sistemas automáticos de segurança - Brasil

No Brasil o túnel rodoviário com VDM e automação mais próxima à PD, e que atendia a descrição na NFPA 502:2001 foi o Túnel da Linha Amarela no Rio de Janeiro. O Túnel da Linha Amarela possui como destaque o controle centralizado com comando direto aos ventiladores, operação viária, sistema de radiocomunicação (semelhantes aos sistemas de Metrô-SP). O Sistema de ventilação, no período de testes, apresentou falhas sucessivas no circuito de partida, em função deste possuir controle de torque que não conseguia vencer a força do vento no sentido contrário. Em São Paulo foram visitados os túneis que possuíam concomitantemente volume de tráfego, interface entre veículos de passeio e caminhões, centro de controle, além de complexidade operacional. Para efeito desta pesquisa foram visitados alguns túneis que estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Túneis visitados em São Paulo

Túneis	Localização	Extensão	Ano de Construção
Túnel Daher Cutait (9 de Julho) Centro-Bairro	Av. 9 de Julho	1.045 m	1938
Túnel Daher Cutait Bairro-Centro	Av. 9 de Julho	1.060 m	1938
Túnel Anhangabaú Aeroporto/Santana	Av. Prestes Maia	544 m	1990
Túnel Jânio Quadros	Av. Pres. Juscelino Kubitscheck	1.900 m	1994
Túnel Tribunal de Justiça, Ibirapuera - Marginal	Av. Pres. Juscelino Kubitscheck	824 m	1994
Túnel Tribunal de Justiça Marginal-Ibirapuera	Av. Pres. Juscelino Kubitscheck	730 m	1994
Túnel Maria Maluf - ida	Av. Pres. Tancredo Neves	1.020 m	1994
Túnel Maria Maluf - volta	Av. Pres. Tancredo Neves	1.020 m	1994
Túnel Sebastião Camargo	Av. Magnólia – Av. Pres. Juscelino Kubitscheck	1.170 m	1995
Túnel Ayrton Senna Centro-Bairro	Av. 23 de Maio – Av. Antônio Joaquim de Moura Andrade	1.700 m	1995
Túnel Ayrton Senna Bairro-Centro	Av. Antônio Joaquim de Moura Andrade – Av. Sena Madureira	1.950 m	1996

Constatou-se que nos túneis visitados existem sistemas de ventilação, longitudinal e transversal, sistemas de radiocomunicação e painéis de mensagem variável. No geral a automação dos sistemas visitados era mínima, limitando-se a supervisão da emissão de poluentes gerada pelos veículos. Foram encontrados túneis com a iluminação desligada e marcas no teto, em função da passagem de veículos com excesso de altura.

4.6.2 Levantamento de dados com operadores de túneis providos de sistemas automáticos de segurança – Espanha

Em função do fato de o ganhador da concorrência de fornecimento do SSPD (que também instalou o Túnel de Oresünd), ser uma empresa espanhola, definiu-se que o levantamento dos túneis seria realizado na própria Espanha, em função do fácil acesso as operadoras do sistema viário que estavam em processo de atualização tecnológica, e em função dos acidentes ocorridos. Foram visitados, Tabela 11, os seguintes túneis:

Tabela 11 - Túneis visitados na Espanha

Túneis	Extensão (metros)
Túnel de Vallvidrera	2.517
Túnel de La Floresta	440
Túnel de Can Llobet	391
Túnel de Valldoreix	857
Túnel de Can Rabella	389
Túnel Berga	430
Túnel Cadi	5.026
Túnel Cercs	490
Túnel de Guadarrama (Emboque sul)	1.229
Túnel de San Rafael (Emboque norte)	1.275
Túnel Guardiola de Bergueda	350

Constatou-se que existiam muitos túneis sendo re-capacitados, principalmente com inclusão de sistemas de segurança (automação), não foram observadas equipes de operação, pois na maioria dos túneis os atendimentos limitam-se a serviço de retirada de neve.

Das visitas realizadas pode-se concluir que:

- O Sistema de Detecção Automática de Incidentes - (DAI) funciona, e é o primeiro sistema a alarmar em caso de incidente;
- O sistema de alimentação elétrica do túnel, tem que ser instalado no seu piso;
- O *Back Bone* deve ser redundante sendo que a duplicação deve passar em local distante do cabo principal;
- A União Européia também possui problema de frenagem, em função do tráfego de veículos sem manutenção;
- É impossível controlar os caminhões e suas cargas sem um pátio, ou em local apropriado para fiscalização.

4.7 Construção do túnel e o *as built* do projeto

A obra civil pode começar anos antes da contratação do fornecedor do SSPD; portanto a construção é iniciada com o projeto básico do SSPD e suas definições iniciais como:

- infra-estrutura aparente ou embutida;
- localização e tamanho das baias de estacionamento;
- fornecimento de água para os hidrantes.

4.8 Implantação da infra-estrutura e o *as built* do projeto

A implantação da infra-estrutura iniciou-se 12 meses antes da inauguração, existindo apenas um mês entre o fim das obras civis e a liberação operacional.

Em função do cronograma comprovou-se que os ensaios de laboratório são fundamentais, sendo possível evitar-se redefinições durante a instalação no túnel.

O sistema de energia elétrica foi o primeiro sistema a ser instalado, em função de sua interface com a obra. Posteriormente iniciou-se o sistema de instalação da infra-estrutura, como os sistemas de ventilação, de abastecimento de água de incêndio, por serem instalados externamente a estrutura civil, e por último os sistemas eletro-eletrônicos.

Como última etapa, as equipes de instalação, em muitos casos comuns a vários sistemas, conectam os equipamentos nas pontas dos cabos e dá-se início aos ensaios.

4.9 Ensaios de equipamentos e sistemas na Espanha e no Brasil

Os ensaios dos equipamentos estão divididos em 3 etapas, sendo a primeira em laboratório com os protótipos do sistema, a segunda em laboratório com o material que será instalado e a terceira no túnel.

Por falta de uma normalização nacional ou internacional para ensaios adotaram-se as práticas de ensaio do Metrô-SP. que são as seguintes:

- Ensaio individual de cada subsistema (Figura 12);
- Ensaio conjunto dos sistemas interligados;
- Ensaio de integração ao Centro de Controle (subestação ou CCO).

Como já descrito anteriormente, a Directiva 309 - União Européia (2002), em seu Artigo 5º, define que os Estados-Membros da UE, no nosso caso a Artesp e Corpo de Bombeiros, designarão um ou mais órgãos de inspeção técnica para efetuarem avaliações, ensaios ou inspeções em nome da Autoridade Administrativa. Os órgãos de inspeção deverão respeitar as normas harmonizadas, relativas à atividade dos organismos responsáveis pela avaliação da conformidade.



Figura 12 – Ensaio individuais dos sistemas. Fonte: Shida & Scabbia (2001)

4.10 Comissionamento do túnel

A Directiva 54/2004 - União Europeia (2004), define que o comissionamento deve ser tão realistas quanto possível e corresponder aos cenários de incidente pré-definidos no projeto básico, produzir resultados de avaliação claros, evitar danos no túnel.

Em decisão da Comissão Técnica formada por meio da aplicação do item 5.3.4 da instrução técnica 35 do Corpo de bombeiros referente ao Decreto Estadual 46.076/01 (SÃO PAULO, 2001), foi definido o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT como a entidade a realizar as avaliações dos subsistemas e acompanhar o comissionamento, realizado em condições de simulação de incêndio. A integra do comissionamento foi descrita no Relatório Técnico do IPT de Nº 63.847 de 2003 (IPT, 2003), estando este acessível na Artesp.

4.10.1 Comissionamento sem fumaça

Individualmente todos os sistemas são testados e paulatinamente são verificadas as interligações, principalmente a interface de dados. A informação gerada em um sistema deve ser mantida intacta quando entra em outro sistema.

Pode-se exemplificar o caso de congestionamento, que é inicialmente verificado pelos laços metálicos do SAT, que informa o Sistema de Ventilação para aumentar a velocidade do ar. Adotou-se a velocidade mínima de 1,5 m/s

dentro do túnel, de modo que em caso de incêndio a fumaça acompanhe o sentido de movimentação dos veículos. Constatou-se que em alguns casos apenas o efeito pistão, gerado pela passagem dos carros, gerava esta velocidade.

O acionamento de todos os ventiladores gerou uma velocidade de 10 m/s, sendo esta medida sem a circulação de veículos.

4.10.2 Comissionamento com fumaça

A Piarc - Permanent International Association of Road Congress, atualmente denominada de World Road Association em 2002 já definia a fumaça como o fator de maior número de mortes; portanto, apesar de serem realizados ensaios sem fumaça os ensaios com fumaça são fundamentais. Apesar de obvio, ninguém (Japão, União Européia e Estados Unidos) realiza comissionamento com fumaça, tampouco define como realizá-lo.

No caso da Ecovias adotou-se fumaça quente gerada por máquina de aquecimento de glicerina (modelo cenográfico), apresentados na Figura 13, que possui característica óptica (opacidade) similar a fumaça de um incêndio.



Figura 13 – Comissionamento com fumaça

4.11 Operação simulada

A operação simulada se inicia na fase final da construção, pois o tráfego de veículos da obra é minimizado dentro do túnel, a sinalização viária está instalada, mas a equipe operacional (campo e CCO) não está familiarizada com os túneis.

Estipula-se uma velocidade máxima de 20 km/h, pois as equipes de infraestrutura estão trabalhando, mas conforme o andamento dos trabalhos os sistemas são instalados, iniciando-se preferencialmente com o CFTV, para ter-se à visão da pista, o túnel vai ganhando vida. Quando se inicia a operação comercial todas as equipes já estão treinadas e com prática operacional.

Outro ponto importante dessa fase é a verificação do desempenho dos sistemas, pois é muito comum em alguns equipamentos sofrerem de “falha precoce”, ou seja, apresentarem defeito nas primeiras horas de operação, seja por defeitos oriundos da instalação ou problemas gerados no transporte (choques e vibrações).

Como se definiu que não desceriam caminhões nesta etapa da operação rodoviária, somente após a liberação da PD a Ecovias contratou a USP-EESC para análise do impacto da descida de caminhões na PD.

4.11.1 Ensaio de descida de caminhões (pontos principais)

Conforme Gutiérrez (2005), o estudo do desempenho de veículos comerciais descendo o trecho da Serra do Mar da Rodovia dos Imigrantes pretende oferecer informações e sugestões que contribuam para a liberação do tráfego de veículos comerciais pela pista descendente (pista sul) desta Rodovia. Um grupo de trabalho constituído por especialistas de várias entidades, sob a coordenação de um membro vindo da Universidade (USP-EESC) e de outro da concessionária Ecovias, acompanhou, viabilizou e avalizou os estudos.

Estes estudos indicam as condições e os requisitos julgados necessários para os veículos comerciais e para os seus condutores, objetivando o aumento da segurança veicular no trecho que desce a serra, principalmente no interior dos túneis. Algumas sugestões advindas do estudo foram também indicadas para o modelo operacional da rodovia.

O desempenho do sistema de retardo (motor e retardadores) e do freio de serviço foi desenvolvido teoricamente (simulações em MatLab® e Simulink®) e também avaliado praticamente durante os testes de veículos comerciais de várias categorias realizados na rodovia. A estabilidade direcional, principalmente de veículos combinados, foi analisada por simulação computacional e durante

frenagens de emergência realizadas na própria rodovia, logo após a descida da serra pelos veículos sob teste.

Conforme Canale *et al.* (2007) a metodologia aplicada incluiu, além das simulações em computador e dos testes reais na própria rodovia, a capacitação e treinamento dos motoristas, as mudanças no modelo operacional da rodovia e a inspeção técnica dos veículos antes da descida.

Como resultado comprovou-se existir caminhões capacitados a trafegarem pela Pista Descendente

Na fase inicial do ensaio foi elaborado um Estudo de Análise de Riscos – EAR, considerando todos os possíveis riscos, na Segunda Fase a Análise de Riscos foi apresentada ao grupo de estudo do CB24 e foram selecionados os riscos intrínsecos de túneis rodoviários com greide maior que 5%, comprimento superior a 3 km.

5.1 Aplicação de Estudo de Análise de Riscos - EAR para um túnel rodoviário com rampa em declive superior a cinco por cento, com circulação de veículos comerciais.

Tendo-se em conta a adoção da proposta do Estudo de Análise de Riscos – EAR descrito por Scabbia (2004), foram definidas cinco etapas principais de pesquisa (Figura 15): identificação de perigos/riscos; análise dos riscos; avaliação dos riscos; propostas de controle dos riscos e gerenciamento de riscos.

5.1.1 Identificação de perigos/riscos

A identificação de perigos, depende de três fatores, que são: a) Caracterização do empreendimento e da região; b) Estimativa de efeitos físicos e vulnerabilidade; c) Estimativa de frequência (probabilidade), apresentados a seguir:

5.1.1.1 Caracterização do empreendimento e da região

O túnel a ser estudado foi selecionado em função da Directiva 54/2004, que define que os túneis rodoviários podem ser divididos por volume de tráfego por faixa de rolamento e extensão (Tabela 12):

Tabela 12 - Volume de tráfego x extensão de túnel. Fonte: UNIÃO EUROPÉIA (2004)

Volume de tráfego por faixa de rolamento	Extensão do túnel
Tráfego \leq 2 000 veículos por faixa	500 a 1000 m
	> 1000 m
Tráfego > 2 000 veículos por faixa	500 a 1000 m
	1000 a 3 000 m
	> 3000m

Adicionalmente a DIRECTIVA 54 /2004 define:

Em seu item 2.2.2. não devem ser permitidos declives longitudinais superiores a 5% nos novos túneis, salvo se não for geograficamente possível nenhuma outra solução, que é notadamente o caso em estudo; e no item 2.2.3. “Nos túneis com declives superiores a 3%, serão tomadas medidas adicionais e/ou reforçadas para melhorar a segurança com base numa análise de riscos.

Geometria do túnel

Limitar o estudo à extensão e VDM pode ser um meio de facilitar a análise dos riscos, mas para o Brasil tem-se que considerar no primeiro momento o impacto dos veículos comerciais, bem como o greide em função da idade da frota que trafega pelas estradas nacionais. Este modelo de estudo foi aceito pela Comissão de Estudo de Proteção contra incêndio em túneis - CE-24:301.13 do Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio da ABNT - CB24 (2007).

O presente estudo propõe-se que os túneis rodoviários sejam divididos em função de: (i) extensão; (ii) tráfego unidirecional ou bidirecional; (iii) porcentagem de veículos comerciais que trafegam; (iv) quantidade de faixas de rolamento; (v) Volume Diário Médio - VDM; (vi) greide da pista, (categorização disponível no Anexo F). Adotou-se o grupo 432, formado com os seguintes tópicos:

- (i) mais de 3.500 metros de extensão (adotou-se 11.000 metros como o implantado pela Ecovias);
- (ii) tráfegos unidirecionais (no Brasil o projeto de norma, CE 24:301:13, propõe a proibição da construção de túneis bidirecionais);
- (iii) mais de 15% do VDM composto por veículos comerciais;
- (iv) 3 ou mais faixas de rolamento;
- (v) fluxo superior a 3.500 veículos/hora;
- (vi) rampa superior a 5%.

Localização

Adotaram-se os túneis construídos em regiões montanhosas (serras), mais exatamente a Serra do Mar do Estado de São Paulo, em função do aspecto econômico para o país pela relevante interligação entre as regiões produtoras e o

porto que lhes confere diversidade nas cargas transportadas, seja em dimensões ou tipo de produto, além de atender a premissa de possuir mais de 5% de greide.

As estradas em serra, em função de seu impacto ambiental, estão cada vez mais adentrando nos maciços rochosos e, portanto criando túneis de maior extensão.

Complementarmente é relevante o estudo da presença de neblina na região do túnel.

5.1.1.2 Identificação de perigos e consolidação das hipóteses acidentais

Seguindo o padrão do item anterior, adotaram-se inicialmente os mesmos tópicos: (i) extensão; (ii) sentido de tráfego; (iii) interação veículos comerciais e pista; (iv) faixas de rolamento; (v) VDM; (vi) greide, (vii) tipo da construção do túnel; (viii) velocidade diretriz e (ix) ambiente geográfico e meteorológico.

(i) extensão

Basicamente, o aumento da extensão do túnel faz com que o veículo permaneça mais tempo em seu interior; portanto, tendo mais chances de que um incidente ou acidente ocorra. Diferentemente de um evento em céu aberto, o túnel é um ambiente confinado, possuindo premissas operacionais diferenciadas, como se pode verificar a seguir:

Contaminação ambiental

O fluxo intenso dos veículos cria um acúmulo de gases tóxicos que podem dificultar a visualização da pista e contaminam o ar do túnel.

Falha mecânica dos veículos

Em caso de falha mecânica o veículo deve dispor um local, fora das faixas de rolamento (baia de emergência), e ter um meio de pedir socorro (sistema de comunicação e sinal de telefonia celular).

Incêndio em veículo

Para esse evento o túnel deve ser provido de:

- mecanismos de rápida detecção e localização do evento;
- rápida atuação para atender a emergência;

- circulação de veículos operacionais de apoio do usuário;
- Procedimentos Operacionais, para situações normais e de emergência;
- materiais que não propaguem fogo facilmente. A proteção passiva é fator fundamental para evitar que o fogo se propague ou que a queima gere substâncias tóxicas. Este item envolve duas áreas de segurança ao fogo, distintas:
 - reação ao fogo dos materiais utilizados: é relacionada ao tempo de retirada das pessoas do túnel, pois quanto mais rápida é a propagação e quanto maior é a emissão tóxica, menor será o tempo para a retirada das pessoas;
 - resistência ao fogo: os materiais devem resistir ao fogo, por exemplo: a estrutura civil deve resistir pelo menos 150 minutos (adotada em função do tempo de retirada das pessoas do túnel) e as portas corta fogo, das saídas de emergência, pelo menos 120 minutos.

(ii) sentido de tráfego

Em função dos acidentes com choque frontal entre veículos, adotou-se o tráfego unidirecional, o que minimiza em muito os riscos.

(iii) interação veículos comerciais e pista

O presente estudo foi realizado na primeira parte com a análise: (a) interação veículo com a pista e, posteriormente, (b) o veículo isoladamente.

(a) Interação veículo x pista

Para a análise da relação veículo x pavimento x declividade da pista, inicialmente realizou-se um estudo individual, de cada um dos tópicos que poderiam interferir com a segurança no tráfego de veículos comerciais, em pistas com declives. Posteriormente analisaram-se suas interações de modo a obter-se os Indicadores de Controle, sendo adotada como simplificação a interação freio x roda x pneu e pneu x pavimento (Figura 15).

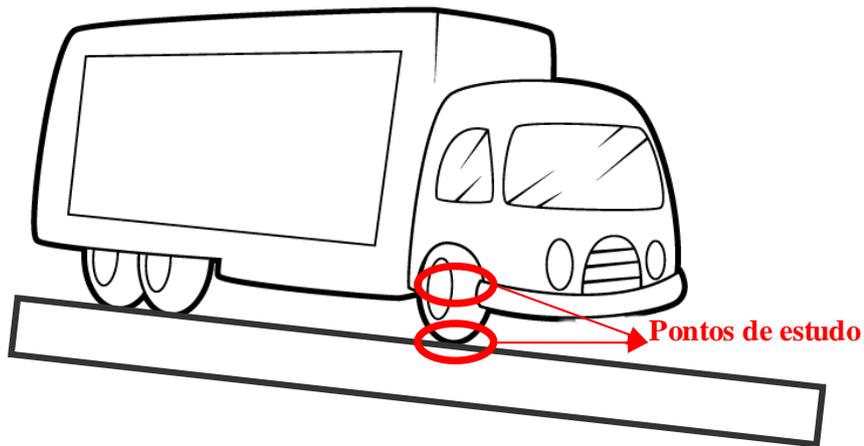


Figura 15 - Pontos de estudo

A identificação dos riscos provenientes da interação veículo x pista, principalmente a contribuição da relação pneu x freio e pneu x pavimento, é apresentada por meio de tópicos, apresentados a seguir:

Tópico 1 – estado de conservação da frota nacional

O primeiro fator a ser estudado foi a característica da frota veicular nacional. Conforme Shida (2002) deparou-se com o fato de que mais de 50% da frota não atende a Resolução n.º 777/93 - (Contran, 1993), que estabelece que todos os veículos rodoviários de carga e ônibus fabricados a partir de 24 de dezembro de 1995 devem atender as condições de potência de frenagem do freio-motor iguais às já estabelecidas na norma ECE-R13 - Economic Commission for Europe (UNIÃO EUROPÉIA, 1990)

Conforme os dados estatísticos de operação da Ecovias (2006), no período de 01/12/01 a 31/12/05, pico de fluxo de veículos, ocorreram um total de 13.661 eventos, ou seja, intervenções da Concessionária para continuidade da operação do sistema; desses, 5.869 foram pane mecânica (geral) e especificamente 502 com pane mecânica em caminhões, ou seja, 17 caminhões tiveram algum tipo de defeito a cada dia de operação do SAI.

Tópico 2 – geometria da pista

Conforme Lucas (2004), os problemas causados pelos veículos pesados e com baixo desempenho são praticamente os mesmos em longos aclives ou declives, visto que, por aspectos de segurança, os veículos pesados, também

descem as rampas muito lentamente. Portanto adotou-se como relevante o estudo da geometria da pista, principalmente de sua declividade.

Outro item importante foi estudado na geometria, a velocidade diretriz do projeto, que segundo a AASHTO (2001):

É definida como a velocidade máxima que um veículo consegue manter, em um trecho de estrada, em condições normais de segurança e conforto. ...A escolha dessa velocidade é um fator importante para o padrão de estrada a ser projetada visando a segurança dos usuários e o custo de construção da estrada. ...O projeto da estrada deve oferecer condições de visibilidade, de maneira que o usuário, ao avistar um obstáculo, consiga parar antes de atingi-lo.

Tópico 3 – premissas de trabalho dos pavimentos

Também conforme Lucas (2004) num caminhão, a resistência de rolamento é influenciada por quatro fatores principais:

- a deformação elástica do pneumático na região de contato com o solo;
- a penetração do pneumático no pavimento;
- escorregamento adicional nas curvas;
- a circulação do ar dentro do pneu e o efeito da ventilação externa.

De todos eles, os dois primeiros são os que influem mais significativamente na resistência de rolamento.

Quanto mais rígido for o conjunto roda/pneu/pavimento, menor será a deformação e penetração do conjunto no pavimento e, em consequência, menor será a resistência de rolamento. Este fato reforça a importância do item pneus, no que diz respeito ao tipo de construção (seja radial ou convencional) e à pressão interna deles.

Para o presente estudo adotou-se o pavimento de concreto.

Tópico 4 – conservação da pista (túnel novo)

Adotou-se no presente estudo túneis novos, portanto em perfeito estado de conservação, seja de pavimento, sinalização e demais sistemas.

Tópico 5 – premissas de trabalho dos freios

Conforme FERNANDES (1994):

O processo de frenagem de um veículo tem a finalidade de desacelerá-lo sem necessariamente reduzir sua velocidade a zero. Esse processo deve obedecer a critérios de segurança e requisitos preestabelecidos pelo fabricante e pela legislação vigente. No caso de uma descida longa, como uma serra, por exemplo, o processo de frenagem tem a função de manter a velocidade do veículo em equilíbrio, de acordo com a vontade e a necessidade do motorista, sem comprometer as condições de segurança, estabilidade e dirigibilidade. Nesta situação o veículo possui uma energia potencial proporcional à sua massa e posição no declive, transformada em energia cinética durante o movimento do veículo.

Portanto, neste caso, ocorre um acréscimo de energia cinética proveniente da transformação da energia potencial, fator que exige maior solicitação dos freios no declive.

Segue a composição dos freios, mais exatamente freio a tambor e disco, conforme WIDMER (2003):

Freio a tambor é constituído, basicamente, por um tambor solidário ao eixo da roda em rotação. O tambor é freado pela aplicação radial de lonas em sua superfície interna. Geralmente o freio a tambor é instalado para cada roda ou conjunto de rodas do veículo. Na construção do freio a tambor são usadas, em geral, duas sapatas com várias possibilidades de arranjo. Sobre as sapatas são fixadas as lonas por diversas maneiras (coladas, rebitadas). As vantagens do uso de duas sapatas são o aproveitamento da maior parte da superfície interna do tambor para frear e o equilíbrio dos esforços nos apoios, o que permite o uso de mancais menores. Considera-se sapata primária, quando o sentido de aplicação da força na sapata coincide com o sentido de rotação do tambor, surgindo uma tendência de a sapata ser puxada contra o tambor, melhorando assim o contato da lona com o tambor e aumentando o efeito de frenagem. Considera-se como sapata secundária, quando o sentido de aplicação da força é contrário ao sentido do tambor, produzindo uma tendência de esta sapata ser afastada do tambor, o que prejudica o contato da lona com o tambor e reduz o efeito de frenagem; portanto a sapata primária tem maior efeito que a secundária na frenagem.

Os freios a disco são constituídos basicamente de um disco solidário com o eixo da roda em rotação, que é freado pela aplicação axial de pastilhas em sua superfície lateral. Em geral é instalado um freio a disco para cada roda ou conjunto de rodas do veículo. Atualmente os freios a disco estão substituindo os

freios a tambor em diversas aplicações. Os automóveis modernos possuem freio a disco nas rodas de ambos os eixos; os caminhões leves estão utilizando freio a disco no eixo dianteiro, e nos caminhões pesados o predomínio ainda é do freio a tambor, mas no futuro poderão ser equipados com freio a disco.

Cada tipo de freio tem características próprias que devem ser consideradas na hora da escolha dos mesmos. Para a definição do sistema de freios deve-se avaliar quais características são importantes e que vantagens traz um tipo de freio, quando comparado a outro para determinada aplicação.

Vantagens do freio a disco, segundo Limpert (1992):

- Maior facilidade de ventilação que os freios a tambor;
- Suportam temperaturas maiores;
- Fator de freio é pouco afetado pelo coeficiente de atrito entre pastilha e disco;
- A variação das dimensões do disco através da temperatura provoca alterações na folga entre pastilha e disco bem menores que as alterações na folga entre lona e tambor;
- O torque produzido no freio a disco praticamente não é afetado pela velocidade e pela temperatura; se comparado com o torque nos freios a tambor dissipa melhor o calor produzido pelo atrito da frenagem por estar envolto por uma corrente de ar causada pela velocidade do veículo que ajuda na refrigeração do disco.

Segundo Cardinalli *et al.* (2003), existem atualmente no Brasil mais de 12.000 veículos pesados equipados com freio a disco. Essa é uma tendência cujo crescimento tende a manter-se.

Vantagens do freio a tambor, segundo Limpert (1992):

- Possui elevado fator de freio quando comparado com o freio a disco, exigindo menos esforço na aplicação das lonas contra o tambor, quando comparado com o esforço de aplicação das pastilhas contra o disco, o que é interessante para o freio de serviço de veículos pesados e para o freio de estacionamento de todos os tipos de veículos;

- Freio de estacionamento menos complexo e com maior facilidade de instalação do que nos freios a disco;
- Menos sujeito a trincas e impactos mecânicos do que o freio a disco.

Muitos dos atuais modelos de veículos estão equipados com o sistema de freio antibloqueamento – ABS; conforme Smith Neto (2004), esse sistema utiliza componentes eletrônicos e hidráulicos que ajudam a prevenir o bloqueamento das rodas durante períodos de forte frenagem. O sistema antibloqueamento garante a segurança dos ocupantes do veículo, mantendo o controle direcional enquanto oferece máxima eficiência na frenagem. O sistema de acionamento do freio atua reduzindo a pressão a fim de evitar o travamento das rodas, mantendo o atrito entre as rodas e a pista num valor ótimo. Já o sistema eletrônico do ABS age recebendo sinal dos sensores e enviando sinais de comando para o atuador.

Foi abordado, também, o *fade*, que a NBR 5532 (ABNT, 1990) define:

Como sendo o processo através do qual ocorre a perda de atrito entre a lona e o tambor ou entre a pastilha e o disco. O maior responsável pelo sua ocorrência é a temperatura excessivamente alta que ocorre por ocasião da fricção entre as partes citadas. Quando a lona ou pastilha atinge o ponto de *fade* sua eficiência de frenagem cairá gradualmente, fazendo com que o motorista passe a pressionar o pedal de freio com maior intensidade.

Em Cobreq (2003), constata-se que para veículos com freio a tambor o *fade* se manifesta a partir de 350°C. Pode-se verificar a influência do número de vezes que o condutor aciona o sistema de freio e como esta operação afeta a temperatura de trabalho. Dessa forma fica claro como é importante realizar uma descida em pista de serra com o sistema em equilíbrio. Já de acordo com Fernandes (1994), estando um veículo em movimento e tendo início o processo de frenagem, tem início também um processo de transformação de energia. A energia mecânica (potencial + cinética) associada ao veículo será transformada em energia térmica no sistema de freios e no contato entre os pneumáticos e o pavimento. Dessa transformação de energias surgem, respectivamente, o calor, gerado por atrito, e o ruído, gerado pelo contato entre as superfícies responsáveis por freiar o veículo. Esse calor, caso não seja rapidamente dissipado para o meio ambiente e fique retido nos tambores ou discos e adjacências, acaba se tornando

o maior inimigo do processo de frenagem, pois prejudica enormemente a eficiência do sistema de freios devido a ocorrência do fenômeno chamado *fade*.

Conforme Lucas (2004), seja com a utilização de novos materiais de frenagem nas lonas, pastilhas, tambores e discos de freio, seja com a utilização de eletrônica embarcada (com destaque para o freio ABS – Antilock Brake System) ou com a utilização de sistemas de frenagem auxiliares como por exemplo, freio tipo borboleta no escapamento e “top brake” no cabeçote do motor, freio a pistão também no escapamento, utilização de “retarders” (elétricos ou hidráulicos), a verdade é que a indústria automobilística não pode prescindir de encontrar a cada dia novas soluções que atendam as exigências cada vez maiores do mercado.

Tópico 6 - premissas de trabalho dos pneus

Segundo a Alapa (2002), para usufruir ao máximo as potencialidades de um pneu, no que diz respeito à sua vida útil, é necessário que a temperatura dos talões (medida na sua base) se mantenha próxima ou inferior a 80°C. Acima desse valor inicia-se um processo de degradação térmica que reduz drasticamente a vida útil do pneu. A degradação da borracha não é uma função linear da temperatura a que é exposto. Alapa (2002), também, considera que a degradação a 100°C será oito vezes menor do que a 130°C para o mesmo tempo de exposição à temperatura.

Ainda de acordo a Alapa (2002), “É muito freqüente a explosão dos pneus quando os talões ficam expostos a temperaturas acima de 140°C durante um tempo maior do que o previsto no projeto de construção do pneu”. Os talões são responsáveis pela fixação do pneu ao veículo através da roda. Como tal, fazem parte da região mais crítica do pneu, onde se concentram os esforços de aceleração e frenagem transmitidos do veículo ao solo. Um superaquecimento nessa região (temperaturas acima de 80°C) ocasiona danos irreversíveis na borracha que sustenta a ancoragem dos cordões da carcaça ao aro do pneu, devido à perda de suas propriedades físico-mecânicas. O estouro do pneu ocorre, no caso em questão, justamente devido a essa fragilização da carcaça que permite que a pressão interna do pneu desenrole ou estoure de forma brusca ou

contínua os cordoneis e facilite a explosão. Tal afirmação é validada pela Ecovias (2006), pois dos 171 tipos de materiais recolhidos da pista cerca de 50% eram recapagem de pneus. Quanto ao impacto da velocidade, para o caso em estudo, a velocidade em que trafega o veículo comercial afeta a vida útil (Figura 16).

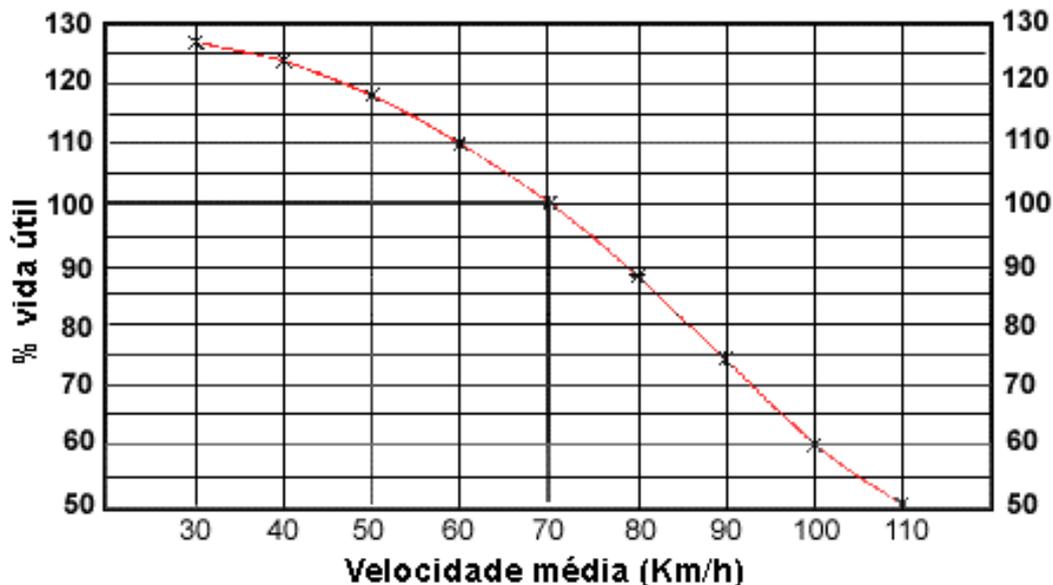


Figura 16 – Vida útil por velocidade média. Fonte: Lucas (2004)

Tópico 7 - interação geometria da pista x freio

Um veículo descendo uma rampa a uma determinada velocidade é um caso típico de processo dissipativo de energia, no qual as energias (cinética e potencial) associadas ao veículo são transformadas em energia térmica e dissipadas através dos sistemas de freios de serviço (sejam eles a disco ou a tambor) e de arrefecimento (lubrificação, refrigeração e ventilação). A potência instantânea gerada que deve ser dissipada é a variação da energia cinética e potencial com o tempo, em cada instante. Essa energia, dependendo do modo de operação do motorista, da massa total transportada, da velocidade e marcha escolhida, poderá ser dissipada no sistema de arrefecimento, o que acarreta viagens lentas e possíveis sobrecargas térmica e mecânica do sistema em questão ou, o que é mais comum, em ambos os sistemas (freio e arrefecimento).

Tópico 8 - interação pneu x freio

Segundo Moran *et. al* (2005) nos estudos de transferência de calor são considerados três modos distintos de transmissão de calor: convecção, condução e radiação. Na realidade, a distribuição de temperatura em um meio é controlada pelos efeitos combinados desses três modos de transferência de calor. Por isso não é possível isolar totalmente um modo de interação dos outros. Contudo, para simplicidade de entendimento e de análise, pode-se considerar, por exemplo, a convecção separadamente, sempre que as transferências de calor por condução e radiação forem desprezíveis e vice-versa.

A partir do freio o fluxo de calor dissipa-se de três formas:

1. por condução: pelos componentes do sistema de freio;
2. por convecção: pelo ar;
3. por radiação: para as partes mais afastadas.

Andrade *et all* (2003) realizaram ensaios em dinamômetro inercial que demonstram o comportamento da temperatura nos diversos componentes do sistema de freios, bem como dos itens circunvizinhos a ele. Nesse ensaio foram monitoradas as temperaturas atingidas no tambor de freio, nas lonas, nos rolamentos de roda, no cubo e na roda do eixo traseiro de um veículo de 17 toneladas, para quatro configurações de carga: vazio 33 (2.700 kg no eixo), 50% da carga (5.250 kg), 100% da carga (peso de balança, 10.500 kg) e 120% (12.600 kg). O ensaio foi executado segundo a Norma ECE-R13 - Economic Commission for Europe (UNIÃO EUROPÉIA, 1990) define “para aquecimento a velocidade é reduzida de 70 para 30 km/h, desaceleração de 3 m/s^2 , entre outras condições”.

Tópico 9 – influência da velocidade de equilíbrio e a rampa da pista

Conforme Widmer (2003) pode-se estudar a velocidade de equilíbrio, ou seja trafegar sem utilizar o freio, e a porcentagem da rampa a ser vencida. Para o presente caso de estudo a rampa estudada será maior que três por cento.

Tópico 10 – temperatura de freio x pneu

Conforme já descrito, o calor gerado nos freio dissipa-se para os componentes próximos (Tabela 13), sendo importante o estudo do aro, diâmetro do tambor e defletores em função de seu impacto na temperatura do pneu.

Tabela 13 - Temperatura do freio x pneu. Fonte: Costa *et al* (1996).

Tipo de roda		Temperatura Pneumático Posterior Interno (°C)		
		Talão		Tambor de freio
		Lado Interno	Lado Externo	
Standard	Calculado	152	114	366
	Medido	150	-	370
Defletor Cônico	Calculado	108	110	370
	Medido	110	110	375
Aro Alumínio	Calculado	138	135	391
	Medido	140	140	380
Diâmetro Tambor Reduzido	Calculado	110	98	337
	Medido	-	-	-

Tópico 11 – impacto das novas legislações

A Portaria 21, Artesp (SÃO PAULO, 2004) define:

No item de especificações técnicas de veículos automotores de transporte coletivo de passageiros rodoviário e urbano intermunicipal (ônibus), que o sistema de freio será pneumático e deverá atender requisitos mínimos de segurança e conforto dos passageiros e operadores, devendo o tempo de resposta do sistema estar de acordo com as normas técnicas vigentes. O ônibus deverá, obrigatoriamente, estar equipado com sistema ABS, opcionalmente poderá utilizar Retardador de Velocidade acoplado à caixa de transmissão, conjugado com o pedal de freio, nas linhas rodoviárias que operam em região montanhosa é obrigatório o uso de Retardadores de Velocidade. Considera-se a obrigatoriedade destes itens (ABS/Retardadores) somente para carros novos e serão incorporados segundo a cadência estabelecida pela Artesp, sendo que outras concepções do sistema de freios poderão ser submetidas à análise do Artesp, desde que haja comprovação de vantagens sobre as exigidas.

(b) Incêndio em veículos comerciais (Figuras 17, 18 e 19)

Inicialmente estudou-se o local nos veículos que poderiam originar incêndio e posteriormente analisou-se como evitá-los.

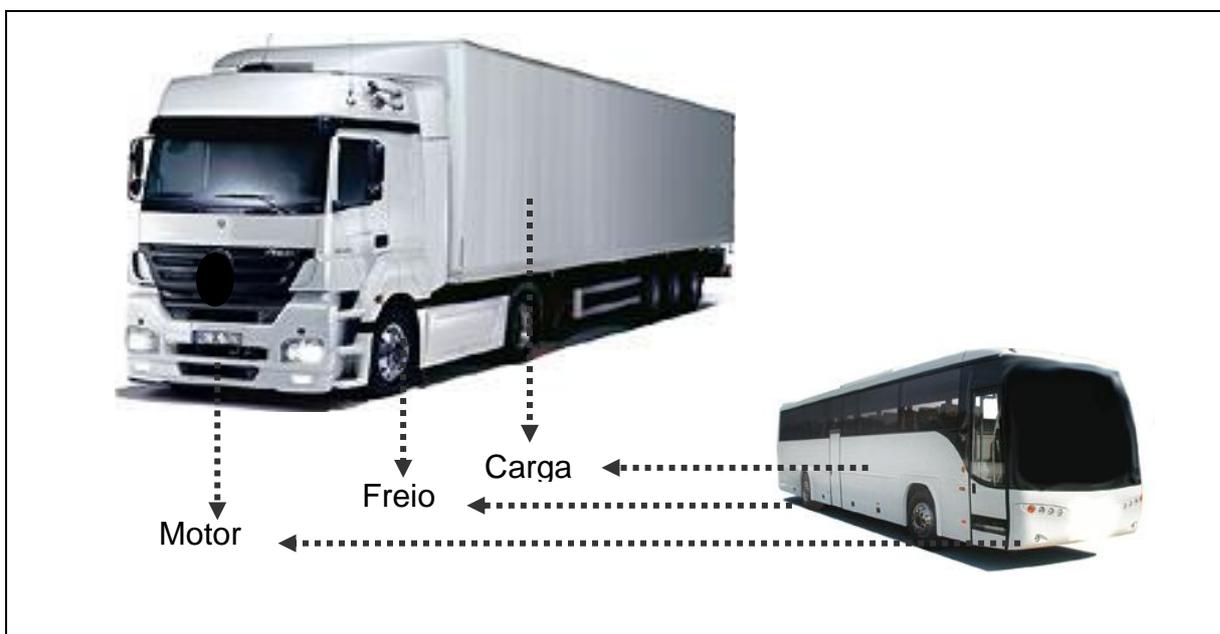


Figura 17 – Locais passíveis de originar incêndios em veículos comerciais

Motor

As ocorrências de incêndio na região do motor normalmente limitam-se ao derramamento de óleo sobre partes aquecidas (Figuras 18 e 19).



Figura 18 - Ônibus queimado (origem do sinistro na região do motor)

O derramamento de óleo combustível ocorre por falha nas mangueiras (rompimento) e suas conexões (peças que se soltam) ou pelo vazamento de óleo do meio filtrante (falta de drenagem).

A ignição do óleo ocorre em contacto com peças aquecidas do motor ou tubo de escapamento, conforme Figura 19.



Figura 19 - Filtro separador de água x diesel (vazando) instalado na frente do radiador

Em função do exposto, as mangueiras e conexões deveriam estar instaladas longe das partes aquecidas. Outra solução seria a proteção das partes aquecidas, principalmente o tubo de escapamento, com isolantes térmicos, como já realizado em veículos militares.

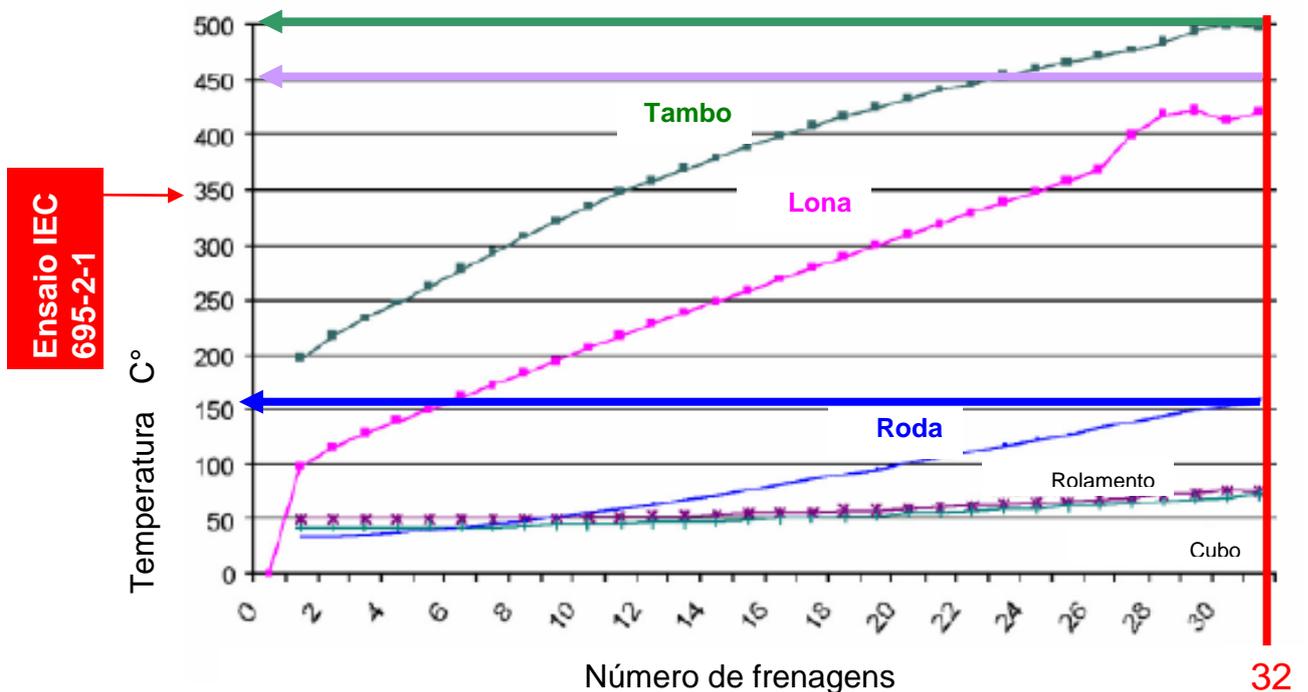
Freio

Em função da ausência de relatos sobre a temperatura de ignição de pneus no Brasil, foram realizados ensaios nas dependências do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, sendo realizados por meio da adoção da IEC 695-2-1 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 1991), que apesar de ser desenvolvida para componentes combustíveis e materiais isolantes, foi considerada como a melhor alternativa disponível.

Foram selecionados três corpos de prova, Anexo G, um pneu novo de veículo de passeio, um pneu usado de veículo de passeio e um pneu usado de veículo comercial, este último danificado em função da ação de excesso de temperatura.

Todos os pneus apresentaram ignição na faixa de 842°C (corpos de prova acondicionados para o ensaio como determinado na norma IEC 695-2-1). O pneu do veículo comercial quando submetido ao ensaio (sem acondicionamento) apresentou ignição em temperaturas próximas de 350°C, possivelmente em função de umidade e contaminação em sua superfície.

Quando se compara os dados referentes a temperatura de ignição dos pneus ao Impacto térmico no freio, em um veículo com 120% da capacidade de carga, apresentado por Lucas (2004), Figura 20, pode-se verificar que quando adota-se um número de frenagens igual a 32 eventos, obtêm-se uma temperatura de 500°C para o tambor, 450°C para a lona de freio e 150°C para a roda. Portanto a ignição que ocorreu durante o ensaio, a 350°C, valor próximo da temperatura de trabalho do tambor e da lona.



32

Figura 20 - Impacto térmico no freio em um veículo com 120% da capacidade de carga.
Fonte: modificado de Lucas (2004)

O trabalho mais antigo encontrado relacionado à frenagem pertence a data de 1933 (Monteiro Filho, 1933), que identificava como riscos relacionados à frenagem para bondes elétricos:

- tipo de freio inadequado para a aplicação;
- rampas superiores a 12%;
- manutenção de bondes;
- excesso de carga (13 toneladas);
- qualificação dos condutores.

Afirmou ainda que a origem da maioria dos acidentes está relacionada com condutores no primeiro ano da habilitação.

Carga

A carga apresenta duas vertentes de estudo para identificação de riscos, seja como origem do incêndio ou como material que propaga o incêndio ou gases tóxicos.

- como origem do incêndio.

As cargas inflamáveis e as de auto-ignição não devem trafegar com outros veículos. Devem circular em horário especial e sempre segregado dos outros veículos.

- cargas que propagam o incêndio.

A partir da ignição do fogo no veículo (ônibus ou caminhão), a sua propagação deveria ser restringida para evitar seu contacto com a carga. Nos ônibus é notável a disparidade entre a qualidade dos seus acabamentos quando comparados aos veículos de passeio, que seguem normas de reação ao fogo.

Na inviabilidade de conter a propagação para a carga deve-se saber qual produto está sendo transportado.

Por meio da aplicação da NBR 11836 (ABNT, 1992) que define 8 Tipos de Fogo Padrões, denominados de TF 1 a 8, Tabela 14, que caracterizariam a maioria dos tipos de fumaça possíveis de serem produzidos.

Tabela 14 - Características principais de cada tipo de fogo. Fonte:Brasil (1992)

TF Tipo de fogo	Insumo do ensaio	Características principais				
		Desenvolvimento de calor	Movimentação ascendente do ar	Fumaça	Espectro do aerossol	Porção visível
TF1	madeira	alto	alta	sim	predominantemente invisível	escura
TF2	madeira (queima sem chama)	desprezível	fraca	sim	predominantemente invisível	clara, alta difusão da luz
TF3	algodão (queima sem chama)	desprezível	muito fraca	sim	predominantemente invisível	clara, alta difusão da luz
TF4	poliuretano	alto	alta	sim	parcialmente invisível	muito escura
TF5	papel	médio	média	sim	parcialmente invisível	cinza
TF6	PVC (queima sem chama)	desprezível	fraca	sim	parcialmente invisível	muito escura
TF7	n-heptana	alto	alta	sim	predominantemente invisível	muito escura
TF8	álcool	alto	alta	não	nenhum	nenhuma

- liberação de fumaça pelas cargas

As principais cargas transportadas no Brasil, que geram fumaça tóxica, soja/algodão/tecidos, enquadram-se na NBR 11836:1992, principalmente como TF 2 e 3, conforme Anexo H. Este fato deve ser considerado na seleção dos produtos no comissionamento com fumaça.

(iv) faixas de rolamento

Podem-se identificar os seguintes riscos:

risco de congestionamento (diário ou sazonal)

Quando os picos de tráfego suplantam a capacidade escoamento do túnel, ocorrem congestionamentos e a quantidade de veículos em seu interior aumenta, Portanto o número de pessoas em seu interior é maior e neste caso a retirada dos ocupantes do interior do túnel na ocorrência de um incêndio é mais demorada.

Como a retirada é mais demorada a resistência estrutural do túnel ao impacto do calor deve ser maior.

pistas com largura inferior a 3,5 metros

A largura de 3,5 metros permite um tráfego seguro pois distancia os veículos transversalmente, sendo que na ocorrência de desvio de trajetória existe espaço para manobra.

pavimento

A adoção de concreto na pista é uma medida de redução de risco, pois o asfalto possui maior susceptibilidade à propagação de fogo.

Volume Diário Médio de veículos - VDM

Adotou-se como condição de trabalho os níveis C e D, Figura 21. com referência ao HCM (2000) Acima deste nível o túnel deve ser fechado e os veículos dirigidos a rotas alternativas. Os níveis de serviço, definidos pelo HCM, permite o controle do volume de veículos na ausência de contadores de tráfego no local em análise.

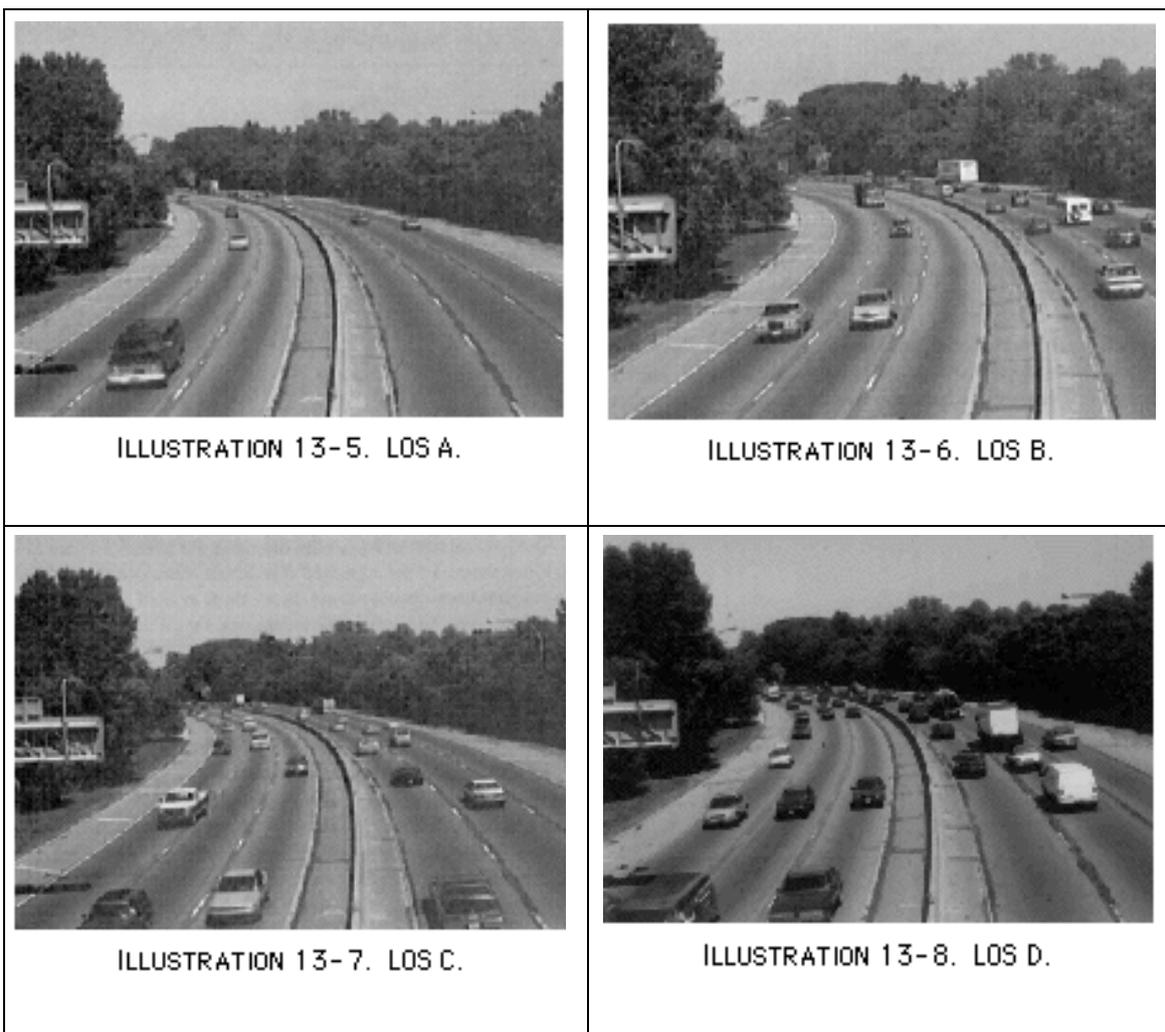


Figura 21 – Níveis de Serviço. Fonte: HCM (2000)

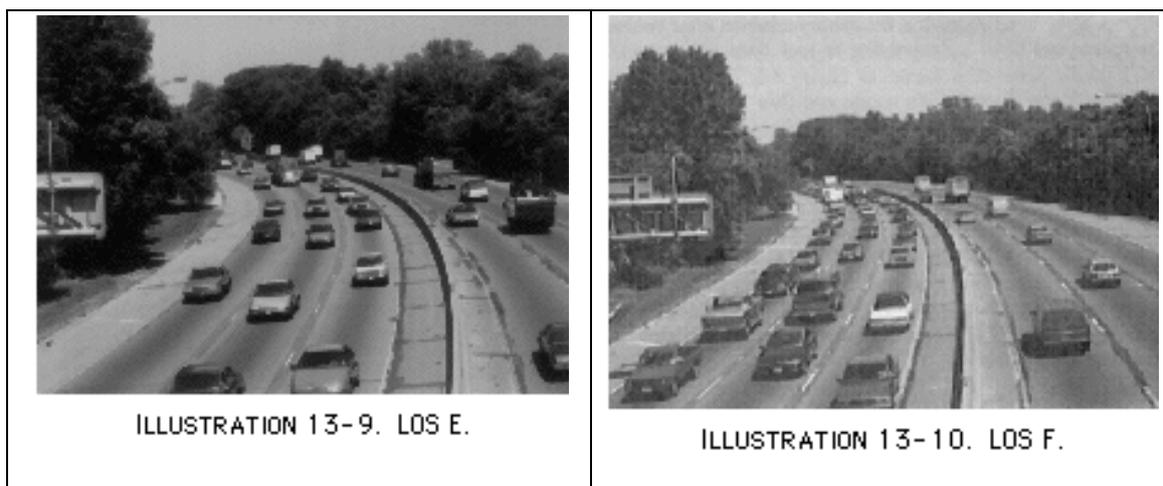


Figura 21 – continuação

(v) greide

Complementarmente ao estudo da geometria, apresentado anteriormente, existia ainda a dúvida entre estudar declive ou aclive, qual deles gera mais perigo?

O único local no Brasil que possui túneis que operam com tráfego em aclive e declive na mesma região é o Sistema Anchieta-Imigrantes – SAI.

Para a definição de risco decidiu-se aplicar o método estatístico de Tukey por meio da análise do número de acidentes das pistas da Via Anchieta (4 faixas) e Rodovia dos Imigrantes (6 faixas) e compará-las entre si, de modo a verificar quem era, comparativamente, que mais sinistros possuía (aclive ou declive).

Conforme Anexo I, pode-se verificar que, comparativamente, a pista em declive apresenta maior índice de acidentes. Portanto, foi adotada a rampa em declive no presente estudo.

(vi) tipo da construção do túnel**materiais aplicados**

Adotaram-se as premissas da NFPA 502:2001, que define, em seu item 11.3, Materiais:

“ 11.3.1 Os materiais manufaturados para utilização como conduítes, dutos, armários e abrigos de equipamentos e os materiais de acabamento externo,

quando instalados, deverão tolerar temperaturas de até 316°C durante 1 hora, sem entrarem em combustão e sem perderem a integridade estrutural.

11.3.2 Os sistemas elétricos instalados em áreas fechadas não devem utilizar materiais que produzam derivados tóxicos durante falhas do circuito elétrico ou quando expostos a incêndios externos.

11.3.3 Não se deve utilizar nos túneis, nos dutos, nas câmaras de distribuição de ar e em outros espaços fechados materiais como conduítes de PVC, tambores para cabos, condutos de arame, condutores ou cabos com isolamento de vinil, conduítes de PVC expostos e conduítes recobertos por metal.

revestimento do túnel

Para FIGUEIREDO (1997):

Os materiais compósitos vêm sendo utilizados na construção civil desde a antigüidade. Mais recentemente surgiram novas possibilidades tecnológicas, como os concretos reforçados com fibras de aço. A adição de fibras de aço aos concretos minimiza o comportamento frágil característico do concreto. O concreto passa a ser um material pseudo-dúctil, ou seja, continua apresentando uma resistência residual a esforços nele aplicados mesmo após sua fissuração. A alteração do comportamento é função das características das fibras e da matriz de concreto e da sua interação. Com isso, o material passa a ter exigências específicas para o controle da qualidade, dosagem e mesmo aplicação, diferentes do concreto convencional. Ao mesmo tempo, as possibilidades de aplicação do material são ampliadas. Para algumas aplicações o concreto reforçado com fibras apresenta vantagens tecnológicas e econômicas em relação ao convencional, como é o caso do revestimento de túneis.

Para RLE (1997) e Figueiredo (1997) as fibras de polipropileno, nylon, polietileno e aço podem vir a ser muito interessantes em aplicações de proteção contra danos físicos durante incêndios em túneis. Pois com o aumento da temperatura, elas se fundem produzindo um caminho livre para a saída do vapor de água; tal comportamento pode evitar a ruptura do revestimento pela pressão de vapor (lascamento ou *spalling*).

O efeito de lascamento atinge os túneis, não só em seu revestimento lateral, mas também no pavimento.

Em função do lascamento afetar o pavimento alterou-se com o passar dos anos a distribuição dos veículos em suas seções transversais, como demonstrado na Figura 22. Os túneis mais antigos (Figura 22 - A) possuíam distribuição de pistas no sentido vertical, sendo hoje adotada a distribuição de pistas no sentido horizontal (Figura 22 -B).

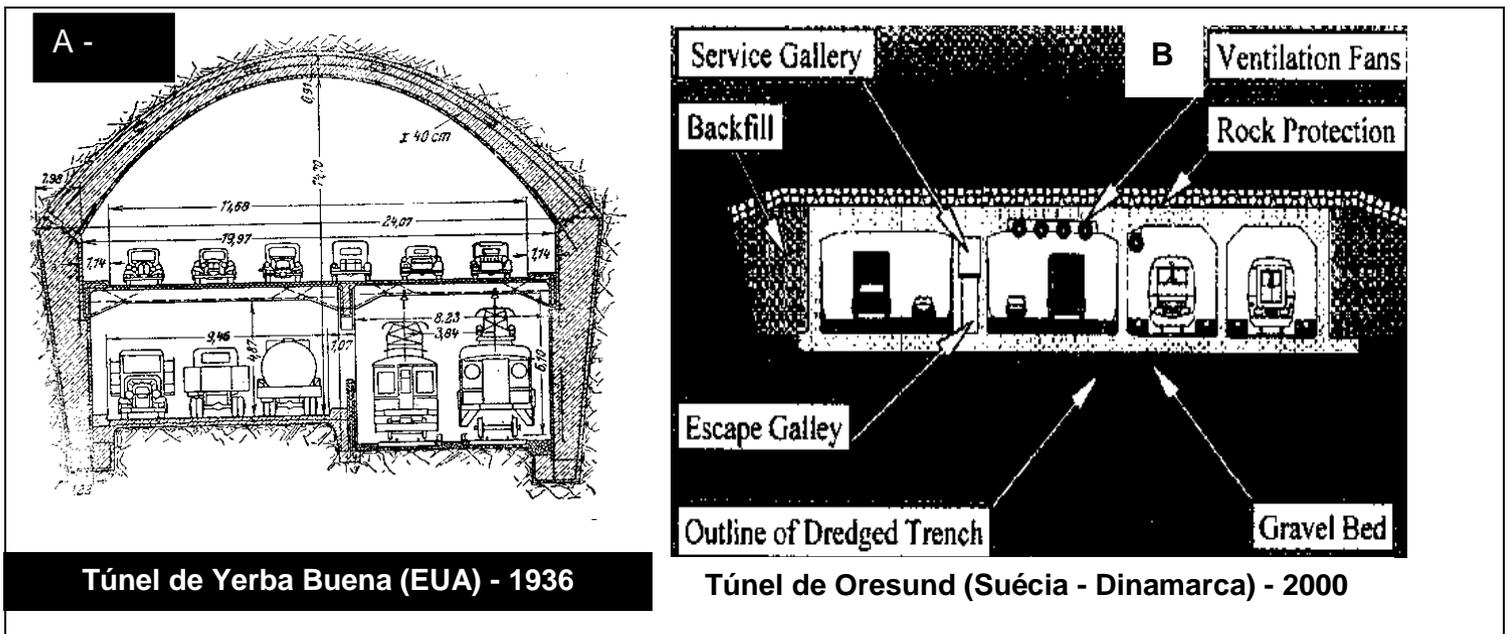


Figura 22 – Comparação entre seções de túneis rodoviários

Como comprovação do efeito do calor no pavimento, acontece não só o lascamento do revestimento (Figura 23), mas geram-se buracos cada vez maiores, dependendo de sua duração, no local de ensaio.

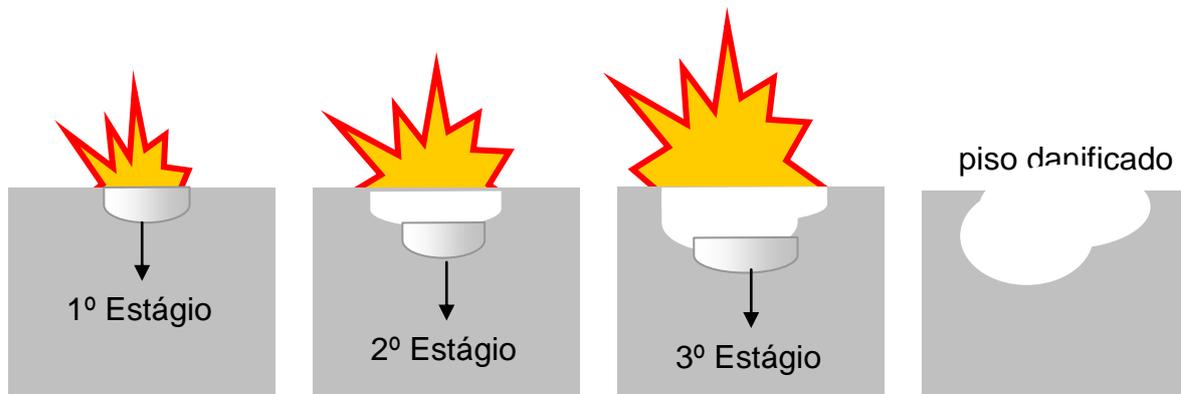


Figura 23 - Estágios do lascamento do piso quando exposto ao fogo

A melhor solução para a proteção do revestimento é a adoção de medidas de Proteção Passiva, de modo a compartimentar e por seguinte aumentar o tempo para a retirada das pessoas.

(vii) velocidade diretriz

Adotou-se a velocidade diretriz de 120 km/h. Portanto, os veículos mais lentos (caminhões) devem circular com uma velocidade mínima de 60 km/h.

incompatibilidade do veículo à velocidade diretriz

Outro fator é a incompatibilidade do veículo à velocidade diretriz, quando comparada com a geometria da pista (Figura 24).

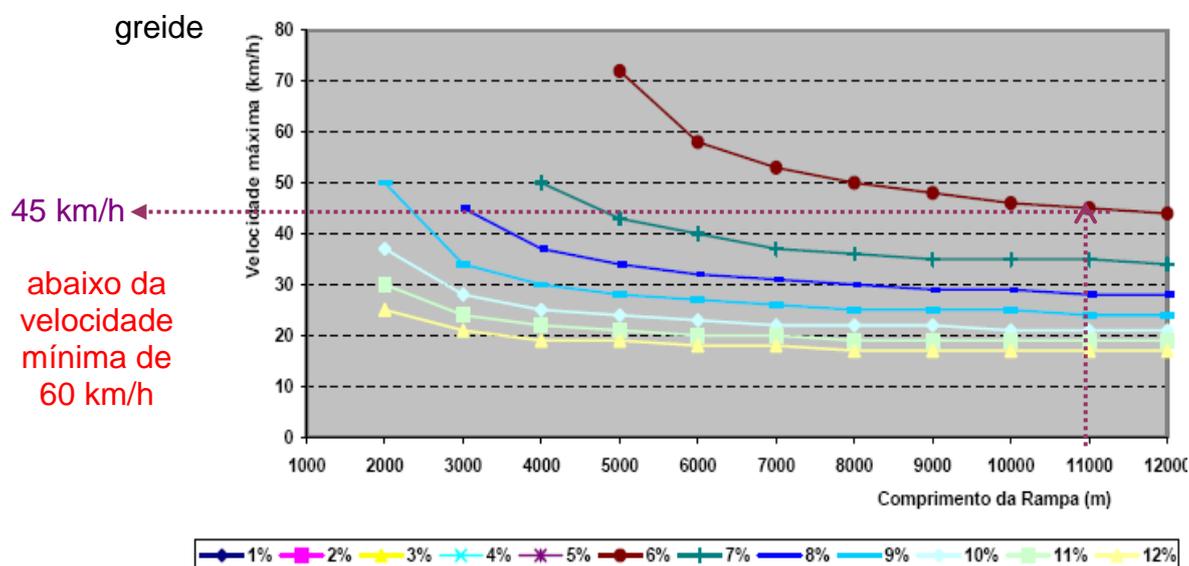


Figura 24 - Velocidades permitidas - Veículo MB 1720 trucado. Fonte: Lucas (2004).

Pois se uma pista é projetada com extensão superior a 11.000 metros, e greide de 6%, conceitualmente o veículo comercial deve trafegar com velocidade inferior a 45 km/h, como demonstrado na Figura 25. Portanto independentemente das especificações oriundas do projeto civil, a velocidade diretriz máxima será de 90 km/h, ou seja conforme o CTB – Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997) o veículo mais lento deve trafegar a pelo menos 50% da velocidade diretriz da pista.

(viii) ambiente geográfico e meteorológico

As regiões de serra destacam-se pelo surgimento de neblina, que é carregada para dentro do túnel pelo efeito pistão criado pela passagem dos veículos.

Outro tópico, já citado, é a necessidade econômica de construir com greides superiores a 3%, reduzindo dessa forma o comprimento da pista e por conseguinte seu custo. Além da pressão dos órgãos ambientais para reduzir o impacto da obra.

5.1.1.3 Estimativa de efeitos físicos e vulnerabilidade

Deve-se estabelecer detalhadamente o critério de escolha das hipóteses acidentais consideradas relevantes, levando-se em conta a severidade do dano decorrente da falha identificada.

Em função dos acidentes já ocorridos, adotou-se para o presente estudo, como o evento mais crítico possível, o choque entre um caminhão (cavalo mecânico + semi-reboque + reboque) com 45 toneladas de soja e um ônibus.

Ao estudar o risco deve-se perguntar: É possível reduzir os efeitos?

No presente estudo adotou-se todos os riscos, para efeito de mensuração.

5.1.1.4 Estimativa de frequência

A frequência da ocorrência de acidentes, foi estimada por meio de registros históricos constantes de banco de dados da Ecovias (2006), desde que efetivamente tenham representatividade para o caso em estudo, sendo definida em: 1 - Baixa, 2 - Média, 3 - Alta.

Verificando-se o banco de dados da Ecovias (2006) constatou-se em média um incêndio por ano em túnel.

Para um estudo de Análise de Risco podem-se definir três medidas para identificação dos perigos Cetesb (2003):

- (i) conhecer o histórico de patologias ou danos ao patrimônio ou à vida;
Ocorre em média um incêndio em túnel por ano;
- (ii) adoção de regras de segurança antes do início da instalação (projeto)
Adoção de normas internacionais recentemente revisadas e controle tecnológico do modelo operacional;
- (iii) antecipação de problemas potenciais que resultariam em severas conseqüências (ensaios de equipamentos/sistemas, comissionamento do túnel e operação simulada).

Quando se estuda a estimativa de frequência, deve-se analisar quais patologias podem afetar a obra. De acordo com Henriques (2001), as origens das patologias nas edificações são divididas em (Figura 25):

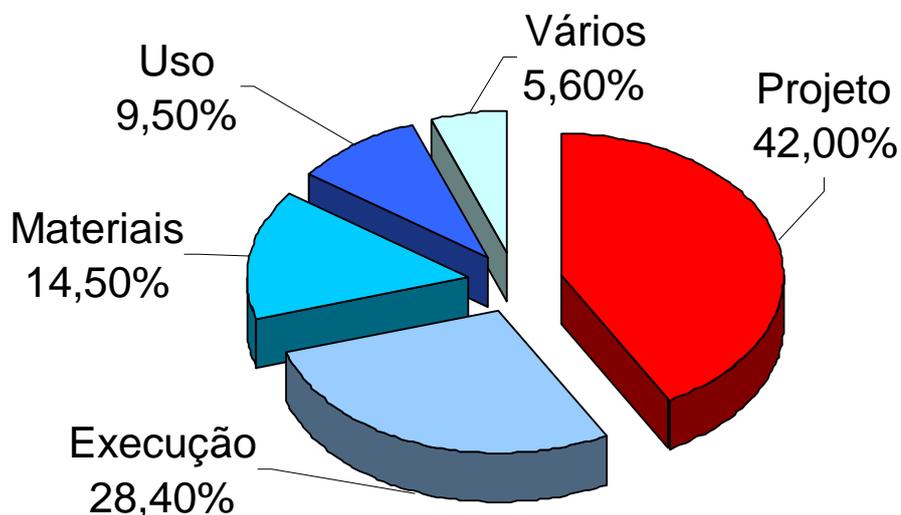


Figura 25 – Origens de patologias em edificações na União Europeia. Fonte: Henriques (2001)

Para Abrantes (1995) o controle de projetos pode ser qualitativo ou quantitativo. Os controles qualitativos referem-se à inspeção de documentos, detecção de erros grosseiros, definição de estratégias para controles complementares; enquanto os quantitativos buscam valorar todos os elementos dos projetos.

O presente trabalho buscou a vertente qualitativa, porque os valores financeiros envolvidos em obras deste porte são difíceis de serem mensurados corretamente.

5.1.2 Análise dos Riscos

Conforme Lees (1996), diversos são os métodos utilizados na análise de riscos; de forma geral, pode-se separar esses métodos em dois tipos: métodos qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos, em geral, são os utilizados na fase de identificação de perigos tendo como principal objetivo determinar eventos ou seqüência de eventos, que levem à situações indesejáveis. Já os quantitativos, são geralmente utilizados nas fases de avaliação das

conseqüências e probabilidades dos eventos ou seqüências de eventos indesejáveis ocorrerem.

Inicialmente definiram-se 15 parâmetros de estudo (aplicado no CE 24:301:13).

Ressalta-se que o presente trabalho foi realizado concomitantemente à elaboração da norma brasileira de segurança contra incêndios em túneis no âmbito da Comissão de Estudo – CE 24:301:13 - Segurança contra incêndios em túneis, sendo os 15 parâmetros de estudo relativos a túneis rodoviários realizados pelo grupo e adotados no presente trabalho.

Os 15 parâmetros (Tabela 15), possuem características diferentes, pois alguns, após a sua definição, não variam com o tempo (denominados Itens Fixos), no máximo sofrem a ação do tempo. Já outros variam de modo pouco previsível (Itens Variáveis).

Tabela 15 - Parâmetros de segurança

Itens Fixos	Itens Variáveis
Sinalização(2)	Condutor (1)
Velocidade diretriz (4)	Veículo (3)
Geometria (6)	Tipo de Serviço (5)
Estrutura Civil (7)	Manutenção e Limpeza (8)
Sistema Elétrico (9)	Operação (11)
Sistema de Segurança (10)	Condições Meteorológicas (14)
Materiais (12)	VDM (15)
Infra-estrutura (13)	

Nas reuniões do CE 24:301:13, como primeiro passo para a elaboração da análise de riscos, aplicou-se ferramenta “What If?”, os dados obtidos são apresentados no Anexo J.

Para a realização da análise de riscos completa, em atendimento às normativas selecionadas, adotou-se uma ferramenta aderente às atividades que são alvo de estudo, bem como capaz de ajustar-se tanto a atividades em projeto,

como a instalações em operação, fato este atendido pela APP – Análise Preliminar de perigos.

A escolha da APP deveu-se principalmente à possibilidade de segregar os efeitos em níveis de severidade, fato que permitiu a este trabalho selecionar as principais propostas de controle de risco no que tange à prevenção de incêndios em túneis.

A Figura 26 apresenta a APP adotada para o presente estudo.

Local de estudo: Túnel Rodoviário com mais de três por cento de declividade

Hipótese (1ª)		Perigo (2ª)	Causas (3ª)	Categoria de probabilidade (4ª)	Categoria de consequência (5ª)	Risco (6ª)	Medidas mitigadoras (7ª)
Ponto notável	Ponto controle						

Figura 26 – Cabeçalho da APP

A seguir, de forma detalhada, será apresentada a constituição da APP, coluna a coluna.

1ª Coluna: Hipótese

A coluna “hipótese” visa facilitar a discussão e referência das propostas de perigo.

2ª Coluna: Perigo, está diretamente vinculada à origem.

3ª Coluna: Causas

Definiu-se que a coluna “causas” abrange os itens que já geram acidentes como os apresentados no histórico.

4ª Coluna: Categoria de Probabilidade

1 - pouco provável (freqüência menor do que 10^{-4});

2 – provável (freqüência entre 10^{-1} e 10^{-4});

3 – certo (freqüência $> 10^{-1}$).

5ª Coluna: Categoria de Conseqüência

A - pequena (sem vítimas ou ferimentos leves);

B - relevante (vítimas com ferimentos leves);

C - crítica (vítimas com ferimentos graves);

D - catastrófica (fatalidades).

Obtendo-se uma matriz de riscos padrão (Tabela 16), sendo esta adequada para o evento específico estudado.

Tabela 16 – Matriz de riscos

Categorias da probabilidade	3	RM	RM	RA	RA
	2	RB	RM	RA	RA
	1	RB	RM	RM	RM
		A	B	C	D
		Categorias de conseqüência			

6ª Coluna: Risco

RB – risco baixo;

RM – risco médio;

RA – risco alto.

7ª Coluna: Medidas Mitigadoras

Esta coluna apresenta os tópicos a serem comissionados.

A APP de túneis está disponível no Anexo L. Por se tratar de um estudo genérico adotou-se todos os riscos com altos (RA).

5.1.3 Avaliação dos riscos

Nesta etapa é realizado o comissionamento e posterior liberação da operação simulada.

5.1.4 Propostas de controle dos riscos

Caso a operação do sistema ainda não seja possível em sua totalidade, postergam-se atividades para um segundo momento, como reduzir a velocidade ou não circular veículos comerciais.

Neste ponto do estudo deve-se questionar se é possível reduzir os efeitos, sendo que no presente estudo adotou-se todos os riscos, para efeito de mensuração.

5.1.5 Gerenciamento de riscos

Sazonalmente deve-se reaplicar a APP para verificar se os riscos inicialmente constatados não se alteraram. Inclusive deve-se realizar inspeções.

5.2 Resultados

O EAR resultante (item 6.1.1 a 6.1.5) foi apresentado a Comissão de Estudo – CE 24:301:13 do CB24, de modo a obter-se requisitos de verificação para cada risco, Anexo M.

Para a análise dos resultados dividiram-se, os requisitos de verificação, em quatro grupos: ITENS FIXOS (A - Estrutura e B- Infra-estrutura) e ITENS VARIÁVEIS (C - sem controle operacional e D - com controle operacional), Tabela 17.

Tabela 17 – Quatro grupos de risco

ITENS FIXOS A - Infra-estrutura e B- Estrutura		ITENS VARIÁVEIS C -sem controle operacional e D - com controle operacional	
A	<p>Sinalização(2)</p> <p>Sistema Elétrico (9)</p> <p>Sistema de Segurança (10)</p> <p>Materiais (12)</p> <p>Infra-estrutura (13)</p>	C	<p>Condutor (1)</p> <p>Veículo (3)</p> <p>Condições Meteorológicas (14)</p>
B	<p>Velocidade diretriz (4)</p> <p>Geometria (6)</p> <p>Estrutura Civil (7)</p>	D	<p>Tipo de Serviço (5)</p> <p>Manutenção e Limpeza (8)</p> <p>Operação (11)</p> <p>VDM (15)</p>

A seguir são apresentados os requisitos de verificação, nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

Tabela 18 - Requisitos de verificação Itens Fixos - A- Infra-estrutura

Itens Fixos A - Infra-estrutura		Requisitos de verificação da EAR
2.1	Sinalização	Comunicação (áudio/visual)
2.2	Sinalização	Divulgação (panfletos e outras mídias)
2.3	Sinalização	Especificação adequada
2.4	Sinalização	Especificações baseadas em normas
2.5	Sinalização	Iluminação de emergência
2.6	Sinalização	Iluminação normal
2.7	Sinalização	Procedimento de contingência
2.8	Sinalização	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
2.9	Sinalização	Procedimento de segurança
2.10	Sinalização	Redundância na informação
9.1	Sistema elétrico	Adotar normas/critérios adequados para iluminação
9.2	Sistema elétrico	Aplicação de componentes fogo-retardante/atóxicos/não halogenados
9.3	Sistema elétrico	Combate a roedores
9.4	Sistema elétrico	Estabelecer níveis mínimos de iluminamento
9.5	Sistema elétrico	GGD, NO-BREAK
9.6	Sistema elétrico	Iluminação de emergência
9.7	Sistema elétrico	Inspeção/manutenção
9.8	Sistema elétrico	Limpeza
9.9	Sistema elétrico	No break / Redundância de caminhos / Sinalização de faróis ligados / Iluminação de emergência
9.10	Sistema elétrico	Passivação/compartimentação
9.11	Sistema elétrico	Proteção física
9.12	Sistema elétrico	Sistemas redundantes de alimentação
9.13	Sistema elétrico	Verificação da vida útil dos materiais/equipamentos
10.1	Sistemas de Segurança	Projetos e execução dos sistemas bem elaborados, baseados em normas
10.2	Sistemas de segurança	Manutenção adequada
10.3	Sistemas de segurança	Inspeções periódicas
10.4	Sistemas de segurança	Ensaios
10.5	Sistemas de segurança	Treinamento
10.6	Sistemas de segurança	Redundância nos sistemas de resistência e reação ao fogo
10.7	Sistemas de segurança	GGD / Redundância / No break
10.8	Sistemas de segurança	Redundância
10.9	Sistemas de segurança	Sistemas retardantes de chama
12.1	Materiais	Especificação adequada
12.2	Materiais	Cabos retardantes de chama
12.3	Materiais	Cabos sem halogênios
12.4	Materiais	Compatibilização dos materiais e sistema de fixação
13.1	Infra-Estrutura	Alarme de falha / redundância física
13.2	Infra-Estrutura	Embutir / proteger / redundância
13.3	Infra-Estrutura	GGD / Redundância / No break
13.4	Infra-Estrutura	Resistência a calor/fogo e aplicação de material de baixa toxicidade

Os riscos relacionados ao item A - infra-estrutura, estão diretamente centrados na relação instalações elétricas, sistema de segurança e sinalização, pois sem energia elétrica o sistema de segurança e sinalização, ficam praticamente inoperantes.

Tabela 19 Requisitos de verificação Itens Fixos - B- Estrutura

Itens Fixos B- Estrutura		Requisitos de verificação da EAR
4.1	Velocidade	Controle e monitoração/sinalização
4.2	Velocidade	Fiscalização
4.3	Velocidade	Procedimentos de segurança
4.4	Velocidade	Procedimentos operacionais
4.5	Velocidade	Projeto adequado
4.6	Velocidade	Radar
4.7	Velocidade	Sinalização
6.1	Geometria do Túnel	3ª Faixa (Baia de Emergência)
6.2	Geometria do Túnel	Aplicação de bombas hidráulicas adequadas
6.3	Geometria do Túnel	Rampas longitudinais menores que 3%
6.4	Geometria do Túnel	Controle de carga (peso/material)
6.5	Geometria do Túnel	Controle de Velocidade
6.6	Geometria do Túnel	Controle do Estado do Veículo
6.7	Geometria do Túnel	Dispositivos auxiliares de freio / Veículo compatível / Marcha engrenada
6.8	Geometria do Túnel	Declive transversal para escoamento dos líquidos
6.9	Geometria do Túnel	Estudo de gabarito dinâmico com folgas adequadas
6.10	Geometria do Túnel	Largura mínima da faixa (Passeio - 3,20m / Comercial - 3,50m)
6.11	Geometria do Túnel	Facilidade de manutenção
6.12	Geometria do Túnel	Prever espaço para rotas de fuga adequadas
6.13	Geometria do Túnel	Prever espaço para saídas de emergência
6.14	Geometria do Túnel	Prever espaço para Segregação Física da Pista por Barreira Rígida de Concreto
6.15	Geometria do Túnel	Prever espaço para sinalização/iluminação
6.16	Geometria do Túnel	Não prever espaço para habitáculos (todas as saídas de emergência devem levar os usuários para o exterior do túnel)
6.17	Geometria do Túnel	Prever espaço para Sistema de Comunicação
6.18	Geometria do Túnel	Utilização de normas adequadas
6.19	Geometria do Túnel	Prever espaço para ventilação e controle
6.20	Geometria do Túnel	Barreiras contra impacto de veículos nas passarelas de emergência
7.1	Estrutura civil	Construir estrutura para coleta de líquidos derramados na pista
7.2	Estrutura civil	Controle projeto/execução
7.3	Estrutura civil	Drenagem (água) independente dos líquidos derramados
7.4	Estrutura civil	Estrutura dimensionada à colisão (choques)
7.5	Estrutura civil	Inspeção/manutenção
7.6	Estrutura civil	Manutenção preventiva/corretiva do pavimento
7.7	Estrutura civil	Possuir baia de emergência (3,50m largura/50m extensão)
7.8	Estrutura civil	Prever faixa para passagem de veículos de atendimento de emergência
7.9	Estrutura civil	Projeto que contemple necessidades da ventilação
7.10	Estrutura civil	Proteção adequada na base dos pilares (subentrada)
7.11	Estrutura civil	Revestimento deve agüentar 650° C
7.12	Estrutura civil	Revestimentos resistentes ao fogo por 150 minutos

Os riscos relacionados ao item B – estrutura, são o espelho do projeto, repercutindo em toda a vida útil do túnel.

Tabela 20 Requisitos de verificação Itens variáveis - C -sem controle operacional

Itens Variáveis		Requisitos de verificação da EAR
C -sem controle operacional		
1.1	Condutor	Campanhas educativas
1.2	Condutor	Credenciamento
1.3	Condutor	Exames médicos periódicos físico/psicológico
1.4	Condutor	Fiscalização
1.5	Condutor	Carga horária adequada
1.6	Condutor	Reciclagem
1.7	Condutor	Conhecer a pista
1.8	Condutor	Sistema veicular monitorado
1.9	Condutor	Treinamento
3.1	Veículo	Compartimentação
3.2	Veículo	Especificação adequada
3.3	Veículo	Fiscalização
3.4	Veículo	Materiais adequados (revestimentos, bancos, cabos elétricos)
3.5	Veículo	Monitoração do tráfego
3.6	Veículo	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
3.7	Veículo	Proteção ativa (detecção, extintores)
3.8	Veículo	Proteção passiva
3.9	Veículo	Treinamento de manutenção
3.10	Veículo	Treinamento de operação
14.1	Condições ambientais	Detecção de gases
14.2	Condições ambientais	Drenagem / Sinalização / POP / Ventilação
14.3	Condições ambientais	Impermeabilização
14.4	Condições ambientais	Inspeções periódicas
14.5	Condições ambientais	Manutenção
14.6	Condições ambientais	Manutenção adequada
14.7	Condições ambientais	Segregação dos equipamentos elétricos
14.8	Condições ambientais	Sistema de ventilação
14.9	Condições ambientais	Sistemas adequados de captação/bombeamento
14.10	Condições ambientais	Sistemas de extração de gases

Os riscos relacionados ao item C, conforme histórico de acidentes originam a maior parte dos sinistros. As ações preventivas são as de atuação indireta, merecendo um controle contínuo. Os acidentes nos Túneis de Tauern e Gotthard tiveram sua origem neste grupo.

Tabela 21 Requisitos de verificação Itens variáveis - D - com controle operacional

Itens Variáveis D - com controle operacional		Requisitos de verificação da EAR
5.1	Tipo de serviço	Divulgação (audio-visual)
5.2	Tipo de serviço	Fiscalização
5.3	Tipo de serviço	Monitoração
5.4	Tipo de serviço	Treinamentos
8.1	Manutenção	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
8.2	Manutenção	Rotina de ensaios operacionais
8.3	Manutenção	Treinamento
8.4	Manutenção	Monitoração
8.5	Manutenção	Inspeção periódica
11.1	Operação	Estabelecimento de estratégias e treinamentos adequados
11.2	Operação	Estabelecimento de políticas de segurança (conscientização)
11.3	Operação	POP para operação normal e emergencial
11.4	Operação	Reciclagem / treinamento/pátio de fiscalização
15.1	VDM	Faixa adicional
15.2	VDM	Sistemas de Segurança (Ventilação, CFTV, Detetor de Incêndio, Sensores CO / Opacímetro, Comunicação, etc.)
15.3	VDM	POP – procedimentos operacionais

Os riscos relacionados ao item D são tópicos que comprovam a necessidade da existência de equipes de operação, bem treinadas e com atuação no CCO e no interior do túnel.

6 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS

Conforme Norma Dicor-02 do Inmetro (BRASIL, 2003), no que se refere à implantação da ABNT NBR ISO/IEC 17020:2006 (ABNT, 2006) – Avaliação de conformidade com os critérios gerais para o funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeções, define que: quando o organismo de inspeção tiver que utilizar a) métodos ou b) procedimentos de inspeção que não sejam normalizados, tais métodos e procedimentos devem ser apropriados e estar totalmente documentados.

Portanto, a atividade de avaliação do túnel, por não ser normalizada, deve possuir métodos e procedimentos documentados. Para tanto é necessário inicialmente validar o método, aqui proposto, que consiste em realizar-se previamente 11 atividades de avaliação para a liberação do início da operação comercial de um túnel. De posse das atividades validadas elaboram-se os procedimentos de ensaio.

a) Validação dos Métodos

Os Ensaio de Aplicação serão iniciados pela aplicação do Estudo de Análise de Risco - EAR na operação comercial do túnel, inclusive com a incorporação de veículos comerciais, ou seja, um passo além do capítulo anterior desta. De posse das medidas mitigadoras para a operação do túnel, será realizada uma comparação e posterior validação entre o EAR e as 11 atividades de avaliação, de modo a efetivar as Atividades Mínimas necessárias à liberação operacional do túnel.

b) Procedimentos de Ensaio

Para cada atividade deve ser elaborado um procedimento de ensaio que permita ao órgão que realizará a análise do túnel definir, ou não, a sua capacitação de modo a liberar o início da operação comercial, inclusive periodicamente confirmar se o túnel ainda possui condições técnicas operacionais para continuar operando.

Em função de sua complexidade este item deve ser estudado em separado, em outro trabalho.

6.1 Validação do Método e consolidação das Informações

Para a validação das 11 Atividades deve-se verificar se estas eliminam todos os principais riscos selecionados pela análise de riscos.

6.2 Proposta de Avaliação de Conformidade

Para a organização das informações necessárias à realização da avaliação de conformidade, definiram-se inicialmente atividades mínimas a serem executadas, oriundas da experiência. De posse delas foi possível, então, realizar o Ensaio Preliminar, sendo estas ajustadas em função da Revisão Bibliográfica e, posteriormente, implantadas no Ensaio de Aplicação.

Os dados obtidos (fruto da Prática existente) permitirão elaborar as atividades que servirão como Método de Trabalho nas Inspeções nos túneis novos.

6.2.1 Definição do modelo operacional e de manutenção

A filosofia da Operação e Manutenção deve atender as seguintes premissas:

- a) devem ser realizadas por especialistas de primeira linha em Manutenção, Operação, e analistas de sistemas computacionais nos estágios iniciais do projeto, de modo a garantir a segurança dos usuários;
- b) a Manutenção da estrutura civil deve ser acertada diretamente com o consórcio construtor, que deve definir, em função do projeto e utilização, os planos de manutenção;
- c) a supervisão da manutenção deve estar a cargo de um engenheiro que responda pela equipe específica da operadora rodoviária, tendo contato direto com o CCO – Centro de Controle Operacional do túnel;
- d) as equipes devem ser treinadas para atender casos de emergência em todas as especialidades necessárias;
- e) sinalização viária fixa (vertical e horizontal) e sinalização viária portátil (cones e painéis de mensagem fixa ou variável);
- f) procedimentos operacionais que definem prazos de atendimento;

- g) gerenciamento de emergências desenvolvido especificamente para aquele túnel;
- h) plano de contingência específico para incêndios nos túneis.

A estratégia operacional para túneis rodoviários deve:

- a) ser dimensionada para obter-se sempre um sistema eficiente, independentemente do fluxo de veículos;
- b) ser capaz de atender cenários com incidentes ou acidentes;
- c) manter equipes de resgate permanentes nos túneis, que atuem em poucos minutos;
- d) promover associação com outras entidades de modo a viabilizar a elaboração de um Plano de Emergência e Auxílio Mútuo - PAM;
- e) controlar as entradas e saídas dos túneis;
- f) manter um sistema de comunicação eficiente.

Quanto a operação rodoviária em sistemas viários com túneis deve ter como objetivo:

- a) estabelecer o Modelo de Operação (cotidiano e especial) a ser utilizada após a conclusão da nova pista (túneis);
- b) proporcionar aos usuários condições de Conforto, Fluidez e Segurança, pela adequação da capacidade do sistema à demanda;
- c) elaborar operações modeladas na condição de máxima capacidade, para o mínimo de intervenção operacional;
- d) Suprir aos usuários um Sistema de Segurança rápido e eficaz.

As atividades de operação e monitoramento do túnel no Centro de Controle Operacional - CCO, estão intimamente relacionadas, pois existe de certa forma uma interdependência, em que operar o túnel pode ser interpretado como colocar em prática as respostas dos controles efetuados (monitorar).

Serão aplicados todos estes conceitos no Ensaio de Aplicação, por serem complementares.

Manutenção

Como a operação é modelada tendo como base sistemas plenamente disponíveis, a equipe de manutenção deve:

- trabalhar com equipes de turno fixo (manutenção preventiva) e equipes de revezamento (manutenção corretiva);
- a manutenção preventiva deve ser realizada em função de programação de cada sistema (MTBF e MCBF), esta programação é alterada toda vez que existe a atuação da equipe de manutenção corretiva.
- toda vez que se iniciar uma manutenção deve-se informar ao CCO e indicar que o sistema encontra-se em reparo, seja com um aviso ou cadeado com etiqueta, evitando-se desta forma a sua operação acidental.
- o início de turno de cada equipe de manutenção preventiva, sua composição e tarefas programadas são informadas ao CCO;
- o início de turno de cada equipe de manutenção corretiva, também é informada ao CCO, sendo que as falhas a serem sanadas são registradas no CCO e as são sanadas em função da priorização dos sistemas, definidas nos procedimentos de manutenção;
- a realização de testes funcionais dos sistemas, faz parte das atividades da manutenção preventiva.

O presente trabalho define complementarmente que a manutenção compõe-se pelas Etapas de:

- eliminação de pontos críticos e adoção de referências de qualidade (atividades x atendimento do cliente/usuário, plano de atendimento a falhas, definição de parâmetros de trabalho com o CCO, distribuição de tarefas, composição do efetivo, premissas básicas de contrato com os terceirizados);

- padronização das tarefas de manutenção preventiva e corretiva (inventário do sistema, histórico de ocorrências, pontos críticos, serviços programados);
- realinhamento dos processos e referências de qualidade (MTBF e MCBF).

Além destas premissas são essenciais as tarefas de:

- gerenciamento de manutenção suportada pelo planejamento e controle de manutenção – PCM;
- PCM informatizado;
- programas de manutenção preventiva e corretiva;
- engenharia de manutenção;
- gerenciamento de materiais e peças de reposição;
- qualificação dos técnicos e controle de desempenho;
- estabelecer metas progressivas de desempenho.

6.2.2 Identificação dos riscos e medidas de redução

O Decreto N.º 46.076 (SÃO PAULO, 2001), instituiu o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações, inclusive para túneis rodoviários, e estabelece que o Gerenciamento de Riscos (item X do Artigo 23 do Capítulo IX) é uma medida de segurança contra incêndios em edificações. Entretanto, este Decreto não definiu detalhes sobre a elaboração e aplicação deste Gerenciamento de Riscos, enquanto medida de prevenção de incêndios em edificações.

Como ponto inicial do estudo, buscaram-se métodos de trabalho e ferramentas para aplicação de Gerenciamento de Riscos que fossem amplamente difundidos e já exaustivamente testados por outros pesquisadores, de modo a viabilizar-se a sua aplicação a ocorrências em túneis rodoviários. Considerou-se como atividade mínima para o Gerenciamento de Riscos a realização de Análise Preliminar de Perigos – APP, adotando-se o modelo apresentado por Scabbia (2004) como matriz inicial para a aplicação no presente estudo.

6.2.3 Definição das normas aplicáveis

Por não existir norma nacional que estabelecesse requisitos mínimos para a operação rodoviária de túneis, no início do presente estudo, adotaram-se os seguintes: a) Directiva 2004/54 (UNIÃO EUROPÉIA, 2004); b) NFPA 502:2001; c) Australasian Council (AFAC, 2001). Os mesmos textos estão sendo utilizados na elaboração da norma nacional pela Comissão de Estudo - CE 24:301:13, no âmbito do Comitê Brasileiro de Segurança contra incêndio (CB 24).

6.2.4 Definição dos sistemas de segurança

O sistema de segurança deve possuir:

- a) um centro de controle com um sistema de Circuito Fechado de Televisão - CFTV como parte integrante do Sistema de Segurança;
- b) sistema de segurança com duplicidade (redundância) de interligações e sistemas;
- c) funcionários que verifiquem ininterruptamente os sistemas, mesmo que esses sejam automáticos;
- d) controle em tempo real dos sistemas de ventilação, iluminação, bombeamento de água (hidrantes) e controle do nível de contaminação do ar em função da possível geração de um incêndio;
- e) aquisição de Sistemas Eletroeletrônicos específicos para aplicação em túneis rodoviários;
- f) controle de estoque dos sobressalentes dos sistemas eletroeletrônicos, de modo que estejam disponíveis em casos de emergência.

A prevenção contra o incêndio pode ser definida em duas categorias:

Redução da probabilidade de ocorrência do sinistro, por meio de correta especificação:

- a) geometria do túnel;
- b) controle do tráfego;
- c) sistema de ventilação;
- d) luz de emergência;

- e) manutenção do sistema desde as estruturas civis até os sistemas mecânicos, elétricos e eletroeletrônicos;
- f) sinalização viária.

Redução dos danos em consequência do acidente (incêndio):

- a) detecção rápida de acidente e fogo;
- b) repetição dos alarmes para fora do túnel (CCO);
- c) extinção do fogo;
- d) plano de atendimento a emergências;
- e) obtenção da informação do modo mais detalhado que seja possível (Sistema de Telefonia de Emergência - STE; Detecção Automática de Incidentes - DAI, detector de gases);
- f) sistemas para extinção do fogo;
- g) saídas de emergência sinalizadas;
- h) sistemas de retirada de fumos;
- i) extinção automática de incêndio - Water sprinkler system;
- j) demais sistemas de segurança (CFTV, rádio);
- k) ensaios periódicos nos sistemas e equipamentos;
- l) procedimentos operacionais resumidos.

A Proposta de Directiva 309/2002 (UNIÃO EUROPÉIA, 2002) define que, para se atingir um nível ótimo de segurança nos túneis rodoviários, devem ser estabelecidos dois objetivos:

Primeiro objetivo: prevenção (prevenir situações críticas que coloquem em perigo a vida humana, o ambiente e as instalações dos túneis);

Segundo objetivo: redução das eventuais consequências (no que respeita a acontecimentos como acidentes e incêndios) prevendo os pré-requisitos ideais para permitir que as pessoas envolvidas no incidente assegurem o seu próprio salvamento; permitir a intervenção imediata dos usuários da estrada para evitar

maiores danos; garantir a atuação eficaz dos serviços de emergência; proteger o ambiente; limitar os danos materiais.

Portanto, os sistemas de segurança devem ser estudados, mesmo antes da conclusão do projeto executivo, e deve servir de apoio não apenas em situações de emergência mas no cotidiano, como prevenção de sinistros.

No Ensaio de Aplicação será utilizada a ferramenta de Estudo de Análise de Riscos, utilizada pela Comissão de Estudos de Segurança Contra Incêndios da ABNT.

6.2.4.1 Automação dos sistemas de segurança em túneis

Para a aplicação de automação no sistema viário no Brasil, buscaram-se paralelos que poderiam ser adotados, sendo considerado o mais próximo o Sistema Metroviário, apresentado pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, que já possuía CCO com câmeras do CFTV, monitoramento de tráfego, semáforos, Audição Pública - PA (denominada de Megafonia no SSPD). A segunda alternativa era visitar túneis novos e recapitados no exterior, solução mais dispendiosa e demorada.

Outro ponto a favor da tecnologia metroviária era a existência de paralelos entre os procedimentos de liberação operacional de sistemas de automação na área metroviária e rodoviária.

6.2.5 Anteprojetos

A elaboração do projeto representa estudo complexo e demorado, que não pode, geralmente, ser realizado de um modo definitivo por uma primeira consideração do problema em vista. É indispensável, principalmente em países desprovidos de elementos esclarecedores suficientes, preparar uma série de informações preliminares, estabelecendo os delineamentos básicos para o exame apurado, posterior. Tal análise preliminar terá a virtude de circunscrever a amplitude do solo a ser estudado pelas observações definitivas. É uma apreciação rápida inicial, que diminuirá sensivelmente as proporções das operações penosas, que seguirão. Há assim, necessidade deste trabalho prévio, anteprojeto,

reconhecimento, ao qual sucede o projeto definitivo, ou a exploração. Além de respeitar os dados geológicos o anteprojeto deve ser o mais retilíneo possível e prever o sistema de drenagem adequado a região.

6.2.6 Projetos Executivos - caracterização dos sistemas

Admite-se que uma construção seja segura contra incêndio quando em uma situação de incêndio, há grande probabilidade de os ocupantes sobreviverem sem sofrer injúrias, e os danos à localidade se limitarem às cercanias imediatas do fogo (Figura 27).

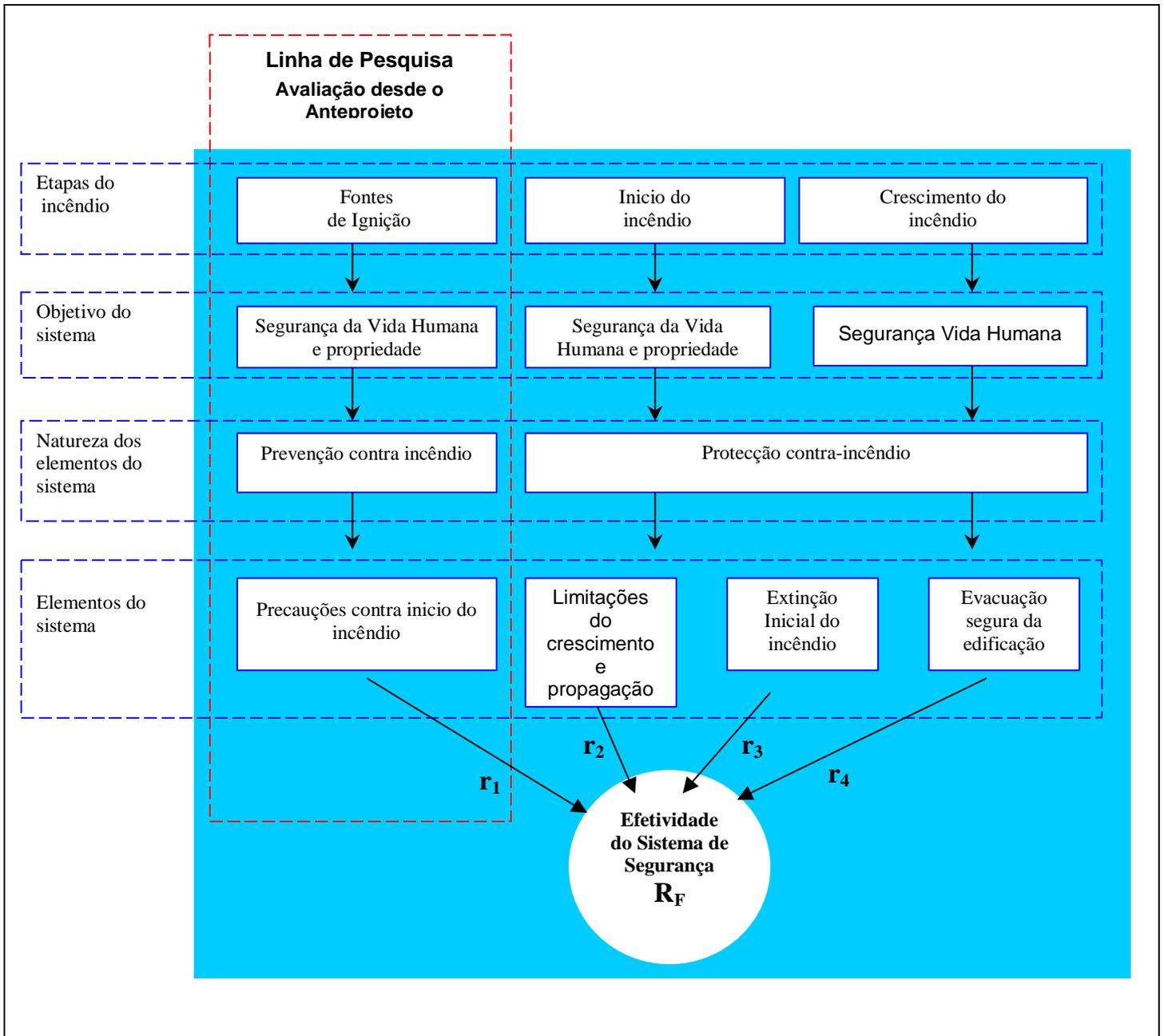


Figura 27 – Sistema global de segurança contra incêndio. Fonte: Berto (1995).

A efetividade final do sistema pode ser expressa pela fórmula:

$$R_F = 1 - ((1-r_1) \times (1-r_2) \times (1-r_3)) \times (1-r_4) \quad \text{eq (1)}$$

Sendo que,

R_F = efetividade do sistema de segurança (final);

r_i = efetividade de cada um de seus elementos;

i = 1 até 4

Considerando a equação (1) anterior, caso ocorra a efetividade de um dos elementos (r_i) de 100% ou 1, a efetividade total do sistema será 100% ou 1,0.

O Projeto Executivo deve tender a $R_F = 1$, sendo que a estrutura civil, a infraestrutura, a operação e manutenção devem estar concatenadas desde o projeto básico e devem estar comprovadas no executivo.

6.2.7 Construção do túnel e *as built* do projeto

No ensaio inicial, da implantação da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes, no projeto básico existiam 5 túneis com greide de aproximadamente 5%, e durante o processo de elaboração do projeto executivo e perfuração alterou-se para 3 túneis com greide médio de 6,5%.

6.2.8 Implantação da infra-estrutura e *as built* do projeto

No presente estudo define-se como infra-estrutura todos os sistemas civis, mecânicos, elétricos e eletrônicos que não estão contidos na estrutura civil (pavimento, revestimento e drenagem profunda) do túnel.

6.2.9 Ensaio de equipamentos e sistemas

Os ensaios realizados nos equipamentos utilizados no túnel consistem da verificação das condições de conservação e funcionamento, tendo como objetivo

padronizar os procedimentos para avaliação e análise dos sistemas, além de eliminar pendências de modo a viabilizar o comissionamento. Sendo que estes devem ser testados os sistemas críticos, inclusive os planos de trabalho alternativos (contingências), simulando casos de falhas nos sistemas, inclusive falta de energia elétrica.

Os ensaios nos sistemas devem ser realizados sistematicamente, mesmo após a liberação comercial do túnel, de modo a verificar-se a manutenção do sistema, nos mesmos moldes do início da operação comercial.

Os ensaios nos equipamentos e sistemas em túneis são afetados, por exemplo: pela geometria do túnel, pelo sentido de fluxo bidirecional ou unidirecional, pela natureza das cargas transportadas, pelas características dos veículos que circulam, pela interligação dos equipamentos e sistemas, entre outros.

Os ensaios normalmente são realizados pelo instalador dos equipamentos e sistemas, no caso de infra-estrutura mecânica, elétrica e eletrônica; no caso da estrutura civil, é realizada pelo consórcio construtor.

O processo de integração do túnel à operação do Sistema Rodoviário existente inicia-se nesta fase, mas é efetivamente realizado no comissionamento.

6.2.10 Comissionamento do túnel

O comissionamento refere-se à verificação das condições mínimas necessárias e suficientes para a entrada em operação dos procedimentos operacionais, instalações, sistemas e equipamentos que compõem o túnel.

Os profissionais envolvidos em cada uma das fases, sejam anteprojeto, projeto básico, projeto executivo, instalações, operação e manutenção, irão compor a equipe de comissionamento.

Para a execução das atividades de comissionamento, cada área envolvida, utilizará os recursos materiais e humanos de seus respectivos órgãos, sejam nacionais ou internacionais.

A realização do comissionamento permite subsídios à elaboração de futuros anteprojetos, aquisição de equipamentos, elaboração e execução de novos projetos, manutenção e operação de novos equipamentos e tecnologias, treinamento de funcionários dos diversos níveis hierárquicos da empresa, análise e elaboração de novos métodos de trabalho, cadastramento e controle de entrada de equipamentos ao sistema.

A coordenação do comissionamento é realizada pela equipe que irá operar o túnel, sendo que as atividades serão executadas em função do tipo de equipamento, instalação e localização do túnel, de modo a estabelecer e padronizar os procedimentos para incorporação deste túnel ao sistema viário em operação.

6.2.11 Operação simulada

Durante o período de ensaios o túnel começa a receber o controle operacional, pois já existe a sinalização horizontal e vertical; as regras de convivência entre as equipes de construção e instalação são mais intensas.

Após esta fase e até o fim do comissionamento testa-se também o desempenho do túnel quanto à localização de placas e pintura de solo. Em alguns casos o túnel é aberto ao público por algumas horas por semana, sempre fora do horário de pico, para verificar-se o desempenho operacional.

A atividade de operação simulada normalmente demanda 30 dias de execução. Conforme análise de riscos elaborada na CE 24:301:13, obteve-se a seguinte distribuição dos requisitos:

6.3 Correlação entre os requisitos de verificação e as 11 Atividades

A seguir, Tabelas 22/23/24/25, apresenta-se o resumo por Item Fixo e variável, sendo que a tabela completa com os 527 requisitos selecionados, está disponível no Anexo N.

Tabela 22 - Correlação Requisitos de verificação (A) e as 11 atividades

Requisitos de verificação da EAR - ITENS FIXOS A - Infra-estrutura	Atividades										
	1 - definição do modelo operacional	2- identificação dos riscos e medidas de redução	3 - definição das normas aplicáveis	4 - definição dos sistemas de segurança	5 - projetos básicos	6 - projetos executivos	7 - construção do túnel e as <i>built</i> do projeto	8 - implantação da infra-estrutura e as <i>built</i> do projeto	9 - ensaios de equipamentos/sistemas	10 - comissionamento do túnel	11 - início da operação simulada
Sinalização	x		x	x				x			
Sistema Elétrico	x	x		x				x	x	x	x
Sistema de segurança	x	x	x	x				x	x	x	x
Materiais	x	x			x	x	x	x			
Infra-estrutura elétrica	x	x		x	x	x	x	x			

Estes requisitos devem ser avaliados e re-avaliados durante todo o trabalho.

Tabela 23 - Correlação Requisitos de verificação (B) e as 11 atividades

Requisitos de verificação da EAR - ITENS FIXOS B - estrutura	Atividades										
	1 - definição do modelo operacional	2- identificação dos riscos e medidas de redução	3 - definição das normas aplicáveis	4 - definição dos sistemas de segurança	5 - projetos básicos	6 - projetos executivos	7 - construção do túnel e as <i>built</i> do projeto	8 - implantação da infra-estrutura e as <i>built</i> do projeto	9 - ensaios de equipamentos/sistemas	10 - comissionamento do túnel	11 - início da operação simulada
Velocidade diretriz	x	x	x	x	x	x					x
geometria da pista	x	x	x	x	x	x	x				
estrutura civil	x	x		x	x	x	x				

Após a definição da estrutura nada pode ser revisto, sem altos investimentos, portanto deve-se elimina-los no projeto.

Tabela 24 - Correlação Requisitos de verificação (C) e as 11 atividades

Requisitos de verificação da EAR - ITENS VARIÁVEIS – C -sem controle operacional	Atividades										
	1 - definição do modelo operacional	2- identificação dos riscos e medidas de redução	3 - definição das normas aplicáveis	4 - definição dos sistemas de segurança	5 - projetos básicos	6 - projetos executivos	7 - construção do túnel e as <i>built</i> do projeto	8 - implantação da infra-estrutura e as <i>built</i> do projeto	9 - ensaios de equipamentos/sistemas	10 - comissionamento do túnel	11 - início da operação simulada
condutor	x	x		x	x	x					x
veículo	x	x									
condições metereológicas	x	x		x	x	x					

Na fase de projeto elabora-se propostas de como estimar esses riscos, pois por serem variáveis e independentes da operação, serem supervisionados e estudados no dia-a-dia.

Tabela 25 - Correlação Requisitos de verificação (D) e as 11 atividades

Requisitos de verificação da EAR - ITENS VARIÁVEIS – D -com controle operacional	Atividades										
	1 - definição do modelo operacional	2- identificação dos riscos e medidas de redução	3 - definição das normas aplicáveis	4 - definição dos sistemas de segurança	5 - projetos básicos	6 - projetos executivos	7 - construção do túnel e as <i>built</i> do projeto	8 - implantação da infra-estrutura e as <i>built</i> do projeto	9 - ensaios de equipamentos/sistemas	10 - comissionamento do túnel	11 - início da operação simulada
tipo de serviço	x	x		x							x
manutenção	x	x		x				x	x		x
operação	x	x		x				x	x		x
VDM	x	x		x							x

Este grupo se caracteriza pela importância inicial Atividades 1, 2 e 4, retornando nas atividades 9, 10 e 11.

Portanto, Requisitos de verificação (Anexo N) podem ser divididas em Atividades para avaliação de conformidade x Requisitos de verificação:

Tabela 26 - Medidas mitigadoras por requisitos de verificação

Atividades para avaliação de conformidade	Requisitos (quantidade)	
1 - definição do modelo operacional e de manutenção	113	319 Tarefas relacionadas a projeto
2- identificação dos riscos e medidas de redução	40	
3- definição das normas aplicáveis	17	
4 - definição dos sistemas de segurança	68	
5 - projetos básicos	36	
6 - projetos executivos - caracterização dos sistemas	45	
7 - construção do túnel e as <i>built</i> do projeto	47	
8 - implantação da infra-estrutura e as <i>built</i> do projeto	40	
9 - ensaios de equipamentos/sistemas (laboratório e túnel)	31	
10 - comissionamento do túnel (com e sem fumaça)	35	
11 - início da operação simulada	55	
Total	527	

Portanto, 67% das atividades (Figura 28) a serem avaliadas estão na fase de Projeto (Atividades 1 a 6).

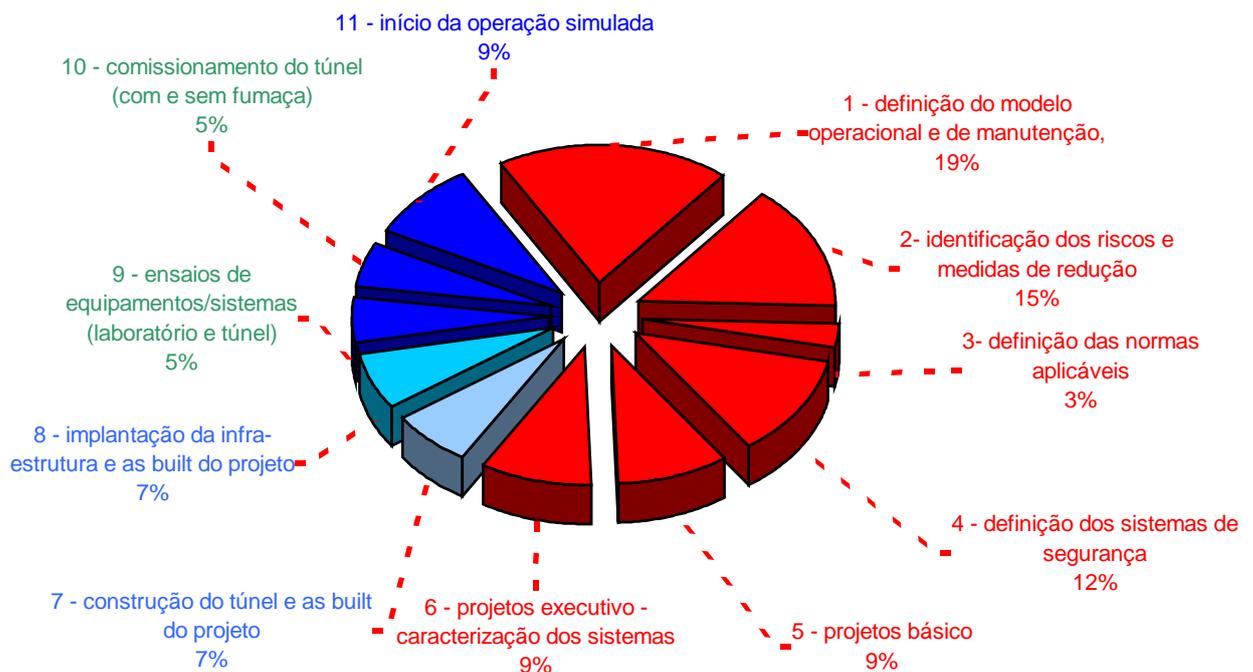


Figura 28 – Distribuição dos 527 requisitos

6.4 Avaliação Sazonal da Operação Rodoviária

A operação deve ser re-avaliada toda vez que acontecer um acidente, ou incidente, sendo gerado um relatório que proponha medidas mitigadoras à origem detectada do sinistro.

No Metrô esta prática chama-se “Reunião de Incidente Notável”, tendo a participação do responsável pelo CCO, pois possui o relato oficial do evento e membros das áreas técnicas e de apoio.

Complementarmente a Directiva 54 - UNIÃO EUROPÉIA (2004) propõe a elaboração de uma nova EAR – estudo de análise de riscos a cada 5 anos, de modo a verificar possíveis desvios na operação. sendo que o Eurotap – (European Tunnel Assessment Programme, 2006) em sua inspeção anual realizou verificação em túneis da Espanha, França, Itália e Alemanha nos seguintes sistemas: iluminação (normal e emergência), hidrantes e mangotinhos, controle de tráfego, sistemas de radiocomunicação, saídas de emergência, procedimentos para gerenciamento de crises e plano de emergência.

7 DISCUSSÃO FINAL

Em função do objetivo principal deste estudo, ou seja, a definição de atividades para a validação dos requisitos mínimos para a liberação da operação comercial de túneis rodoviários, em declives longos superiores a cinco por cento, obtiveram-se 11 Atividades pautadas em 527 requisitos de verificação a serem desenvolvidos, adequados e posteriormente aplicados no túnel em estudo.

Pode-se destacar, individualmente:

1 - definição do modelo operacional e de manutenção

Além de ser a razão da existência do túnel, a operação tem maior longevidade (mais de 100 anos), fato que nunca deve ser esquecido, mesmo durante aos meses de sua construção. Todas as indefinições técnicas do projeto e da construção recairão na operação/manutenção do sistema.

Construir um túnel com um greide maior (>3%) inevitavelmente terá mais custo operacional, em função de todos os controles exigidos, além da manutenção desses, durante a sua vida útil.

Túneis com a possibilidade de reversão de fluxo, por causa maior volume de veículos pode ser uma solução mais dispendiosa na fase de projeto de acessos e sistemas de segurança, mas operacionalmente o sistema viário ganha em maleabilidade.

Da mesma forma iniciar o projeto sabendo todas as definições operacionais, evita re-trabalhos (demolição e reconstrução) que são muito mais custosos que re-desenhar um projeto.

2- identificação dos riscos e medidas de redução

De posse do modelo operacional é possível definir os riscos, bastando aplicar o EAR nos pontos críticos da operação e verificar se os requisitos mínimos serão aplicados no projeto básico nos sistemas de segurança.

3 - definição das normas aplicáveis

Na inexistência de norma nacional, se deve adotar normas internacionais, pois os túneis são construídos há séculos e sua experiência operacional esta documentada.

A norma nacional que está em aprovação na ABNT não solucionará todos os problemas, mas estará mais próxima de nossa realidade, pois na média a nossa frota veicular é mais antiga do que outros países (UE, EUA), e a participação da operação viária (guinchos, ambulâncias) é muito mais intensa.

4 - definição dos sistemas de segurança

Todos os requisitos de verificação têm que ser previstos nesta fase, portanto deve ser realizado antes do projeto básico.

5 - projetos básicos

Valle (1934), afirma que a superestrutura caracteriza a estrada, é composta de duas partes, a inferior e permanente, que é a infra-estrutura; a superior e variável, que é a superestrutura.

Além de atender todas as normas específicas deve incorporar os sistemas de segurança.

6 - projetos executivo - caracterização dos sistemas

Todas as premissas atendidas, realiza-se essa etapa. Durante a construção, o projeto receberá ajustes *as built*, mas esses não podem desconfigurar o modelo operacional.

7 - construção do túnel e as *built* do projeto

Todas as obras possuem imprevistos, mas a solução não deve desconfigurar o conceito inicial.

Durante essa etapa todos os nichos e pontos de fixação da infra-estrutura devem ser instalados, o que torna muito mais ágil a atividade.

8 - implantação da infra-estrutura e as *built* do projeto

Financeiramente o que está construído não pode mais ser alterado, portanto a infra-estrutura deve ser extremamente adaptável a novas situações, sejam elas dimensionais, técnicas ou estéticas.

Alterações nos métodos e horários de trabalho são costumeiros, pois, na visão da população, o túnel está pronto para ser operado e as atividades subseqüentes à operação são apenas suplementares.

9 - ensaios de equipamentos/sistemas (laboratório e túnel)

O prazo de entrega da obra sempre é motivo para a redução do período de ensaio. Portanto, quanto mais horas aplicadas nos projetos e laboratórios de simulação, menores serão os problemas quando o sistema estiver instalado no túnel.

Infelizmente esta lógica não vale para os Sistemas de Segurança Automatizados, pois devem ser adequados para cada túnel e ajustados para cada situação operacional (alterações de VDM, neblina, congestionamento).

10 - comissionamento do túnel (com e sem fumaça)

No momento do ensaio geral, tudo que foi realizado está pronto e principalmente, o que não está pronto não estará disponível na liberação da operação comercial. Portanto, esta etapa apresenta o túnel como está, cabendo às equipes de operação e manutenção cobrir operacionalmente as lacunas das demais fases da construção, inclusive revisar seus procedimentos de trabalho e redimensionar as suas equipes de trabalho.

11 - início da operação simulada

Período concomitante aos ensaios dos sistemas. Quem gere o túnel não são mais as equipes de construção, mas a operação rodoviária. Essa etapa destaca-se pela validação dos procedimentos operacionais e pelo reconhecimento das equipes (operação, manutenção, PAM - Plano de Emergência e Auxílio Mútuo, Corpo de Bombeiros) da nova superestrutura.

8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho atendeu os objetivos, pois apresenta uma proposta de método, composto por 11 atividades e 527 requisitos a serem atendidos para a liberação ao uso e operação comercial de túneis rodoviários.

A proposta de avaliação de conformidade foi elaborada sobre uma implantação de um túnel, portanto deve ser reaplicada em outras localidades, do mesmo modo, deve ser elaborada uma norma específica que defina os tópicos a serem aferidos quando de uma implantação de um túnel.

A maioria dos túneis em operação no Brasil, não está adaptada as novas demandas, para tanto deveriam ser realizados estudos sobre o seu fechamento temporário, de modo a viabilizar a sua recapacitação, como realizado na União Européia.

9 SUGESTÕES DE MELHORIA DO PROCESSO

Toda vez que ocorre um incidente ou acidente deve ser realizada uma vistoria, que emite um parecer sobre a possibilidade de repetir-se o evento determinando medidas de como evitá-lo, conforme solicitado Na União Européia (2004).

Deve-se propor atividades para a normalização dos processos do órgão de inspeção de túneis rodoviários, como primeiro passo, foi enviada pelo IPT⁴, no dia 7 de fevereiro de 2007 correspondência ao Presidente do Inmetro Dr. João Alziro Herz da Jornada, solicitando a criação do OIC - CC (Organismos de Inspeção na área de Construção Civil).

Os dados apresentados nesta tese foram incluídos na norma nacional de segurança em túneis, fruto do trabalho realizado pela Comissão de Estudos CE 24;301:13, já encerrou os seus trabalhos, estando o texto em fase final formatação de posse do secretário da comissão⁵.

Como subsídios aos projetos de construção civil de túneis rodoviários, foram apresentadas 319 Tarefas (Medidas Mitigadoras) a serem desenvolvidas na elaboração do projeto distribuídas em 6 atividades (1 - definição do modelo operacional e de manutenção, 2 - identificação dos riscos e medidas de redução, 3 - definição das normas aplicáveis, 4 - definição dos sistemas de segurança. 5 - projetos básicos, 6 - projetos executivos - caracterização dos sistemas).

⁴ O autor é pesquisador convidado desta instituição.

⁵ O autor exerce a função de secretário desta comissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO - American Association Of State Highway And Transportation Officials - **A Policy On Geometric Design Of Highways And Streets**. Washington, D.C., EUA. 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho de freios - Parte 3 – Verificação do desempenho do sistema de freio de estacionamento de automóveis , caminhonetes . de uso misto – NBR 6097** Rio de Janeiro, 13p, 1978.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Componentes e sistemas de freio para veículos rodoviários - NBR 5532**, Rio de Janeiro, 47p. 1990.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio – NBR 11836**. Rio de Janeiro, 65p. 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Avaliação de conformidade com os critérios gerais para o funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeções - NBR ISO/IEC 17020**, Rio de Janeiro, 28p. 2006.

ABNT - CB24 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, CE 24:301:13, **Comissão de Estudos - Segurança contra-incêndios em Túneis**, atas de reunião. 2007.

ABRANTES, V. **Construção em bom português**. Técnica, n.14, p. 27-31, 1995.

AFAC - Australasian Fire Authorities Council – **Fire Safety Guidelines for Road Tunnels**, 45f. 2001.

ALAPA – Associação Latino-americana de Pneus e Aros - **Os perigos do superaquecimento dos freios – Boletim Técnico 2002**. Disponível em: [http://www.alapa.com.br/manuais_publicacoes/boletim2 /frame.htm](http://www.alapa.com.br/manuais_publicacoes/boletim2/frame.htm), acesso em: 19/01/2005.

ANDRADE, F. A. P. *et all.* - **Análise térmica do sistema de freios de um caminhão considerando a variação da carga – Apresentado ao VI Colóquio Internacional de Freios**, Gramado, RS, 2003.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres, criada pela **Resolução N° 001, de 20 de fevereiro de 2002** (*), DOU de 20 de março de 2002, que aprova o Regimento Interno e a Estrutura Organizacional da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

BERTO, A. F. **Regulamentação de Segurança Contra Fogo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995, 11 p. (Comunicação técnica IPT 2259).

BRASIL. **Decreto-lei n° 5, de 6 de março de 1969**, baixado por força do Ato Complementar n° 47, de 7 de fevereiro de 1969. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília 1969.

BRASIL. LEI N° 9.503 - DE 23 DE SETEMBRO DE 1997 **Código de Trânsito Brasileiro**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1997.

BRASIL. INMETRO - NIT-DICOR-002 - **Critérios Para o Credenciamento de Organismos de Inspeção**; Rio de Janeiro, 2003.

CANALE, A.C.; GUTIERREZ, J.C.H.; ORTEGA,F.; **Manual do Condutor de Veículos Comerciais – Usuário da Rodovia dos Imigrantes**, 116p. Editora Rima, ao Carlos, 2007.

CARDINALI, R. *et all.* – **Desempenho de freios a disco – Uma experiência prática** - Apresentado no VI Colóquio Internacional de Freios, 2003, Gramado, RS.

CASSANIGA, J. C. ALVES R. O.& ZANETTI, J. J. **Concreto na Rodovia dos Imigrantes**; 66, In; IBRACON 2003 - Instituto Brasileiro do Concreto. 2003.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos**. São Paulo, 120p, 2003.(Norma Técnica, P4.261).

COBREQ– Apostila: **Características essenciais da lonas e pastilhas de freio**, Edição: 2003. Disponível em: <<http://www.cobreq.com.br/home.htm>> acessado em 21/01/05. .

CONTRAN. - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO **Resolução N° 777/93, DE 23 DE DEZEMBRO DE 1993**. Dispõe sobre os procedimentos para avaliação dos sistemas de freios de veículos, Diário Oficial da União; Brasília (DF), 23 dezembro 1993.

COSTA *et all* **Estudo do superaquecimento dos freios a tambor em ônibus urbanos e caminhões**, SAE 1996 7pg.

COSTA P. **Acidentes mais relevantes em Túneis Europeus**. Madrid, 2003. disponível em <<http://www.pacocostas.com/svial27g.html> acesso em 07 de janeiro de 2006>

DERSA - Desenvolvimento Rodoviário S.A. **RODOVIA DOS IMIGRANTES – LIGAÇÃO SÃO PAULO – SANTOS - ESTUDO DE VIABILIDADE**, 422f., 1970.

ECOVIAS - CONCESSIONÁRIA ECOVIAS DOS IMIGRANTES SA. **Dados estatísticos de 2003 a 2006**, 25f, 2006.

EUROPEAN TUNNEL ASSESSMENT PROGRAMME, **Annual Report – 2006**, 50p., 2006.

FERNANDES, D.L.G. ; **Estudo da Frenagem de Autoveículos Rodoviários Pesados**. Dissertação de Mestrado, EESC-USP, São Carlos, 1994.

FIGUEIREDO FERRAZ & ALPINA SPA. **Rodovia dos Imigrantes; Serra - Relatório Final de Projeto**. São Paulo, 1970.

FIGUEIREDO FERRAZ **Rodovia dos Imigrantes – pista descendente e reversível**. - Estudo de Alternativas em Pistas Colaterais, São Paulo, 1974.

FIGUEIREDO FERRAZ **Estudo Geológico – Geotécnico da Rodovia dos Imigrantes – trecho serra**, São Paulo, 1976.

FIGUEIREDO, A.D. **Parâmetros de Controle e Dosagem do Concreto Projetado com Fibras de aço**. São Paulo, 1997. 342p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GUTIÉRREZ, J.C.H. **Estudo do desempenho da frenagem e do controle da velocidade de descida em declive longo e acentuado no trecho da serra do mar da rodovia dos imigrantes de veículos comerciais representativos da frota nacional 2005**. 406f. Relatório (Pós-doutoramento). Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo.

HCM - **Highway Capacity Manual**, 2.000. Highway Research Board, EUA. Washington, D.C., 2.000.

HENRIQUES, F. M. A. **A Noção de Qualidade em Edificações**. 1º Congresso Nacional da Construção, 10p. 2001. Lisboa. Disponível em: <<http://www.dec.fct.unl.pt/seccoes/smtc/pub7.pdf>> .Acesso em 9 setembro 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 695-2-1:1991, **Fire hazard testing** – Part 2: Test methods – Section 1: Glow-wire test and guidance.

IOMBRILLER, S. F. **Análise térmica e dinâmica do sistema de freio a disco de veículos comerciais pesados**. São Carlos, 2002. 177p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS **Reconhecimento geológico preliminar da variante da Anchieta do ramal de mongaguá** – Estrada do Imigrante. São Paulo: IPT, 1968a. 119p. v.1 (Relatório Técnico 4.777).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS **Reconhecimento geológico preliminar da variante da Anchieta do ramal de Santos** – Estrada do Imigrante. São Paulo: IPT, 1968b. 132p. v.1 (Relatório Técnico 4.939).

IPT -INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS **Estudos de viabilização de construção de túneis longos para transposição da Serra do Mar** . São Paulo: IPT, 1994. 67p. v.1 (Relatório Técnico 32.194).

IPT -INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS **Ensaio em Túnel na Rodovia dos Imigrantes** São Paulo 2003 8p (Relatório Técnico 63 847).

LEES, F. P. **Loss Prevention in the Process Industries**. Heinemann, 3º vol., 2ª edição, 1996.

LIMPERT, R. ; **Brake Design and Safety**, SAE, Warrendale, EUA, 1992.

LUCAS, M. J. **Faixas Adicionais para Trechos de Rodovias com Declives Longos Considerando os Aspectos Técnicos da Frenagem de Veículos de Carga**. São Carlos, 92p, 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MASHIMO H. **State of the road tunnel safety technology** in Japan Tunnelling and Underground Space Technology 17 (2002) 145–152, 2002 In: ITA - Open Session: Fire and Life Safety, at THE 28TH ITA GENERAL ASSEMBLY AND WORLD TUNNEL CONGRESS, 2–8 May 2002, Sydney, Australia; Tradução Isami Ota.

METRÔ - **Companhia do Metropolitano de São Paulo**. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: <<http://www.imetro.sp.gov.br>>. Acesso em: 28 de novembro de 2006.

MLMLTL - MINISTÈRE DE L'INTERIEUR MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT - Inspection générale Conseil général de l'administration des ponts et chaussées; **Rapport de la mission administrative d'enquête technique sur l'incendie survenu le 24 mars 1999 au tunnel routier du Mont Blanc**, 78p, 1999.

MONTEIRO FILHO, J. **Estudo de Estradas**, 1933. 200f Tese (Docente – livre e catedrático da cadeira de estradas de ferro e de rodagem) – Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro.

MONTEIRO FILHO, J. **Projeto de Estradas**, Rio de Janeiro: 1961. Cap 1, p 19-26.

MORAN, J. M.. *et. al*, **Introdução à Engenharia de Sistemas Térmicos: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferencia de calor**, LTC, 2005.

NFPA - National Fire Protection Association **NFPA 502**, Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, 2001 EUA.

NTSB - National Transportation Safety Board - **Highway Accident Report Adopted: May 3, 1983 Multiple Vehicle Collisions And Fire Caldecott Tunnel Near Oakland, California** April 7, 1982.

REAL, M. V. **A Informação como Fator de Controle de Riscos no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos**, 220f, 2000. Dissertação (Mestrado Engenharia de Transporte) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte; Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RLE- Rail Link Engineering. Fire performance of concrete for tunnel linings. **Channel tunnel rail link**, technical report nº 000-RUG-RLEEX-00005-AB, 1997.

SÃO PAULO. AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE -ARTESP. **EDITAL DE LICITAÇÃO Nº 015/CIC/97**, Lote 22 – Sistema Anchieta Imigrantes, São Paulo, 1997.

SÃO PAULO. **Decreto nº 46.076, de 31 de agosto de 2001**. Institui o Regulamento de Segurança contra incêndio das edificações e áreas de riscos para os fins da Lei nº 684, de 30 de setembro de 1975, e estabelece outras providências. Diário Oficial Poder Executivo, Seção I. São Paulo, Volume 111- Número 166, dia 1 de setembro de 2001.

SÃO PAULO. AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE - ARTESP. **Portaria 11, de 06 de dezembro 2002**. Regulamenta o Tráfego de Veículos de Carga (Caminhões, Reboques e Semi-Reboques), Veículos Mistos e Veículos de Transporte de Passageiros (Microônibus e Ônibus) na Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes SP-160. Poder Executivo Estado de São Paulo Seção I Volume 112 - Número 234 - São Paulo, 07 de dezembro de 2002.

SÃO PAULO. AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE -ARTESP. **Portaria 21, de 29 de novembro de 2004** Aprova as Especificações Técnicas de Veículos Automotores de Transporte Coletivo de Passageiros Rodoviário e Urbano Intermunicipal; Diário Oficial Poder Executivo Estado de São Paulo Seção I, Volume 114 - Número 224 - São Paulo, 30 de novembro de 2004.

SCABBIA, ALG. **Aplicação de Análise Preliminar de Perigos (APP) no gerenciamento de riscos de incêndios originados em instalações elétricas de baixa tensão**, 164f, 2004 Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia de Construção de Edificações.

SCABBIA ALG & CANALE AC **Proteção Contra Incêndios em Túneis:-Tecnologias Atuais**, XV Congresso brasileiro de Engenharia de Incêndio - COBENI (2006).

SHIDA, L. **Modelo Operacional da Pista Descendente**, , apresentação realizada à Prefeitura de Praia Grande – SP, 2002

SHIDA, L. & SCABBIA, A.L.G **Modelo Operacional: Adequação da Capacidade à Demanda com incorporação da Pista Descendente** .apresentação realizada à Artesp, 2001.

SMITH NETO, P. Freios **Material do Curso de Elementos de Máquinas** Pontifícia Universidade Católica – MG –engenharia mecânica ênfase mecatrônica:, 32p, 2004.

UNIÃO EUROPÉIA. ECE-R13 - Economic Commission for Europe -, **Requisitos legais para a homologação e certificação do sistema de freios**. 1990.

UNIÃO EUROPÉIA. **Proposta de DIRETIVA 2002/309/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos requisitos mínimos de segurança para os túneis inseridos na Rede Rodoviária Transeuropeia, Bruxelas 30.12.2002, COM(2002) 769 final 2002/0309 (COD).

UNIÃO EUROPÉIA **DIRETIVA 2004/54/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004, relativa aos requisitos mínimos de segurança para os túneis da Rede Rodoviária Transeuropeia.

Obs: Esta Directiva for alterada pela Decisão do Comité Misto Do EEE (Espaço Económico Europeu,) N^o 10/2006 de 27 de Janeiro de 2006 que altera o Anexo XIII (Transportes) do Acordo EEE

VALLE, A. **Estradas – Notas para o estudo das infra-estruturas**. São Paulo: Estabelecimento Gráfico Edanee, 1934. Cap.I, p. 09-22.

WIDMER J. **A Análise Teórica da Eficiência de Frenagem de Algumas Configurações de Veículos Unitários e Combinações de Veículos Rodoviários de Carga Brasileiros**, 8 p, 2003.

**ANEXO A - PERMISSÃO DE USO DE TRABALHOS
CIENTÍFICOS E RELATÓRIOS DA CONCESSIONÁRIA
ECOVIAS DOS IMIGRANTES SA**

A presente monografia adotou como estudo de caso o projeto, construção e operação dos túneis da Pista Descendente - PD da Rodovia dos Imigrantes, em função da participação do Autor desde a elaboração da proposta técnica em 1997, em resposta ao Edital do Lote 22 (Sistema Anchieta Imigrantes).

O Edital previa como Ampliação Principal, a cargo da vencedora da licitação, a construção da PD.

Durante a construção da PD o Autor exerceu a função de Coordenador de Manutenção e posteriormente, Coordenador de Automação da PD, acompanhando a obra desde o Modelo Operacional até a Liberação Comercial em 2002.

A seguir é apresentada a Autorização de uso dos materiais referentes a PD, com a finalidade de realização de trabalhos científicos.



AUTORIZAÇÃO

Através da presente, aos dezesseis dias do mês de abril de 2003, a Concessionária Ecovias dos Imigrantes S.A. autoriza o Sr. André Luiz Gonçalves Scabbia, portador do RG. 17.174.236, a utilizar, exclusivamente para o fim de produção de trabalho acadêmico, os relatórios relativos à construção da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes, produzidos pelas empresas Figueredo Ferraz, Geodata e IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, sendo certo que antes da publicação do referido trabalho, este deverá ser submetido à verificação da Ecovias, que deverá se manifestar expressamente em 30 (trinta) dias, sendo o silêncio entendido como ausência de óbice à publicação.


HAMILTON AMADEO
Diretor de Operações e Engenharia



Concessionária Ecovias dos Imigrantes S.A.

Rodovia dos Imigrantes Km 28,5 - Jd. Represa - 09845-000 - São Bernardo do Campo SP
Telefone: (11) 4358.8100 Fax: (11) 4358.8799 - E-mail: ecovias@ecovias.com.br

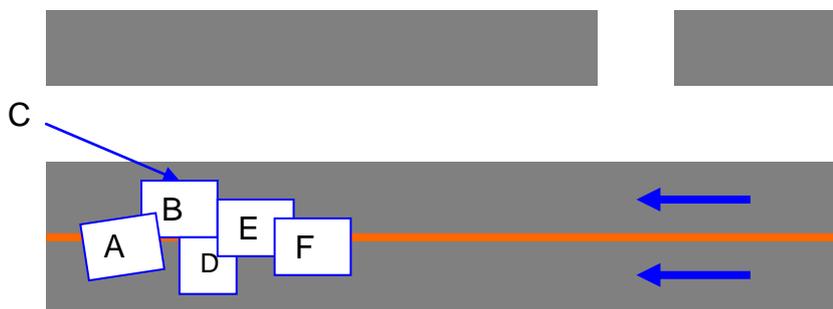
ANEXO B - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL DE NIHONZAKA – 1979

Tradução de ISAMI OTA do site: <http://www.h6.dion.ne.jp/~juns/tunnel/nihonzaka.html>

O Túnel

O túnel possui 2045 metros de extensão e liga Tóquio a Nagoya.

Descrição do acidente com 170 carros envolvidos e 7 mortes



Havia muitos carros circulando. Em algum dado momento, pelo congestionamento, o carro (A) teve que frear bruscamente. Consegui parar sem bater no da frente. O carro B, um caminhão, que estava atrás não conseguiu parar e bateu na traseira do A. O carro C que estava trás do B também não conseguiu parar e entrou em baixo B. O carro D consegui desviar para a lateral, mas o carro E bateu no C e empurrou-o mais ainda para abaixo do caminhão B,. O carro F bateu na traseira do carro E assim foi acontecendo sucessivamente, totalizando 170 carros batendo um atrás do outro. O carro D começou a pegar fogo e conseqüentemente alastrou para os demais.

Por que não se conseguiu apagar o fogo?

O sprinkler funcionou, mas não deu conta. O fogo foi tão grande que acabou a água e ainda tinha fogo.

Tentaram tirar água de uma lagoa, que havia perto, com uma bomba, mas com o túnel é muito longo e tiveram que emendar várias mangueiras até chegar o local do fogo. Mas com isso foi diminuindo a pressão e a água que chegava não foi o suficiente.

No túnel existia janelas para a retirada da fumaças, mas como a geração da fumaça foi intensa essa não deu conta. Com isso as pessoas não conseguiam entrar para tentar apagar o fogo.

Outros equipamentos eletrônicos de combate ao fogo não funcionaram pois a energia elétrica foi afetada pelo fogo.

Como o calor dentro do túnel atingiu aproximadamente de 300⁰C o concreto começou a despedaçar e cair. A viga metálica começou a envergar e tombar.

O ar quente saia pelos emboques do túnel e os socorristas não conseguiam entrar.

Como nada dava certo, o fogo só foi apagado após 24 horas, pois não existia mais material para mante-lo.

Somente após 3 dias é que conseguiram entrar dentro do túnel para a retirada dos carros, mas ainda estava 60⁰C na parte interna no túnel.

Já estava previsto que esta via ia congestionar mais cedo ou mais tarde e para que não ocorresse algum acidente pediam para que os carros mantivessem espaço entre eles.

Como havia muitos carros, isso não foi possível, pois se deixasse espaço entre os carros outros poderiam entrar na frente e para que isso não ocorresse não deixavam muito espaço na sua frente.

Anexo B - 116

Neste túnel era permitida a entrada de caminhões com carga perigosa. E um dos caminhões sinistrado estava carregando resina de madeira o que ajudou a propagar, ainda mais o fogo.

Como havia muitos carros andando no acostamento. Isso atrasou a chegada de bombeiros, pois não havia vias para acesso.

Os carros estavam por volta de 100 km/h, por isso na hora do acidente não conseguiram parar.

Haviam dois túneis com espaço de 50 metros entre eles. Um menor e depois outro de maior extensão. O PMV estava a 500 metros antes do segundo túnel. Com isso os carros que já estavam no primeiro túnel não podiam ler a informação que havia acidente dentro do túnel.

O que deve ser realizado para prevenir novos acidente?

- a) proibição da circulação de caminhões com carga perigosa;
- b) proibição da ultrapassagem dentro do túnel;
- c) instalação de radares para não permitir circulação em altas velocidades;
- d) instalação de PMV nas entradas do túnel (dois em cada entrada) e mais dois internamente;
- e) Construção de outro túnel. O novo túnel, distante do existente, tem maior número de faixas que o antigo, que possuía 2 faixas de rolamento e o novo tem 3 faixas;
- f) Construção de área de descanso (baia de emergência) para carros no interior do túnel;
- g) Aumento da iluminação dentro do túnel;
- h) Instalação de uma sinalização semafórica (vermelho/verde) nas entradas do túnel.

ANEXO C - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL DE CALDECOTT – 1982



Publications

National Transportation Safety Board - **HIGHWAY ACCIDENT REPORT**
Adopted: May 3, 1983 MULTIPLE VEHICLE COLLISIONS AND FIRE
CALDECOTT TUNNEL NEAR OAKLAND, CALIFORNIA APRIL 7, 1982

<http://www.nts.gov/publictn/1983/HAR8301.htm>

NTSB Number: HAR-83/01

NTIS Number: PB83-916201

SYNOPSIS

About 12:12 a.m. P.s.t., on April 7, 1982, several vehicles on westbound California State Route 24 entered the north, No. 3 Bore of the Caldecott Tunnel near Oakland, California. A Honda car driven by an intoxicated driver struck the raised curbs inside the tunnel and came to rest at the left edge of the roadway about one-third of the way through the tunnel. It was struck soon afterward by a following gasoline tank truck and tank trailer and then by an AC Transit bus which subsequently struck the tank trailer. The busdriver was ejected, and the empty bus continued west, exited the tunnel, and struck a concrete road support pier. The tank trailer overturned and gasoline was spilled inside the tunnel. A fire erupted and heavy black smoke quickly filled the tunnel. The tank truck and tank trailer, the Honda car, and four other vehicles that had entered the tunnel were completely destroyed by the fire. Seven persons were killed, and two people were treated for minor smoke inhalation. The tunnel incurred major damage.

The National Transportation Safety Board determines that the probable cause of this accident was a combination of events involving (1) the erratic driving by the intoxicated driver of a passenger vehicle which stopped in a through traffic lane creating a traffic obstacle; (2) the inattention of the truckdriver causing his vehicle to strike the passenger vehicle; and (3) the busdriver's overtaking the truck too rapidly to enable him to avoid striking the passenger vehicle when it unexpectedly appeared in the path of his bus.

Contributing to the cause and the severity of the accident was the presence of a flammable cargo tank truck and cargo tank trailer in the tunnel and the damage to the overturned trailer which permitted a loss of flammable cargo and a fire.

Also contributing to the severity of the accident and injuries were the lack of adequate monitoring capabilities and variable message signs or traffic signals at the entrance of the tunnel and within the tunnel, and the lack of a communication system between the tunnel personnel and tunnel occupants., which if present, might have facilitated occupant evacuation.

Anexo C -118

RECOMMENDATIONS

As a result of its investigation of this accident the National Transportation Safety Board made the following recommendations:

to the Director of the California Department of Transportation:

Evaluate and revise, where necessary, equipment requirements and emergency procedures at the Caldecott Tunnel to provide early warning of an emergency to motorists in the event of a life-threatening emergency. (Class II, Priority Action) (H-83-10)

Develop a state-wide emergency response plan and train tunnel employees in all phases of emergency operations, including smoke and toxic fumes management and immediate emergency response notification and periodically conduct drills to determine employees' ability to perform the above operations under stress. (Class II, Priority Action) (H-83-11) Provide easily identifiable exit markings for adits in the Caldecott Tunnel (Class II, Priority Action) (H-83-12)

Prohibit passing and lane changes in vehicular tunnels in California. (Class II, Priority Action) (H-83-13)

In cooperation with appropriate local authorities, survey all vehicular tunnels, and upgrade, where necessary, tunnel traffic controls, communication systems, firefighting equipment and towing capabilities. (Class II, Priority Action) (H-83-14)

Ban the movement of hazardous materials through vehicular tunnels where the relative risks of the tunnel route are higher than alternate routes. (Class II, Priority Action) (H-83-15) to the Secretary of the U.S. Department of Transportation:

Review the Federal Highway Administration and the Urban Mass Transportation Administration programs that encourage joint use of rights-of-way and determine if construction of rapid rail systems, in highway rights-of-way presents an unnecessary risk to the public from hazardous materials truck movements on adjacent roadways; if so, modify the safety criteria appropriately. (Class II, Priority Action) (H-83-16) to the Alameda/Contra Costa Transit District:

Closely monitor the health of drivers with known medical problems, and when their health may adversely affect their ability to safely transport passengers, remove them from duty. (Class II, Priority Action) (H-83-17)

ANEXO D - RELATÓRIO DO SINISTRO TÚNEL MONT BLANC

Fonte: <http://www.equipement.gouv.fr/actualites/dossiers/1999/rapportfr.htm>

Ministère de L'interieur Ministère de L'equipement des Transports et du Logement

Inspection générale Conseil général de l'administration des ponts et chaussées

Rapport de la mission administrative d'enquête technique sur l'incendie survenu le 24 mars 1999 au tunnel routier du Mont Blanc

présenté par :

Monsieur Pierre Duffé Monsieur Michel Marec
Inspecteur général Ingénieur général de l'administration des ponts et chaussées

Juin 1999

5 Conclusion

La catastrophe survenue le 24 mars 1999 dans le tunnel du Mont Blanc est la conséquence de plusieurs causes concomitantes.

Le camion cause de l'incendie était particulièrement combustible, pour un véhicule qui ne transportait pas de marchandises dangereuses au sens réglementaire du terme. Les fumées émises par la combustion étaient très toxiques.

Les fortes insufflations d'air au niveau de la chaussée et le soufflage en voûte ont contribué, avec le courant d'air longitudinal, à attiser le feu et à destratifier les fumées qui, au lieu de rester en voûte et de laisser un espace libre au niveau des usagers, ont envahi toute la hauteur du tunnel.

Les fumées toxiques et chaudes n'ont pas été extraites en quantités suffisantes ; par suite d'une part des limites des capacités d'extraction propres à ce tunnel, et d'autre part de l'utilisation de conduits d'extraction en mode d'insufflation.

Anexo D -120

La part qu'a prise chacune de ces causes dans l'ampleur de la catastrophe ne pourra être estimée qu'après que les conditions du déroulement de l'incendie auront pu être reconstituées par le calcul. Ce travail prendra plusieurs mois.

Les véhicules se sont arrêtées à très peu de distance les uns derrière les autres. Ceci a contribué à la propagation rapide de l'incendie et à ce que les usagers aient été très rapidement pris dans le nuage de fumées toxiques.

Dans le tunnel, il existe des feux de signalisation tous les 1 200m. Ils ont été mis au rouge quelques minutes après l'alerte, mais n'ont pas permis de réduire le bilan de la catastrophe soit que certains des feux dans le tunnel n'aient pas fonctionné soit qu'ils n'aient pas été respectés (ces feux sont peu visibles).

Concernant les moyens de secours des exploitants, la configuration de l'incendie a rendu extrêmement difficile l'intervention de ces premiers moyens, qui n'ont pas pu atteindre le feu.

L'analyse des circonstances de l'incendie a mis par ailleurs en évidence de nombreux autres facteurs qui ont eu un effet aggravant, ou auraient pu en avoir un :

Le tunnel ne dispose pas de galerie de sécurité (permettant de faciliter l'arrivée des secours ou l'évacuation de personnels bloqués dans des refuges).

Le tunnel a deux postes de commande distincts, un à la tête Italie et un à la tête France. Leur coordination se fait mal.

Les exploitants n'avaient pas une connaissance, même approximative, du nombre d'usagers présents simultanément dans le tunnel.

Le tunnel est exploité par deux sociétés différentes et leurs actions n'ont pas toujours été bien coordonnées.

Une partie des équipements du tunnel, bien qu'un programme de modernisation ait commencé à être mis en œuvre en 1990, n'était pas au niveau de ceux des tunnels neufs. Cette lenteur de la mise à niveau est due en partie aux divergences entre les sociétés concessionnaires sur les investissements à réaliser.

Anexo D -121

L'existence de la Commission Intergouvernementale de Contrôle n'a pas réussi à changer cet état de fait.

Les consignes de sécurité qui dataient de 1985, étaient inadaptée aux incendies.

Le nombre d'exercices incendie effectués était tout à fait insuffisant.

Les moyens de première intervention des exploitants étaient insuffisants : du côté Italie, il y avait un véhicule incendie qui ne pouvait être utilisé immédiatement faute de personnel qualifié.

Au-delà de l'analyse des circonstances de l'incendie et des moyens mis en œuvre pour le maîtriser, la mission a proposé en étroite collaboration avec la mission italienne des recommandations pour le tunnel du Mont Blanc qui sont reprises dans le rapport commun.

On ne les reprendra donc pas ici dans le détail. On en rappellera seulement les grandes orientations qui nous semblent applicables à des tunnels du même type.

L'objectif général de ces orientations est d'éviter l'enchaînement tragique des séquences qui vont de l'incident technique à la catastrophe. Leurs applications concrètes seront évidemment à moduler selon les caractéristiques des ouvrages : longueur, bidirectionnalité ou non, trafic, localisation, proximité ou non d'un centre de secours public...On rappellera que des groupes de travail interministériels mis en place après l'incendie du tunnel du Mont Blanc travaillent d'ores et déjà sur ces applications.

- 1- Le camion à l'origine de l'incendie du Mont Blanc invite à examiner les possibilités de diminuer les risques potentiels d'incendie des camions. Cela pose notamment la question des réservoirs de carburants (type et contenance), des matériaux constitutifs du tracteur et de la remorque frigorifique. Cela invite également à examiner les possibilités de procéder à une rapide inspection des poids-lourds avant leur entrée dans les grands tunnels de montagne.
- 2- Le chargement du camion -margarine et farine- pose le problème d'un réexamen de la liste des marchandises dangereuses. Il faut prendre en considération l'importance de la puissance calorifique et de la quantité des fumées susceptibles d'être produites par des matières alimentaires inflammables. Cette réflexion doit nécessairement s'inscrire dans le cadre aujourd'hui international de la réglementation du transport des marchandises dangereuses.

Anexo D -122

- 3- Un système de détection automatique d'incidents était en cours d'installation dans la partie française du tunnel du Mont Blanc. La généralisation de ce type d'installations apparaît indispensable dans tous les grands tunnels.
- 4- L'analyse menée par la mission d'enquête démontre la nécessité d'une exploitation et d'une politique d'investissement uniques pour chacun des tunnels binationaux concédés. Cette unification devrait être assurée par une société d'exploitation unique, filiale des concessionnaires.
- 5- Pour les tunnels binationaux, il apparaît impératif de mettre en place un poste de commande unique ainsi qu'une gestion unique de l'ensemble des installations.
- 6- L'impératif de rapidité dans la réaction de l'exploitant face à une alerte renvoie aux dispositifs techniques d'aide à l'exploitation grâce à un système de contrôle commande qui doit notamment permettre la connaissance permanente du nombre de véhicules présents dans le tunnel et assurer la rapidité et la fiabilité des premières mesures à prendre par l'exploitant.
- 7- De façon générale, les équipements du tunnel et spécialement les équipements électriques doivent être protégés des mises hors service en cas d'incendie. La sécurisation des réseaux doit en particulier permettre les communications à l'intérieur du tunnel, indispensables en cas de crise.
- 8- Afin d'éviter que les usagers ne viennent se garer derrière le véhicule à l'origine de l'incendie, au risque d'être piégés par les fumées et de voir leur véhicule s'enflammer rapidement ("effet de domino" constaté dans le tunnel du Mont Blanc), il convient d'une part, d'installer des dispositifs permettant d'assurer, au moins dans les tunnels les plus longs, n'ayant pas de congestion récurrente, un espacement des véhicules en marche et à l'arrêt, ainsi qu'une signalisation d'arrêt efficace et d'autre part, de mieux informer, éventuellement par la radio, les usagers en cas de danger.
- 9- Confrontés à un incendie, les usagers doivent pouvoir trouver facilement à proximité un abri, protégé, équipé, sonorisé et clairement signalé. Ces installations de secours doivent faire l'objet d'une information préalable des usagers et doivent être si possible reliées à une galerie d'évacuation. De façon générale, il importe de réfléchir à la lisibilité de l'architecture intérieure des tunnels.
- 10- L'exploitant doit organiser un service de première intervention identique sur chaque plate-forme, permettant l'intervention possible 24h/24 d'une équipe de 3 à 5 hommes commandés par un pompier professionnel et susceptibles d'intervenir dans les cinq minutes après l'alerte.
- 11- Un plan de secours interne doit être élaboré par l'exploitant unique, en s'appuyant sur un diagnostic de sécurité. Pour les tunnels binationaux le plan de secours interne sera composé de fiches réflexes communes et bilingues. Il prévoira les conditions d'alerte des services publics, les formations continues des secouristes et les exercices à réaliser.

Anexo D -123

- 12- Un plan unique des secours publics doit aussi être élaboré pour les tunnels binationaux. Ces plans doivent prévoir au moins un exercice annuel et fixer le principe d'un commandement unique des secours : en principe l'autorité publique territorialement compétente. De façon générale les fortes contraintes de l'intervention des pompiers en tunnel implique un effort spécifique de formation et d'entraînement.
- 13- Pour les tunnels binationaux, les Commissions de contrôle intergouvernementales doivent disposer d'un véritable pouvoir réglementaire, voir leur composition stabilisée et surtout se voir adjoindre un comité technique de sécurité composé de techniciens des services centraux et locaux compétents en matière de tunnels, de protection civile et de secours. Ce comité doit être en mesure d'interpeller les exploitants, de s'assurer de la pertinence des investissements de sécurité et de contrôler l'organisation et l'équipement des équipes de secours et d'en rendre compte aux commissions de contrôle.
- 14- Pour les tunnels autres que binationaux, il convient de mettre en place la base juridique permettant le contrôle avant la construction et en phase d'exploitation. Le texte devra prévoir pour les tunnels les plus importants, au vu des diagnostics de sécurité et compte tenu de l'évolution du trafic, d'organiser un service de première intervention sur chaque plate-forme. Dans tous les cas il devra y avoir obligation d'élaborer un plan de secours interne.

Inspecteur Général de
l'Administration
Pierre DUFFE

Ingénieur Général des Ponts et
Chaussées
Michel MAREC

ANEXO E – SSPD E SEUS COMPONENTES

A seguir apresenta-se a especificação técnica do SSPD da Ecovias para composição do SSPD (Elaboração do Resumo: André Scabbia – Ago/2001)

Os subsistemas, pertinentes e abaixo apresentados, são descritos a seguir:

- Detecção de Incidentes por Câmeras de TV;
- Detecção e Combate a Incêndios;
- Subsistema SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”):
 - Monitoramento de Nível, Pressão e Fluxo de Líquidos em Reservatórios e Dutos e Controle dos mesmos (água e perigosos);
 - Detecção de Acesso aos Extintores de Incêndio Manuais;
 - Chamadas de Emergência (Botões SOS);
 - Cancelas (acionamento remoto);
 - Sinalização de Evacuação de Emergência;
 - Semáforos (Fechamento dos Túneis).
- Sonorização dos Túneis (Megafonia);
- Automatização Central do Sistema de Ventilação;
- Centro de Controle (a ser instalado no COE – Centro de Operações ECOVIAS) como complemento aos recursos informáticos operacionais do SGO (Sistema de Gerenciamento Operacional) – ITS (“Intelligent Transportation System”), atualmente em operação;
- Interfaces de Comunicação dos subsistemas com a Rede de Comunicação Digital (RCD) da ECOVIAS.

◆ DETECÇÃO DE INCIDENTES POR CÂMERAS DE TV

ESPECIFICAÇÕES

O objetivo desse subsistema é o de prover os túneis com mecanismos de monitoramento visual contínuo, além de permitir a detecção de incidentes em geral.

Para o caso da detecção de incidentes, o mesmo deverá se basear no processamento digital de imagens provenientes de câmeras, estrategicamente afixadas ao longo dos túneis (uma a

Anexo E -125

cada 100 mts, aproximadamente). Dessas imagens serão extraídas diversas informações de modo a se combinarem funcionalidades de “Monitoramento Visual” (CFTV – câmeras fixas), “Monitoramento de Fluxo de Tráfego”, além de “Detecção Automática de Incidentes”.

◆ SUBSISTEMA DE DETECÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS

➤ Especificações

O objetivo desse subsistema é o de prover os túneis de um monitoramento contínuo específico que permita detectar qualquer princípio de incêndio que venha ocorrer em seu interior, acionando, de imediato, um sistema de alarme monitorado (nos emboques e no CCO), além de mecanismos de combate ao fogo.

O mesmo deverá, ainda, fornecer dados da evolução linear de temperatura. As informações do subsistema de detecção (Pacote de Software SCADA, pertinente, alocado no CCO) deverá contar, ainda, com medições já realizadas pela instrumentação do sistema de ventilação, tais como medição de CO, opacímetro e anemômetro, além de pelos pontos de chamadas de emergência (Botões de Chamada de Emergência). Esse subsistema deverá possuir sensores lineares, instalados ao longo de cada túnel, de forma a detectar e localizar o posicionamento do incêndio (o mais rapidamente possível), garantindo uma ação mais efetiva no seu combate.

Os sinais gerados pelos sensores de detecção de incêndio (detecção linear - cabo de fibra óptica ou, alternativamente, “chip cable”) serão enviados a um sistema central (Unidade de Detecção de Incêndio), localizado junto aos emboques dos túneis (Quadro de Supervisão e Terminal de Operação – ambos do Sistema SCADA) que acionará o sistema de combate de acordo com o modelo operacional adotado e, simultaneamente, permitindo o monitoramento no Centro de Controle Operacional - CCO.

Esse subsistema deverá permitir o acionamento do Modelo Operacional da ECOVIAS, através de painéis de supervisão (Quadro de Supervisão) e comando (Terminal de Operação) localizados nos emboques São Paulo de cada túnel (UTR's / CLP's do TD-01, TD-02 e TD-03/04), bem como através do CCO, de onde será possível monitorar todo o sistema do respectivo painel, bem como ativar os equipamentos de acordo com as necessidades.

O envio dos dados pertinentes, ao CCO, ocorrerá de duas maneiras:

- Sensor (cabo sensor) – Unidade de Detecção de Incêndio (Canal Serial da UDI) nos emboques SP – Rede de Comunicação Digital ECOVIAS – CCO;
- Sensor (cabo sensor) – Unidade de Detecção de Incêndio nos emboques São Paulo (Saídas Digitais ou Canal Serial) – UTR / CLP – Rede de Comunicação digital ECOVIAS – CCO.

Deverá haver comunicação entre a referida Unidade de Detecção de Incêndio e o Subsistema de Ventilação (CLP SLC 5/05 Allen Bradley), bem como o Sistema de Elétrica (CLP's da PEM Engenharia). Cabe citar que os seguintes dispositivos fornecem dados das condições ambientais dos túneis: opacímetros, anemômetros, detetores de CO e NOX através do Sistema de Ventilação. O Subsistema de Detecção e Combate a Incêndios (escopo da presente especificação) fornecerá os dados em caso de situação de emergência. O mesmo deverá, ainda, gerar informações ao Sistema de Ventilação de modo que, em caso de emergência (ocorrência de incêndio), os MODOS de funcionamento do Sistema de Ventilação possam ser

Anexo E -126

acionados. Essas informações serão passadas (no campo – emboques) através das saídas, digitais a contato seco, das UDI's diretamente nos CLP's do Sistema de Ventilação (CLP SLC 5/05 Allen Bradley), bem como aos CLP's do Sistema de Elétrica (PEM).

Essa arquitetura visa aumentar a disponibilidade / confiabilidade desse subsistema na disponibilização de dados para processamento pelo CCO.

O conjunto de sensores deverá informar, não só a existência do incêndio, a evolução do perfil de temperatura no interior dos túneis, mas também sua localização (detecção linear), bem como o seu grau intensidade. Os sensores, preferencialmente, deverão ser do tipo não destrutivos e, com baixa manutenção, com desempenho garantido para vários tipos de combustíveis, alta rejeição a alarmes falsos, e imunidade a interferências do tipo EMI e RFI. Deverão ainda possuir grau de proteção que garanta sua integridade no interior dos túneis no que diz respeito à umidade e poeira.

O sistema deverá possuir um controle local em cada túnel (Quadro de Supervisão e Terminal de Operação em cada emboque São Paulo), garantindo sua operacionalidade, mesmo sem haver comunicação com o CCO. Essa supervisão e controle deverá possuir comunicação via fibra óptica (rede digital) com o CCO. No CCO deverá haver um console (Sistema SCADA) que permita monitorar todo o sistema de detecção e combate a incêndios, através de um software de controle. Este software conduzirá o operador, baseado em um modelo operacional adequado (Interface Homem-máquina amigável, intuitiva e robusta), e ainda irá gerar relatórios completos sobre ocorrências no sistema, registrando as condições dos sensores, atuação do sistema de combate e ações dos operadores que atuarem no sistema.

Todo software, bem como os algoritmos utilizados no sistema de detecção e combate a incêndios, incluindo a lógica implantada nos Quadro de Supervisão e Terminais de Operação deverão ser fornecidos à ECOVIAS, na forma operacional, devidamente instaladas em seus respectivos equipamentos e também na forma de código fonte, devidamente documentados, permitindo assim total acesso às lógicas do sistema, para futuras alterações. Deverá ser possível, através desse pacote de software a programação de vários limiares de alarmes (pré alarme e alarme), de modo a se ajustarem o sistema às necessidades do modelo operacional da ECOVIAS. Essa programação deverá ser possível tanto localmente, como através do CCO.

Esse pacote de software deverá operar, integradamente, com o Sistema de Ventilação, bem como com o de Elétrica, ora em projeto / implantação pela ECOVIAS.

As subestações, que também abrigam as salas de controle (equipamentos eletrônicos), receberão sensores para detecção de incêndio e um sistema de supressão com gás inerte. O gás mais adequado a essa aplicação é o FM-200 por apresentar características adequadas de proteção a este tipo de equipamento.

O monitoramento do sistema de detecção e combate a incêndio, implantado nas subestações, também será efetuado a partir do CCO, gerando, similarmente ao caso dos túneis, relatórios de todas as possíveis ocorrências (IHM do Pacote de Software SCADA).

Tal pacote de software (no CCO) deverá, ainda, estar integrado ao Subsistema de Chamada de Emergência (Botões de Emergência - SOS) localizado nos armários dos hidrantes e extintores), disponíveis ao longo dos túneis.

Tanto o acionamento de botões de emergência, a abertura de porta dos armários (acesso aos extintores eletronicamente monitorados), deverá gerar um evento de para o Subsistema de Detecção e Combate a Incêndio. O extintores de manuais de incêndio serão fixados em suportes projetados de forma a não permitir que os mesmos sejam recolocados, pois deverá ser recarregado e somente um funcionário habilitado (ECOVIAS) poderá instalá-lo novamente.

◆ SUBSISTEMA SCADA DO SSPD

➤ INTRODUÇÃO

Anexo E -127

O Subsistema SCADA ("Supervisory Control and Data Acquisition"), pertinente ao SSPD e parte integrante do SGPD, tem como função principal concentrar as informações oriundas dos dispositivos, abaixo descritos, enviando-as para o CCO, bem como atuar nos dispositivos correspondentes de campo (ao longo dos túneis e regiões afins) a partir de comandos recebidos do CCO ou do resultado de processamento de algoritmos executados a nível local (em campo).

Os dispositivos de campo a serem supervisionados e controlados são:

- Nível de Líquidos (reservatórios de água e líquidos perigosos), medição de pressão nas válvulas de redução de pressão de água para hidrantes (a montante e a jusante das mesmas), medição de fluxo nas redes de hidrantes de cada túnel, bem como nas saídas dos Reservatórios de Água. Ou seja, a pressão nas referidas válvulas deverá estar sempre entre os valores de 20 e 46 metros de coluna de água e o fluxo na Rede de Hidrantes (quando em funcionamento) entre 10 e 50 m³ por hora);
- Abertura / Fechamento de portas dos armários de emergência (acesso aos Extintores de Incêndio manuais);
- Acionamento de Botão de Emergência (SOS) localizado nos armários acima e retro aviso de reconhecimento desse acionamento, oriundo do CCO (lâmpada verde);
- Acionamento de Cancelas e Semáforos de fechamento dos Túneis;
- Acionamento da Sinalização para Evacuação de Emergência;
- Detecção e Combate a Incêndios (redundância de informações);
- Acionamento de bombas de recalque para os Reservatórios de Água da Rede de Hidrantes;
- Sistema de Ventilação do Túneis;
- Sistema de Elétrica (SE's do Sistema).

O Subsistema de Detecção e Combate a Incêndio se utilizará do Sistema SCADA como canal alternativo de coleta de informações para o CCO (com relação à ocorrência de incêndios), uma vez que o próprio Subsistema pertinente deverá estar diretamente conectado ao CCO, através de canal próprio de comunicação.

Adicionalmente, o mesmo deverá ser, ainda, responsável pelo processamento central (no CCO - Pacote de Software SCADA) dos dados oriundos dos dispositivos, acima, dos relativos ao Sistema de Ventilação e de Elétrica (SE's), bem como dos do Subsistema de Detecção e Combate a Incêndio.

Deverá haver, ainda, um Quadro de Supervisão (e mais um Terminal de Operação), em cada emboque São Paulo, a partir do qual será possível monitorar e controlar as informações relativas a:

Anexo E -128

- Incêndio (vide item pertinente): local da ocorrência no túnel, níveis de temperatura (registros), geração de alarmes visuais (ícones), bem como o envio de informações para o Sistema de Ventilação;
- Nível dos reservatórios / pressão nas válvulas de redução de pressão da água para os hidrantes, bem como fluxo;
- Chamadas dos botões de emergência e retro aviso (lâmpada verde);
- Acesso aos armários dos extintores de incêndio manuais;
- Cancelas e semáforos;
- Sinalização para evacuação de emergência.

Esse Quadro de Supervisão e Terminal de Operação deverá ser implementado, integradamente, no mesmo Rack, padrão 19", do Subsistema de Detecção e Combate a Incêndio.

Particularmente para os emboques São Paulo dos túneis (TD-01, TD-02 e TD-03/04), esses Quadros e Terminais deverão prever o processamento local (quando configurado nesse modo) para o Sistema de Detecção e Combate a Incêndio, bem como para o resto ds variáveis do Sistema SCADA.

O modo de operação de acionamentos desse Terminal de Operação deverá ser coordenado em função do nível de comunicação com o CCO (Local / Remoto – descrito no item 3.5). Devendo o mesmo ser habilitado apenas por um operador autorizado ("pass word"), onde o sistema deverá registrar todas as ações do Operador no local ("logging").

Os Quadros de Supervisão e Terminais de Operação deverão ser do tipo industrial (Rack 19" – tipo PC), além de prever todas as funcionalidades inerentes à operação dos subsistemas de campo.

O Quadro de Supervisão deverá sempre monitorar todas as grandezas acima, independentemente do modo de comunicação com o CCO.

O Subsistema SCADA do SSPD deverá ser dimensionado para processar um total de cerca de 2.500 pontos (entre comandos e sinalizações), onde cerca de 1000 deles serão dedicados ao Sistema de Elétrica.

O Sistema SCADA do SSPD (parte integrante do escopo de fornecimento desta especificação) será composto pelos seguintes elementos, a saber:

- Unidades Terminais Remotas (UTR's) ou Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) – Salas Técnicas dos emboques dos Túneis (deverá ser utilizada a melhor solução entre UTR's e CLP's);
- Sensores e Atuadores (interfaces entre UTR's / CLP's e os dispositivos de campo) – ao longo dos Túneis e áreas afins;
- Pacote SCADA central (no CCO) constituído pelo Software e pelo Hardware pertinentes (software básico, aplicativo e de comunicação, configurado e operacional, além de estações de trabalho e acessórios);
- Interface com a Rede Digital de Comunicação em Fibras Ópticas da ECOVIAS.

◆ SONORIZAÇÃO DOS TÚNEIS (MEGAFONIA)

◆ APRESENTAÇÃO

Esse subsistema será utilizado pela ECOVIAS, objetivando a apresentação de instruções e informações sonoras durante a ocorrência de eventos de emergência ao longo do sistema rodoviário da Pista Descendente da SP-160. O mesmo será, basicamente, operado a partir do

Anexo E -129

CCO podendo, eventualmente, ser, comandado, também, através das Salas Técnicas localizadas nos emboques dos túneis (lado São Paulo). Nesse caso, esse procedimento deverá ser coordenado de forma a que, apenas um dos centros (CCO – remoto / Sala Técnica – local), assumam tal controle.

Esse subsistema deverá prever o seu diagnóstico periódico, efetuado de forma “on-line”, de modo a que se possa registrar as suas condições de operação antes de a mesma , efetivamente, acontecer.

Essa concepção visa manter um canal permanente de contato com os usuários e equipes operacionais, informando e assegurando melhores condições de gerenciamento da ocorrência de eventos, bem como a diminuição dos efeitos.

O Subsistema de Sonorização deverá ser concebido e projetado em conformidade com as normas:

- NBR – 12.179;
- NBR – 10.151;
- NBR – 13.067;
- NBR – 13.068;
- Projeto de Norma 03.029.01 – 023.

◆ ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

◆ Características Operacionais

COMUNICAÇÃO CCO - TÚNEIS

O Sistema de Sonorização deverá efetuar a comunicação com o CCO através do Backbone de Comunicação por Fibras Ópticas (RCD). Deverá ser utilizado o conceito de Canal de Controle (Dados), para seleção do túnel e região do mesmo na qual serão acionados, simultaneamente, os respectivos sonoflores (autofalantes).

EQUIPAMENTOS DO CCO

Os equipamentos do CCO deverão possuir as seguintes características operacionais:

- Efetuar a seleção do túnel individualmente ou em qualquer combinação, para a difusão dos avisos;
- Permitir a difusão de avisos sonoros, pelo operador, nos túneis selecionados sempre precedidos de gongo eletrônico;
- Efetuar a emissão de mensagens pré-gravadas, baseadas em rotinas operacionais pré-estabelecidas e armazenadas em mídia não volátil. O aplicativo de mensagens pré-gravadas deverá ser executado por um console (microcomputador ou dedicado) instalado no CCO que fará a comunicação com os túneis, além da emissão de avisos “ao vivo” e pré-gravados;
- Permitir a monitoração auditiva (pré - escuta), controle de volume e visual (indicador de nível VU) das fontes de programas antes de sua difusão, segundo a a conveniência do operador;

Anexo E -130

- Permitir a conexão com o Subsistema de Radiocomunicação, bem com um canal de Radio “Broad Cast” (em FM) privativa da ECOVIAS;
- Permitir a funcionalidade de “Reforço de DB”, nesse caso, quando acionado esse recurso, os sensores dos túneis serão desligados.

EQUIPAMENTOS DOS TÚNEIS

A concepção básica desse subsistema estabelece a utilização de uma central de comandos (no CCO), constituída de console de operação e equipamentos de transmissão e um conjunto de receptores, amplificadores e sonofletores diretivos para a difusão.

◆ AUTOMATIZAÇÃO CENTRAL DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

O Sistema Central do Sistema de Ventilação deverá ser parte integrante do Pacote de Software SCADA do SSPD (vide especificação e características gerais do referido pacote), devendo incorporar funções de supervisão e controle, tais como:

- Acúmulo de dados históricos, tendência, estatísticas e de alarmes;
- Implementação dos modos de operação “NORMAL” (REGIME) e em “CRISE” (EMERGÊNCIA) de forma automática e/ou manual (o sistema poderá sugerir, ao Operador, qual a melhor estratégia);
- Telas sinópticas do sistema, apresentando todos os seus principais componentes (Jato ventiladores, Sensores, Consoles de Comando e Sistema de Alimentação), bem como os seus valores assumidos em regime e em condição de alarme;
- Geração de relatórios impressos;
- Telas de comando para acionamento dos PLANOS do Sistema de Ventilação (REGIME e EMERGÊNCIA).

O conjunto de recursos de software, inerentes à Automatização da Ventilação **(no CCO)** será denominado de “Software de Gestão da Ventilação”.

As informações que alimentarão o referido Software de Gestão, serão oriundas das seguintes fontes:

- Módulos de IHM dos CLP’s (Linha SLC 5/05 da Allen Bradley) do Sistema de Ventilação (AEOLUS), alocados nas Salas Técnicas das SE’s dos emboques São Paulo dos túneis;
- Operador do CCO (Estado Manual): comandos baseados em decisões do mesmo;
- Software do SGO (Estado Automático): medidas e contra medidas sugeridas pelo mesmo ao Operador do CCO (podendo as mesmas serem reconhecidas e confirmadas ou não pelo Operador).

Todos os comandos, gerados pelo Software de Gestão da Ventilação (CCO) ou pelos Terminais de Operação (Sala Técnica nos emboques - São Paulo), serão recebidos pelos CLP’s (SLC 5/05) e executados sobre o sistema de jato ventiladores.

Haverá dois modos de operação para o Sistema de Ventilação:

- Remoto: a supervisão e o envio de comandos e parâmetros ocorrerão a partir do CCO;
- Local: a supervisão e o envio de comandos e parâmetros ocorrerão a partir da Sala Técnica (Terminais de Operação nas Subestações nos emboques São Paulo).

Vide item 3.7 a seguir.

Anexo E -131

MODO REMOTO

Nesse caso, quando houver integridade da comunicação CCO - Salas Técnicas e se o Sistema estiver configurado para o Modo Remoto, a supervisão e controle será efetuada de forma centralizada a partir do CCO.

Para esse modo (REMOTO), haverá duas possibilidades de se gerarem comandos através do Operador:

- **MANUAL (Etapa 2 do SGPD):** o Operador enviará comandos e parâmetros, para campo, baseado em suas decisões próprias, a partir de eventos do contexto operacional do CCO (rádio, câmeras, botões SOS, sensores de CO, opacímetros, “call boxes” (externos aos túneis), retirada de extintor manual, detetor de incidentes e/ou de incêndio, telefones fixos / celulares, 0800, rota de inspeção de tráfego, outros);
- **AUTOMÁTICO (Etapa 3 do SGPD):** o Operador enviará comandos e parâmetros, para campo, baseado em **MEDIDAS E CONTRA-MEDIDAS** sugeridas pelo Software de Gestão (alimentadas pelo SGPD).

Caso o Operador as reconheça e confirme, os comandos e parâmetros serão enviados, imediatamente, a campo; caso contrário, o Software de Gestão deverá enviá-los automaticamente, porém somente após expirado um período de tempo (“time out”), previamente estabelecido e programado no sistema (30 Seg, 60 Seg, 90 Seg, 120 Seg, etc.).

Para as duas situações, acima, o Software de Gestão comandará o acionamento dos jato-ventiladores esteja a situação em REGIME ou CRISE.

MODO LOCAL

Essa situação se estabelecerá em dois casos:

- Se não houver integridade da comunicação CCO - Salas Técnicas;
- Ou se o Sistema estiver configurado para o Modo Local;

Em ambos os casos, a supervisão e controle será efetuada de forma local a partir dos Quadros de Supervisão e Terminais de Operação das Salas Técnicas dos emboques São Paulo.

O Sistema de CLP's (SLC 5/05 Allen Bradley) do Sistema de Ventilação assumirá o Modo Local sob duas situações:

- Automaticamente, quando detectar perda de “link” de comunicação com o CCO;
- Ou quando for “forçosamente” comandado para assumir esse modo.

Todos os acessos (“Login”/ “Logoff”), ações e comandos do Operador sobre o Sistema (tanto em Modo Local quanto Remoto) deverão, necessariamente, ser registrados pelo mesmo (Software de Gestão da Ventilação no CCO ou nos Terminais de Controle nas Salas Técnicas).

Para o funcionamento do Sistema em modo LOCAL (“Stand-alone” no campo) e quando da ocorrência de situações de emergência (incêndio), o Subsistema de Detecção e

Anexo E -132

Combate a Incêndio informará, não só ao Sistema de Ventilação, mas também ao Sistema de Elétrica, através de saídas digitais (Saídas a contato seco das UDI's) conectadas às Entradas Digitais dos CLP's da PEM (8 Saídas Digitais).

◆ AUTOMATIZAÇÃO CENTRAL DO SISTEMA DE ELÉTRICA DA PISTA DESCENDENTE

Similarmente ao item anterior, o pacote de software central do Sistema de Elétrica da Pista descendente deverá ser parte integrante do Pacote de Software SCADA do SSPD (vide especificação e características gerais do referido pacote), devendo incorporar funções de supervisão e controle, tais como:

- Acúmulo de dados históricos, tendência, estatísticas e de alarmes;
- Implementação dos modos de operação "NORMAL" (REGIME) e em "CRISE" (EMERGÊNCIA) de forma automática e/ou manual (o sistema poderá sugerir, ao Operador, qual a melhor estratégia);
- Telas sinópticas do sistema, apresentando todos os seus principais componentes (Subestações, Sensores / Transmissores, Consoles de Comando e Sistema de Alimentação), bem como os seus valores assumidos em regime e em condição de alarme;
- Geração de relatórios impressos;
- Telas de comando para acionamento das ESTRATÉGIAS do Sistema de Elétrica (REGIME e EMERGÊNCIA).

O conjunto de recursos de software, inerentes à Automação da Ventilação (no CCO) será denominado de "Software de Gestão da Elétrica".

As informações que alimentarão o referido Software de Gestão, serão oriundas das seguintes fontes:

- CLP's: Sistema de Elétrica (PEM Engenharia) – em campo - IHM PEM (alocados nas Salas Técnicas das SE's dos emboques São Paulo dos túneis da Pista Descendente, bem como na área de escape do Túnel Ascendente TA-10/11);
- Operador do CCO (Estado Manual): comandos baseados em decisões do mesmo;
- Software do SGPD (Estado Automático): medidas e contra medidas sugeridas pelo mesmo ao Operador do CCO (podendo as mesmas serem reconhecidas e confirmadas ou não pelo Operador).

Todos os comandos, gerados pelo Software de Gestão da Elétrica (no CCO) ou pelos Terminais de Operação (Sala Técnica nos emboques - São Paulo), serão recebidos pelos CLP's (da PEM) e executados sobre o Sistema de Dispositivos de Elétrica (Disjuntores, Chaves, etc.) – "Planos de Operação da Elétrica".

Haverá dois modos de operação para o Sistema de Elétrica:

- Remoto: a supervisão e o envio de comandos e parâmetros ocorrerão a partir do CCO;
- Local: a supervisão e o envio de comandos e parâmetros ocorrerão a partir da Sala Técnica (Terminais de Operação nas Subestações nos emboques São Paulo).

Os MODOS LOCAL e REMOTO, descritos no item 3.5, são igualmente válidos para o caso do Sistema de Elétrica, exceto, obviamente, pelo fato da mesma filosofia se aplicar ao Sistema de Elétrica e os CLP's da PEM.

Anexo E -133

Para o funcionamento do Sistema em modo LOCAL (“Stand-alone” no campo) e quando da ocorrência de situações de emergência (incêndio), o Subsistema de Detecção e Combate a Incêndio informará, não só ao Sistema de Ventilação, mas também ao Sistema de Elétrica, através de saídas digitais (Saídas a contato seco das UDI's) conectadas às Entradas Digitais dos CLP's da PEM (18 Saídas Digitais).

◆ SUBSISTEMA DE GERENCIAMENTO DA PSITA DESCENDENTE - SGPD

◆ CONCEITOS BÁSICOS

O SGPD (recursos de hardware e software alocados no CCO) é a ferramenta de apoio e suporte à tomada de decisões da equipe de operação no que diz respeito às funcionalidades e segurança da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes. Esse sistema deverá também armazenar informações históricas que permitirão à Engenharia de Tráfego da ECOVIAS, analisar, estudar e implementar alterações de estratégias, procedimentos operacionais, alocação de equipamentos, com o objetivo de por em prática o Modelo Operacional da ECOVIAS, bem como aperfeiçoá-lo, visando, principalmente, a segurança desse trecho rodviário.

◆ FUNCIONALIDADES:

ATENDIMENTO ÀS CHAMADAS DOS BOTÕES SOS (AMÁRIOS DE EMERGÊNCIA)

O sistema deverá registrar e armazenar todas as solicitações de chamadas de emergência e retro avisando (lâmpada verde no módulo conjugado do Armário de Emergência) o ponto de chamada correspondente.

O sistema deverá prover recursos que possibilitem ao operador, identificar rapidamente o ponto de onde o usuário está efetuando o chamado, assim como despachar os procedimentos, previstos no Modelo Operacional ECOVIAS.

O operador deverá efetuar o cadastro da ocorrência, informando todas as informações necessárias para o pronto atendimento, ou para controle estatístico e análise de pós-operação. Esse cadastro deverá gerar uma ficha de solicitação, que será encaminhada automaticamente ao controlador de tráfego que determinará o melhor recurso disponível para atendimento ao usuário.

O registro da solicitação de atendimento, deverá conter além das informações básicas anotadas pelo operador, a data e hora em que a solicitação de atendimento foi gerada.

Diferentemente do sistema existente, nesse caso não haverá conversação com o usuário.

Anexo E -134

ATENDIMENTO A INCIDENTES

Todo e qualquer incidente, originado por uma solicitação via o subsistema de telefonia de emergência (externo aos túneis – fora do presente escopo / interno aos túneis – botões de SOS), alarmes gerados pelo sistema, telefones celulares, carros de inspeção da própria ECOVIAS, imagens detectas pelo CFTV / Detector de Incidentes, ou qualquer outro meio de comunicação, deverá causar um registro do incidente no sistema, bem como uma ação por parte do Operador de tráfego. Esses registros serão a base para obtenção de dados estatísticos sobre as ocorrências atendidas na Pista Descendente.

MONITORAÇÃO DOS DADOS DE TRÁFEGO ORIUNDOS DO SUBSISTEMA DE DETECÇÃO DE INCIDENTES

Uma fonte importante para o suporte à tomada de decisões e execução de ações corretivas sobre a operação rodoviária, é a base de dados relativa aos dados de gerenciamento de tráfego. O Subsistema de Detecção de Incidentes, além de sua função de detecção de eventos propriamente dita, possui, também, a função de coletar, processar, armazenar, gerar alarmes e disponibilizar ao operador de tráfego, os diversos níveis das condições de tráfego ao longo dos túneis da Pista Descendente.

Para a realização dessas funções, o SGO deverá apresentar em telas gráficas, com mapas geográficos e/ou sinópticos da rodovia, ou em tabulares, os dados coletados de todos os pontos onde estão instalados as câmeras nos túneis. Os diversos níveis de ocupação, velocidade, “headway”, etc. deverão ser apresentados em cores diferentes, de modo que com uma simples verificação na tela, seja possível identificar tais informações.

Maiores detalhes sobre as informações poderão ser obtidas, bastando para isso que o operador, posicione a seta do mouse sobre o ponto em questão, e pressione o botão do mesmo, aparecendo uma outra janela contendo maior detalhamento sobre o ponto de contagem.

O SGO poderá, também apresentar, em forma de gráficos históricos ou barras, as informações de nível de ocupação, velocidade média ou peso, seja ela ao longo da rodovia ou em um determinado intervalo de tempo selecionado pelo operador.

Todas essas informações deverão ser armazenadas por um período, não inferior a 4 meses, de modo que a Engenharia de Tráfego da ECOVIAS, possa efetuar análise e propor alterações em sua estratégia operacional.

MONITORAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NOS TÚNEIS

Algumas das características da Pista Descendente do Sistema Anchieta-Imigrantes, que dificultam a sua operação, são: grande incidência de neblina, principalmente no trecho de serra e o grande número de túneis longos que compõem o sistema com tráfego pesado de veículos, principalmente, caminhões (emissão de fumaça) e automóveis de passeio (alto

Anexo E -135

índice de emissão de monóxido de carbono), além do potencial da ocorrência de incêndios, principalmente no interior dos túneis.

- ◆ ESPECIFICAÇÕES
- ◆ ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
- ◆ A.Topologia da INFOVIA

Tendo em vista a extensão da Pista Descendente, a instalação de cabos de fibras óticas (fora do escopo da presente especificação) obedecerá a uma configuração de tal forma que garanta a mais alta disponibilidade e confiabilidade possível à rede.

O será em topologia em GigaBit Ethernet para a rede.

- ◆ DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS (Sensores, Atuadores, Cancelas, Semáforos e Sinalização de Evacuação de Emergência)
- ◆ SENSOR DE PRESSÃO DAS VÁLVULAS DO SISTEMA DE HIDRANTES

Os sensores de pressão serão utilizados no auxílio ao monitoramento da pressão a jusante e a montante das válvulas de redução de pressão da rede hidráulica do sistema de alimentação dos hidrantes dos túneis da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes.

- ◆ SENSOR DE NÍVEL DE LÍQUIDOS DE RESERVATÓRIOS

Os sensores de nível serão utilizados no auxílio ao monitoramento do nível dos Reservatórios de Água (para hidrantes) e de Líquidos Perigosos da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes.

Basicamente manterá o monitoramento do nível dos reservatórios de água e de líquidos perigosos dentro de sua faixa de variação de altura, através do Subsistema SCADA. Esses sensores deverão ser do tipo que não possuirão contato físico com o líquido monitorado.

- ◆ SENSOR DE FLUXO DE ÁGUA NAS ENTRADAS DOS TÚNEIS (Rede de Hidrantes)

Os sensores de fluxo serão utilizados no auxílio ao monitoramento da utilização da rede de hidrantes de cada um dos túneis da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes.

Basicamente, indicará a existência, ou não, de fluxo de água na tubulação (6 polegadas) a partir de limiar mínimo programável no mesmo. Esse sensor deverá estar conectado ao Subsistema SCADA.

Deverá ser prevista a instalação de Hidrômetros nas saídas dos Reservatórios de Água da Rede de Hidrantes.

Anexo E -136

◆ SEMÁFOROS DE FECHAMENTO DOS TÚNEIS

Haverá um total de 7 (Sete) semáforos (verde e vermelho) para fechamento de todos os acessos aos túneis em caso de operações especiais e ou emergências. Os mesmos serão instalados nos emboques dos túneis, bem como na janela de escape do TD-01.

◆ BARREIRA AUTOMÁTICA DE PASSAGEM (CANCELAS)

As cancelas serão utilizadas para fechamento (em situações de emergência) dos túneis e área de escape interna do TD-01 da Pista Descendente da Rodovias dos Imigrantes.

◆ SINALIZAÇÃO DE EVACUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Esses painéis de sinalização deverão ser instalados a cerca de 60 cm de altura do solo (rodapé – do lado direito do sentido descendente), uma unidade a cada 55 metros, onde, em caso de emergência, a “seta” será acesa apontando, ao usuário o sentido do emboque mais próximo para a evacuação do túnel.

ANEXO F- PROPOSTA DE CATEGORIZAÇÃO DE TÚNEIS RODOVIÁRIOS

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	1
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	2
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	3
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	4
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	5
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	6
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	7
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	8
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	9
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	10
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	11
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	12
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	13
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	14
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	15
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	16
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	17
até 500 m	bidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	18
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	19
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	20
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	21
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	22
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	23
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	24
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	25
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	26
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	27
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	28
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	29
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	30
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	31
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	32
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	33
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	34
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	35
até 500 m	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	36
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	37
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	38
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	39
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	40
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	41
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	42
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	43
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	44
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	45
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	46

Anexo F -138

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	47
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	48
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	49
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	50
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	51
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	52
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	53
até 500 m	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	54
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	55
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	56
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	57
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	58
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	59
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	60
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	61
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	62
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	63
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	64
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	65
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	66
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	67
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	68
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	69
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	70
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	71
até 500 m	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	72
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	73
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	74
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	75
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	76
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	77
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	78
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	79
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	80
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	81
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	82
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	83
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	84
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	85
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	86
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	87
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	88
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	89
até 500 m	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	90
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	91
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	92
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	93
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	94
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	95

Anexo F -139

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	96
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	97
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	98
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	99
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	100
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	101
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	102
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	103
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	104
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	105
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	106
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	107
até 500 m	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	108
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	109
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	110
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	111
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	112
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	113
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	114
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	115
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	116
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	117
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	118
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	119
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	120
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	121
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	122
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	123
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	124
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	125
até 500 m	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	126
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	127
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	128
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	129
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	130
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	131
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	132
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	133
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	134
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	135
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	136
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	137
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	138
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	139
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	140
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	141
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	142
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	143
até 500 m	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	144

Anexo F -140

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
500 a 1000						
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	145
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	146
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	147
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	148
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	149
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	150
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	151
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	152
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	153
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	154
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	155
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	156
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	157
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	158
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	159
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	160
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	161
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	162
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	163
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	164
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	165
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	166
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	167
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	168
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	169
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	170
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	171
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	172
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	173
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	174
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	175
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	176
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	177
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	178
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	179
500 a 1000	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	180
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	181
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	182
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	183
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	184
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	185
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	186
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	187
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	188
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	189
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	190
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	191
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	192
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	193

Anexo F -141

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	194
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	195
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	196
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	197
500 a 1000	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	198
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	199
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	200
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	201
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	202
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	203
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	204
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	205
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	206
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	207
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	208
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	209
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	210
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	211
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	212
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	213
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	214
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	215
500 a 1000	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	216
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	217
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	218
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	219
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	220
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	221
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	222
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	223
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	224
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	225
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	226
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	227
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	228
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	229
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	230
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	231
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	232
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	233
500 a 1000	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	234
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	235
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	236
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	237
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	238
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	239
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	240
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	241
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	242
500 a 1000	blidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	243

Anexo F -142

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	244
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	245
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	246
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	247
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	248
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	249
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	250
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	251
500 a 1000	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	252
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	253
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	254
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	255
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	256
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	257
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	258
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	259
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	260
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	261
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	262
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	263
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	264
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	265
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	266
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	267
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	268
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	269
500 a 1000	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	270
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	271
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	272
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	273
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	274
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	275
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	276
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	277
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	278
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	279
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	280
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	281
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	282
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	283
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	284
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	285
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	286
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	287
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	288
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	289
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	290
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	291
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	292

Anexo F -143

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	293
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	294
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	295
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	296
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	297
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	298
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	299
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	300
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	301
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	302
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	303
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	304
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	305
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	306
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	307
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	308
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	309
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	310
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	311
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	312
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	313
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	314
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	315
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	316
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	317
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	318
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	319
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	320
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	321
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	322
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	323
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	324
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	325
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	326
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	327
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	328
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	329
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	330
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	331
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	332
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	333
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	334
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	335
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	336
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	337
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	338
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	339
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	340
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	341
acima de 1500	blidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	342

Anexo F -144

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	343
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	344
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	345
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	346
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	347
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	348
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	349
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	350
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	351
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	352
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	353
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	354
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	355
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	356
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	357
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	358
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	359
acima de 1500	bidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	360
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	361
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	362
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	363
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	364
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	365
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	366
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	367
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	368
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	369
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	370
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	371
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	372
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	373
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	374
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	375
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	376
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	377
acima de 1500	bidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	378
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	<3%	379
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	3 a 5%	380
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	<1000	>5%	381
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	<3%	382
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	3 a 5%	383
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	1	>1000	>5%	384
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	<3%	385
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	3 a 5%	386
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	<2000	>5%	387
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	<3%	388
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	3 a 5%	389
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	2	>2000	>5%	390
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	<3%	391
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	3 a 5%	392

Anexo F -145

ANEXO F (continuação)

a	b	c	d	e	f	g
comprimento	unidirecional ou bidirecional	veículo comercial	número de faixas de rolamento	VDM	Rampa	classes
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	<3500	>5%	393
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	<3%	394
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	3 a 5%	395
acima de 1500	unidirecional	não possui veículo comercial	acima 3	>3500	>5%	396
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	<3%	397
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	398
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	<1000	>5%	399
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	<3%	400
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	401
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	1	>1000	>5%	402
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	<3%	403
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	404
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	<2000	>5%	405
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	<3%	406
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	407
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	2	>2000	>5%	408
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	409
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	410
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	411
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	412
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	413
acima de 1500	unidirecional	Possui menos de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	414
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	<3%	415
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	3 a 5%	416
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	<1000	>5%	417
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	<3%	418
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	3 a 5%	419
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	1	>1000	>5%	420
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	<3%	421
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	3 a 5%	422
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	<2000	>5%	423
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	<3%	424
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	3 a 5%	425
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	2	>2000	>5%	426
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	<3%	427
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	3 a 5%	428
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	<3500	>5%	429
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	<3%	430
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	3 a 5%	431
acima de 1500	unidirecional	Possui mais de 15%de VC	acima 3	>3500	>5%	432

CASO EXTREMO

Anexo G – IEC 695-2-1/91 – Método do fio quente - adaptado a pneus

Verificação temperatura



Foto nº 1 – Método do fio quente



Foto nº 2 - Método do fio quente



Corpo de prova (pneu usado)

Foto nº 3 – Método do fio quente



Foto nº 4 – Método do fio quente



Corpo de prova (pneu novo)

Foto nº 5 – Método do fio quente



Foto nº 6 - Método do fio quente

Anexo G – (continuação)



Corpo de prova (pneu usado)

Foto nº 7 – Método do fio quente



Foto nº 8 - Método do fio quente

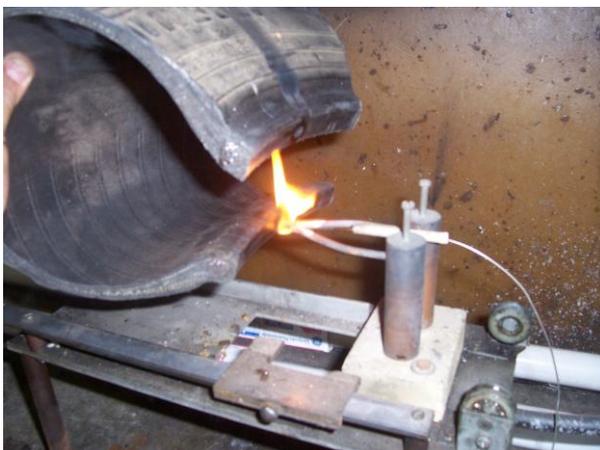


Foto nº 9 – Método do fio quente



Foto nº 10 - Método do fio quente



Corpo de prova (pneu novo)

Foto nº 11 – Método do fio quente



Foto nº 12 - Método do fio quente

Anexo H – comportamento dos materiais quando submetido ao calor de um incêndio - NBR 11836.

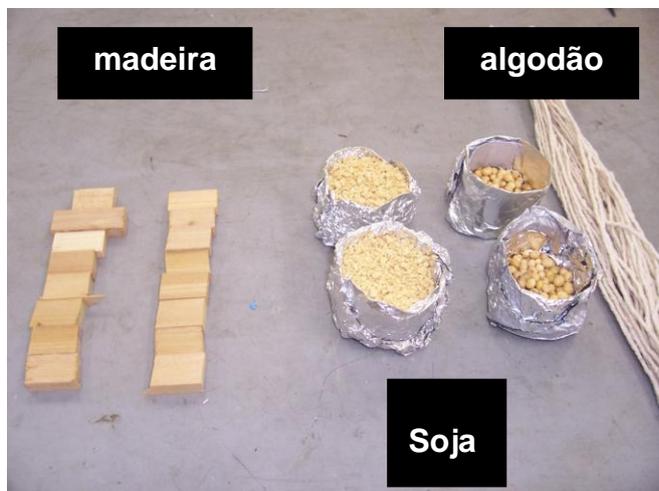


Figura nº 1 – seleção dos materiais



Figura nº 2 – montagem do ensaio



Figura nº 3 – sala de ensaios



Figura nº 4 – leitura em dB/m



Figura nº 5 – ensaio com madeira (TF2)

Anexo G – (continuação)

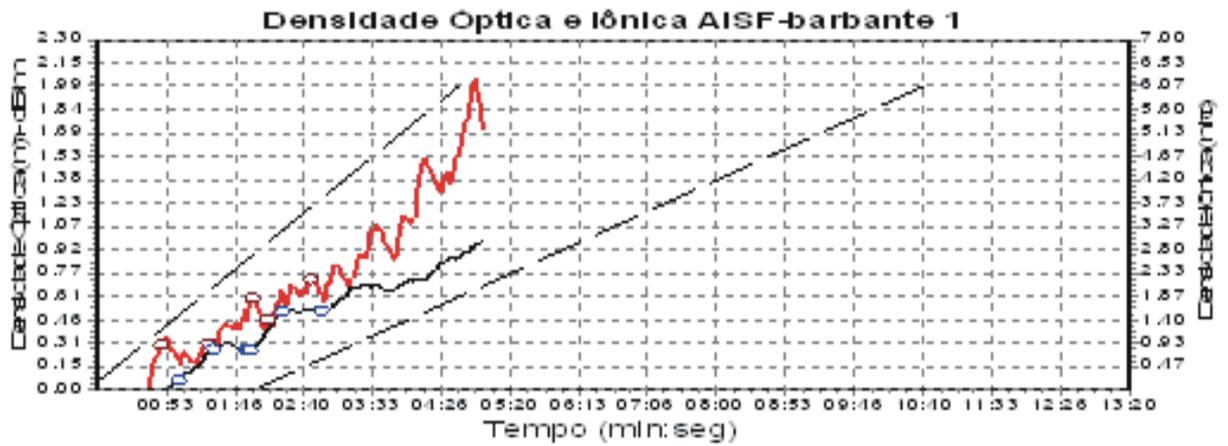


Figura nº 6 – ensaio com algodão (TF3)



Figura nº 7 – ensaio com N-heptano (TF7)

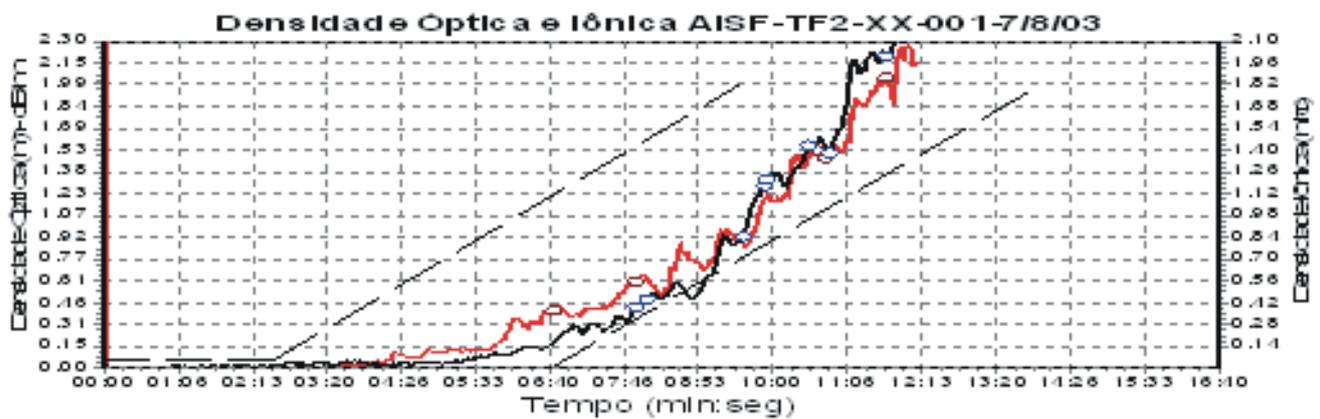


Figura nº 8 – ensaio com soja semelhante a TF2

Anexo H -150



Figura nº 9 – sala de ensaios – soja în natura”



Figura nº 10 – soja în natura



Figura nº 11 – soja em flocos (sem fumaça)

ANEXO I- ANÁLISE ESTATÍSTICA DO IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DA PD

1 INTRODUÇÃO DO ANEXO I

O presente trabalho busca uma análise estatística do impacto da implantação da Pista Descendente no SISTEMA ANCHIETA-IMIGRANTES – SAI, por meio da análise dos acidentes rodoviários ocorridos entre os anos de 2001 a 2003.

2 PREMISSAS

O presente trabalho adotou as seguintes premissas:

- todos os dados tiveram sua origem no Sistema de Gerenciamento Operacional, software utilizado pela Ecovias e Polícia Rodoviária para registro de eventos do SAI e estão disponíveis em Ecovias (2006).
- a amostragem foi selecionada aleatoriamente em função do conhecimento do processo;
- o SAI é um sistema onde o fluxo de veículos no sentido Litoral é semelhante no sentido São Paulo, pois habitualmente os veículos que utilizam o SAI utilizam-no para o trajeto de ida e volta.
- as duas pistas da Anchieta e da imigrantes são semelhantes no ponto de vista de trajeto (ida - volta), pois começam no quilometro 44 da interligação e terminam no litoral e possuem utilização semelhante.

3 METODOLOGIA

Para a verificação do comportamento do SAI após a inauguração da PD adotou-se como métodos de trabalho:

- (a) Teste de Hipótese para a Média, comparando-se os dados após PD com históricos decorrente de vários anos de verificação;
- (b) Teste de hipótese para médias de duas populações, comparando-se os dados após PD com históricos decorrente dos 12 meses anteriores a inauguração da PD;
- (c) Análise de Variância – ANOVA;
- (d) Procedimento de TUKEY.

4 ENSAIOS

Tendo como premissa os métodos estatísticos, desenvolveu-se o presente trabalho.

5 Teste de Hipótese para a Média

A primeira dúvida que aparece quando se inaugura uma nova pista, no presente caso a PD da Imigrantes, qual o impacto que esta gerou no SAI.

Como a nova pista apresenta os dois maiores túneis rodoviários do Brasil, pode ser que o usuário não se adapte a essa novidade ou tenha dificuldade ao descer quilômetros em um declive praticamente constante de seis graus, diferentemente do que ocorre na Anchieta, que possui patamares entre os declives.

Para tanto apresenta-se a seguir, Tabela 1, o resumo dos acidentes ocorridos no SAI.

Tabela 1 - Número de acidentes na região de serra do SAI

Ano	Rodovia	Pista	Sentido	Volume	Extensão	km Percorridos	Acidentes
18/12/2002 a 17/12/2003	SP.150	Sul + Norte	Litoral	7.104.183	15	106.562.745	466
	SP.150	Norte	São Paulo	4.348.407	15	65.226.105	197
	SP.160	Norte	São Paulo	9.215.160	14	129.012.240	275
	SP.160	Sul	Litoral	9.460.241	14	132.443.374	129
	SP.160	Sul (Nova)	São Paulo	3.981.751	14	55.744.514	12
Total					n2=	488.988.978	1.079

Como hipótese de trabalho adotou-se que $H_a: \mu_1 > \mu_2$, ou seja o número de acidentes antes da inauguração era maior que após a inauguração, sabe-se que a média histórica do SAI é de 5 acidentes por dia na operação do trecho serra, com desvio histórico de 1,2 tendo $n=365$ dias

Anexo I -153

Para tanto, com os dados da Pista Descendente:

(a) adota-se a seguinte hipótese:

$$H_0: \mu = 5$$

$$H_a: \mu < 5$$

(b) a média da amostragem da PD é:

$$\Sigma x/n = 1079/365 = 2,96$$

(c) A questão é se a diferença de 2,04 entre a média da amostra e a média hipotética da população, pode ser atribuída a um erro de amostragem ou se a diferença é grande o suficiente para indicar que a média da população não é 5. Pode-se aplicar o Teorema do Limite Central, pois nos diz que se a amostra é grande ($n > 30$) então a variável aleatória \bar{x} é aproximadamente normal com média e desvio padrão dados por:

$$\mu_{\bar{x}} = \mu \qquad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 1,2/365^{0,5} = 0,7$$

Adotando-se que a probabilidade da média \bar{x} estar em um intervalo de dois desvios padrões da média da população ela terá o valor de 0,9544,

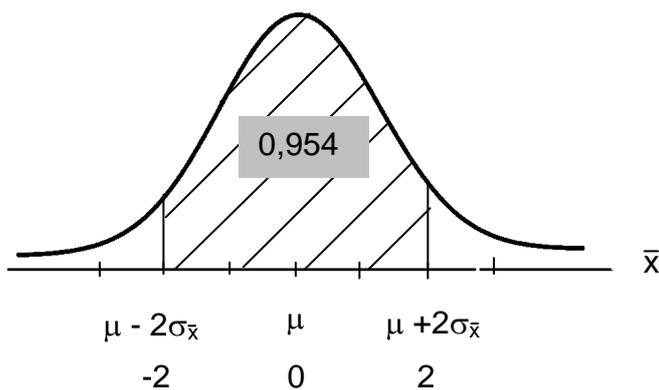


Figura 1 -Distribuição normal das médias das amostras

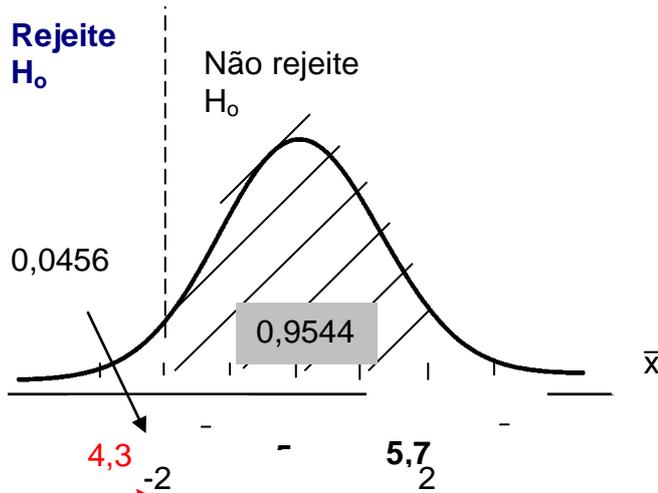


Figura 2 -Distribuição normal das médias das amostras na PD com Erro tipo I de 4,56% - $\alpha = 0,0456$

(d) calculando Z tem-se:

$$z = \frac{\bar{x} - 5}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{2,96 - 5}{0,7} = - 2,91 \text{ rejeita } H_0$$

Portanto os dados proporcionam evidências suficientes para concluir que o número de acidentes diminui com a PD

5.1 Teste de hipótese para médias de duas populações

Da mesma forma que no caso anterior será verificada a evolução dos acidentes antes e após a implantação da PD, Tabela 2, diferentemente do caso anterior não será realizada a comparação com os valores históricos, mas com os dados do ano anterior a implantação da PD, 18/12/2001 a 17/12/2002.

Anexo I -155

Tabela 2 – Sumário dados de acidentes de 18/12/2001 a 17/12/2003

Ano	Rodovia	Pista	Sentido	Volume	Extensão	km Percorridos	Acidentes	
18/12/2001 a 17/12/2002	SP.150	Sul + Norte	Litoral	13.612.939	15	204.194.085	831	
	SP.150	Norte	São Paulo	7.786.817	15	116.802.255	272	
	SP.160	Norte	São Paulo	11.023.483	14	154.328.762	397	
	SP.160	Norte	Litoral	2.551.572	14	35.722.008	134	
	Sentido Sul			Litoral	16.164.511		239.916.093	965
	Sentido Norte			São Paulo	18.810.300		271.131.017	669
Total					n1=	511.047.110	1.634	

Ano	Rodovia	Pista	Sentido	Volume	Extensão	km Percorridos	Acidentes
18/12/2002 a 17/12/2003	SP.150	Sul + Norte	Litoral	7.104.183	15	106.562.745	466
	SP.150	Norte	São Paulo	4.348.407	15	65.226.105	197
	SP.160	Norte	São Paulo	9.215.160	14	129.012.240	275
	SP.160	Sul	Litoral	9.460.241	14	132.443.374	129
	SP.160	Sul (Nova)	São Paulo	3.981.751	14	55.744.514	12
	Sentido Sul			Litoral	16.564.424		239.006.119
Sentido Norte			São Paulo	17.545.318		249.982.859	326
Total					n2=	488.988.978	1.067

Nota: a integra dos dados está disponível no Anexo A

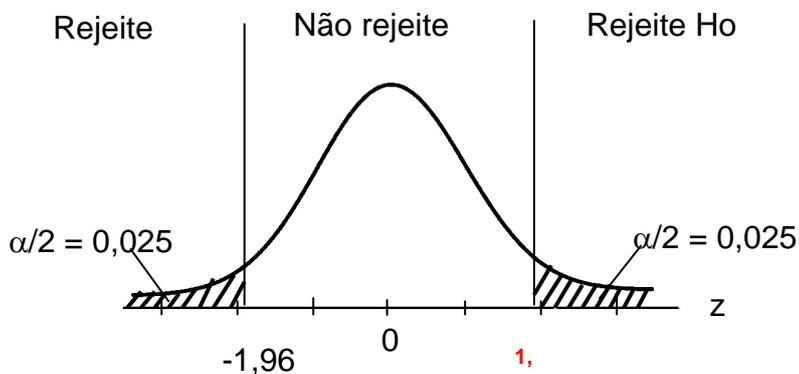
(a) adota-se a seguinte hipótese:

$n=365$ dias

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (as médias acidentes coincidem)

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ (as médias acidentes são diferentes)

(b) O nível de significância adotado em 5%.:

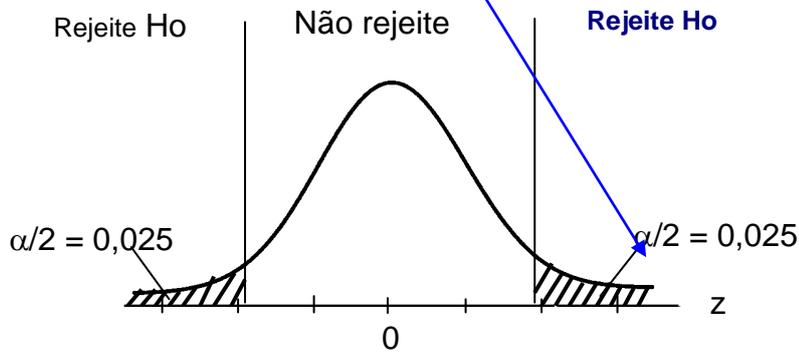


(c) calcula-se $S_{x_1-x_2}$

tem-se:

$S_1=3,88$, $S_2=2,307$ e $S_{x_1-x_2}= 0,236$

$$s_{\bar{x}_1-\bar{x}_2} = \sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)} = 6,64$$



Portanto, novamente rejeita-se que a PD manteve a mesma média de acidentes.

5.2 Análise de Variância - ANOVA

Diante do fato que o número de acidentes diminuiu, possivelmente pela segregação dos veículos de passeio e comercial, pois na PD só circulam veículos de passeio.

Por meio da adoção de ANOVA para k médias de populações, busca-se a definição de que as pistas, hoje possuem diferença na segurança viária

5.3 Estudo dos acidentes por pista e tipo de operação

Em função da alteração das operações, 5x5, 8x2, 2x8, 4x6 e 6x4 foi gerada a Tabela 3. A intenção deste teste é saber se o tipo de operação afeta a segurança viária.

Tabela 3 - Acidentes distribuídos por pista e sentido de tráfego em 40 dias aleatórios de operação rodoviária.

Ho: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$

Rodovia	SP.150	SP.150	SP.150	SP.160	SP.160	SP.160		
Pista	Norte	Sul	Norte	Norte	Norte	Sul		
Sentido	Litoral	Litoral	São Paulo	São Paulo	Litoral	Litoral		
8/11/2003 a 17/12/2003	Acidentes	Acidentes	Acidentes	Acidentes	Acidentes	Acidentes		
40	1		-	-	-	-		
39	3		-	-	-	-		
38	-		1	-	1	-		
37	-		3	-	-	-		
36	-		1	2	-	-		
35	-		3	2	-	-		
34	2		-	1	1	-		
33	2		-	-	2	-		
32	1		3	1	-	-		
31	2		2	4	-	-		
30	2		1	-	-	-		
29	-		4	1	-	-		
28	-		-	-	-	-		
27	1		-	1	-	-		
26	1		-	-	-	-		
25	1		1	-	1	-		
24	-		-	-	-	-		
23		3	-	2	-	-		
22		2	-	-	-	-		
21		2	1	2	-	-		
20		5	2	2	1	-		
19		1	-	-	-	-		
18		1	2	-	1	-		
17	-		-	-	-	-		
16	-		-	-	-	-		
15	1		-	-	-	-		
14	-		-	-	-	-		
13	2		1	-	3	-		
12	2		-	-	-	-		
11	5		-	3	1	-		
10	2		-	-	-	-		
9	1		-	-	1	-		
8	-		1	-	1	-		
7	1		-	2	-	-		
6		1	2	-	-	-		
5		3	1	1	1	-		
4	5		-	1	2	-		
3	1		-	1	-	-		
2	7		-	1	1	-		
1	2		-	1	-	-	Total	k
n=	40	40	40	40	40	40	240	6
média=	1,10	0,45	0,73	0,70	0,43	0,00		
desvio ^2=	2,77	1,93	1,18	0,98	0,51	0,00		
soma=	45	18	29	28	17	-	137	

Anexo I -158

SQT= 276,80

SQG= 28,37

SQE= 248,43

GLT= 239

GLG= 5

GLE= 234

QMG= 5,67

QME= 1,06

Com um nível de significância de 1% podemos rejeitar a hipótese

$f_{0,01} =$

3,02

Fonte	GL	SQ	QM=SQ/GL	Estatística F
Tratamento ou Grupo	5	28,37	5,67	5,34
Erro	234	248,43	1,06	
Total	239	276,80		

F= 5,34

Portanto, pode-se afirmar que as pistas são diferentes, quando comparadas individualmente em função da operação vigente.

6 Estudo dos acidentes por pista e sentido de tráfego

Do mesmo modo que o caso anterior seleciona-se 40 dias de operação rodoviária, mas desta vez adotou-se apenas a direção de tráfego por pista.

No presente teste buscou-se a determinação se as pistas possuem comportamento diferenciado quando a alteração do modo de operação.

Anexo I -159

Tabela 4 - Acidentes por pista e direção de tráfego

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C$$

Rodovia	SP.150	SP.160	SP.150	SP.160		
Pista	Sul	Sul	Norte	Norte		
Sentido	Litoral	Litoral	São Paulo	São Paulo		
8/11/2003 a 17/12/2003	Acidentes	Acidentes	Acidentes	Acidentes		
1	1	-	-	-		
2	3	-	-	-		
3	-	1	1	-		
4	-	-	3	-		
5	-	-	1	2		
6	-	-	3	2		
7	2	1	-	1		
8	2	2	-	-		
9	1	-	3	1		
10	2	-	2	4		
11	2	-	1	-		
12	-	-	4	1		
13	-	-	-	-		
14	1	-	-	1		
15	1	-	-	-		
16	1	1	1	-		
17	-	-	-	-		
18	3	-	-	2		
19	2	-	-	-		
20	2	-	1	2		
21	5	1	2	2		
22	1	-	-	-		
23	1	1	2	-		
24	-	-	-	-		
25	-	-	-	-		
26	1	-	-	-		
27	-	-	-	-		
28	2	3	1	-		
29	2	-	-	-		
30	5	1	-	3		
31	2	-	-	-		
32	1	1	-	-		
33	-	1	1	-		
34	1	-	-	2		
35	1	-	2	-		
36	3	1	1	1		
37	5	2	-	1		
38	1	-	-	1		
39	7	1	-	1		
40	2	-	-	1	Total	k
n=	40	40	40	40	160	4
média=	1,58	0,43	0,73	0,70		
desvio ^2=	2,66	0,51	1,18	0,98		
soma=	63	17	29	28	137	

SQT= 237,69

SQG= 29,77

SQE= 207,93

GLT= 159

GLG= 3

GLE= 156

QMG= 9,92

QME= 1,33

F= 7,44

Anexo I -160

Com um nível de significância de 1% podemos rejeitar a hipótese

$$f_{0,01} = 3.78$$

Fonte	GL	SQ	QM=SQ/GL	Estatística F
Tratamento ou Grupo	3	29,77	9,92	7,44
Erro	156	207,93	1,33	
Total	159	237,69		

Portanto as Pistas apesar de possuírem mesmo tráfego tem número de acidentes diferentes.

7 Procedimento de Tukey

Como nos casos anteriores o valor da estatística F foi maior do que o valor calculado, com base nos dados levantados, a alternativa H_0 é rejeitada, surge a pergunta quais médias são diferentes uma da outra? qual a pista mais segura?

Para tanto será adotado o PROCEDIMENTO DE TUKEY para o item 6.3.2.

Fonte	GL	SQ	QM=SQ/GL	Estatística F
Tratamento ou Grupo	3	29,77	9,92	7,44
Erro	156	207,93	1,33	
Total	159	237,69		

sendo:

SP.150	SP.160	SP.150	SP.160
Sul	Sul	Norte	Norte
Litoral	Litoral	São Paulo	São Paulo
Acidentes	Acidentes	Acidentes	Acidentes

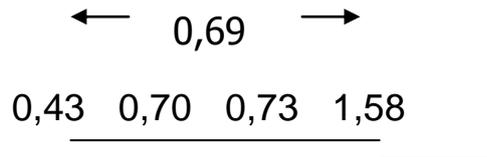
média=	1,58	0,43	0,73	0,70
--------	------	------	------	------

Quando adota-se $\alpha=0,01$

sendo $Q_{0,01,3,156} = 3,78$ $QME = 1,33$ $J = 40$

$$w = Q_{\alpha, I, I(J-1)}(QME/J)^{1/2} = 3,78 * (1,33/40)^{1/2} = 0,69$$

Médias em ordem crescente com $W=0,69$

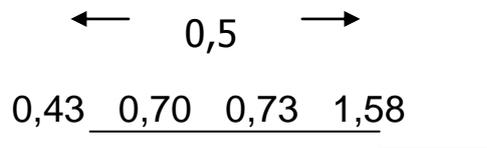


Quando adota-se $\alpha=0,05$

sendo $Q_{0,05,3,156} = 2,688$ $QME = 1,33$ $J = 40$

$$w = Q_{\alpha, I, I(J-1)}(QME/J)^{1/2} = 2,68 * (1,33/40)^{1/2} = 0,5$$

Médias em ordem crescente com $W=0,5$



A alteração de $\alpha=0,01$ para $\alpha=0.05$ não alterou o resultado de Tukey. E novamente confirmou que a Pista Descendente da Anchieta é a mais perigosa no aspecto de acidentes.

8 CONCLUSÃO

As Pistas descendentes possuem mais acidentes que as ascendentes, sendo a PD da Anchieta a que possui a maior média de acidentes.

Para o caso em estudo, de todos os procedimentos Tukey demonstrou ser o mais simples, além de apresentar como resposta a divisão entre as pistas

ANEXO J-WHAT IF? DE TÚNEIS

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
1	CONDUTOR	imprudência negligência imperícia mal estar/saúde problemas emocionais dependência química	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas incêndio	Campanhas educativas treinamento reciclagem exames periódicos físico/psicológico carga horária adequada sistema monitoração/segurança credenciamento campanhas educativas Credenciamento Treinamento Reciclagem Períodico Fiscalização Exame medico Periódico Prevenção
2	SINALIZAÇÃO			
2.1	horizontal	posicionamento inadequado não visível inadequada inexistente	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio	especificação adequada especificações baseadas em normas iluminação de emergência iluminação normal redundância na informação procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) procedimento de contingência procedimento de segurança divulgação (panfletos e outra mídias) comunicação (áudio/visual)
2.2	vertical	posicionamento inadequado semáforos inoperante não visível inadequada inexistente	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio	
3	VEICULO	falhas sistema elétricos falhas sistema freios falhas sistema de tração falhas sistema de sinalização e comando vandalismo/terrorismo operador/conductor não capacitado desalinhamento materiais combustíveis Falta de Manutenção Falha Mecânica inadequado a geometria do túnel	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio	especificação adequada materiais adequados (revestimentos, bancos, cabos elétricos) proteção passiva proteção ativa (detecção, extintores) compartimentação monitoração do tráfego procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) Fiscalização treinamento de operação treinamento de manutenção

ANEXO J (continuação)

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
4	VELOCIDADE	geometria da via inadequada condições ambientais visibilidade veículo com falha mecânica veículo inadequado a geometria velocidade diretriz inadequada	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio	procedimentos de segurança, controle -monitoração/sinalização procedimentos operacionais projeto adequado Fiscalizacão - Radar-Sinalizacão
5	TIPO SERVIÇO Caminhão (carga) Veículo de Passeio Ônibus (passageiros) Moto	transporte produtos perigosos terrorismo uso inadequado de instalações	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda de material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio	fiscalização monitoração divulgação (áudio/visual) treinamentos
6	GEOMETRIA TÚNEL Aclividade do túnel Declividade do túnel Largura de Faixa Gabarito Rodoviário Extensão do Túnel Número de Faixas Raio de Curvatura Velocidade Diretriz	dificuldades abandono dificuldade socorro/combate concentração calor/fumaça dificuldade localização dificuldade comunicação falta tração/aderência drenagem insuficiente aprisionamento da fumaça colisão com estruturas fixas restrição espaço no túnel visibilidade reduzida curvatura excessiva desgaste da via Perda de Freio Perda de Tração e Velocidade	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda material perdas de vidas restrições operacionais Insuficiente incêndio impacto ambiental intoxicação colapso estrutural inundação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas	rotas de fuga adequadas saídas de emergência sistema comunicação ventilação /controle utilização de normas adequadas aplicação de bombas hidráulicas adequadas estudo de gabarito dinâmico com folgas adequadas controle carregamento (peso) manutenção adequada da via -sinalização/iluminação Dispositivos auxiliares de freio / Veículo Compatível / Marcha engrenada Controle de Peso / Estado do Veículo 3ª Faixa (Baia de Emergência) Controle do Estado do Veículo Controle de Velocidade / Sinalização Segregação Física da Pista por Barreira Rígida de Concreto Largura mínima da faixa (Passeio - 3,20m / Comercial - 3,50m)

ANEXO J (continuação)

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
7	<p>ESTRUTURA CIVIL Revestimento do túnel Tipo Pavimento Saída Emergência Revestimento dos anéis de aço/fofo Drenagens Estruturas entre vias (pilares, septos, etc.) Pavimento Flexível Pavimento Rígido Aderência carro-pavimento Imperfeição da Pista Revestimento do Túnel Baía de emergência Faixa de Emergência Coleta de Líquidos Derramados</p>	<p>corrosão de armadura infiltração fissura no concreto falhas juntas corrente de fuga degradação impermeabilização falta de resistência ao calor (fogo) falta controle fluxo de infiltrações colisão</p>	<p>colapso estrutural restrições operacionais perda material perdas de vidas corrosão da armadura -falhas/degradação da fixação entre placas corrosão estruturas de fixação cabos, etc. prejuízos na remoção de fumos incêndio Desabamento Estrutural</p>	<p>controle projeto/execução -inspeção/manutenção revestimentos com resistentes ao fogo por 150 minutos proteção adequada na base dos pilares (sub entrada) estrutura dimensionada à colisão (choques) projetos que contemple necessidades da ventilação Drenagem Manutenção preventiva / corretiva do Pavimento Revestimento deve agüentar 650° C Possuir baía de emergência (3,50m largura / 50m extensão) Prever faixa para passagem de veículos de atendimento de emergência Construir estrutura para coleta de líquidos derramados</p>
8	MANUTENÇÃO/LIMPEZA			
8.1	sistemas	<p>equipamentos inoperantes falta de confiabilidade Insalubridade</p>	<p>perda material perdas de vidas restrições operacionais incêndio</p>	<p>procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) rotina de ensaios operacionais treinamento Monitoração inspeção periódica</p>
8.2	<p>Pista alinhamento nivelamento vibração</p>	<p>redução de velocidade desconforto restrições operacionais perda eficiência sistema amortecimento</p>	<p>impacto ambiental intoxicação colapso estrutural inundação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas</p>	
9	<p>SISTEMA ELÉTRICO Materiais (cabo/eletrodutos e bandejas) Iluminação (túnel/subestação) Alimentação elétrica</p>	<p>gerar fumaça tóxica curto circuito falhas insolações ataque roedores corrosão suportes -fissuras/ressecamento/isolação propagação incêndio ataque agentes químicos -vandalismo/terrorismo falha iluminação deficiente sob condições emergência baixo nível iluminação falta iluminação/balizamento falta de energia falha sistema alimentação Perda dos Sistemas não vitais Perda dos Sistemas vitais</p>	<p>choque elétrico curto circuito operação comercial comprometida intoxicação visibilidade reduzida desorientação na fuga perda dos sistemas vitais (tração, iluminação, bombas, ventilação) perda material perdas de vidas restrições operacionais impacto ambiental intoxicação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas incêndio</p>	<p>-plicação de componentes fogo-retardante/atóxicos/não halogenados proteção física passivação/compartimentação combate a roedores -inspeção/manutenção verificação da vida útil dos materiais/equipamentos -inspeção/manutenção limpeza estabelecer níveis mínimos de iluminação adotar normas/critérios adequados para iluminação -GGD, NO-BREAK iluminação de emergência sistemas redundantes de alimentação No break / Redundância de caminhos / Sinalização de faróis ligados / Iluminação de emergência Materiais não tóxicos e protegidos contra calor / resistência a chamas</p>

ANEXO J (continuação)

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
10	SISTEMAS DE SEGURANÇA		choque elétrico	
10.1	Ativa Rede de hidrantes / sprinkles / água nebulizada, extintores Detetor de fumaça, chama, temperatura CFTV ventilação Proteção elétrica Redundância Sistema de alimentação Comunicação/Sinalização Sistema monitoramento Iluminação	propagação descontrolada do fogo não ter detecção em tempo hábil (início) + descontrolo da situação não direcionamento/acúmulo de fumos propagação de incêndio perda sistemas não vitais desorientação descontrolo situação perda da contenção estruturas	curto circuito operação comercial comprometida intoxicação visibilidade reduzida desorientação na fuga perda dos sistemas vitais (tração, iluminação, bombas, ventilação) perda material perdas de vidas restrições operacionais impacto ambiental	projetos e execução dos sistemas bem elaborados, baseados em normas manutenção adequada inspeções periódicas ensaios treinamento Redundância nos Sistemas resistência e reação ao fogo GGD / Redundância / No break Redundância Sistemas Anti-chamas
10.2	Passiva: Revestimento estruturas Passivação dos cabos Compartimentação Materiais Anti-chamas, não tóxicos Rotas de fuga Barreira de fuga Barreiras contra fogo Macas/carros trolley Receber chama / calor	-propagação/perda sistemas não vitais propagação descontrolada do fogo inflamabilidade/gases tóxicos restrições de abandono propagação descontrolada do fogo Perda dos Sistemas não vitais Falta de energia Falta de sinal / comando de automação Fixação de Equipamentos	intoxicação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas incêndio colapso estrutural	
11	OPERAÇÃO Estratégias operacionais (sob situações de emergências) Sentido de tráfego Bi/Unidirecional Tipo de Veículos rampa: declive açive/ declividade Sentido (subida-descida) Tipo de Pavimento quantidade de veículos de apoio tipos de veículos de apoio	tomadas de decisões inadequadas despachonização decisões comunicação inadequada descentralização das decisões uso inadequado dos dispositivos de segurança Perda de Eficiência e detecção de eventos	Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda material perdas de vidas restrições operacionais incêndio impacto ambiental intoxicação colapso estrutural inundação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas	estabelecimento de estratégias e treinamentos adequados reciclagem / treinamento estabelecimento de políticas de segurança (conscientização) POP

ANEXO J (continuação)

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
12	<p>MATERIAIS</p> <p>Gerar fumaça tóxica</p> <p>Resistência ao calor</p> <p>reação ao calor</p>	<p>geração fumaça</p> <p>não ser resistente ao calor</p> <p>susceptível roedores</p> <p>corrosão química</p> <p>corrente de fuga</p> <p>falta de confiabilidade</p> <p>elemento de fixação</p> <p>Visibilidade / intoxicação</p> <p>Inoperância / colapso</p>	<p>gerar gases tóxicos</p> <p>choque elétrico</p> <p>colapso estrutural</p> <p>queda de equipamentos</p> <p>perda material</p> <p>perdas de vidas</p> <p>restrições operacionais</p> <p>incêndio</p> <p>impacto ambiental</p> <p>intoxicação</p> <p>colapso estrutural</p> <p>inundação</p> <p>dificuldades remoção fumaça</p> <p>dificuldades de remoção das pessoas</p>	<p>especificação adequada</p> <p>-abos anti-chamas (sistemas críticos)</p> <p>cabos sem halogênios</p> <p>compatibilização dos materiais e sistema de fixação</p>
13	<p>INFRAESTRUTURA</p> <p>Fixação / Bandeijamento / Tubos</p> <p>Redundância Automação</p> <p>Redundância Elétrica</p> <p>Proteção Cabos / Sistema Segurança</p> <p>proteção contra fogo</p> <p>Normal</p> <p>Emergencial</p>	<p>Perda de informação / comando / Supervisão</p> <p>Perda de informação</p> <p>Perda de Supervisão / Comando</p>	<p>gerar gases tóxicos</p> <p>choque elétrico</p> <p>colapso estrutural</p> <p>queda de equipamentos</p> <p>perda material</p> <p>perdas de vidas</p> <p>restrições operacionais</p> <p>incêndio</p> <p>impacto ambiental</p> <p>intoxicação</p> <p>colapso estrutural</p> <p>inundação</p> <p>dificuldades remoção fumaça</p> <p>dificuldades de remoção das pessoas</p>	<p>Resistência a color / fogo (material atoxico)</p> <p>Alarme de falha / redundância física</p> <p>GGD / Redundância / No break</p> <p>Embutir / proteger / redundância</p>

ANEXO J (continuação)

Itens	What if?	Risco Inicial	Risco Final	Medida Mitigadora
14	<p>CONDIÇÕES AMBIENTAIS Operação Normal neblina Poeira Infiltrações exteriores de líquidos tóxicos/inflamáveis (derramamento externo) Gases tóxicos/inflamáveis chuva</p>	<p>inundação -urto-circuito -explosões/incêndio intoxicação -Explosão/incêndio intoxicação curto circuito (acumulo de partícula), rompimento barreira dielétrica</p>	<p>restrições operacionais perda de sistemas vitais incêndio danos físicos/materiais interrupção operação/comercial danos físicos/materiais incêndio interrupção operação comercial Perda Patrimonial / P. Vida / Meio Ambiente</p>	<p>sistemas adequados de captação/bombeamento impermeabilização manutenção adequada inspeções periódicas manutenção Sistemas de extração de gases detecção de gases sistema de ventilação segregação dos equipamentos elétricos Drenagem / Sinalização / POP / Ventilação</p>
15	<p>VDM acompanhamento POP controle de velocidade</p>	<p>parada brusca Acumulo de veículos por causa do tráfego lento</p>	<p>Abalroamento Atropelamento Capotamento colisão Choque perda material perdas de vidas restrições operacionais incêndio impacto ambiental intoxicação colapso estrutural inundação dificuldades remoção fumaça dificuldades de remoção das pessoas</p>	<p>Faixa adicional / Sistemas de Segurança (Ventilação, CFTV, Detecção. Incêndio, Sensores CO / OP, Comunicação, etc) / POP</p>

ANEXO L- APP DE TÚNEIS

Está análise foi realizada por meio das reuniões do CE 24:301:13

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
			Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076				
Condutor Aquece	Estrutura Aquece	Estrutura Inflama	Registros	Escopo do Projeto e Revisão do projeto		2	D	RA	ATENDER PREMISSA
Condutor (1)	tráfego retilíneo, em velocidade compatível a faixa de rolamento	perda da dirigibilidade	Fiscalização da habilitação			2	D	RA	Campanhas educativas treinamento reciclagem exames periódicos físico/psicológico carga horária adequada sistema monitoração/segurança credenciamento campanhas educativas Credenciamento Treinamento Reciclagem Periódico Fiscalização Exame medico Periódico Prevenção

ANEXO L (continuação)

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
			Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076				
Sinalização (2)	DIVERSOS					2	D	RA	especificação adequada especificações baseadas em normas iluminação de emergência iluminação normal redundância na informação procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) procedimento de contingência procedimento de segurança divulgação (panfletos e outra mídias) comunicação (áudio/visual)
Veículo (3)	DIVERSOS					2	D	RA	especificação adequada materiais adequados (revestimentos, bancos, cabos elétricos) proteção passiva proteção ativa (detecção, extintores) compartimentação monitoração do tráfego procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) Fiscalização treinamento de operação treinamento de manutenção
Velocidade diretriz (4)	DIVERSOS					2	D	RA	procedimentos de segurança, controle -monitoração/sinalização procedimentos operacionais projeto adequado Fiscalização - Radar-Sinalização

ANEXO L (continuação)

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
				Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076			
Tipo de Serviço (5)	DIVERSOS					2	D	RA	fiscalização monitoração divulgação (áudio/visual) treinamentos
Geometria (6)	DIVERSOS					2	D	RA	rotas de fuga adequadas saídas de emergência sistema comunicação ventilação /controle utilização de normas adequadas aplicação de bombas hidráulicas adequadas estudo de gabarito dinâmico com folgas adequadas controle carregamento (peso) manutenção adequada da via -sinalização/iluminação Dispositivos auxiliares de freio / Veículo Compatível / Marcha engrenada Controle de Peso / Estado do Veículo 3º Faixa (Baia de Emergência) Controle do Estado do Veículo Controle de Velocidade / Sinalização Segregação Física da Pista por Barreira Rígida de Concreto Largura mínima da faixa (Passeio - 3,20m / Comercial - 3,50m)

ANEXO L (continuação)

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
			Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076				
Estrutura Civil (7)	DIVERSOS					2	D	RA	controle projeto/execução -inspeção/manutenção revestimentos com resistentes ao fogo por 150 minutos proteção adequada na base dos pilares (sub entrada) estrutura dimensionada à colisão (choques) projetos que contemple necessidades da ventilação Drenagem Manutenção preventiva / corretiva do Pavimento Revestimento deve agüentar 650º C Possuir baia de emergência (3,50m largura / 50m extensão) Prever faixa para passagem de veículos de atendimento de emergência Construir estrutura para coleta de líquidos derramados
Manutenção e Limpeza (8)	DIVERSOS					2	D	RA	procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) rotina de ensaios operacionais treinamento Monitoração inspeção periódica

ANEXO L (continuação)

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
			Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076				
Sistema Elétrico (9)	DIVERSOS					2	D	RA	-pliação de componentes fogo-retardante/atóxicos/não halogenados proteção física passivação/compartimentação combate a roedores -inspeção/manutenção verificação da vida útil dos materiais/equipamentos -inspeção/manutenção limpeza estabelecer níveis mínimos de iluminação adotar normas/critérios adequados para iluminação -GGD, NO-BREAK iluminação de emergência sistemas redundantes de alimentação No break / Redundância de caminhos / Sinalização de faróis ligados / Iluminação de emergência Materiais não tóxicos e protegidos contra calor / resistência a chamas
Sistema de Segurança (10)	DIVERSOS					2	D	RA	projetos e execução dos sistemas bem elaborados, baseados em normas manutenção adequada inspeções periódicas ensaios treinamento Redundância nos Sistemas resistência e reação ao fogo GGD / Redundância / No break Redundância Sistemas Anti-chamas

ANEXO L (continuação)

Hipótese		Perigo	Causas			Categoria de probabilidade	Categoria de consequência	Risco	Recomendações
Ponto notável	Ponto Controle	Ponto Crítico	Não atender						
			Requisitos legais	especificações baseadas em normas	Segurança ao Fogo Decreto Estadual 46076				
Operação (11)	DIVERSOS					2	D	RA	estabelecimento de estratégias e treinamentos adequados reciclagem / treinamento estabelecimento de políticas de segurança (conscientização) POP
Materiais (12)	DIVERSOS					2	D	RA	especificação adequada -abos anti-chamas (sistemas críticos) cabos sem halogênios compatibilização dos materiais e sistema de fixação
Infraestrutura (13)	DIVERSOS					2	D	RA	Resistência a color / fogo (material atóxico) Alarme de falha / redundância física GGD / Redundância / No break Embutir / proteger / redundância
Condições Meteorológicas (14)	DIVERSOS					2	D	RA	sistemas adequados de captação/bombeamento impermeabilização manutenção adequada inspeções periódicas manutenção Sistemas de extração de gases detecção de gases sistema de ventilação segregação dos equipamentos elétricos Drenagem / Sinalização / POP / Ventilação
VDM (15)	DIVERSOS					2	D	RA	-Faixa adicional / Sistemas de Segurança (Ventilação, CFTV, Detecção, Incêndio, Sensores CO / OP, Comunicação, etc) / POP

ANEXO M - Requisitos de verificação da EAR

Origem do risco		Requisitos de verificação da EAR
1.1	Condutor	Campanhas educativas
1.2	Condutor	Credenciamento
1.3	Condutor	Exames médicos periódicos físico/psicológico
1.4	Condutor	Fiscalização
1.5	Condutor	Carga horária adequada
1.6	Condutor	Reciclagem
1.7	Condutor	Conhecer a pista
1.8	Condutor	Sistema veicular monitorado
1.9	Condutor	Treinamento
2.1	Sinalização	Comunicação (áudio/visual)
2.2	Sinalização	Divulgação (panfletos e outras mídias)
2.3	Sinalização	Especificação adequada
2.4	Sinalização	Especificações baseadas em normas
2.5	Sinalização	Iluminação de emergência
2.6	Sinalização	Iluminação normal
2.7	Sinalização	Procedimento de contingência
2.8	Sinalização	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
2.9	Sinalização	Procedimento de segurança
2.10	Sinalização	Redundância na informação
3.1	Veículo	Compartimentação
3.2	Veículo	Especificação adequada
3.3	Veículo	Fiscalização
3.4	Veículo	Materiais adequados (revestimentos, bancos, cabos elétricos)
3.5	Veículo	Monitoração do tráfego
3.6	Veículo	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
3.7	Veículo	Proteção ativa (detecção, extintores)
3.8	Veículo	Proteção passiva
3.9	Veículo	Treinamento de manutenção
3.10	Veículo	Treinamento de operação
4.1	Velocidade	Controle e monitoração/sinalização
4.2	Velocidade	Fiscalização
4.3	Velocidade	Procedimentos de segurança
4.4	Velocidade	Procedimentos operacionais
4.5	Velocidade	Projeto adequado
4.6	Velocidade	Radar
4.7	Velocidade	Sinalização
5.1	Tipo de serviço	Divulgação (audio-visual)
5.2	Tipo de serviço	Fiscalização
5.3	Tipo de serviço	Monitoração
5.4	Tipo de serviço	Treinamentos
6.1	Geometria do Túnel	3ª Faixa (Baia de Emergência)
6.2	Geometria do Túnel	Aplicação de bombas hidráulicas adequadas
6.3	Geometria do Túnel	Rampas longitudinais menores que 3%
6.4	Geometria do Túnel	Controle de carga (peso/material)
6.5	Geometria do Túnel	Controle de Velocidade
6.6	Geometria do Túnel	Controle do Estado do Veículo
6.7	Geometria do Túnel	Dispositivos auxiliares de freio / Veículo compatível / Marcha engrenada
6.8	Geometria do Túnel	Declive transversal para escoamento dos líquidos
6.9	Geometria do Túnel	Estudo de gabarito dinâmico com folgas adequadas
6.10	Geometria do Túnel	Largura mínima da faixa (Passeio - 3,20m / Comercial - 3,50m)

Anexo M -175

ANEXO M (continuação)

Origem do risco		Requisitos de verificação da EAR
6.11	Geometria do Túnel	Facilidade de manutenção
6.12	Geometria do Túnel	Prever espaço para rotas de fuga adequadas
6.13	Geometria do Túnel	Prever espaço para saídas de emergência
6.14	Geometria do Túnel	Prever espaço para Segregação Física da Pista por Barreira Rígida de Concreto
6.15	Geometria do Túnel	Prever espaço para sinalização/iluminação
6.16	Geometria do Túnel	Não prever espaço para habitáculos (todas as saídas de emergência devem levar os usuários para o exterior do túnel)
6.17	Geometria do Túnel	Prever espaço para Sistema de Comunicação
6.18	Geometria do Túnel	Utilização de normas adequadas
6.19	Geometria do Túnel	Prever espaço para ventilação e controle
6.20	Geometria do Túnel	Barreiras contra impacto de veículos nas passarelas de emergência
7.1	Estrutura civil	Construir estrutura para coleta de líquidos derramados na pista
7.2	Estrutura civil	Controle projeto/execução
7.3	Estrutura civil	Drenagem (água) independente dos líquidos derramados
7.4	Estrutura civil	Estrutura dimensionada à colisão (choques)
7.5	Estrutura civil	Inspeção/manutenção
7.6	Estrutura civil	Manutenção preventiva/corretiva do pavimento
7.7	Estrutura civil	Possuir baia de emergência (3,50m largura/50m extensão)
7.8	Estrutura civil	Prever faixa para passagem de veículos de atendimento de emergência
7.9	Estrutura civil	Projeto que contemple necessidades da ventilação
7.10	Estrutura civil	Proteção adequada na base dos pilares (subentrada)
7.11	Estrutura civil	Revestimento deve agüentar 650° C
7.12	Estrutura civil	Revestimentos resistentes ao fogo por 150 minutos
8.1	Manutenção	Procedimento de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva)
8.2	Manutenção	Rotina de ensaios operacionais
8.3	Manutenção	Treinamento
8.4	Manutenção	Monitoração
8.5	Manutenção	Inspeção periódica
9.1	Sistema elétrico	Adotar normas/critérios adequados para iluminação
9.2	Sistema elétrico	Aplicação de componentes fogo-retardante/atóxicos/não halogenados
9.3	Sistema elétrico	Combate a roedores
9.4	Sistema elétrico	Estabelecer níveis mínimos de iluminamento
9.5	Sistema elétrico	GGD, NO-BREAK
9.6	Sistema elétrico	Iluminação de emergência
9.7	Sistema elétrico	Inspeção/manutenção
9.8	Sistema elétrico	Limpeza
9.9	Sistema elétrico	No break / Redundância de caminhos / Sinalização de faróis ligados / Iluminação de emergência
9.10	Sistema elétrico	Passivação/compartimentação
9.11	Sistema elétrico	Proteção física
9.12	Sistema elétrico	Sistemas redundantes de alimentação
9.13	Sistema elétrico	Verificação da vida útil dos materiais/equipamentos
10.1	Sistemas de Segurança	Projetos e execução dos sistemas bem elaborados, baseados em normas
10.2	Sistemas de segurança	Manutenção adequada
10.3	Sistemas de segurança	Inspeções periódicas
10.4	Sistemas de segurança	Ensaio
10.5	Sistemas de segurança	Treinamento
10.6	Sistemas de segurança	Redundância nos sistemas de resistência e reação ao fogo
10.7	Sistemas de segurança	GGD / Redundância / No break
10.8	Sistemas de segurança	Redundância

Anexo M -176

ANEXO M (continuação)

Origem do risco		Requisitos de verificação da EAR
10.9	Sistemas de segurança	Sistemas retardantes de chama
11.1	Operação	Estabelecimento de estratégias e treinamentos adequados
11.2	Operação	Estabelecimento de políticas de segurança (conscientização)
11.3	Operação	POP para operação normal e emergencial
11.4	Operação	Reciclagem / treinamento/pátio de fiscalização
12.1	Materiais	Especificação adequada
12.2	Materiais	Cabos retardantes de chama
12.3	Materiais	Cabos sem halogênios
12.4	Materiais	Compatibilização dos materiais e sistema de fixação
13.1	Infra-Estrutura	Alarme de falha / redundância física
13.2	Infra-Estrutura	Embutir / proteger / redundância
13.3	Infra-Estrutura	GGD / Redundância / No break
13.4	Infra-Estrutura	Resistência a calor/fogo e aplicação de material de baixa toxicidade
14.1	Condições ambientais	Deteção de gases
14.2	Condições ambientais	Drenagem / Sinalização / POP / Ventilação
14.3	Condições ambientais	Impermeabilização
14.4	Condições ambientais	Inspeções periódicas
14.5	Condições ambientais	Manutenção
14.6	Condições ambientais	Manutenção adequada
14.7	Condições ambientais	Segregação dos equipamentos elétricos
14.8	Condições ambientais	Sistema de ventilação
14.9	Condições ambientais	Sistemas adequados de captação/bombeamento
14.10	Condições ambientais	Sistemas de extração de gases
15.1	VDM	Faixa adicional
15.2	VDM	Sistemas de Segurança (Ventilação, CFTV, Detetor de Incêndio, Sensores CO / Opacímetro, Comunicação, etc.)
15.3	VDM	POP – procedimentos operacionais

Anexo N -177

ANEXO N – Relação entre os Requisitos de verificação e as 11 atividades

Avaliação de conformidade	Atividades										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.1	x										
1.2	x										
1.3		x									
1.4	x										
1.5											
1.6	x										
1.7	x										
1.8	x										
1.9	x										
2.1	x			x				x			
2.2	x			x				x			
2.3	x		x	x				x			
2.4	x		x	x				x			
2.5	x			x				x			
2.6	x							x			
2.7	x							x			
2.8	x							x			
2.9	x							x			
2.10	x							x			
3.1											x
3.2	x										x
3.3	x	x									x
3.4				x							x
3.5	x				x	x					x
3.6											x
3.7	x			x	x	x					x
3.8				x	x	x					x
3.9	x										x
3.10	x										x
4.1	x	x	x	x							x
4.2	x	x									x
4.3	x										x
4.4	x										x
4.5	x		x		x	x					x
4.6	x	x									x
4.7	x	x	x								x
5.1	x										x
5.2	x	x		x							x
5.3	x	x		x							x
5.4	x										x
6.1	x	x		x	x	x	x				
6.2	x	x	x		x	x	x				
6.3	x	x	x		x	x	x				
6.4	x	x	x	x	x	x	x				
6.5	x	x	x	x	x	x	x				
6.6	x	x	x	x	x	x	x				
6.7	x	x	x	x	x	x	x				
6.8	x	x	x	x	x	x	x				

Anexo N -178

ANEXO N – continuação

Avaliação de conformidade	Atividades										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6.9	x	x		x	x	x	x				
6.10	x	x	x	x	x	x	x				
6.11	x	x			x	x	x				
6.12	x	x			x	x	x				
6.13	x	x		x	x	x	x				
6.14	x	x			x	x	x				
6.15	x	x			x	x	x				
6.16	x	x			x	x	x				
6.17	x	x		x	x	x	x				
6.18	x	x	x		x	x	x				
6.19	x	x			x	x	x				
6.20	x	x	x	x	x	x	x				
7.1	x	x		x	x	x	x				
7.2					x	x	x				
7.3	x	x		x	x	x	x				
7.4	x	x		x	x	x	x				
7.5	x				x	x	x				
7.6	x	x			x	x	x				
7.7	x	x		x	x	x	x				
7.8	x	x		x	x	x	x				
7.9	x	x		x	x	x	x				
7.10		x		x	x	x	x				
7.11		x		x	x	x	x				
7.12		x		x	x	x	x				
8.1	x	x							x	x	x
8.2	x	x		x					x	x	x
8.3	x	x							x	x	x
8.4	x	x							x	x	x
8.5	x	x		x					x	x	x
9.1	x	x						x	x	x	x
9.2	x	x		x				x	x	x	x
9.3	x	x						x	x	x	x
9.4	x	x		x				x	x	x	x
9.5	x	x		x				x	x	x	x
9.6	x	x		x				x	x	x	x
9.7	x	x						x	x	x	x
9.8	x	x						x	x	x	x
9.9	x	x		x				x	x	x	x
9.10	x	x		x				x	x	x	x
9.11	x	x		x				x	x	x	x
9.12	x	x		x				x	x	x	x
9.13	x	x		x				x	x	x	x
10.1	x	x	x	x				x	x	x	x
10.2	x	x		x				x	x	x	x
10.3	x	x		x				x	x	x	x
10.4	x			x				x	x	x	x
10.5	x	x		x				x	x	x	x
10.6	x	x		x				x	x	x	x
10.7	x	x		x				x	x	x	x

Anexo N -179

ANEXO N – continuação

Avaliação de conformidade	Atividades										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.8	x	x		x				x	x	x	x
10.9	x	x		x				x	x	x	x
11.1	x	x		x					x	x	x
11.2	x	x		x					x	x	x
11.3	x	x		x					x	x	x
11.4	x	x		x					x	x	x
12.1	x	x			x	x	x	x			
12.2	x	x			x	x	x	x			
12.3	x	x			x	x	x	x			
12.4	x	x			x	x	x	x			
13.1	x	x		x	x	x	x	x			
13.2	x	x		x	x	x	x	x			
13.3	x	x		x	x	x	x	x			
13.4	x	x		x	x	x	x	x			
14.1	x	x		x	x	x					
14.2	x	x		x	x	x					
14.3	x	x		x	x	x					
14.4	x	x		x	x	x					
14.5	x	x		x	x	x					
14.6	x	x		x	x	x					
14.7	x	x		x	x	x					
14.8	x	x		x	x	x					
14.9	x	x		x	x	x					
14.10	x	x		x	x	x					
15.1	x	x		x							x
15.2	x	x		x							x
15.3	x	x		x							x

Os requisitos totalizam 527 tópicos a serem avaliados.