



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ

ALCIONE AMILTON DE FRAGAS

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS OPERACIONAL E DE SEGURANÇA
E INTERAÇÃO ENTRE GUARNIÇÕES DO CORPO DE BOMBEIROS
MILITAR DE SANTA CATARINA E EQUIPES DE MONITORAMENTO E
SEGURANÇA DO TÚNEL DO MORRO DO BOI EM BALNEÁRIO
CAMBORIÚ - SANTA CATARINA.**

São José
2007



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ

ALCIONE AMILTON DE FRAGAS

AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS OPERACIONAL E DE SEGURANÇA E INTERAÇÃO ENTRE GUARNIÇÕES DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA E EQUIPES DE MONITORAMENTO E SEGURANÇA DO TÚNEL DO MORRO DO BOI EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ - SANTA CATARINA.

Monografia apresentada como quesito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação de São José

Orientador: Charles Alexandre Vieira

CAP BM CBMSC – Florianópolis

UNIVALI – CE São José

SÃO JOSÉ

2007



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ

ALCIONE AMILTON DE FRAGAS

AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS OPERACIONAL E DE SEGURANÇA E INTERAÇÃO ENTRE GUARNIÇÕES DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA E EQUIPES DE MONITORAMENTO E SEGURANÇA DO TÚNEL DO MORRO DO BOI EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ – SANTA CATARINA.

Esta monografia foi julgada adequada para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação de São José.

São José, 20 de Agosto de 2007

Prof. CHARLES ALEXANDRE VIEIRA
Capitão Bombeiro Militar/UNIVALI/CE – São José
Orientador

Prof. Msc. RICARDO MONTEIRO
UNIVALI/CE – São José
Membro

Profª. Msc. JANETE GOMES
UNIVALI/CE – São José
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico todo meu esforço e seu resultado a minha querida esposa Patrícia, que durante todo tempo soube me compreender, e nos momentos em que estive ausente, assumiu todas as tarefas que a mim eram pertinentes.

E aos meus filhos Bernardo, Isadora e Gabriel, maiores responsáveis pela minha luta diária a fim de crescer e evoluir em todos os sentidos.

AGRADECIMENTOS

Ao Comando Geral do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

À Coordenação do Curso Superior de Tecnologia de Gestão em Emergência da Universidade do Vale do Itajaí.

Aos Comandantes e seus subordinados das unidades de Bombeiro Militar dos Municípios de Itapema e Balneário Camboriú - Santa Catarina, pela prestação de informações valiosas.

À Equipe de Monitoramento e Segurança Do Túnel do Morro do Boi – BR101, Balneário Camboriú – SC, que dedicaram seu tempo precioso para mostrar todos os sistemas do túnel.

Ao Capitão Bombeiro Militar Charles Alexandre Vieira pela valiosa orientação.

Ao meu irmão Edson Lopes, sem sua dedicação não teria chegado a esse ponto.

Aos meus tios Jânio e Osvaldina que me apoiaram a todo o momento.

À minha esposa Patrícia e aos meus filhos por toda compreensão e apoio.

EPÍGRAFE

Túneis são obras dinâmicas, onde propriedades geotécnicas, seqüência de escavação e suporte imediato interagem entre si, definindo a velocidade de avanço da escavação, enquanto se cria o produto final, a estrutura subterrânea, no qual o fator segurança situa-se durante a construção e ao longo de sua existência.

Professor L. Muller

RESUMO

Em Santa Catarina, principalmente na região metropolitana de Florianópolis começam a surgir túneis para melhorar as condições do sistema viário local. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, juntamente com outros órgãos e principalmente as equipes que monitoram e zelam pelas condições e segurança nos túneis, é responsável pelo resgate de vítimas de acidente e combate a incêndios no interior destas construções. Para a execução de um resgate rápido ou combate a incêndio eficiente dois fatores importantes serão analisados neste trabalho em relação ao sistema rodoviário do Túnel do Morro do Boi, na BR 101 em Balneário Camboriú - Santa Catarina. O Primeiro: são as condições dos sistemas que operacionalizam o túnel e também os sistemas para combate a incêndios instalados. E o segundo: a interação entre as equipes responsáveis pelo monitoramento, funcionamento e segurança do túnel e as guarnições do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina. Um estudo bibliográfico, uma análise de documentos e uma vistoria no túnel concluem que apesar do cuidado por parte do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e da equipe de segurança do túnel, o sistema de combate a incêndio e segurança sofreu depreciações e não existe uma interação eficiente entre bombeiros e fiscais de campo no túnel Morro do Boi.

Palavras-chave: túnel, sistemas de segurança e combate a incêndios, interação entre equipes e corpo de bombeiros.

SUMMARY

In Santa Catarina, mainly in the region metropolitan of Florianópolis they start to appear tunnels to improve the conditions of the local road system. The Military Body of Firemen of Santa Catarina together with other agencies and mainly the teams that monitor and to watch over for the conditions and security in the tunnels is responsible for rescue of victims of accident and combat the fires in the interior of these constructions. For the execution for a fast rescue fast or combat the efficient fire two important factors they will be analyzed in this work in relation to the road system of the Tunnel Morro do Boi, in BR 101 in Balneário Camboriú - Santa Catarina. The first one is: the conditions of the systems they operacionalizam the tunnel and the systems for combat the installed fires. E as: the interaction between the teams those are responsible for the monitoramento, functioning and security of the tunnel and the garrisons of the Military Body of Firemen of the State of Santa Catarina. A bibliographical study, a document analysis and an inspection in the tunnel it concludes that despite the care on the part of the Military Body of Firemen of Santa Catarina and of the team of security of the tunnel the combat systems the fire and security suffered deprecations and an interaction efficient between firemen and inspectors of field of tunnel does not exist in tunnel of the Morro do Boi.

Keywords: tunnel, systems of security and combat the fires, interaction between teams and body of firemen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Back-Layering.

Figura 02: Ventilação (fumaça).

Figura 03: Ventilação (calor).

Figura 04: Equipamentos sinalização túnel Morro do Boi.

Figura 05: Gerador 01- túnel Morro do Boi.

Figura 06: Gerador 02 - túnel Morro do Boi.

Figura 07: Embocadura Sul/Norte túnel Morro do Boi.

Figura 08: Embocadura Norte/Sul túnel Morro do Boi.

Figura 09: Acostamento no interior do túnel.

Figura 10: Utilização do luxímetro.

Figura 11: Iluminação do túnel.

Figura 12: Ventilação do túnel.

Figura 13: Reserva técnica de incêndio túnel Morro do Boi.

Figura 14: Hidrante de coluna: túnel Morro do Boi.

Figura 15: Local das mangueiras.

Figura 16: Hidrante de coluna.

Figura 17: Kombi que transporta materiais e mangueiras.

Figura 18: Cabine sem equipamentos.

Figura 19: Capa do telefone depredado.

Figura 20: Programa para controle da ventilação.

Figura 21: Central de operação/fiscal de campo.

Figura 22: Reserva técnica de incêndio.

Figura 23: Caixa d' água depredada.

Figura 24: Equipamento LUF- 60 em ação.

ANEXOS

Anexo I - Relatório (NFPA) do Incêndio do Túnel no Canal da Mancha. 1996. Inglaterra.

Anexo II - Relatório de Ocorrência do Corpo de Bombeiros de Itapema: incêndio no interior do túnel do Morro do Boi – Balneário Camboriú – Santa Catarina, em 29 de julho de 2006.

Anexo III - Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi – BR 101 - Balneário Camboriú – Santa Catarina.

Anexo IV - Instrução Técnica nº 35/2004, Corpo de Bombeiros de São Paulo. Regulamentação sobre Túneis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Introdução.....	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Objetivo geral.....	12
1.3.1 Objetivos específicos.....	12
1.4 Problema.....	13
1.5 Procedimento Metodológico.....	13

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Conceito de Túnel.....	14
2.2 Histórico.....	15
2.3 Diferencial túneis/outras obras.....	16
2.4 Viabilidade da construção de túneis.....	16
2.5 Ocorrências em túneis.....	17
2.6 Efeitos do incêndio em túneis.....	18
2.7 Back-Layering.....	19
2.8 Efeitos da ventilação sobre a fumaça.....	20
2.9 Efeitos da ventilação sobre o calor.....	21
2.10 Sistemas básicos necessários para funcionamento e monitoramento de túneis.....	22
2.10.1 Equipe responsável.....	22
2.10.2 Monitoramento.....	22
2.10.3 Registro de dados.....	22
2.10.4 Iluminação.....	22
2.10.5 Ventilação.....	23
2.10.6 Sinalização.....	23
2.10.7 Fontes de energia.....	24
2.10.8 Proteção e combate a incêndio.....	24

3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	25
3.1 Túnel do Morro do Boi.....	25
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
5. VISTORIAS.....	37
6. SIMULACROS.....	42
7. EQUIPAMENTOS.....	44
8. CONCLUSÃO.....	44
9. SUGETÃO.....	44

ANEXOS

ANEXO I- Relatório do Incêndio do Túnel no Canal da Mancha. 1996. Inglaterra.....	51 – 53
ANEXO II- Relatório de Ocorrência do Corpo de Bombeiros de Itapema: incêndio no interior do túnel do Morro do Boi – Balneário Camboriú – Santa Catarina, em 29 de julho de 2006.....	54 – 55
ANEXO III- Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi – BR 101 - Balneário Camboriú – Santa Catarina.....	56 – 72
ANEXO IV- Instrução Técnica nº 35/2004, Corpo de Bombeiros de São Paulo. Regulamentação sobre Túneis.....	73 – 77

1. INTRODUÇÃO

1.1 - INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica aliada à crescente movimentação cotidiana de pessoas e cargas ao longo das vias rodoviárias necessitou de resposta rápida a fim de não tornar o trânsito cada vez mais lento, ineficiente e inseguro. Os túneis aparecem como opção para dinamizar o tráfego de veículos, tornando as vias mais rápidas e práticas.

As necessidades de um comportamento responsável em relação ao que se faz com nosso ambiente, em virtude da preservação e manutenção de espécies e sistemas, incentivaram cada vez mais a construção de túneis em locais de relevo irregular e de difícil transposição, pois assim se conserva o meio ambiente da destruição, ao se abrir um acesso através de uma passagem subterrânea.

Nos últimos tempos grandes túneis foram construídos nas regiões de Florianópolis e Balneário Camboriú, e outros projetos já estão em pauta para construção de outros túneis como, por exemplo, o da região de Palhoça (Morro dos Cavalos), confirmando as recentes necessidades já elencadas.

Com as transformações no sistema rodoviário estadual, se faz necessário que os órgãos responsáveis pela segurança e resgate, em caso de acidentes nos locais como os túneis, estejam preparados e entrosados para um atendimento cada vez mais qualificado e rápido a fim de salvar bens e vidas.

Com base nesta percepção, é importante avaliar como estão às condições do túnel construído na BR 101, no Morro do Boi, em Balneário Camboriú – Santa Catarina, por ser uma grande obra com quase oito anos de existência e por estar situado em uma região de grande fluxo de veículos, principalmente aumentado no período de verão, onde muitos veranistas circulam de Balneário Camboriú para Itapema, Porto Belo e região e fazem o trajeto de volta, retornando pelo túnel, aumentando consideravelmente a quantidade de veículos que transita no seu interior.

1.2 - JUSTIFICATIVA

O trabalho de pesquisa sobre a segurança no Túnel do Morro do Boi em nada onera o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, bem como as instituições pertinentes a segurança local, pois se trata de iniciativa particular.

As guarnições Bombeiro Militar devem conhecer a atual realidade dos sistemas de segurança instalados no interior do túnel do Morro do Boi.

Para o Corpo de Bombeiros Militar, é importante avaliar o quanto anda a integração com a equipe responsável pelo monitoramento e segurança no túnel do Morro do Boi em Balneário Camboriú – Santa Catarina.

1.3 - OBJETIVO GERAL

Alguns acidentes e incêndios em túneis acontecidos pelo mundo ceifaram a vida de muitas pessoas, apesar da evolução tecnológica para sua construção e funcionamento, motivo relevante para apresentar o resultado de uma avaliação realizada *in loco* no túnel do morro do Boi, Balneário Camboriú, associado à análise de documentos pertinentes, com objetivo de avaliar as condições e funcionamento dos sistemas operacionais e de segurança, após sete anos de sua inauguração, bem como, avaliar a interação entre a equipe de monitoramento e segurança do túnel e as guarnições de Bombeiro Militar locais.

1.3.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar uma fonte de referência e consulta para aplicações futuras nas atividades de ensino e operacional do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Identificar as principais dificuldades que as guarnições Bombeiro Militar de Santa Catarina enfrentarão ao deparar-se com acidentes e incêndios no interior do túnel do Morro do Boi, BR101 – Balneário Camboriú – Santa Catarina.

Analisar a possibilidade da aplicação de treinamentos periódicos com a utilização de técnicas que simulem a situação real de acidentes e incêndios.

1.4 - PROBLEMA

No túnel do Morro do Boi em Balneário Camboriú – Santa Catarina, os sistemas pertinentes a segurança e operacionalidade estão adequadamente em condições de utilização?

Existe uma interação entre a equipe de monitoramento e segurança do túnel e as guarnições do Corpo de Bombeiro Militar catarinense a fim de atenderem juntamente as ocorrências de acidente e incêndios no interior do túnel?

1.5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As constantes passagens pelo túnel do Morro do Boi, na BR 101 em Balneário Camboriú nos trajetos entre a capital Florianópolis e a cidade de Brusque, fez com que a todo o momento intimamente se criasse dúvidas: será que, as guarnições do Corpo de Bombeiros Militar e as equipes responsáveis pela segurança do túnel estão preparadas para dar uma resposta rápida nos casos de acidente e incêndios no interior do túnel? E ainda, como está a condição dos sistemas que fazem o túnel funcionar diariamente?

No primeiro momento realizou-se uma busca bibliográfica a fim de firmar alguns conceitos pertinentes a acidentes e incêndios no interior de túneis, pesquisando também algumas ocorrências de vulto que infelizmente ceifaram a vida de várias pessoas. Importante ressaltar, que existe pouquíssima bibliografia pertinente ao assunto túnel, o que se encontra são bibliografias pertinentes à engenharia e construção de túneis, o que não era o foco principal da pesquisa.

Para ter uma noção da real situação do combate a incêndios em um túnel, foi anexado ao trabalho o relatório do Investigador-Chefe de Incêndios da NFPA (*National Fire Protection Association*) do incêndio ocorrido no Túnel do Canal da Mancha, em 18 de novembro de 1996.

Durante as pesquisas foi encontrado na internet um documento apresentado em um encontro nacional de conservação rodoviária no ano de 2005, que traz informações detalhadas dos sistemas de funcionamento e segurança do túnel do Morro do Boi – Balneário Camboriú. Esse documento serviu de parâmetro principal para poder comparar as condições iniciais e as atuais dos sistemas que operacionalizam e dão segurança ao sistema rodoviário do túnel do Morro do Boi.

Necessário se fez uma visita in loco, no túnel do Morro do Boi, a fim de observar as condições atuais dos sistemas de segurança e operacionais. Foram fotografados os pontos mais importantes a fim de juntar ao trabalho para dar uma maior veracidade aos dados coletados. Também algumas informações foram trazidas ao trabalho através do contato com alguns membros da equipe de monitoramento e segurança que estava de plantão. Não foi aplicado nenhum questionário padrão, apenas uma conversa informal que trouxe informações que foram também trabalhadas.

Durante a visita no túnel descobriu-se que em 29 de julho de 2006 havia ocorrido um acidente seguido de incêndio no interior do túnel. Assim foi necessário buscar documentos junto às unidades de Bombeiro Militar que atenderam a ocorrência, para observar como todo evento se desenvolveu, ou seja, do seu início até a extinção do incêndio.

Bibliograficamente também foi direcionada uma pesquisa a fim de saber como as autoridades de resgate e segurança de cidades e países com necessidade de uma malha viária maior e que dispõem de mais túneis nos seus sistemas, como São Paulo e em Portugal, tratam dos assuntos relacionados à segurança nos túneis.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 - CONCEITO DE TÚNEL

Pode-se definir túnel como sendo um:

Caminho ou passagem subterrânea (FERREIRA, 2004)

Um conceito mais técnico vem sendo trabalhado pelo Professor L. Muller (2003 apud, SAUER; MERGELSBERG, 2003, p.4): Túneis são obras dinâmicas, onde propriedades geotécnicas,

seqüência de escavação e suporte imediato interagem entre si, definindo a velocidade de avanço da escavação, enquanto se cria o produto final, a estrutura subterrânea, no qual o fator segurança situa-se durante a construção e ao longo de sua existência.

2.2 - HISTÓRICO

Ao longo dos anos, os túneis vêm sendo utilizados, porém sua origem remonta aos tempos dos castelos medievais, relatados nos contos e histórias. As pessoas utilizavam-se de túneis secretos a fim de transpor ambientes diferentes, geralmente utilizados para fugas em tempos de guerras.

Com a invenção do sistema ferroviário, que ganhou força à época da Revolução Industrial, final do século XVIII, surgem os túneis para a passagem dos trens, principalmente nas encostas de montanhas da Inglaterra.

Os aperfeiçoamentos tecnológicos e os trabalhos relacionados às construções, permitiram que o concreto, que muitas vezes usado para revestir os túneis, fosse ganhando características que permitiram do homem ousar construir obras de arte mais seguras e em locais mais difíceis de construir. (SAUER; MERGELBERG, 2003).

O concreto projetado foi inventado nos Estados Unidos no início do século 20, e desde então tem sido usado como uma proteção para corrosão, fogo e também para revestimento e suporte de taludes. Foi utilizado pela primeira vez como suporte estrutural em 1954, em um túnel de desvio de 8 metros de diâmetro, em uma usina hidroelétrica austríaca (SAUER; MERGELBERG, 2003).

A denominação *New Austrian Tunneling Method* (Novo Método Austríaco em Túneis), foi criada pelo professor Rabcewicz (1964), após ter sido usado para uma modificação do Método Austríaco de Túneis no final do século 19. Após algumas aplicações bem sucedidas em túneis hidráulicos, ferroviários e rodoviários, este método foi adotado pela primeira vez em área urbana em 1968, para uma seção do Sistema de Metrô de Frankfurt, em argila rija (SAUER; MERGELBERG, 2003).

Sua flexibilidade, economia e histórico de segurança excelente levaram, na década de 70, à utilização do novo método austríaco em túneis em mais de dois terços dos sistemas urbanos de transporte de massa da Alemanha, em mais de 10 grandes cidades, com escavação

predominantemente em argila siltosa, siltes, margas moles, e condições similares de solos moles.

Nos anos seguintes, grandes cidades em todo mundo (Atenas, Calgary, Dallas, Edmonton, Frankfurt, Brasília, Kyoto), entre outras, foram beneficiadas pelo método de construção de túneis (SAUER; MERGELSBERG, 2003).

2.3 - DIFERENCIAL TÚNEIS/OUTRAS OBRAS

Em contraste com rodovias, edifícios, pontes e barragens onde o acesso visual é fácil, nos túneis fica mais difícil, comentar ou auditar a obra, acesso muito limitado.

Um ponto importante neste tipo de obra é ter transparência entre projetista, construtor e cliente para se atingir os objetivos, pois uma vez começada, dificilmente retroage.

Um acompanhamento inicial se faz necessário quando o assunto é fiscalizar, para se ter certeza do que realmente está sendo adotado na obra.

2.4 - VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE TÚNEIS

Atualmente as autoridades administrativas competentes vêm optando por construir túneis ao invés de outras obras de transposição, em detrimento de fatores como custo e impacto ambiental.

Sauer e Mergelsberg. (2003, p.3) apresentam uma definição completa sobre o assunto:

Uma crença popular errônea muito comum diz que túneis são mais caros que pontes. Atualmente os custos são comparáveis, e freqüentemente a construção de túneis é mais barata e menos impactante ao Meio Ambiente, especialmente em travessias subaquáticas.

Pontes têm vida útil de 50 anos enquanto túneis têm vida mínima de 150 anos.

Neste caso devem respeitar as características da construção adequada e deve ser permanentemente realizada manutenção, obedecendo a um programa pré-estabelecido.

2.5 - OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS EM TÚNEIS

Data: 24 de março de 1999

Local: Túnel Mont Blanc (França – Itália)

Características: 12 quilômetros de extensão, sob os Alpes.

Relatos: O incêndio durou dois dias e devastou os 12 quilômetros de extensão do túnel, teve início em um caminhão e se espalhou para os demais carros, gerando muita fumaça e altas temperaturas.

Trinta e nove pessoas perderam a vida neste incêndio.

Data: 24 de outubro de 2001

Local: Túnel Gotthard, (Suíça-Itália)

Características: 16 quilômetros de extensão.

Relatos: Dois dias depois do acidente, que envolveu dois caminhões, os bombeiros conseguiram controlar o incêndio.

Além do incêndio parte do teto desabou, cerca de vinte a trinta veículos ficaram presos entre o fogo e o teto desabado.

Muitas pessoas escaparam porque fugiram pelo sistema de ventilação e pelas saídas de emergências. Barreiras automáticas impediram a entrada de veículos no túnel logo após o acidente.

O túnel só foi reaberto após dois meses.

Onze pessoas perderam a vida.

Data: 06 de junho de 2005

Local: Túnel Frejus, ligando Lyon a Turin (França – Itália)

Características: 13 quilômetros de extensão, sob os Alpes, onde passam cerca de dois milhões de veículos por ano.

Relatos: Bombeiros Italianos relataram que um caminhão explodiu em chamas dentro do túnel, estava carregado de pneus e o incêndio havia se estendido a três outros veículos sendo um caminhão carregado de tintas e dois automóveis.

Os bombeiros tiveram que ficar a um quilômetro e meio do incêndio por causa do calor intenso. As temperaturas atingiram 1650° C.

Dezessete pessoas foram tratadas com intoxicação, entre elas seis bombeiros, duas pessoas perderam a vida.

Data: 18 de novembro de 1996

Local: Túnel do Canal da Mancha, entre Folkstone e Coquelles (Inglaterra e França)

Características: Construído em 1994, possui uma altura de 7,6 metros e 50,45 quilômetros de extensão, profundidades entre 75 e 40 metros abaixo do solo do mar, sendo necessários seis anos para sua construção.

Importante para avaliação de determinados procedimentos adotados nesta ocorrência é o relatório do Investigador-Chefe de Incêndio da NFPA (National Fire Protection Association), Ed Comeau, (ANEXO I).

2.6 - EFEITOS DO INCÊNDIO EM TÚNEIS

O incêndio no interior de túneis tem características peculiares a considerar, uma das mais importantes é a carga de fogo que, dependendo da concentração de veículos que ficam abandonados no interior do túnel após o início do incêndio, podem agravar consideravelmente a situação, pois além de todo o material combustível da estrutura interna do veículo, tem se ainda os combustíveis nos respectivos tanques.

A fumaça resultante do incêndio pode trazer conseqüências que agravam a situação e interferem diretamente sobre as pessoas. A fumaça torna o local obscuro, o que dificulta a saída rápida do local pela falta de visibilidade. Dependendo do que está queimando, da sua concentração e do tempo de exposição, essa fumaça pode intoxicar as pessoas tornando-as menos ágeis para sair e levando-as até a morte. As altas temperaturas alcançadas no interior dos túneis podem afetar as condições fisiológicas das pessoas e, dependendo do tempo de exposição e das taxas de temperatura podem levar a morte.

Segundo Quintana 2004,

A fumaça gerada por causa de um incêndio tem três efeitos sobre as pessoas expostas a sua ação:

* Obscuridão, que dificulta a saída devido à falta de visibilidade.

* Toxicidade, que incapacita as pessoas para uma saída rápida e, finalmente, pode produzir a morte. Seus efeitos dependem da natureza dos elementos tóxicos presentes na fumaça e de sua concentração e do tempo de exposição aos mesmos.

* Temperatura, que atinge e, dependendo do tempo de exposição pode causar a morte. (QUINTANA, 2004, tradução nossa)

2.7 - BACK-LAYERING

Este fenômeno se caracteriza pela circulação da fumaça dentro dos túneis. Nos incêndios, a fumaça quente sobe deixando ambiente superior muito quente podendo chegar em determinados casos a mais de 1300⁰C. Nos túneis esse fenômeno também acontece, o ar quente sobe deixando as partes superiores mais aquecidas, porém quando os ventiladores estão acionados, eles passam a esfriar os gases e a fumaça que chega à parte superior, esfria e acaba descendo, dando lugar a nova fumaça quente.

Dependendo da geometria do túnel e das proporções do incêndio, esse ciclo fica constante e essa fumaça fria que desce acaba por atingir as pessoas que teoricamente estariam a salvo, podendo matá-las por asfixia ou mesmo toxicidade, dependendo de sua composição e concentração.

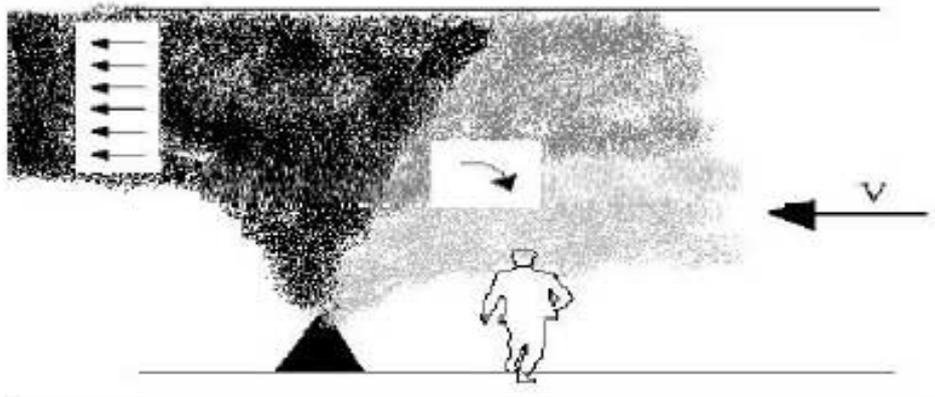


Figura 01- BACK- LAYERING

Fonte: QUINTANA, Jesus de la, *Ensayos para la seguridad ante incendio em túneles*, 2004

Para uma evacuação eficiente das pessoas, é necessário que o sistema de ventilação esteja funcionando bem e acima de tudo, exista uma estratégia pré-definida para a utilização correta da ventilação dependendo do quadro de cada incêndio, como afirma Quintana, 2004 engenheiro de segurança da LABIEN, empresa espanhola com sede na cidade de Madrid.

[...] Para atrasar os efeitos da fumaça, é importante o desempenho do sistema de ventilação e muito mais a definição da estratégia e das Pautas de Atuação desse sistema em caso de incêndio. Recebe o nome de Pauta de Atuação a estratégia sequencial de operação sobre o sistema de ventilação que responde e resolve uma determinada situação de incêndio.

Diante de situações de incêndios em interior de túnel, a primeira medida consistirá em facilitar a evacuação das pessoas próximas do lugar do incêndio através dos itinerários de evacuação mediante o confinamento da nuvem de fumaça durante um tempo suficiente para continuar a extração em seu caso, e as fumaças aos arredores, e facilitar assim os trabalhos de extinção. Para isso dependerá da atuação do sistema de ventilação partindo das condições de funcionamento no momento do incêndio e conhecendo dados como condições ambientais, direção e intensidade de tráfego, tipo de veículos no interior do túnel, magnitude e potência do incêndio, etc. (QUINTANA, 2004, tradução nossa)

2.8 – EFEITOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO SOBRE A FUMAÇA:

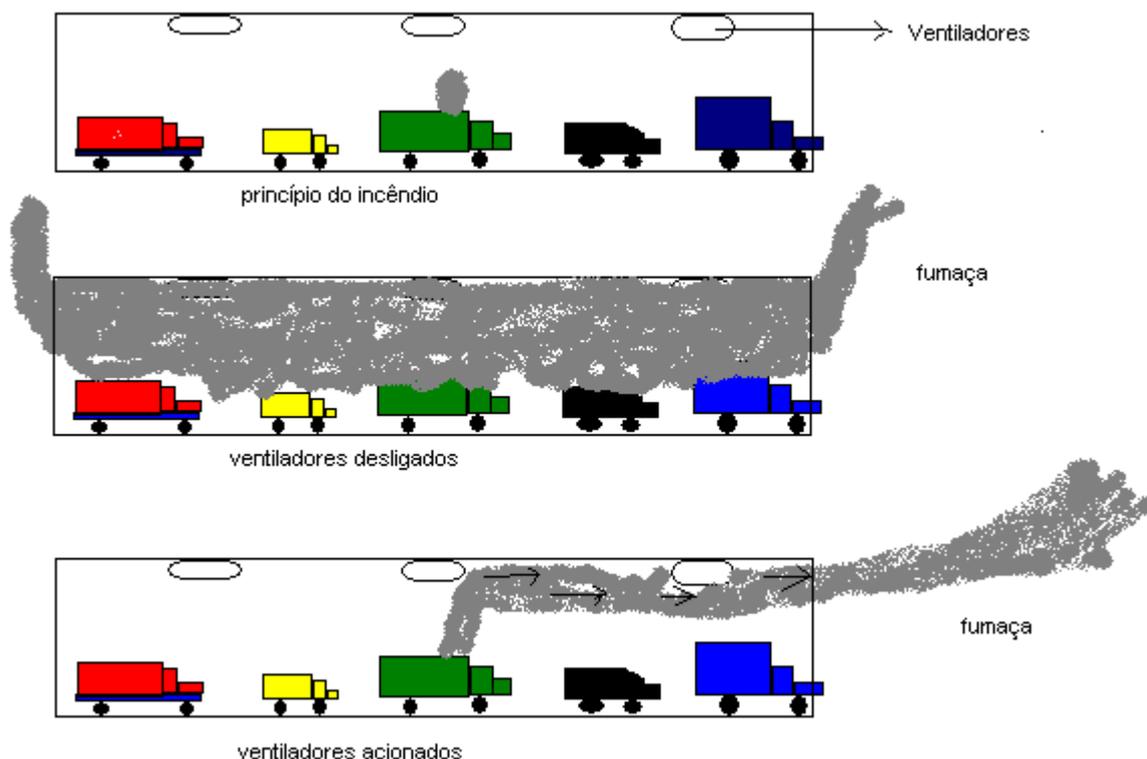


Figura02- Ventilação (fumaça).

Ed Comeau, 1996 assim descreve as condições:

“Para acessar o local em chamas, foi necessário utilizar a intersecção e ativar o sistema de ventilação que foi acionado soprando em direção à traseira do trem.” (ED COMEAU, 1996)

2.9 - EFEITOS DA VENTILAÇÃO SOBRE O CALOR:

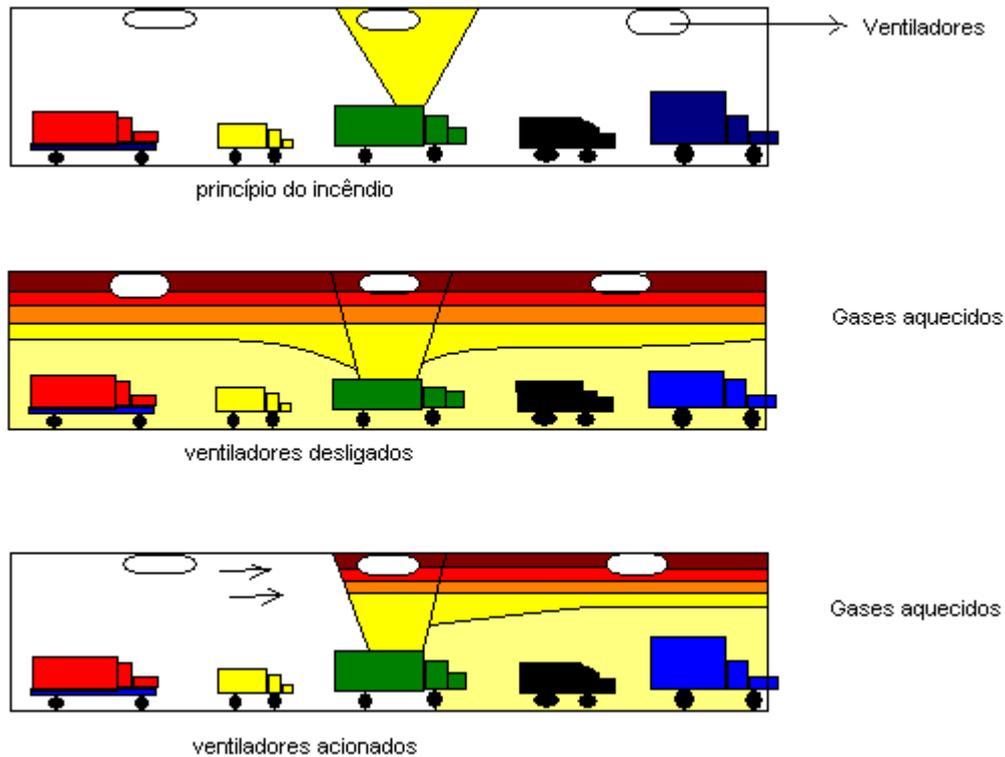


Figura03- Ventilação (calor).

Ainda segundo Comeau:

“Utilizando-se das mangueiras disponíveis no túnel, o primeiro combate tentou apagar o fogo que chegava à porta de acesso, feito esse controle, as equipes tentavam avançar por dentro ou por cima do trem, sem êxito, pois o calor e a fumaça eram muito fortes.” (ED COMEAU, 1996)

“As equipes com toda proteção conseguiam ficar apenas 8 minutos no interior do túnel tendo que sair para se refrescar, enquanto eram substituídas.” (ED COMEAU, 1996)

2.10 - SISTEMAS BÁSICOS NECESSÁRIOS PARA FUNCIONAMENTO E MONITORAMENTO DE TÚNEIS

2.10.1 - Equipe responsável

Todo túnel com uma extensão maior deveria manter uma equipe responsável para garantir a segurança dos usuários da rodovia, bem como, a integridade do patrimônio público. Além dessas atuações as equipes poderão atuar coletando e registrando dados como: volume de tráfego, número de ocorrências, principais ocorrências, entre outros que poderão servir para trabalhos pertinentes à prevenção e segurança no trânsito.

2.10.2 - Monitoramento

O monitoramento deve ser constante, vinte e quatro horas por dia, revezando equipes que trabalharão no sistema de plantão.

Importante também é o monitoramento de dados medidos através de sensores no interior do túnel, para regulação dos sistemas para controle da qualidade de ar, devido à emissão de monóxido de carbono, como também da opacidade e da intensidade luminosa fora do túnel, se todos os sistemas estão funcionando eficazmente e quais as condições do trânsito no interior e proximidade do túnel.

Extremamente importante o monitoramento através de câmeras, mostrando a real situação na rotina diária do tráfego no túnel, bem como a segurança e vigilância dos bens públicos situados na praça do túnel.

2.10.3 - Registro de Dados

Os registros de dados deverão ser feitos diariamente, podendo utilizar-se de um modelo de relatório diário de ocorrência, onde são registrados todos os acontecimentos relevantes.

2.10.4 - Iluminação do Túnel

O sistema de iluminação do túnel deve ser instalado com uma autonomia, a fim de se manter funcionando vinte quatro horas por dia durante todo o ano. A iluminação é um sistema

de vital importância na segurança de tráfego nos túneis, pois o motorista ao adentrar no túnel deverá adaptar-se rapidamente às novas condições de iluminação.

Por esta razão ela vai descendo da entrada para saída do túnel.

2.10.5 - Ventilação do túnel

O sistema de ventilação serve para manter o ar respirável no interior do túnel, sensores são distribuídos ao longo da edificação e servem para medir a quantidade de monóxido de carbono.

Outra finalidade importante do sistema de ventilação é a manutenção do nível de opacidade (*Opacidade, qualidade de opaco, sombra densa, sombrio*), sensores também distribuídos mostram o nível de opacidade ao longo da via, servindo de informação primordial para o acionamento dos ventiladores, que limparão o ambiente tornando-o mais visível e conseqüentemente com maior segurança.

2.10.6 - Sinalização

No Brasil os túneis devem obedecer às regras de sinalização impostas pelas legislações pertinentes, especialmente as normas editadas pelo Departamento Nacional de Trânsito

Em caso de acidentes é extremamente importante utilizar sinalização auxiliar para orientar os usuários da via. Geralmente utilizam-se cones de sinalização e cavaletes com características reflexivas para melhor sinalizar no período noturno.



Figura 04 – Equipamentos sinalização túnel Morro do Boi

2.10.7 - Fontes de Energia

O funcionamento dos sistemas depende da energia empregada. É fundamental a manutenção de pelo menos duas fontes de energia para manutenção dos sistemas, para que não haja a interrupção do fornecimento em situações como acidentes, incêndios, bleckaut entre outros.

Normalmente utiliza-se a energia elétrica fornecida pelas distribuidoras locais como principal, e na ausência desta, utilizam-se grupos de geradores que manterão o sistema até o restabelecimento da fonte principal.



Figura 05 – Gerador 01 – Túnel Morro do Boi



Figura 06– Gerador 02 – Túnel Morro do Boi

2.10.8 - Proteção e Combate a Incêndios

É importante manter sistemas de proteção por extintores no interior dos túneis, bem como sistema hidráulico preventivo, ambos distribuídos ao longo da obra para viabilizar um ataque a princípios de incêndios que poderão ocorrer principalmente em virtude de acidentes.

As cabines de segurança são locais situados ao longo da passarela de pedestre em posição estratégica que servem principalmente para abrigar os extintores, hidrantes de parede e telefones para contatos com a central de controle e operação, importante que estes espaços mantenham principalmente um isolamento acústico, pois o funcionamento dos ventiladores

associado ao tráfego de veículos produz um ruído que atrapalha muito a comunicação com a central.

3 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

3.1 - TÚNEL DO MORRO DO BOI

Com base na análise de um relatório de ocorrência (ANEXOII) datado de 29 de julho de 2006 do Corpo de Bombeiros Militar da Cidade de Itapema – Santa Carina, em decorrência de acidente seguido de incêndio em veículo ocorrido no interior do túnel do Morro do Boi, Balneário Camboriú – Santa Catarina. Analisando também os dados Técnicos do Túnel do Morro do Boi apresentado no Décimo Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, ocorrido em 2005 na cidade de Joinville em Santa Catarina, apresentado por Almir José Machado e Ana Paula da Silva Machado, engenheiros responsáveis (ANEXOIII).

Todo o embasamento teórico foi associado aos dados coletados em visita realizada no dia 30 de Abril de 2007, seguindo uma síntese das informações atualizadas da sistemática operacional do túnel Morro do Boi, bem como as situações que estão direta e intimamente ligadas à segurança dos envolvidos no sistema.

No dia 30 de Abril de 2007 foi realizada uma visita no túnel Morro do Boi, BR 101, na cidade de Balneário Camboriú – Santa Catarina. Encontravam-se três funcionários da Empresa SOTEPA, que é a responsável pelo monitoramento e segurança do túnel.

A empresa mantém cinco equipes de plantão revezando períodos de serviço e folga da seguinte maneira: enquanto uma equipe folga por 60 horas, as outras quatro revezam sendo 6 horas de trabalho e 18 horas de folga.

Os fiscais de campo são responsáveis pela segurança de tráfego na área total do túnel, zelar e manter equipamentos necessários ao funcionamento e manutenção da rotina do túnel, acompanhar e registrar as ocorrências acontecidas no túnel, monitorar e registrar luminosidade, opacidade, ventilação na entrada e no interior do túnel, além de realizar rondas periódicas para cuidar dos sistemas disponíveis no túnel e também acompanhar o bom andamento do tráfego no interior do túnel.



Figura 07 - Embocadura Sul/Norte Túnel Morro do Boi



Figura 08- Embocadura Norte/Sul do Túnel Morro do Boi

Inauguração: Dezembro do ano de 2000. (MACHADO, MACHADO, 2005)

Localização: situado na BR 101, principal rodovia do litoral do Estado de Santa Catarina, ligando as cidades de Balneário Camboriú e Itapema. . (MACHADO; MACHADO, 2005)

Tráfego: o tráfego no interior do túnel no Morro do Boi acontece no sentido sul – norte, ou seja, no sentido da Cidade de Florianópolis para a cidade de Curitiba, sendo este de forma única, já o sentido oposto se dá pela via originária, antiga pista que contorna o Morro do Boi e servia para o fluxo total do tráfego. (MACHADO; MACHADO, 2005)

Em 2007 o tráfego permanece o mesmo não havendo alterações que mudassem as características originais.

O sentido único de tráfego no túnel influencia diretamente no tempo resposta das guarnições de Bombeiro que atendem ocorrências no seu interior. Foi constatado que se não houver um entrosamento perfeito entre as instituições que administram o tráfego local (Equipe de monitoramento e segurança do túnel, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Militar de Santa Catarina e Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina), tomando decisões rápidas a fim de definir rotas alternativas, aumenta o tempo para se chegar ao local, agravando a ocorrência e conseqüentemente a situação das vítimas.

Na ocorrência de Incêndio registrada no dia 29 de julho de 2006, ficou evidente que a falta de comunicação e entrosamento entre os fiscais de campo, bombeiros e policiais rodoviários fez com que as guarnições de bombeiros que se deslocaram de Balneário Camboriú passassem pela via original Norte/Sul demorando a chegar ao local, enquanto as guarnições que se deslocaram da unidade de Itapema enfrentaram o congestionamento formado devido ao impedimento do fluxo de veículos na via Sul/Norte.

Sabíamos que as guarnições de Itapema chegariam antes favorecidas pelo sentido de fluxo de trânsito, e enquanto o deslocamento era feito foi solicitada para a PRF (Polícia Rodoviária Federal) a interdição total do túnel, o que só conseguimos quando já estávamos começando a subir o Morro do Boi. Entrando pela boca Norte (ULIANA, 2006)

Geometria: o túnel desenvolve-se praticamente todo em tangente possuindo apenas uma curva na saída do lado norte. Possui rampas ascendente e descendente de 2%, com ponto de inflexão vertical quase que no seu centro. (MACHADO; MACHADO, 2005)

Seção Transversal: possuem duas faixas de tráfego unidirecionais com 3,60m de largura cada, acostamento direito de 3,30m e esquerdo de 0,60 m.

Defensas de concreto do tipo “New Jersey”, passarelas para pedestres e ciclistas e canaletas para drenagem superficial.

O gabarito de tráfego é de 5,50m. A seção é formada por uma abóbada circular de 7,45m de raio, com o centro de 2m de altura da escavação inferior e paredes verticais laterais com 3,90m de altura. . (MACHADO; MACHADO, 2005)

É importante ressaltar, que, o que divide a pista de rolamento do acostamento é uma faixa contínua de cor branca, que significa por ser branca: um sentido único de fluxo de veículo, e contínua por não permitir que os veículos que estão trafegando no interior do túnel trafeguem pelo acostamento. Esta informação porém, não é de conhecimento de muitos condutores tendo em vista que alguns passam pelo túnel utilizando o acostamento, situação que aumenta consideravelmente o risco de acidente no interior do túnel.

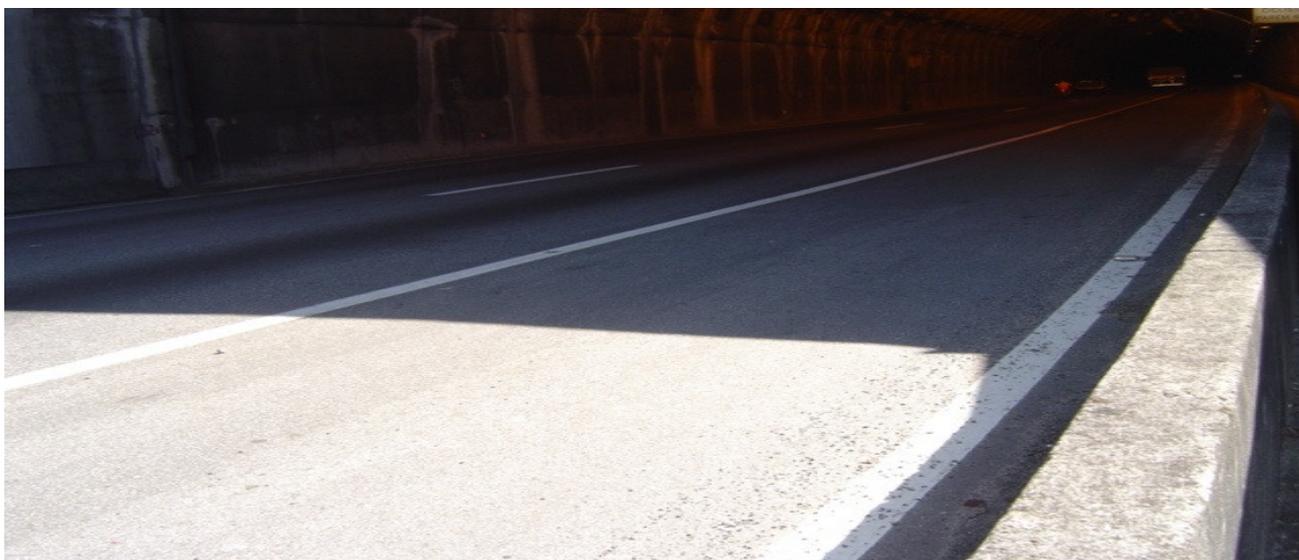


Figura09 - Acostamento no interior do túnel.

Extensão: 1007 metros.

Característica de construção: Foram construídos muros em concreto armado com 3,5m de altura em ambos os lados do túnel, como revestimento das paredes laterais.

O pavimento executado foi do tipo flexível, com sub base de pedra pulmão de espessura variável em virtude de a inclinação transversal ser para um único lado, onde possui um canaleta. (MACHADO; MACHADO, 2005)

A pavimentação do túnel do Morro do Boi foi executada utilizando asfalto, que possui em sua composição uma grande quantidade de derivados do petróleo, portanto altamente combustível.

A obra do túnel de Florianópolis já utilizou concreto para a pavimentação em seu interior, baixando assim a quantidade de carga de fogo no seu perímetro

Iluminação: o sistema de Iluminação é composto por uma linha de lâmpadas de 250mw em cada lado do túnel, conferindo um nível de iluminação mínimo de 100 lux.

Nos metros iniciais do túnel, a iluminação é reforçada com lâmpadas de 400 w, criando três níveis de iluminação máximos, ou seja, 2900 lux nos primeiros 60 metros, 900 lux nos próximos 30 metros e 300 lux nos últimos 30 metros. (MACHADO; MACHADO, 2005)

Lembrar que lux é unidade de medida de iluminamento no Sistema Internacional, igual ao iluminamento de uma superfície plana cuja área é de 1m^2 , e que recebe, perpendicularmente, um fluxo luminoso de um lúmen uniformemente distribuído

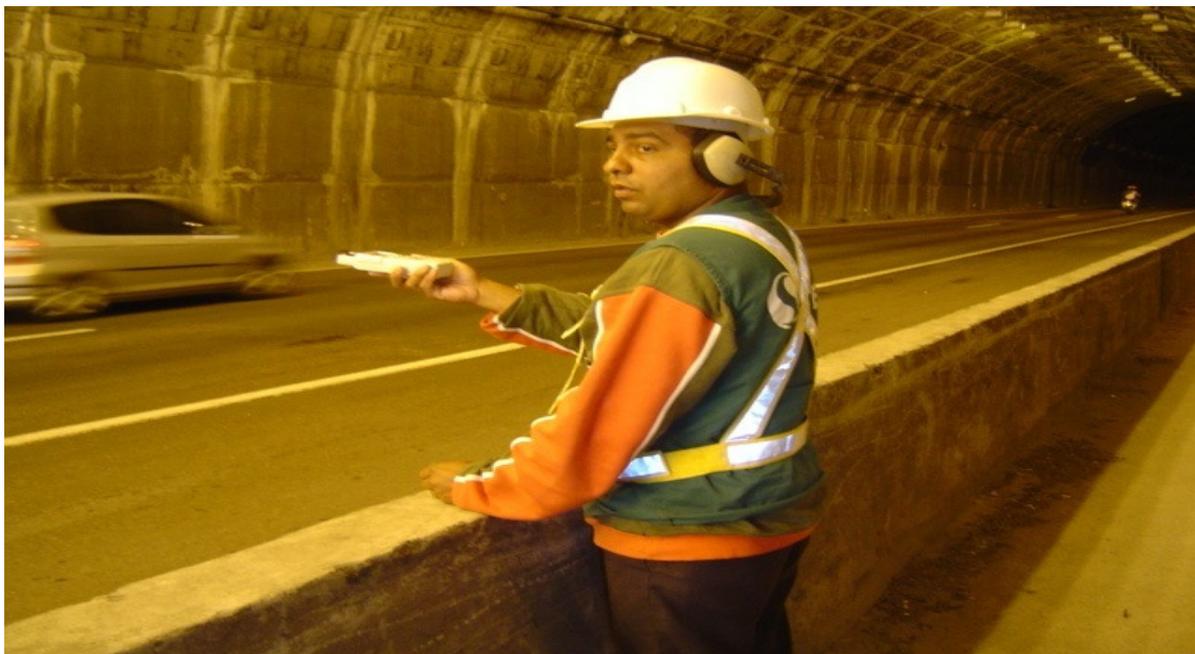


Figura 10 - Utilização do Luxímetro.

O sistema de iluminamento do túnel permanece inalterado, porém durante o atendimento da ocorrência em julho de 2006, o sistema estava em manutenção e operava com apenas 50% de sua capacidade.

Segundo informações prestadas no relatório de ocorrência, a falta de iluminação comprometeu no atendimento, tanto que uma viatura acabou colidindo em outra no

transcorrer dos trabalhos. Como foi a primeira ocorrência de incêndio atendida no interior do túnel, certamente não se sabe como a iluminação seria afetada pela fumaça mesmo com cem por cento de sua capacidade.



Figura 11 – Iluminação do túnel

Ventilação: o sistema de ventilação é composto por onze ventiladores de 35KW cada, dispostos em pares, os quais bombeiam o ar fresco para o interior e o ar viciado para fora do túnel. O fluxo de ar é controlado através de quatro medidores de CO (monóxido de carbono), situados nas proximidades das cabines SOS, e por três medidores de opacidade, situados no início, meio e fim do túnel. À medida que o nível de CO vai aumentando, os ventiladores são ligados aos pares. . (MACHADO; MACHADO, 2005)

Conforme verificação feita *in loco*, na maior parte do tempo os ventiladores ficam desligados, em virtude da própria característica geográfica do local manter uma ventilação natural, que faz a retirada dos gases resultantes da combustão dos automóveis.

A ventilação natural aproveita as próprias aberturas da edificação, criando um efeito venturi onde a corrente de ar criada pela diferença de temperatura, faz com que o ar circule sem o auxílio de equipamentos auxiliares (OLIVEIRA, 2005, P.118)



Figura 12 – Ventilação do túnel

Prevenção de incêndios: o sistema de ventilação está programado para insuflar ar, mesmo alimentando o fogo, mas mantendo pelo menos o trecho a montante isento de fumaça e salvar os motoristas que entram no túnel antes de seu bloqueio. Os motoristas a jusante do incêndio já saíram do túnel. (MACHADO; MACHADO, 2005)

Segundo os fiscais de campo, a equipe mantém uma seqüência pré-definida de ações a serem tomadas em caso de incêndio no interior do túnel:

Primeiro passo: acionar os ventiladores no sentido do trânsito utilizando o potencial máximo. O acionamento pode acontecer automaticamente por meio eletrônico ou manualmente nos painéis de controle.

Segundo passo: interromper a pista não permitindo a entrada de mais veículos no interior do túnel. A interrupção pode acontecer devido ao acionamento dos semáforos dispostos na parte superior da entrada do túnel. Também a ação direta dos fiscais de campo sobre a pista utilizando-se de apitos e gestos pode bloquear o tráfego totalmente.

Terceiro passo: isolamento do local.

Quarto passo: comunicação aos órgãos de segurança principalmente Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e Polícia Rodoviária Federal.

Após todos esses procedimentos então, os fiscais de campo se deslocam até o local para iniciar o combate ao incêndio, para isso dispõe de 11 hidrantes, com duas saídas de uma e meia polegadas cada, sendo alimentado por uma reserva técnica de incêndio que tem um reservatório que comporta 120.000 litros d'água situados aproximadamente a 35 metros de altura e 340 metros de distância, com dispositivo de enchimento simultâneo.

Em um primeiro momento a atitude de manter os ventiladores ligados programados para insuflar o ar alimentando o fogo para preservar a vida do usuário do túnel é bastante inteligente, porém, esse procedimento não pode ser engessado devido às diversas situações que os acidentes e incêndios podem se desenvolver.

As guarnições do Corpo de Bombeiros Militar podem definir a melhor situação de manutenção da ventilação forçada no combate a incêndio no interior do túnel.

O sistema de ventilação continua com suas características iniciais. É acionado de duas formas, eletronicamente através de comando computadorizado, e manualmente através da ação do operador.

Durante a ocorrência do incêndio, analisado neste trabalho, ficou identificado que os ventiladores não funcionaram em sua totalidade, bem como, não foram acionados imediatamente, sendo descrito nos relatórios, do Cobom,(Central de Operações do Bombeiro) que a operação de acionamento manual foi realizada momentos depois que a guarnição de bombeiros já se aproximava do veículo.

Entrando pela boca Norte, e a uns trezentos metros dentro do túnel perdemos totalmente o contato visual e o contato de rádio. Ocorreu então o toque entre as duas viaturas por pura falta de visibilidade, decidimos seguir a pé a frente das viaturas e a baixa velocidade, seguiu-se um silêncio muito forte, pois até o ronco dos motores estava abafado pela densa fumaça negra no interior do túnel, quando já estávamos a uns 50 metros do acidente foram ligados os ventiladores o que nos deu plenas condições de visibilidades (ULIANA, 2006)

Evidente que as ações são quase que simultâneas, pois existem no mínimo três operadores de plantão, porém, o acionamento do Corpo de Bombeiros Militar e Polícia Rodoviária Federal deveria ser a primeira ação a ser tomada pelos fiscais, melhorando o tempo resposta no atendimento, evitando o agravamento da ocorrência.



Figura 13 – Reserva Técnica de Incêndio Túnel Morro do Boi



Figura 14 – Hidrante de Coluna: Túnel Morro do Boi

O túnel do Morro do Boi é provido de tubulação de água a pressão, e hidrantes de duas bocas, colocados a cada 100m em média. Em cada cabine SOS está instalado um tambor contendo duas mangueiras com 50m cada, com esguicho.

A captação de água é feita num riacho a 35m de altura acima da boca sul do túnel.

Para evitar roubos ou atos de vandalismo, um alarme elétrico é instalado nos extintores e nas mangueiras, que mandam um sinal de alarme na Central de Controle, caso sejam retirados.

Na abóbada do túnel será instalado um cabo detector de incêndio, que comunicará, automaticamente, à central de controle caso haja qualquer princípio de sinistro. (MACHADO; MACHADO, 2005)

O sistema hidráulico também sofreu ação de vandalismo, todos os adaptadores rosca storz nas saídas dos hidrantes de coluna dispostos no interior dos túneis foram furtados, não há fiscalização e assim tornando o sistema incompatível com o modo de adaptação rápida de mangueiras do corpo de bombeiros.

Todas as mangueiras e extintores dispostos originalmente no interior das cabines foram furtados ou depredados impossibilitando a uma ação mais imediata até mesmo pelos usuários ou fiscais do túnel. Essa resposta rápida impediria o aumento das chamas e das conseqüências em caso de sinistro.



Figura 15 - Local das Mangueiras



Figura 16 – Hidrante de Coluna

Atualmente os fiscais de campo mantêm as mangueiras com os adaptadores dentro de uma viatura (Kombi), para evitar serem furtados e quando necessário deslocam até o local para operacionalizar o sistema.



Figura17- Kombi que transporta materiais e mangueiras

Cabines SOS: são nichos salva vidas situados acima da passarela, em posição intermediária entre os ventiladores, para evitar a interferência dos ventiladores nas ligações telefônicas.

Nas cabines, estão instalados os telefones de chamada de emergência, os hidrantes, as mangueiras e os extintores.

As cabines são sinalizadas e numeradas para uma rápida identificação pelo usuário.

Todos os cabos e o duto de água correm no piso da cabine e abaixo da passarela até fora do túnel. (MACHADO; MACHADO, 2005)

No local ficou evidenciado que a ação de vândalos deixou as cabines totalmente inutilizadas, os telefones para contato com a central de operação, extintores de incêndios e mangueiras foram furtados ou depredados.

A falta de um monitoramento por câmeras dificulta a ação fiscalizadora dos operadores do túnel, que se revezam fazendo rondas no interior do túnel, mais mesmo assim não conseguem impedir a ação dos irresponsáveis.



Figura 18 – Cabine sem equipamentos



Figura 19 – Capa do telefone depredado

Telefones de Emergência: no interior das cabines estão instalados os telefones de emergência para comunicar eventuais acidentes à central de controle, indicando o número da cabine. Os telefones são em número de quatro, e do tipo fixo, com botão de chamada, modelo porteiro eletrônico. (MACHADO; MACHADO, 2005)

Atualmente se o condutor e usuário do sistema precisar de orientação ou ajuda dos fiscais de campo, terão que deixar seus veículos parados no acostamento e deslocar-se a pé até a central de operações, pois os fones para contatos instalados nas cabines foram depredados. Essa situação expõe consideravelmente a vida das vítimas de acidentes e dos usuários do túnel, pois um veículo estacionado por um longo período no acostamento ou na pista torna-se um risco eminente a outros condutores.

Em caso de incêndio o deslocamento em demasia dentro do túnel é risco desnecessário devido à concentração de fumaça e outros gases resultantes da combustão.

As cabines estão inutilizadas pela depredação dos equipamentos, não existe mais contato através de fone entre as cabines e a central de operações.

O alarme de incêndio não funcionou na única ocorrência de incêndio no interior do túnel, segundo relatório de ocorrência, quem avisou as guarnições foi um condutor que viu o acidente acontecer e por telefone celular conseguiu acionar o Corpo de Bombeiros. Importante relatar que, a central de operações não mantém contato direto com as unidades de bombeiros, os operadores não possuem telefone para contato direto tendo que utilizar orelhão nas proximidades da central.

Central de Controle: constitui-se de uma edificação situada no lado direito do emboque sul, onde estão localizados o sistema informatizado de monitoramento do túnel, os painéis de controle, as cabines de transformadores, os grupos geradores e a administração.

Nesta central são recebidos os sinais acústicos ou luminosos (verde ou vermelho) enviados do túnel. (MACHADO; MACHADO, 2005)

A central de controle se apresenta muito bem organizada com todos os materiais dispostos, bem como, os fiscais de campo dispõem de unidades manuais para funcionamento alternativo da iluminação e ventilação.

O atendimento a pessoas que procuram a central é exemplar, a equipe é atenciosa e altamente profissional, mantendo o monitoramento e a contagem dos veículos que passam pelo túnel durante todo o plantão a fim de manter atualizados os dados estatísticos referentes à movimentação através do túnel, que são enviados ao Departamento de Infra Estrutura de Trânsito – Seção Florianópolis.



Figura20- Programa para controle da ventilação



Figura 21- Central de Operação/fiscal de campo

4. - CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O TÚNEL MORRO DO BOI

Quanto à sistemática adotada pela administração do túnel a fim não permitir que o patrimônio público fosse depredado, ficou evidente que: com relação às cabines SOS e os materiais inicialmente dispostos em seu interior, não se conseguiu êxito, como também nos hidrantes de coluna dispostos ao longo do túnel e até a reserva técnica de incêndio que não escapou da ação criminosa de pessoas irresponsáveis.

O presente trabalho trata das atividades que são regularmente realizadas na Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi, para garantir a segurança dos usuários da Rodovia BR 101, bem como assegurar a integridade do patrimônio público ali existente. (MACHADO; MACHADO, 2005)

No túnel do Morro do Boi, que é mono direcional, a ventilação está programada para insuflar ar, mesmo alimentando o fogo, mas mantendo pelo menos o trecho a montante isento de fumaça e salvar os motoristas que entraram no túnel antes do seu bloqueio. Os motoristas a jusante do incêndio já saíram do túnel. (MACHADO; MACHADO, 2005)

No único evento de incêndio ocorrido até o dia 30 de abril de 2007, data da visita ao túnel, o sistema de ventilação não foi acionado imediatamente e somente depois de um longo tempo que foram acionados, trazendo tranquilidade aos bombeiros que ali trabalhavam, como foi relatado no relatório de ocorrência.

[...] A fumaça foi tomando conta a ponto de estas pessoas começarem a abandonar seus carros e lutarem por suas próprias vidas (ULIANA, 2006)

Como já foi citada, a ação de vândalos fez com que os materiais como extintores e mangueiras tivessem que ser retirados dos locais, sendo hoje disponibilizados, dentro de uma viatura, que em caso de sinistro é conduzida pelos fiscais até o local. Os sistemas originários não mais funcionam perdendo o objetivo a que foram propostos.

. Em cada cabine SOS está instalado um tambor contendo 2 mangueiras com 50m cada, com ejetor. A captação de água é feita num riacho a 35m de altura acima da Boca Sul do túnel.

Para evitar roubos ou vandalismo, um alarme elétrico é instalado nos extintores e nas mangueiras, que manda um sinal de alarme na Central de Controle, caso sejam retirados. Além disso, na abóbada do Túnel será instalado um cabo detector de incêndio, que comunicará, automaticamente, à central de controle caso haja qualquer princípio de sinistro. (MACHADO; MACHADO, 2005)

[...]as solicitações de socorro feitas para o bombeiro foram realizadas por pessoas que já haviam saído do túnel pelo sentido normal do tráfego, local onde os sinais de celular começam a ser captados, até então os operadores do túnel não tinham ciência do acidente, quando souberam e foram interditar a rodovia já havia veículos na contramão, pois não havia mais visibilidade dentro do túnel, o que causou um pânico geral, pois algumas pessoas permaneceram dentro de seus carros e dentro do túnel esperando para liberar a via. (ULIANA, 2006)

As cabines SOS na atual situação e condição, conforme verificados no trabalho perderam a finalidade inicial:

A comunicação entre vítima e central de operações está completamente inexistente, pois os telefones das cabines SOS estão totalmente danificados, celular não emite e recebe sinal no interior do túnel, e até mesmo a comunicação imediata e direta com o Corpo de Bombeiros Militar inexistente e nem mesmo com a Polícia Rodoviária Federal permanece a comunicação direta, como foi previsto inicialmente.

A comunicação entre os membros da equipe de operação e monitoramento é feita através de rádios intercomunicadores, semelhantes aos utilizados pela Polícia Rodoviária Federal e através dos telefones das cabines SOS. Nos casos em que necessitem a presença da PRF, a comunicação é feita através dos rádios móveis, ou através de uma estação fixa, instalada pela Polícia Rodoviária Federal na central de controle e monitoramento do túnel, permitindo uma comunicação privilegiada entre os monitores. (MACHADO; MACHADO, 2005)

[...] recebemos um chamado via 193 feito por celular, que o solicitante viu um automóvel desgovernar-se e colidir contra a parede de concreto na faixa da esquerda do túnel rodoviário da BR 101 localizado entre as cidades de Itapema e Balneário Camboriú (ULIANA, 2006)

[...] Já outro chamado de outra pessoa confirma o acidente e que o automóvel incendiou-se tendo uma pessoa presa dentro deste veículo. (ULIANA, 2006)

[...] e enquanto o deslocamento era feito foi solicitada para a PRF (Polícia Rodoviária Federal) a interdição total do túnel, o que só conseguimos quando já estávamos começando a subir o Morro do Boi. (ULIANA, 2006)

[...] as solicitações de socorro feitas para o bombeiro foram realizadas por pessoas que já haviam saído do túnel pelo sentido normal do tráfego, local onde os sinais de celular começam a ser captados, até então os operadores do túnel não tinham ciência do acidente, quando souberam e foram interditar a rodovia já havia veículos na contramão, pois não havia mais visibilidade dentro do túnel, o que causou um pânico geral. (ULIANA, 2006)

Evidente também ficou a falta de interação entre bombeiros e fiscais de campo do túnel, pois desde o início do acidente ficou verificado que as rotinas já treinadas e repassadas pelo Corpo de Bombeiros Militar, na figura do Comandante da Companhia de Bombeiro Militar da Cidade de Balneário Camboriú, não foram executadas de forma ordenada e eficiente, da mesma forma que a própria rotina de prioridades não foi obedecida pelos próprios operadores, que tinham como primeiro passo acionar a ventilação e isso não foi assim efetuado.

[...] Essa desordenada fuga na contramão quase inviabilizou o socorro vindo de Itapema, pois foi extremamente complicado chegar até o local e atuar já que o acostamento ficou repleto de carros que ainda conseguiram sair do interior do túnel. Neste dia uma série de fatores contribuiu para dificultar o atendimento:

- 4 Das onze turbinas somente cinco estavam em uso, havia seis em manutenção e só operavam manualmente. O sistema informatizado não estava funcionando.
- 5 A iluminação era de 50% pois estava em manutenção.
- 6 Ladrões haviam roubado as juntas de união dos hidrantes localizados dentro do túnel, praticamente inutilizando os mesmos.
- 7 O operador esqueceu-se de ventilar manualmente e foi prestar socorro ao acidentado.
- 8 Na boca sul do túnel não havia sinal de celular
- 9 Os operadores não possuem telefone comercial (ULIANA, 2006)

5. - VISTORIAS

No Brasil um dos sistemas viários mais antigos e complexos é o da cidade de São Paulo, só na capital tem 26 túneis instalados conforme a tabela abaixo.

Devido a estas características os problemas que se começa a identificar agora nos túneis catarinenses já vem sendo trabalhados há anos pelo Corpo de Bombeiros Paulista.

Tabela – Túneis: Localização e extensão na cidade de São Paulo ao longo dos anos.

SÃO PAULO				
TÚNEIS DA CIDADE DE SÃO PAULO				
01	Túnel Daher Cutait (9 de julho) centro – bairro	Avenida 9 de Julho	1045 m	1938
02	Túnel Daher Cutait (9 de julho)bairro –centro	Avenida 9 de Julho	1060m	1938
03	Túnel São Gabriel	Avenida São Gabriel – Avenida Santo Amaro	393m	1969
04	Túnel ligação leste – oeste	Ligação Leste-Oeste	1120m	1971
05	Passagem subterrânea Paulista – Dr Arnaldo	Avenida Paulista	360m	1973
06	Passagem subterrânea Paulista – Rebouças	Avenida Paulista	235m	1973
07	Passagem subterrânea Rebouças – Maj Natanael	Avenida Rebouças	884m	1973
08	Túnel Anhangabaú Santana/Aeroporto	Avenida Prestes Maia	582m	1988
09	Túnel Anhangabaú Aeroporto/Santana	Avenida Prestes Maia	544m	1990
10	Passagem inferior Zerbini	Avenida Lineu de Paula Machado – Avenida Waldemar	420m	1993
11	Túnel Jânio Quadros	Avenida Pres. Juscelino	1900m	1994
12	Túnel Tribunal de Justiça Ibirapuera – Marginal	Avenida Presidente Juscelino Kubitscheck	824m	1994
13	Túnel Tribunal de Justiça Marginal – Ibirapuera	Avenida Presidente Juscelino Kubitscheck	730m	1994
14	Túnel Maria Maluf Imigrantes Anchieta	Avenida Pres. Tancredo Neves	1020m	1994
15	Túnel Maria Maluf Anchieta Imigrantes	Avenida Pres. Tancredo Neves	1020m	1994
16	Túnel Sebastião Camargo	Avenida Magnólia – Avenida Pres. Juscelino	1170m	1995
17	Túnel Ayrton Senna Centro –	Avenida 23 de Maio – Avenida	1700m	1995

	Bairro	Antonio Joaquim de Moura Andrade		
18	Passagem subterrânea Tom Jobim Santana – Aeroporto	Avenida Prestes Maya	329m	1995
19	Passagem subterrânea Tom Jobim Aeroporto – Santana	Avenida Prestes Maya	329	1995
20	Túnel Ayrton Senna Bairro – Centro	Avenida Antônio Joaquim de Moura Andrade – Avenida Sena Madureira	1950m	1996
21	Passagem subterrânea Sena Madureira	Avenida 23 de Maio – Avenida Sena Madureira	205m	1996
22	Jornalista Fernando Vieira de Melo (centro-bairro)	Avenida Eusébio Matoso	580m	2004
23	Jornalista Fernando Vieira de Melo (bairro-centro)	Avenida Eusébio Matoso	583m	2004
24	Max Feffer (centro-bairro)	Avenida Cidade Jardim	756m	2004
25	Max Feffer(bairro-centro)	Avenida Cidade Jardim	729m	2004
26	Túnel Odon Pereira	Av José Pinheiro Borges	180m	2006

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo. **Tabela de túneis da cidade de São Paulo, 2007.**

As vistorias permanentes são importantes para a manutenção mínima dos sistemas necessários à segurança, resgate e combate a incêndios, principalmente no Brasil, onde culturalmente, pessoas têm o hábito de depredar equipamentos que entendem não ser seus.

Na vistoria realizada no Túnel do Morro do Boi ficou evidente o desrespeito quanto ao patrimônio que serve para salvar vidas, flagrante da destruição de uma caixa de água de 20.000 litros pertencente ao sistema de abastecimento de água para combate a incêndios no interior do túnel, conforme mostra a figura abaixo:



Figura 22 – Reserva Técnica de Incêndio



Figura 23 – Caixa d' água deprecada

A depreciação e a falta de respeito com os materiais instalados nos túneis, evidente também no túnel do Morro do Boi já é problema antigo nos grandes centros como São Paulo, como mostra a reportagem de Fernanda Aranda, no Estadão on-line, de 15 de Março de 2007:

Extintores de Incêndio são roubados no túnel Rebouças

Órgão da Prefeitura desistiu de repor os equipamentos de segurança porque não conseguia combater ação de ladrões, flagradas pelas câmeras internas.

São Paulo – O motorista que passar pelo Túnel Fernando Vieira de Melo, conhecido como Rebouças, vai deparar com uma vitória do vandalismo contra o poder público. Todos os extintores que ficavam disponíveis na parede da passagem, nos dois sentidos, sumiram. No lugar dos equipamentos de segurança, ficaram buracos vazios, com sinalização apontando para o 'nada'.

Na quarta, a reportagem do Jornal da Tarde contou 32 espaços que um dia foram ocupado por extintores de incêndio, disponibilizados estrategicamente para evitar incêndios. Mas após perder as contas de quantos foram furtados, horas depois de serem repostos pela Empresa Municipal de Urbanização (Emurb), o órgão da prefeitura decidiu parar de colocar novos equipamentos.

Segundo a Emurb, desde 2004 são contabilizados inúmeros prejuízos por conta de motoristas vândalos que aproveitavam a passagem no local para levar os extintores. Por conta disso, a empresa parou o esquema de reposição pouco antes do final do ano passado.

Antes de decidir não gastar mais o dinheiro público com os extintores, a Emurb pediu reforço a Guarda Civil Metropolitana no túnel e nada foi suficiente para evitar os furtos, não apenas dos extintores, como das mangueiras e cabos que prendiam o equipamento. Cada equipamento, 20 kg custa em média R\$ 300,00 (ESTADÃO, 2007)

Devido à necessidade de uma regulamentação melhor com relação aos túneis, e também em virtude da quantidade destas obras no sistema viário paulista, o Corpo de Bombeiros de São Paulo criou uma instrução técnica (ANEXOIV) a fim de regular o sistema preventivo contra incêndios nestes ambientes, bem como outras características como o escoamento de águas fluviais dentro dos túneis, situação que, pela própria característica local

faz com que o Corpo de Bombeiros atue no resgate de vítimas que ficam ilhadas em seus veículos devido a grandes enxurradas.

Certamente o Corpo de Bombeiros de São Paulo vem baseando-se nas ações tomadas por Bombeiros de outros países, como por exemplo, a do o Corpo de Bombeiros de Lisboa, que causou repercussão ao tentar impedir a inauguração de um túnel que segundo as autoridades responsáveis ainda não possuía a segurança adequada para entrar em funcionamento. Observe matéria registrada em jornal eletrônico como segue:

Falhas de segurança no túnel do Marquês

Bombeiros contra abertura ao trânsito sem haver Plano de Emergência.

A Associação Nacional de Bombeiros Profissionais (ANBP) defendeu que o Túnel do Marquês, em Lisboa, não deve abrir ao trânsito esta quarta-feira, como previsto, apontando falhas na segurança e falta de planos de emergência.

Num documento divulgado esta terça-feira e enviado ao presidente da Câmara de Lisboa, Carmona Rodrigues, os bombeiros afirmam dar “parecer negativo” sobre a segurança na estrutura, sublinhando que “não foram cumpridas regras de segurança” que consideram “vitais para a abertura de tão importante circuito rodoviário”.

O presidente da Associação Nacional de Bombeiros Profissionais, Fernando Curto, adianta que o parecer da direcção da ANBP teve como base a “análise sumária por parte do Regimento de Sapadores Bombeiros (técnicos devidamente credenciados) (www.rtp.pt)

Certamente em nosso Estado a frequência na construção de túneis vai se intensificar, resultado da evolução da tecnologia e dos sistemas viários que terão que ser mais práticos e eficientes a fim de dar uma melhor resposta as necessidades de seus usuários.

As instituições locais responsáveis pela segurança devem cada vez mais se profissionalizar nas ações que visem à segurança, o resgate e o combate a incêndios em obras com características tão diferenciadas quanto os túneis.

Ações integradas entre operadoras de túneis e Corpo de Bombeiros para situações de acidente e incêndios devem estar afinadas e principalmente treinadas a fim de dar um retorno muito mais rápido e eficiente aqueles que necessitam de resgate ou ajuda.

Todas as instituições que poderão ser acionadas em caso de incidentes no interior do túnel deverão manter atualizadas as informações relacionadas ao sistema operativo do túnel, bem com, executarem treinamentos e simulacros em conjunto.

A prática da interdição de túneis por um período, a fim de realizarem treinamentos e ou simulacros, é comum nos sistemas viários Europeus como veremos a seguir:

Devido a um exercício de segurança que terá lugar no túnel de Orelle sobre a auto-estrada Maurienne (França), esta auto-estrada será encerrada em ambas as direcções entre Saint-Michel de Maurienne até Frenay, das 22:00h do dia 16 de Outubro até às 3:00h do dia 17 de Outubro.

Durante este período, os veículos que se dirijam para Itália via túnel Frejus, devem utilizar a estrada RN6 para chegar a este. Os autocarros e veículos afectos ao transporte de mercadorias perigosas serão proibidos de utilizar o túnel Frejus durante esse período.

Os veículos de transporte de mercadorias perigosas serão obrigados a aguardar pelo fim da interdição na área de estacionamento de Saint-Michel de Maurienne. (www.bbc.co.uk)

6. - SIMULACROS

No ano de 2000, ano de inauguração do túnel do Morro do Boi, o Corpo de Bombeiros Militar do estado de São Paulo já se utilizava de simulacros, que são ações simuladas para exercícios ou experimentos. Estes simulacros objetivam treinar as guarnições e também sentir os efeitos de um incêndio no interior do túnel. No caso do túnel Ayrton Senna como foi descrito no site da Secretaria de Infra Estrutura da Prefeitura de São Paulo na época:

Para a hipótese da ocorrência de acidentes mais graves dentro dos túneis - como um carro em chamas - o Corpo de Bombeiros executou um simulado para definir as regras e procedimentos de atendimento.

No caso eventual de acidentes mais graves - como, por exemplo, um carro em chamas -, o Corpo de Bombeiros desenvolveu, em 2000, no Ayrton Senna, um simulado para definir quais conceitos, normas e rotina de atendimento executar nesses incidentes. Na ocasião, com o objetivo de testar a segurança dos túneis, a ação ocorreu em tempo real e pleno horário de pico. Uma Concessionária cedeu um veículo Kombi cheia de pneus para representar uma colisão na parede e em seguida atear fogo. O Trem de Socorro dos Bombeiros saiu da sede mais próxima e demorou 10 minutos para chegar ao local. Lá, optou-se por não entrar com o caminhão nem apagar o incêndio com hidrantes fortes, o que espalharia a intoxicada nuvem de fumaça negra ao restante do ambiente fechado. Além de estabelecida a condução do desvio e evacuação dos motoristas pelas passagens de transposição que interligam os sentidos opostos do túnel, ficou acertada também a necessidade de reduzir o sistema de ventilação, não permitindo a entrada de oxigênio e conseqüente alimentação das chamas. (www.prefeitura.sp.gov.br)

Em algumas localidades da Europa o uso de simulacros também é reconhecido como ferramenta ideal para observar o comportamento da fumaça e do calor em caso de incêndios no interior de túneis, além de exercitar de maneira quase que real a interação entre as equipes que agem no resgate de vítimas e no combate a incêndios.

A imprensa anuncia o dia e período em que os túneis estarão interditados a fim de realizar o simulacro e ainda orienta as rotas alternativas a que os usuários da via tenham que seguir de forma alternativa para suas viagens. A seguir um anúncio no Jornal da cidade da Madeira em Portugal, para realização de um simulacro:

O Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros da Madeira, em consonância com a Vialitoral e PSP, numa iniciativa conjunta, vão levar a efeito na próxima terça-feira um simulacro de um acidente de viação seguido de incêndio no túnel norte da Ribeira Brava, na via rápida. Para conhecimento dos automobilistas, o SRPCBM informa que serão sucessivamente encerrados, quer no lado Norte, quer no

lado Sul, o túnel e o sub lanço entre a Ribeira Brava e o Campanário, solicitando a melhor compreensão dos utentes para transtornos que a realização deste simulacro certamente acarretará (sras.madinfo.pt)

Empresas europeias como a LABEIN investem em tecnologias para a elaboração de simulacros, voltam seus estudos a fim de produzir uma fumaça similar às produzidas nos incêndios, mas que não produzam tanta fuligem que acabam sujando e danificando equipamentos no interior dos túneis.

Jesús de La Quintana Engenharia responsável pela Segurança Anti Incêndio da LABIEN

Resumo:

[...] Apresenta-se neste artigo uma inovação tecnológica inédita, o ensaio de fumaça quente e limpa de LABIEN, ensaio que pela primeira vez permite verificar a segurança anti-incêndio em túnel sem danificar, nem sujar, e sem causar obstáculos ao desenvolvimento dos trabalhos nos túneis, e o tráfego em caso de túneis em serviço, devido ao reduzido tempo de ensaio. (QUINTANA, 2004, tradução Nossa).

O Artigo editado pelo engenheiro de segurança da LABIEN apresenta ainda os objetivos específicos a fim de utilizar esta tecnologia para segurança nos túneis:

Ensaio em túneis:

O objetivo deste ensaio de incêndio em um túnel é para verificação da Segurança Anti-Incêndio, relativo ao controle de fumaça no túnel, mediante a realização de uma prova que permita validar as Pautas de Atuação anti-incêndio do sistema de ventilação.

O fato de realizar ensaios de incêndios em túneis, nos túneis que estão em serviço, bem como nos túneis que são obras novas, é uma necessidade já que é a única maneira de:

* Verificar de forma real as condições do sistema de “Controle de incêndios” do túnel e as condições mais próximas possíveis de um incêndio real; precisamente pelo ensaio ser realizado com fumaça quente que se estratifica no interior do túnel e tenha um comportamento análogo ao do incêndio real, e inclusive representa o perigoso efeito de difusão o “Back-lavering”. (QUINTANA, 2004, tradução nossa).

Ainda segundo a LABIEN.(Quintana,2004)

*Validar o desempenho do sistema de ventilação e suas pautas de atuação em caso de incêndio.

* Formar as equipes de segurança, extinção e resgate, tanto aqueles da empresa exploradora, como a proteção civil e bombeiros, em uma emergência real de incêndio em túnel, detectando as necessidades, oportunidades e carências.

*Mostrar para a sociedade uma aposta, decidida pela segurança de uma infra-estrutura que desperta um sensibilidade especial nos condutores, agravada pelas recentes catástrofes mencionadas anteriormente. (QUINTANA, 2004, tradução nossa).

7. - EQUIPAMENTOS

Equipamentos também estão sendo desenvolvidos para as equipes de combate aos incêndios conseguirem se aproximar o máximo possível dos focos de incêndio, mantendo um risco aceitável aos homens que forem atuar no combate ao incêndio, exemplo disto é o caso da fabricação do equipamento conhecido como LUF-60:



Figura24- Equipamento LUF- 60 em ação
Fonte: www.nofirel.com

8. CONCLUSÃO

Os riscos à vida humana e a perda de bens ficaram evidenciadas no caso de incêndios em túneis, principalmente se os sistemas preventivos e operacionais não forem eficazes e se as equipes de resgate e combate a incêndios não atuarem com rapidez e precisão nas ações a serem tomadas.

Ficou evidente também que na única ocorrência de incêndio, acontecida no interior do Túnel do Morro do Boi, na BR-101, Balneário Camboriú, as equipes que trabalharam no evento tiveram uma série de dificuldades apresentadas no transcorrer dos trabalhos.

Com base na análise de vários fatores, ficou a certeza de que: apesar de ser uma obra bem construída e do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, na figura do comando das Unidades de Bombeiro Militar das cidades de Balneário Camboriú e Itapema – Santa Catarina manterem contato com as equipes responsáveis pelo monitoramento e segurança do túnel; de que os sistemas de combate a incêndio originariamente foram montados conforme consulta técnica feita ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina; os sistemas operacionais e de combate a incêndios não mais mantêm as condições iniciais, devido à ação de vândalos, demonstrando uma ineficiência no modelo de fiscalização inicialmente adotado.

Pela própria ocorrência de incêndio no túnel, ficou verificado a dificuldade de se

atender este tipo de ocorrência. Esta é agravada pela inexistência de uma interação perfeita, entre as guarnições de Bombeiro Militar locais e a equipe de monitoramento e segurança do túnel, por falta de todos os envolvidos treinarem juntos frequentemente, utilizando-se de simulacros como ferramenta para melhorar esta interação, pois os simulacros visam buscar o efeito mais próximo do real, mostrando as dificuldades, deficiências e definindo melhor a atuação de cada agente dentro de um todo.

9. - SUGESTÃO

Como o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina é o órgão constitucionalmente responsável e diretamente na figura de seus combatentes, pelo resgate e combate a incêndios no interior do túnel, poderia ter a iniciativa de reunir os responsáveis pela equipe de monitoramento e segurança do túnel e ainda a Polícia Rodoviária Federal, a fim de definir um melhor momento e a melhor forma para realização de constantes simulacros. Isto serviria para manter uma atualização dos responsáveis pela segurança no túnel, verificar as condições dos equipamentos instalados em favor da funcionalidade e segurança, resguardando assim, indiretamente, as próprias vidas, pois a interação e o bom desempenho de cada um dos envolvidos são os responsáveis pelo sucesso da operação como um todo.

REFERÊNCIAS

ANTRAM, Disponível em < http://www.antran.pt/history_details.aspx?ido=14470 > Acesso em : 15 de junho 2007.

COMEAU, Ed. **Relatório do Incêndio do Túnel no Canal da Mancha**, 1996 Inglaterra. Disponível em:< <http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/T%C3%9ANEL.pdf>>. Acesso em: 15 março 2007.

EFACEC, Grupo Eletromecânico de Portugal. Disponível em:< http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/CatalogoOnline/PDFs/sist_gestao_CastroDaire_Casestudy%20tunel%20cd_V2.01_pt.pdf> Acesso em: 17 de Mar. 2007

SIEMENS. Disponível em <http://www.siemens.com/index.jsp?sdc__p=c84fi1185799l4mo1185799ps3t15u14z2&sdc_bcpath=1169295.s_0%2C1189500.s_0%2C1184739.s_0%2C%3B1185799.s_0%2C&sdc_sid=7634784169&> Acesso em: 22 de março 2007

EXTINTORES ROUBADOS NO TÚNEL REBOUÇAS. *Estadão Online*, São Paulo, **15 Mar. 2007. Disponível em:** < <http://www.estadao.com.br/ultimas/cidades/noticias/2007/mar/15/166.htm>> Acesso em: 15 março 2007.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Eletrônico** a Aurélio versão 5.0. Edição eletrônica autorizada Positivo Informática LTDA, 2004.

LISTA DE TÚNEIS DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Prefeitura Municipal de São Paulo**, São Paulo, 22 Mar. Disponível em:< http://www6.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/obras_em_andamento/tuneis/0007> Acesso em: 22 março 2007.

LUF-60, **Equipamento para extinção de incêndios em túneis**. Disponível em<<http://www.nofirel.com/luf60.php>> Acesso em: 15 março 2007

MACHADO, Almir José; MACHADO, Ana Paula da Silva. 10º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 2005 Joinville. **Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi - Uma questão de segurança** -. Balneário Camboriú. Disponível em: <http://www.derba.ba.gov.br/download/anaisenacor/0401OperaMonitoraT%FAnelMorroBoi%20_AlmirMachado_.pdf> Acesso em: 22 março 2007.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, Disponível em<<http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/T%C3%9ANEL.pdf>>Acesso em: 17 abril .2007

O ESTADO DE SÃO PAULO DIGITAL. Disponível em<<http://www.estadao.com.br/ultimas/cidades/noticias/2007/mar/15/166.htm>> Acesso em: 15 de março 2007

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, Táticas e Técnicas de Combate a Incêndio Estrutural** – Comando e controle em operações de incêndio. Florianópolis, SC: Editora Editograf,2005. 136p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www6.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestrutura/obras_em_andamento/tuneis/0006/0004> Acesso em: 22 de março 2007

PRESIDÊNCIA DO GOVERNO REGIONAL, **Secretaria Regional de Assuntos Sociais da Madeira – Portugal**. Disponível em:<<http://srs.madinfo.pt/?p=noticia&id=1271>> Acesso em: 15 de Mar. 2007 BBC BRASIL BBC home. Disponível em < http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2001/011026_tunel.shtml> Acesso em: 17 Abril 2007

QUINTANA, Jesus de la, *Ensayos para la seguridad ante incendio em túneles*, 2004. Disponível em:<<http://www.belt.es/expertos/experto.asp?id=2256>>. Acesso em 15 de março 2007.

RÁDIO E TELEVISÃO DE PORTUGAL, **Associação Nacional de Bombeiros Profissionais contra abertura do túnel do Marquês**. Disponível em: <http://www.rtp.pt/index.php?article=279383&visual=16>>. Acesso em: 01 Agosto 2007

SÃO PAULO. Decreto Lei – Estadual n 46.076, de Janeiro de 2001. Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de risco do Estado de São Paulo.

SAUER, G; MERGELSBERG, Walter A. Geo Company Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente. In: **Túneis e Mais**, 2003. Disponível em: <http://www.geocompany.com.br> .Acesso em: 15 de março 2007.

SCIENCI DIRECT INFO. Disponível em< http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V58-48PDMR3-2&_user=10&_coverDate=11%2F30%2F2003&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fff63ed1a94bcc5061c5dd09cf13b3d5> Acesso em: 15 de março 2007

SCIENCI DIRECT INFO. Disponível em< http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V37-439VBJ3-3&_user=10&_coverDate=09%2F30%2F2001&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=b42e921f785b8fa0ecf7d3a5f9d291b8> Acesso em: 15 de março 2007

TSF ONLINE, Jornal Eletrônico de Portugal. **Túnel Marquês. Bombeiros profissionais contra abertura quarta-feira.** Disponível em:< http://www.tsf.pt/online/vida/interior.asp?id_artigo=TSF179767>. Acesso em: 01 de Agosto 2007

TURISMO CATARINENSE. Disponível em<<http://www.turismocatarinense.tur.br/transportes/tuneis/tunel.htm>> Acesso em: 17 abril. 2007

ULIANA, João Luis. **Relatório Ocorrência no Túnel Morro do Boi.** Corpo de Bombeiros Militar. Itapema, SC: 2006. Digitado.

UOL NOTÍCIAS, **Incêndio em túnel franco-italiano provoca segunda vítima fatal.** Disponível em <<http://noticias.uol.br/ultnot/efe/2005/06/04/ult1807u17276.jhtm>> Acesso em: 15 de março 2007

ANEXO I - Relatório do Incêndio do Túnel no Canal da Mancha. 1996.

Inglaterra.

18 de novembro de 1996

O Investigador-Chefe de Incêndios da NFPA (National Fire Protection Association), Ed Comeau, viajou para a Inglaterra para investigar o incêndio ocorrido no Túnel do Canal da Mancha em 18 de novembro de 1996.

Dados do Relatório

O incêndio ocorreu em uma composição de 29 vagões que viajava da França para a Inglaterra, as composições eram formadas por veículos de cargas pesadas, com uma cobertura sólida e lateral aberta.

O complexo é formado por dois túneis paralelos, e entre eles um túnel de serviço, existindo 270 passagens de intersecção equidistantes 375 metros.

O incêndio ocorreu em um dos vagões finais da composição e foi notado quando o trem entrava no túnel, devido ao protocolo o trem deveria entrar desta maneira no túnel e ao sair seria combatido o incêndio.

Existiam equipes nas extremidades do túnel a fim de atender emergências, para o combate a incêndios existia a primeira linha, tanto do lado inglês quanto do francês.

A primeira linha francesa se preparou para combater o incêndio enquanto a inglesa deslocou até a parte central do túnel, onde ficou de prontidão para eventuais necessidades.

Dentro do túnel o maquinista percebeu um sinal no painel que orientava a parada do trem por causa do risco de descarrilamento, o que acabou acontecendo, o trem parou a 19 quilômetros da saída do túnel.

O encarregado do trem abriu a porta para verificar o problema e foi surpreendido por uma camada de fumaça que logo invadiu o compartimento, ocupado por 33 pessoas. A fumaça era tão forte que logo as pessoas foram orientadas a deitar no chão para respirar melhor, e logo após foram orientadas a sair pela passagem de intersecção mais próxima.

Um trem que se dirigia ao outro túnel foi parado para recolher as vítimas, e a Primeira Linha francesa começou a atender-los.

A Primeira Linha inglesa chegou ao local, e após alguns minutos ficou decidido que a equipe francesa atenderia as vítimas enquanto a equipe inglesa avaliaria e daria o primeiro combate ao incêndio.

Para acessar o local em chamas, foi necessário utilizar a intersecção e ativar o sistema de ventilação que foi acionado soprando em direção à traseira do trem.

Os ingleses verificaram que não mais havia passageiros no local, todos que foram atingidos de qualquer maneira foram conduzidos por ambulâncias através do túnel de serviço até o atendimento em Coquelle, França.

Como acordos pré estabeleciam que incidentes fossem comandados por profissionais do país em que ocorresse o evento, um bombeiro francês assumiu o comando, declarou como emergência bi-nacional e organizou as equipes de combate ao fogo de forma que a equipe inglesa combateria da parte traseira do trem em direção ao centro, enquanto a equipe francesa iria do centro em direção a traseira, voltando o combate mais para a parte superior do trem.

A pressão de ar no túnel de serviço estava sendo mantida em nível mais alto do que a pressão no outro túnel, criando um fluxo de ar muito forte nas portas de passagem nas intersecções. O fluxo era tão forte que quando abria uma dessas portas a pessoa tinha que segurar para não ser arremessada para o túnel em chamas.

O fluxo de ar do túnel foi aumentado e soprava em direção à traseira do trem, isso criou uma bolha de ar de aproximadamente um metro de diâmetro, o que permitia a permanência do bombeiro com certo conforto e segurança, fora dessa área o calor e a fumaça eram insuportáveis.

Utilizando-se das mangueiras disponíveis no túnel, o primeiro combate tentou apagar o fogo que chegava à porta de acesso, feito esse controle as equipes tentavam avançar por dentro ou por cima do trem, sem êxito, pois o calor e a fumaça eram muito forte.

As equipes com toda proteção conseguiam ficar apenas 8 minutos no interior do túnel tendo que sair para se refrescar, enquanto eram substituídas.

Grandes pedaços de concreto começavam a cair do teto. O que começou a influenciar no avanço das equipes em direção ao fogo. Os detritos também amassavam o teto do trem deformando por inteiro.

A equipe inglesa avançava com duas linhas de ataque, enquanto a equipe francesa avançava com seis linhas, mantendo um volume de água suficiente para sustentar o ataque efetivo até a chegada da equipe de engenharia da Eurotunnel. O incêndio foi controlado às cinco da manhã seguinte e finalmente extinto às onze e quinze.

Oito vagões e seu conteúdo foram totalmente destruídos, além de um carregador e da parte posterior da locomotiva.

O revestimento do túnel sofreu danos graves em uma extensão de duzentos metros, em alguns locais o concreto de quatrocentos milímetros ficou com apenas cinquenta.

Cerca de quinze dias o túnel ficou interditado para reparos.

O mais importante que não houve nem bombeiros e nem vítimas feridas com gravidade.

ANEXO II - Relatório de Ocorrência do Corpo de Bombeiros de Itapema: incêndio no interior do túnel do Morro do Boi – Balneário Camboriú – Santa Catarina, em 29 de julho de 2006.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA COMANDO DO CORPO DE BOMBEIROS 7º BATALHÃO DE BOMBEIRO MILITAR 2º COMPANIA DE BOMBEIRO MILITAR 2º PELOTÃO DE BOMBEIRO MILITAR – ITAPEMA – SC	
<u>RELATÓRIO DE OCORRÊNCIA</u>	
DATA: 29/06/2006	LOCAL: BR-101 (Interior do túnel do Morro do Boi – Balneário Camboriú)
OCORRÊNCIA: Acidente com pessoas presas nas ferragens, seguido por um princípio de incêndio.	CÓDIGO: E 303
<p>HISTÓRICO: Na tarde de sábado do dia 29 de julho de 2006 por volta das 16 horas recebemos um chamado via 193 feito por celular, que o solicitante viu um automóvel desgovernar-se e colidir contra a parede de concreto na faixa da esquerda do túnel rodoviário da BR 101 localizado entre as cidades de Itapema e Balneário Camboriú (extensão do túnel é de 1007 metros) e que o acidente havia ocorrido a uns 200 metros da boca sul do túnel, o solicitante não parou, pois o tráfego era intenso o que fatalmente causaria outro acidente. Já outro chamado de outra pessoa confirma o acidente e que o automóvel incendiou-se tendo uma pessoa presa dentro deste veículo. Respondemos prontamente a esta solicitação deslocando o ABTR12(Auto Bomba Tanque e Resgate) e ATM31(Auto Transporte de Materiais) de Balneário Camboriú e ASU155 (Auto Socorro de Urgência) e AT17 (Auto Tanque) de Itapema. Sabíamos que as guarnições de Itapema chegariam antes favorecidas pelo sentido de fluxo de trânsito, e enquanto o deslocamento era feito foi solicitada para a PRF (Polícia Rodoviária Federal) a interdição total do túnel, o que só conseguimos quando já estávamos começando a subir o Morro do Boi. Entrando pela boca Norte, e a uns trezentos metros dentro do túnel perdemos totalmente o contato visual e o contato de rádio. Ocorreu então o toque entre as duas viaturas por pura falta de visibilidade, decidimos seguir a pé a frente das viaturas e a baixa velocidade, seguiu-se um silêncio muito forte, pois até o ronco dos motores estava abafado pela densa fumaça negra no interior do túnel, quando já estávamos a uns 50 metros do acidente foram ligados os ventiladores o que nos deu plenas condições de visibilidades. A vítima já havia sido conduzida pelo ASU155 para o PS (Pronto</p>	

Socorro) e o fogo já estava controlado.

OBS: O local parecia uma cena de ficção, pessoas em pânico, policiais desorientados, operadores do túnel desorientados, vários automóveis abandonados de forma totalmente desordenados. Juntando todos os depoimentos destas pessoas segue-se assim: “o trânsito seguia com um fluxo médio, ocorre o acidente, o trânsito continuou fluindo, as solicitações de socorro feitas para o bombeiro foram realizadas por pessoas que já haviam saído do túnel pelo sentido normal do tráfego, local onde os sinais de celular começam a ser captados, até então os operadores do túnel não tinham ciência do acidente, quando souberam e foram interditar a rodovia já havia veículos na contramão, pois não havia mais visibilidade dentro do túnel, o que causou um pânico geral, pois algumas pessoas permaneceram dentro de seus carros e dentro do túnel esperando para liberar a via. A fumaça foi tomando conta a ponto de estas pessoas começarem a abandonar seus carros e lutarem por suas próprias vidas. Essa desordenada fuga na contramão quase inviabilizou o socorro vindo de Itapema, pois foi extremamente complicado chegar até o local e atuar já que o acostamento ficou repleto de carros que ainda conseguiram sair do interior do túnel. Neste dia uma série de fatores contribuiu para dificultar o atendimento:

- 1- Das onze turbinas somente cinco estavam em uso, havia seis em manutenção e só operavam manualmente. O sistema informatizado não estava funcionando.
- 2- A iluminação era de 50% pois estava em manutenção.
- 3- Ladrões haviam roubado as juntas de união dos hidrantes localizados dentro do túnel, praticamente inutilizando os mesmos.
- 4- O operador esqueceu-se de ventilar manualmente e foi prestar socorro ao acidentado.
- 5- Na boca sul do túnel não havia sinal de celular.
- 6- Os operadores não possuem telefone comercial.

RESPONSÁVEL: 3º SGT BM Mat. 906817-7 João Luis ULIANA

**ANEXO III - Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi – BR 101 -
Balneário Camboriú – Santa Catarina.**



**10º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO
RODOVIÁRIA
JOINVILLE/SC - BRASIL - 4 a 7 de outubro de 2005
Local: Centreventos Cau Hansen
OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DO TÚNEL DO MORRO DO BOI
- UMA QUESTÃO DE SEGURANÇA -**

Almir José Machado¹ e Ana Paula da Silva Machado²

1 Rua Joaquim Carneiro, 318 – Capoeiras, CEP 88085-120 – Florianópolis – SC, Fone: (48) 248-1899 – Fax (48) 248-1798, e-mail: almir@sotepa.com.br

2 Rua Marcelino Simas, 499, apto. 401 – Estreito, CEP: 88070-030 – Florianópolis – SC, Fone: (48)244-4879, e-mail: anapils1@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho descreve a importância do monitoramento e operação de um Túnel Rodoviário, apresentando as atividades que são regularmente realizadas pela equipe que opera e monitora a Túnel do Morro do Boi, na Rodovia BR101, em Santa Catarina.

Essa equipe é responsável por garantir a segurança dos usuários da rodovia, bem como por assegurar a integridade do patrimônio público. Além disso, a atuação dessa equipe permite obter dados acessórios, como por exemplo, o volume do tráfego que cruza o Túnel, as principais ocorrências com os usuários, etc.

O Túnel é monitorado 24 horas por dia, através de 5 (cinco) equipes que trabalham 6 horas cada, no sistema de plantão, em 4 turnos. Dessa forma, a cada dia uma das equipes está de folga (descanso semanal).

A chefia de cada equipe preenche o Diário de Ocorrências, onde são registrados todos os acontecimentos relevantes no turno daquela equipe. Um dos monitores permanece em frente ao computador, na central de controle, verificando os registros instantâneos dos níveis

de monóxido de carbono, da opacidade, da intensidade luminosa fora do túnel, dos ventiladores que estão em atividade e das condições do trânsito.

A iluminação do Túnel funciona continuamente, 24 horas/dia, durante o ano inteiro. É variável à medida que o veículo entra no Túnel, para que o olho do motorista possa se adaptar às novas condições.

Os ventiladores são acionados à medida que o controle dos níveis de monóxido de carbono e opacidade assim o determina. O fluxo do ar é controlado através de quatro medidores de CO, situados nas proximidades das cabines SOS, e por três medidores de opacidade, situados no início, meio e fim do Túnel.

PALAVRAS-CHAVE:

Túnel, Operação de Túnel, Monitoramento de Túnel, Segurança Rodoviária

ABSTRACT

The present work describes the importance of the monitor and operation of a Road Tunnel, presenting the activities that regularly are carried out by the team that operates and monitors the Tunnel of the Mount Ox, in Highway BR 101, in Santa Catarina.

This team is responsible for guaranteeing the security of the users of the highway, as well as for assuring the integrity of the common patrimony. Moreover, the performance of this team allows getting accessories data, for instance, the volume of the traffic that crosses the Tunnel, the main occurrences with the users, etc.

The Tunnel is monitored 24 hours per day, through 5 (five) teams that work 6 (six) hours each, in the attendance system, in 4 (four) shifts. On this form, each day, one of the teams has a recess for a week (weekly rest).

The head of each team fills the Daily Occurrences, describing all of the important events on the shift of that team. One of the monitors remains in front of the computer, in the control central office, verifying the instantaneous registers of the levels of carbon monoxide, of the opacity, of the luminous intensity out of the tunnel, of the fans that are in activity and of the transit conditions.

The illumination of the Tunnel works straight 24 hours a day, during the entire year. It changes according to the vehicle that enters in the Tunnel, so that the eye of the driver can be adapted to the new conditions.

The fans work out according to the levels of carbon monoxide and opacity that determine it. The flow of air is controlled through 4 (four) measurers of CO, situated in the proximity of the cabins SOS, and for 3 (three) measurers of opacity, situated in the beginning, half and end of the Tunnel.

KEY WORDS

Tunnel, Operation of the Tunnel, Monitor of the Tunnel, Road Security

INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata das atividades que são regularmente realizadas na Operação e Monitoramento do Túnel do Morro do Boi, para garantir a segurança dos usuários da Rodovia BR 101, bem como assegurar a integridade do patrimônio público ali existente.

Tem o objetivo de divulgar no meio técnico a importância do monitoramento e operação de um Túnel, além de apresentar alguns resultados acessórios que podem ser obtidos com a atuação eficiente da equipe de monitores.

DADOS TÉCNICOS DO TÚNEL

Histórico

O Túnel do Morro do Boi pertence a principal rodovia do estado de Santa Catarina, a BR 101, e liga as cidades litorâneas de Balneário Camboriú e Itapema, que são importantes pólos turísticos.

A abertura pioneira desta rodovia no estado ocorreu no final da década de 60 e na ocasião para transpor o Morro do Boi a rodovia se desenvolveu a meia encosta, cruzando o divisor numa garganta existente. Quando da duplicação, foi decidido transpor o Morro do Boi em túnel, devido a razões de ordem geológica, geotécnica, ambiental e segurança ao tráfego, além de economicamente viável levando-se em conta o custo operacional.

Pelo túnel trafegam os veículos no sentido sul-norte e pela pista de abertura pioneira os veículos no sentido norte-sul.

Projeto, Execução e Supervisão

O projeto do Túnel do Morro do Boi foi elaborado pela consultora SOTEPA, em 1995.

O início das obras se deu no mês de junho de 1997 e esteve a cargo do Consórcio formado pelas empresas Camargo Correa, Andrade Gutierrez e OAS.

A Supervisão e Coordenação das obras de construção foram de responsabilidade da consultora SOTEPA, desde seu início até a inauguração, ocorrida no mês de dezembro de 2.000.

Geometria, Seção Transversal e Pavimento

Geometricamente o túnel desenvolve-se praticamente todo em tangente (apenas uma pequena curva no desemboque no lado norte). Em termos altimétricos possui rampa ascendente e descendente de 2%, com ponto de inflexão vertical muito próximo de seu centro.

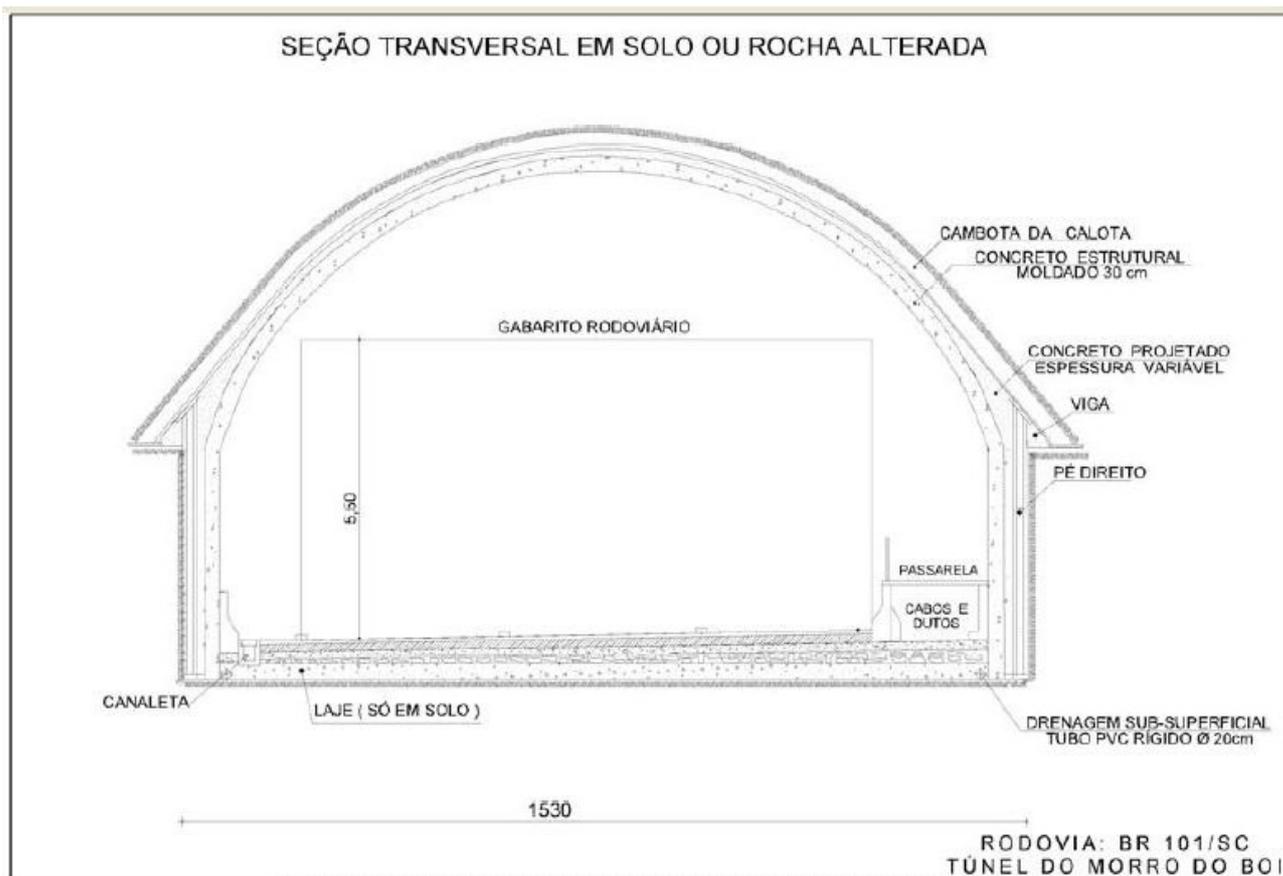
A seção transversal possui 2 faixas de tráfego unidirecionais com 3,60m de largura cada, acostamento direito de 3,30m, acostamento esquerdo de 0,60m, defensas de concreto do tipo "New Jersey", passarela para pedestres e ciclistas, e canaletas para drenagem superficial.

O gabarito de tráfego é de 5,50m. A seção é formada por uma abóbada circular de 7,45m de raio, com centro a 2m de altura da escavação inferior e paredes verticais laterais com 3,90m de altura. Sua extensão total é de 1.007m.

Foram executados muros em concreto armado com 3,5m de altura em ambos os lados do túnel, como revestimento das paredes laterais.

O pavimento executado foi do tipo flexível, com sub-base de pedra pulmão de espessura variável em virtude de a inclinação transversal ser para um único lado, onde possui uma canaleta. A base é de brita graduada com 22 cm de espessura e o revestimento com 14 cm de Pré-Misturado a Quente (PMQ) e 7 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

A seguir apresenta-se uma seção transversal do Túnel do Morro do Boi.



Sinalização

A sinalização do túnel do Morro do Boi segue o padrão do DNIT, e é composta por sinalização horizontal (marcação das faixas de tráfego) e vertical (placas e portal com semáforo e setas).

Fontes de Energia

O túnel possui duas fontes de energia elétrica independentes: a linha geral da CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina, e dois grupos geradores. Cada um desses grupos geradores é capaz de fornecer energia suficiente ao completo funcionamento do sistema de iluminação e ventilação. Quando ocorre interrupção de energia da linha geral, automaticamente ou manualmente, os grupos geradores entram em funcionamento. O túnel também conta com um equipamento de emergência (no break), que mantém a iluminação parcialmente ligada nos segundos que separam a interrupção da energia da linha geral, do início do funcionamento dos geradores.

Iluminação e Ventilação

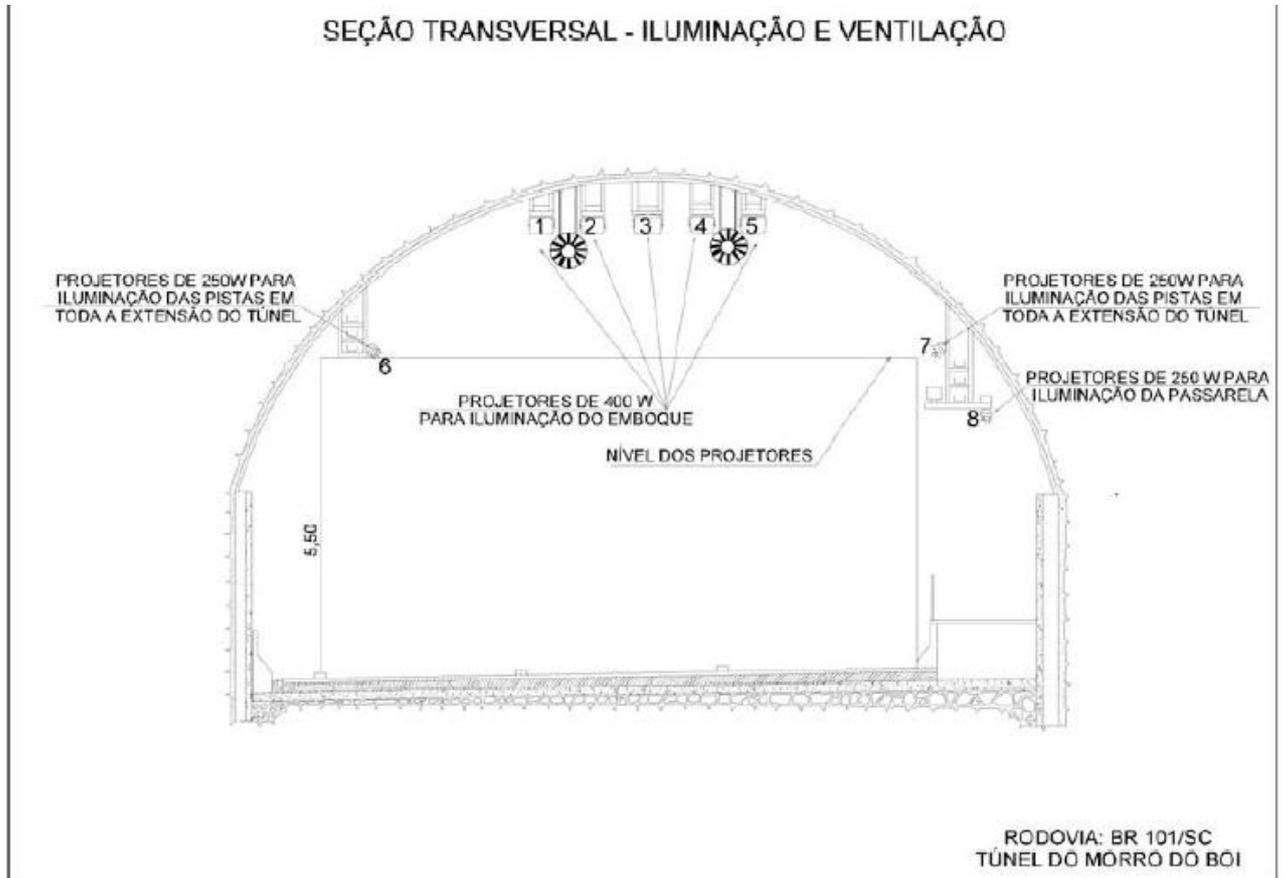
O sistema de iluminação é composto por uma linha de lâmpadas de 250 w em cada lado do túnel, conferindo um nível de iluminação mínimo de 100lux.

Nos 120 metros iniciais do túnel, a iluminação é reforçada com lâmpadas de 400 w, criando três níveis de iluminamento máximo, ou seja, 2.900 lux nos primeiros 60 metros, 900 lux nos próximos 30 metros e 300 lux nos últimos 30 metros.

O sistema de ventilação é composto por onze ventiladores de 35KW cada, dispostos em pares, os quais bombeiam o ar fresco para o interior e o ar viciado para fora do túnel. O fluxo de ar é controlado através de quatro medidores de CO (monóxido de carbono), situados

nas proximidades das cabines SOS, e por três medidores de opacidade, situados no início, meio e fim do túnel. A medida que o nível de CO vai aumentando, os ventiladores são ligados aos pares.

A seguir está apresentada uma seção transversal do Túnel com os elementos da Iluminação e da Ventilação



Prevenção de Incêndio e Cabines SOS

Os incêndios em túneis rodoviários são muito raros, mas devem ser previstos. Após o primeiro grande incêndio em Hong Kong, em todo o mundo iniciou-se a instalação de hidrantes no interior de túneis rodoviários. O último acidente grave aconteceu em 23 de março de 1999, no túnel do Mont Blanc, que é um túnel bidirecional com mais de 35 anos de operação e 11 km de comprimento.

A ventilação é realizada através de 2 forros falsos, um para insuflação de ar limpo e o segundo para a aspiração dos gases. A origem do incêndio foi um caminhão frigorífico, cujo tanque de combustível começou a vazar acima do cano de descarga. A ventilação do Mont Blanc estava programada para interromper a aspiração e insuflação em caso de incêndio, para não alimentar o fogo. Desta maneira, uma forte fumaça altamente tóxica se espalhou ao longo do túnel matando mais de 40 pessoas.

No túnel do Morro do Boi, que é mono direcional, a ventilação está programada para insuflar ar, mesmo alimentando o fogo, mas mantendo pelo menos o trecho a montante isento de fumaça e salvar os motoristas que entraram no túnel antes do seu bloqueio. Os motoristas a jusante do incêndio já saíram do túnel.

O Túnel do Morro do Boi é provido de tubulação de água a pressão, e hidrantes de duas bocas, colocados a cada 100m em média. Em cada cabine SOS está instalado um tambor

contendo 2 mangueiras com 50m cada, com ejetor. A captação de água é feita num riacho a 35m de altura acima da Boca Sul do túnel.

Para evitar roubos ou vandalismo, um alarme elétrico é instalado nos extintores e nas mangueiras, que manda um sinal de alarme na Central de Controle, caso sejam retirados. Além disso, na abóbada do Túnel será instalado um cabo detector de incêndio, que comunicará, automaticamente, à central de controle caso haja qualquer princípio de sinistro.

As cabines SOS são nichos salva-vidas situados acima da passarela, em posição intermediária entre os ventiladores (cujo nível de ruído é bastante elevado), para evitar a interferência dos ventiladores nas ligações telefônicas. Nestas cabines, estão instalados os telefones de chamadas de emergência, os hidrantes, as mangueiras e os extintores. As cabines são sinalizadas e numeradas para uma rápida identificação pelo usuário. Todos os cabos e o duto de água correm no piso da cabine e abaixo da passarela até fora do Túnel.

Telefones de Emergência

No interior das cabines estão instalados os telefones de emergência para comunicar eventuais acidentes à central de controle, indicando o número da cabine. Os telefones são em número de quatro, e do tipo fixo, com botão de chamada (modelo porteiro eletrônico).

A seguir está apresentada uma planta do Túnel com os elementos de Prevenção de Incêndio e das Cabines SOS.



Central de Controle

Constitui-se de uma edificação situada no lado direito (leste) do emboque sul, onde estão localizados o sistema informatizado de monitoramento do túnel, os painéis de controle, as cabines de transformadores, os grupos geradores e a administração. Nesta central são recebidos os sinais acústicos ou luminosos (verde ou vermelho) enviados do túnel.

Resumidamente, podemos destacar alguns aspectos funcionais da Central de Controle:

- A retirada dos extintores ou das mangueiras das cabines SOS dispara um sinal sonoro, permitindo a ação imediata dos monitores.
 - Os telefones de emergência são atendidos pelo operador da central, para providências (chamar polícia, bombeiros, ambulância, etc.).
 - O controle do nível de iluminação é feito por um software na central. No painel é indicada com sinal luminoso a eventual interrupção da iluminação.
 - O cabo termo sensível do sistema anti-incêndio dispara um alarme sonoro e visual no painel e automaticamente liga a potência máxima dos ventiladores no sentido do trânsito.
- Além dos controles efetuados pela equipe de monitoramento, a central de controle é um ponto de contato e apoio dos usuários, que freqüentemente estacionam seus veículos junto à mesma para obter informações turísticas. Os motoristas que sofrem de claustrofobia utilizam a central de controle em busca de caminhos alternativos ou simplesmente para obter forças para seguir adiante pela BR 101.

Vista Externa e Interna do Túnel

Nas fotos apresentadas a seguir, pode-se ver uma imagem do emboque sul, no sentido do tráfego (externa) e no sentido contrário ao tráfego (interna).



Emboque Sul do Túnel, onde se pode ver os semáforos na entrada e o monitor fazendo a verificação da velocidade do vento, com o anemômetro.



Interior do emboque sul, no sentido contrário ao tráfego, onde pode-se ver a diferença de iluminação, para permitir a adaptação do olho do motorista

OPERAÇÃO E MONITORAMENTO

As atividades de operação e monitoramento do túnel estão intimamente relacionadas, pois existe de certa forma uma interdependência, onde operar o túnel pode ser interpretado como colocar em prática as respostas dos controles efetuados (monitorar).

Para isso está disponível uma estrutura formada por recursos humanos especializados e experientes nesta atividade, equipamentos informatizados e software, equipamentos sinalizadores e de controle, veículos, imóveis e mobiliários, dentre outros.

Recursos Humanos

Os recursos humanos constam de 5 (cinco) equipes com 3 (três) pessoas cada, trabalhando seis horas ininterruptas, garantindo o monitoramento durante as 24 horas do dia, em 4 (quatro) turnos: das 6h às 12h, das 12h às 18h, das 18h às 24h e das 24h às 6h. A necessidade de 5 equipes advém de exigências trabalhistas, pois a sistemática utilizada é a de plantão com horários alternados para cada equipe, estando, dessa forma, garantido o descanso semanal remunerado.

A chefia de cada equipe preenche o Diário de Ocorrências, onde são registrados todos os acontecimentos relevantes no turno daquela equipe. Sempre que inicia um turno, a nova equipe lê as anotações feitas no diário pela equipe anterior, para se certificar da necessidade de algum cuidado especial. Após, é realizada a verificação de vários itens e anotado no diário as condições de funcionamento dos equipamentos, sensores e alarmes.

Dois monitores permanecem dentro do túnel (próximos a cada emboque) e outro fica na central de comando defronte ao terminal do computador, verificando todos os sinais contidos no monitor. Neste monitor, está instantaneamente sendo registrados os níveis de monóxido de carbono, a opacidade, a intensidade luminosa fora do túnel, os circuitos de iluminação que estão ligados, os ventiladores que estão em atividade e as condições de trânsito nas faixas através dos semáforos e setas. Além disso, o software elabora um gráfico com informações diárias armazenadas, permitindo pesquisas sobre as condições no Túnel em datas retroativas.

A comunicação entre os membros da equipe de operação e monitoramento é feita através de rádios intercomunicadores, semelhantes aos utilizados pela Polícia Rodoviária Federal e através dos telefones das cabines SOS. Nos casos em que necessitem a presença da PRF, a comunicação é feita através dos rádios móveis, ou através de uma estação fixa, instalada pela Polícia Rodoviária Federal na central de controle e monitoramento do túnel, permitindo uma comunicação privilegiada entre os monitores.

A equipe de operação e monitoramento é coordenada pelo Engenheiro Residente do Túnel, que mantém os contatos necessários com a fiscalização da 16ª UNIT/DNIT e com a sede da empresa.

A seguir, está apresentado o Quadro Resumo das Ocorrências verificadas no ano de 2004, mês a mês. Este Quadro foi elaborado através da compilação dos dados registrados por cada equipe no Diário de Ocorrências

CONTAGEM DE TRÁFEGO
(3 minutos a cada hora)

Data: 31/12/2004

TÚNEL DO MORRO DO BOI
(RODOVIA BR 101/SC)

HORA	VEÍCULO							TOTAL
	Automóveis	Caminhões	Ônibus	Motos	Bicicletas	Carroças	Pedestres	
0	55	7	2	5				69
1	53	1		2				56
2	25	2	1					28
3	18	3	1					22
4	6	5						11
5	6	3			4 (*)		2 (*)	15
6	10	6	1					17
7	19	5						24
8	22	7	2	4				35
9	34	3	1	1				39
10	41	3		4				48
11	56	2		2	46 (*)		8 (*)	114
12	47	4	1	3				55
13	59	6	1	5				71
14	61	12	2	4				79
15	74	2	2	1				79
16	116	6	4	7				133
17	57	6	5	4	75 (*)	1	15 (*)	163
18	67	9	4	6				86
19	73	8	5	9				95
20	64	3	2	2				71
21	47	2	1	5				55
22	65	3	2	5				75
23	43	2		4	21 (*)	1	1 (*)	72
TOTAL	1118	110	37	73	146	2	26	1512

(*) Total registrado durante as 6 horas de cada turno

Equipamentos

Os equipamentos mobilizados para as atividades de operação e monitoramento do túnel estão listados a seguir:

- **Bastões luminosos:** para sinalização noturna fora e dentro do túnel.
- **Protetor auricular:** mesmo sendo o nível de ruído interno no túnel inferior ao prejudicial, os monitores usam este equipamento constantemente, por determinação do engenheiro residente.
- **Colete refletivo:** cada monitor em operação está munido deste aparato para sua segurança.
- **Luxímetro digital:** é de suma importância a verificação do grau de luminosidade no centro de cada faixa no interior do túnel, bem como para verificação do funcionamento do fotômetro externo, fixado em cima da abóbada no emboque sul, que comanda a iluminação do emboque.
- **Anemômetro digital:** para fazer as medições periódicas da velocidade do vento nos emboques e perto dos grupos de ventiladores.
- **Megafone:** equipamento utilizado quando são necessárias manobras internas e externas dos usuários e serviços de manutenção do túnel.

- **Veículo utilitário fixo (Kombi):** este veículo permanece de prontidão no emboque sul. Está carregado com equipamentos de sinalização para um atendimento emergencial dentro do túnel, tais como: cones refletivos, megafone e pisca-pisca adaptado para cones. Este veículo tem demonstrado uma grande utilidade, pois possibilita que ocorrências usuais (pneus furados, falta de gasolina, quebra de qualquer natureza ou batidas) sejam imediatamente atendidas, através de demarcação e isolamento da área e a comunicação imediata à POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Também é utilizada como apoio nas paralisações, ou desvios de faixa, ficando estacionada no local, com o giroflex ligado em sinal de alerta para o usuário. Além disso, por solicitação da POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL, toda vez que é necessária uma paralisação, operação sempre comandada pela mesma, a Kombi se desloca na contramão pelo acostamento, com o giroflex e pisca alerta ligados, alertando ao usuário que algo de anormal está ocorrendo.
- **Veículo Sedan (Gol):** para serviços administrativos e deslocamento dos funcionários nos momentos de troca de turnos, tendo em vista que não existe linha regular de transporte coletivo na área do Túnel.
- **Veículo Sedan (Gol):** para uso do engenheiro residente. A disponibilização de um veículo ao engenheiro residente é de suma importância, pois todo o contato com a sede da empresa e com a 16ª UNIT é feito por ele.
- **Computadores, periféricos e software:** para a indicação dos níveis atuantes dos parâmetros controlados e a devida tomada de posição da equipe de operação e monitoramento.

Vigilância e Controle do Tráfego

Com a finalidade de maximizar o fluxo seguro de veículos, através da rápida detecção e reação a qualquer incidente que ocorrer, os monitores permanecem de prontidão, verificando o sistema de ventilação, iluminação, anti-incêndio e semáforo.

As interrupções de tráfego no interior do túnel podem ser causadas por panes em veículos, acidentes, e, mais raramente, incêndios e emergências médicas. Quando ocorre interrupção do tráfego, imediatamente a central de controle avisa a PRF e a faixa de tráfego é interrompida, através de colocação de cones refletivos e sinalização nos semáforos localizados fora do túnel.

Em algumas oportunidades o tráfego foi interrompido junto ao Emboque Sul por solicitação da PRF, em virtude de acidentes que ocorreram ao Norte do Túnel. Esta é mais uma função da equipe de monitoramento e operação: assessorar a PRF mesmo quando o problema não se refere ao Túnel.

No caso de ocorrer interrupção total do túnel, cabe exclusivamente a PRF a decisão de desviar o tráfego pela pista Norte/Sul ou parcialmente pela Rodovia Interpraias.

Como atividade acessória ao Controle do Tráfego, a equipe de Operação e Monitoramento faz a contagem sistemática de Automóveis, Caminhões, Ônibus, Motos e Carroças durante 3 minutos a cada hora. As bicicletas e os pedestres são contados durante todo o turno de cada equipe.

No quadro apresentado a seguir está mostrado um exemplo do resultado verificado em um determinado dia.

**CONTAGEM DE TRÁFEGO
(3 minutos a cada hora)**

Data: 31/12/2004

**TÚNEL DO MORRO DO BOI
(RODOVIA BR 101/SC)**

HORA	VEÍCULO						TOTAL	
	Automóveis	Caminhões	Ônibus	Motos	Bicicletas	Carroças		Pedestres
0	55	7	2	5			69	
1	53	1		2			56	
2	25	2	1				28	
3	18	3	1				22	
4	6	5					11	
5	6	3			4 (*)		2 (*)	15
6	10	6	1					17
7	19	5						24
8	22	7	2	4				35
9	34	3	1	1				39
10	41	3		4				48
11	56	2		2	46 (*)		8 (*)	114
12	47	4	1	3				55
13	59	6	1	5				71
14	61	12	2	4				79
15	74	2	2	1				79
16	116	6	4	7				133
17	57	6	5	4	75 (*)	1	15 (*)	163
18	67	9	4	6				86
19	73	8	5	9				95
20	64	3	2	2				71
21	47	2	1	5				55
22	65	3	2	5				75
23	43	2		4	21 (*)	1	1 (*)	72
TOTAL	1118	110	37	73	146	2	26	1512

(*) Total registrado durante as 6 horas de cada turno

A partir dos dados da contagem de tráfego em 3 minutos a cada hora, é feita a extrapolação para todo o período de 1 dia, procedendo-se o somatório dos valores contados e multiplicando-o por 20 (cada hora tem 20 vezes 3 minutos).

Com os valores do tráfego registrados a cada dia, é calculada a média diária mensal, fazendo-se o somatório do tráfego de todos os dias do mês, e dividindo pelo número de dias desse mês.

No quadro apresentado a seguir mostra-se a Média Diária Mensal do Tráfego que utiliza o Túnel, bem como o Volume Médio Diário Anual (VMDA). Observar que esses resultados representam o tráfego em apenas 1 sentido.

**CONTAGEM DE TRÁFEGO
(Média Diária Mensal)**

**TÚNEL DO MORRO DO BOI
(RODOVIA BR 101/SC)**

Ano: 2004

MÊS	VEÍCULO							TOTAL
	Automóveis	Caminhões	Ônibus	Motos	Bicicletas	Carroças	Pedestres	
JANEIRO	23.568	4.646	688	1.384	135	34	25	30.286
FEVEREIRO	17.542	4.297	609	1.177	172	23	29	23.625
MARÇO	12.284	4.121	463	1.017	146	21	16	17.885
ABRIL	12.999	4.084	499	1.058	136	20	17	18.640
MAIO	11.345	4.033	449	978	110	32	14	16.805
JUNHO	10.896	4.083	440	860	120	30	14	16.279
JULHO	12.439	4.199	400	786	103	24	15	17.824
AGOSTO	11.755	4.216	359	837	104	35	18	17.167
SETEMBRO	12.611	4.601	471	883	116	22	17	18.566
OUTUBRO	14.070	4.724	590	1.018	129	36	19	20.402
NOVEMBRO	14.577	4.632	507	1.034	134	41	22	20.750
DEZEMBRO	16.501	4.720	611	1.244	135	24	22	23.076
TOTAL	170.587	52.356	6.086	12.276	1.540	342	228	241.305
VMDA (1 sentido)	14.216	4.363	507	1.023	128	29	19	20.109

Obs.: No total de veículos considerou-se somente automóveis, caminhões, ônibus e motos.

VMDA DA BR 101 = 40.218 veículos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOTEPA. **Projeto Final de Engenharia do Túnel do Morro do Boi**, DNER, 1996

REDAELLI, Leonardo Lorenzo, Ms. Sc. **Instalações Finais do Sistema Operativo do Túnel do Morro do Boi**. DNER, 1999.

REDAELLI, Leonardo Lorenzo, Ms. Sc. **Manual de Operação do Túnel do Morro do Boi**.

SOTEPA, DNER, 2000

ANEXO IV- Instrução Técnica nº 35/2004, Corpo de Bombeiros de São Paulo.
Regulamentação sobre Túneis

Instrução Técnica nº 35/2004

Túnel Rodoviário

1. Objetivo

Esta instrução técnica estabelece as medidas de segurança para a proteção contra incêndios em túneis destinados ao transporte rodoviário, atendendo ao previsto no Decreto Estadual nº 46.076, de 31 de agosto de 2001.

2. Aplicação

Esta Instrução Técnica se aplica a todo túnel destinado ao transporte rodoviário.

3. Referências Normativas e Bibliográficas

Revista Engenharia nº 540/2000
National Fire Protection Association nº 502, Ed. 1987
National Fire Protection Association nº 130, Ed. 1990
Harmano Kyoyuki, Sistemas de prevenção contra incêndio do Japão Vol. I, 1994
Relatório sobre acidente no “Túnel 72u Mont Blanc” França, março 1999
Relatório da Embaixada Austríaca, sobre acidente no túnel Kitzsteinhorn em novembro de 2000

4. Definições

Para os efeitos desta instrução técnica aplicam-se as definições constantes da IT nº 03 – Terminologia de segurança contra incêndio.

5. Procedimentos

5.1 Saídas

5.1.1 As laterais do túnel devem ser providas de defensas do tipo “new-jersey” ou semelhante dotadas de corredor, situado a uma altura que permita a proteção do usuário contra o acesso de veículos, propiciando a fuga de pessoas a pé, a retirada de vítimas e acesso das equipes de emergência, essas saídas devem ser mantidas livres e desimpedida, de acesso facilitado por escadas ou rampas, a cada 100m, de forma que os ocupantes não tenham dificuldade de sair da pista de rolamento, adentrar ao corredor de proteção e abandonar o túnel, no caso de acidente.

5.1.2 Essa defesa deverá ser dotada de corrimão, de forma que o conjunto tenha, no mínimo, as seguintes dimensões: altura de 1,50m do piso e largura de 1,00m da lateral do túnel.

5.1.3 Para túneis com extensão superior a 500m, devem ser previstas áreas de refúgio a cada 250m, de forma que se permita a retirada rápida de veículo da pista de rolamento, bem como do estacionamento dos veículos destinados ao atendimento de ocorrências viabilizando o resgate de pessoas retidas na pista de rolamento.

5.1.4 Os acessos aos corredores e área de refugio devem permitir a rápida e fácil saída de deficientes físicos, com a instalação de rampas no início e no final dos corredores.

5.1.5 Uma faixa de uso exclusivo para veículos de emergência, localizada na lateral do túnel, que possua a rede de hidrantes, devidamente sinalizada, permitindo que ao início do sinistro o Corpo de Bombeiros tenha acesso facilitado a essa faixa.

5.1.6 Não Serão permitidos abrigos, no interior do túnel que não estejam interligados a túnel de serviço paralelo ou que permitam exclusivamente a fuga do interior do túnel.

5.2 Iluminações de emergência

Ver tabela de exigências, grupo M-I,IT nº 18 – Iluminação de emergência.

5.3 Medidas de segurança contra incêndio

5.3.1 Para túneis com extensão compreendida até 200m, devem ser exigidos:

a) Sinalização

Deve propiciar ao usuário a identificação da saída, bem como indicar a extensão do túnel percorrida, possibilitando a escolha do menor trajeto a ser percorrido;

b) Rotas de fuga e saídas de emergências; são constituídas pelos corredores laterais.

5.3.2 Para os túneis com extensão compreendida entre 200m e 500m, devem ser exigidos os seguintes sistemas:

a) Extintores portáteis, do tipo pó BC-20B

Instalados na extensão do túnel ou em local de fácil acesso que permita o seu rápido emprego;

b) Sinalização

Deve propiciar ao usuário a identificação da saída, bem como indicar a extensão do túnel percorrida, possibilitando a escolha do menor trajeto a ser percorrido para a fuga;

c) Rotas de fuga e saídas de emergência; são constituídas pelos corredores laterais;

d) Sistema de proteção por hidrantes, com tubulação seca.

5.3.3 Para túneis que tratam essa norma com extensão compreendida entre 500m e 1000m, são exigidos os seguintes sistemas:

a) Extintores portáteis do tipo pó BC-20B

Instalados na extensão do túnel, ou em local de fácil acesso que permita o seu emprego rápido, na ocorrência do sinistro;

b) Sinalização de saídas

Deve propiciar ao usuário a identificação de saída, bem como indicar a extensão do túnel percorrida, nas laterais do túnel e no piso, possibilitando a escolha do menor trajeto a ser percorrido, mesmo em circunstâncias de precária luminosidade;

c) Rotas de fuga e saídas de emergência

São constituídas pelos corredores laterais, e nos túneis em paralelo, a sua interligação, a cada 500m;

d) Sistema de proteção por hidrantes

Com reserva de incêndio que propicie o combate a incêndio por 30 min., com previsão de dois hidrantes funcionando simultaneamente, com uma pressão de 15 Kpa no hidrante mais desfavorável.

5.3.4 Para os túneis que tratam essa norma, com extensão superior a 100m, são exigidos os sistemas de proteção previstos no item anterior, devendo ainda a proposta de proteção contra incêndios passar por análise de Comissão técnica.

5.3.5 Para túneis paralelos e contíguos, com extensão superior a 1000m, deverá ser planejada interligação entre estes, a cada 500m, permitindo a saída de veículos, bem como a mudança no sentido do fluxo, dos veículos, em caso de emergência e a sua conseqüente evacuação.

5.3.6 A distância máxima entre dois pontos de hidrantes deve ser de 60m, prevendo-se um lance de mangueira de 30m para cada hidrante.

5.4 Disposições Gerais

5.4.1 Sistemas de Exaustão com capacidade para retirada de gases produtos de incêndio no interior do túnel deverão ser previstos em todos os túneis a que se refere esta norma, que será acionado por detectores de fumaça ou sistema similar.

5.4.2 No item acima o sistema deverá permitir a manobra de exaustão e insuflação de ar, simultaneamente, em pontos opostos.

5.4.3 Os componentes de alimentação dos equipamentos instalados no interior do túnel devem estar protegidos dos efeitos da combustão, de forma que permaneçam acondicionados em dutos que os protejam contra deformação ou colapsos resultantes do incêndio.

5.4.4 A estrutura do túnel deve ter tempo requerido de resistência (TRRF) definido na IT n°8;

5.4.5 O suprimento de energia deve possuir múltiplas fontes que sejam redundantes, através de grupo moto gerador e captado da concessionária.

5.4.6 Sistema de drenagem

5.4.6.1 Sistema de drenagem de líquidos, em toda extensão do túnel, deve ser feito através de grelhas de escoamento, situadas nas laterais da pista, possibilitando o rápido escoamento do interior do túnel para as bacias de contenção.

5.4.6.2 Com referência ao item anterior, esse sistema deve possibilitar a retirada de líquidos das bacias de contenção através de caminhões tanque, evitando danos ao meio ambiente.

5.4.6.3 As bacias de contenção deverão ser projetadas de modo que tenham capacidade para conter até 45m³, considerando a somatória do volume de água para combate a incêndio com a do veículo sinistrado.

5.4.7 Sistema de comunicação

5.4.7.1 Para os túneis com extensão superior a 500m devem ser instalados sistemas de comunicação, do tipo que permita a rápida comunicação do interior do túnel com ponto exterior; cada ponto será instalado com distância de 30m.

5.4.8 Sistemas de circuito interno de TV

5.4.8.1 Para os túneis com extensão superior a 1000m devem ser instalados, além do sistema de comunicação, sistema interno de TV, com a instalação de câmeras, no interior do túnel.

5.4.8.2 Quanto à distância entre as câmeras, devem estar a uma distância que permita a perfeita identificação do usuário, do veículo e de detalhes do acidente, cujo objetivo é visualizar e gerenciar ocorrências, da central de TV.

5.4.8.3 As câmeras deverão possibilitar manobras horizontais e verticais, devendo possuir lentes de afastamento e aproximação, evitando “pontos cegos” e atingindo os objetivos especificados no item anterior.

5.4.9 Painel informativo

Deverá ser previsto sistema de informação ao usuário quanto à ocorrência de acidentes, permitindo o seu desvio e evitando o acesso ao interior do túnel.

6 Riscos especiais

As edificações anexas aos túneis serão regidas por instrução técnica destinada a sua característica particular, bem como todos os meios e medidas descritas nesta IT, que sejam objeto de outras instruções específicas.

Fonte: Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de risco do Estado de São Paulo.

