TÚNEIS RODOVIÁRIOS

Desafios constantes: Gerenciais e de Normalização

Palestante:

Carlos Cotta Rodrigues

Coronel e Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho

- Os maiores incêndios em túneis, desde 1995, mataram 713 pessoas em todo o mundo. De 1999 até 2001, muitos dos incêndios em túneis causaram diversas vítimas na Europa:
  - 39 pessoas morreram no incêndio do Mont Blanc Tunnel que liga França e Itália (Março de 1999);
  - 12 pessoas morreram no incêndio no Tauern Tunnel na Áustria (Maio de 1999), e
  - 11 pessoas morreram no Gotthard Tunnel na Suiça (Outubro de 2001), no qual a temperatura alcançou 1.000 graus Celsius (°C) em poucos minutos

Table 1. Recent tunnel fire incidents reviewed in this paper.

Date	Tunnel	Type	Dead
18/02/03	Taegu, S. Korea	M	197+
25/01/03	Chancery Lane, London Underground, England	M	
03/11/02	Homer Tunnel, New Zealand [3]	R	
24/10/01	St Gotthard, Switzerland	R	11
18/07/01	Baltimore (Howard Street), USA	T	
27/11/00	Laerdal, Norway	R	
11/11/00	Kaprun, Austria	T	158
29/05/00	Cross Harbour Tunnel, Hong Kong [4]	R	
29/05/99	Tauern, Austria	R	12
24/03/99	Mt Blanc, France/Italy [5]	R	39
18/11/96	Channel Tunnel, England/France [6]	T	
28/10/95	Baku, Azerbaijan	M	289
15/10/94	Kingsway (Mersey) Tunnel, England [7]	R	
01/03/94	Huguenot Tunnel, South Africa [8]	R	1
19/02/91	Bethnal Green, London Underground, England [9]	M	
16/01/91	Zurich, Switzerland [10]	T	
18/11/87	Kings Cross, London Underground, England [11,12]	M	31
17/01/79	San Francisco BART, USA [13]	M	1

The tunnel type is M = metro, R = road, T = train. Where no reference is given, details came from reference [2], and internet articles

Carlos Cotta ENGENHARIA

COMPORTAMENTO SIMILAR EM EDIFICAÇÕES

- Pesquisas demonstram que a população usuária de túneis ficam relutantes em se afastar de seu veículo;
- Em trens e metrôs, da mesma forma, existe relutância em abandonar suas bagagens

COMPORTAMENTO HUMANO

- Dois minutos após uma colisão no Túnel Tauern, o controle de câmeras de video no portal mais ao norte repentinamente mostrou espessa camada de fumaça propagando-se em alta velocidade
- Após alguns segundos, obscureceu a câmera até o ponto em que as imagens suiram (800 m ÷ 120 s = 6.7 m/s).
- No túnel Huguenot, 12 minutos após o início do incêndio, um dos detectores foi ativado a 768 metros da fonte de ignição

  (768 m ÷ 720 s = 1.1 m/s).
- Nestes casos citados, o comportamento da população usuária foi afetado pela fumaça .

COMPORTAMENTO HUMANO

- • Usuários tendem a aguardar por informações, em vez de investigar e procurar por elas. Gestores tendem a investigar antes de adotar ações positivas.
- • Usuários podem se comunicar somente pessoalmente. Membros do staff podem se comunicar à distância (ex: radios entre si ou com membros usuários), enquanto o sistema ainda funcionar.
- • Usuários tenderão a manter um grupo pré-existente, ou formar grupos periféricos, pricipalmente se orientados por figuras de autoridade, como membros do staff
- • Membros do staff podem tentar combater o incêndio; menos provável para os usuários.

COMPORTAMENTO HUMANO

- • Membros do staff tentarão controlar o abandono através de comandos (dando ordens, direções e orientações). Usuários tem menos possibilidade de executar. Maior probabilidade de ignorar tais comandos. Entretando, iniciarão o abandono se tal procedimento foi iniciado e coordenado pelo staff.
- • Membros do staff podem procurar e orientar/resgatar outros, enquanto usuários somente orientam/resgatam em bases improvisadas se descobrirem tal necessidade. Eles podem, ainda, auxiliar outros na passagem de obstáculos (ex: saída de trens), e, posteriormente, abandonam independentemente após tal atitude.
- • Membros dos serviços de emergência procurarão se direcionar diretamente para o incêndio para combatê-lo. Eles auxiliarão ou darão orientações para as pessoas que encontrarem.
- • Pessoas deficientes podem possuir auxiliares ou receber ajuda improvisada; neste caso, suas capacidades podem não ser tão restritivas (embora os auxiliares possam se atrasar por um tempo).

Linha Amarela é liberada parcialmente ao tráfego

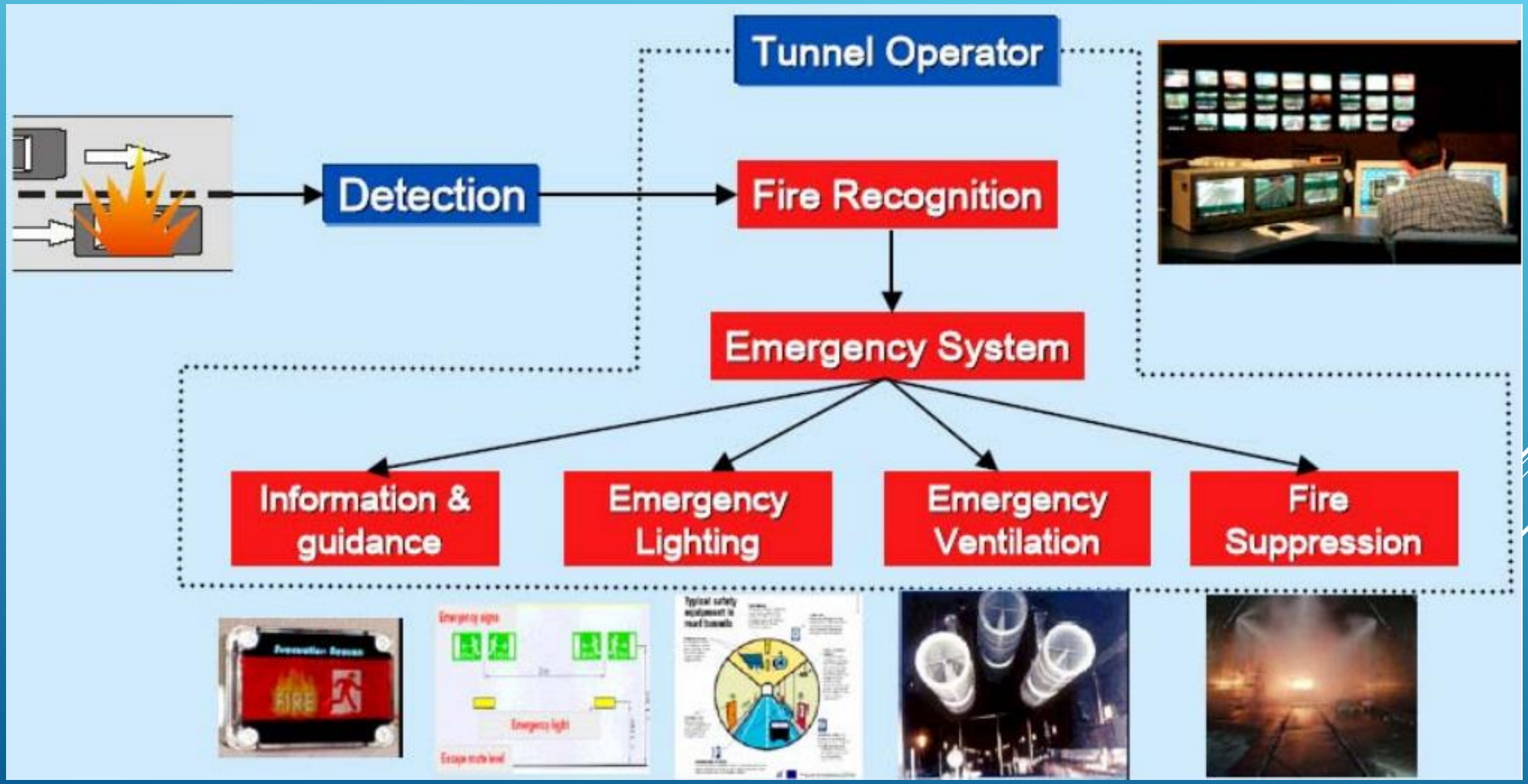
- Para liberar o Túnel da Covanca, onde um ônibus pegou fogo por volta das 16h30, os bombeiros utilizaram dois ventiladores de grande porte para retirar a fumaça acumulada nas galerias.
- O sistema de exaustão do túnel foi danificado com o fogo. O mesmo ocorreu com a rede elétrica que ficou parcialmente destruída.
- O incêndio refletiu na circulação do trânsito em importantes vias da cidade. A Estrada dos Bandeirantes apresenta congestionamento no trecho onde existem obras de duplicação da via, com os veículos circulando no esquema pare e siga.
- 08/12/2011 às 21:04, Fonte: Agência Brasil

- No mundo, estruturas subterrâneas são consideradas como alvos mais sensíveis por terroristas;
- 40% de atos terroristas são em instalações similares;
  - incidentes de incêndio (veículos, ônibus, caminhões);
  - explosões (carros ou caminhões bomba, explosão de líquidos inflamáveis);
  - ataques químicos, radioativos e biológicos;
  - Movimentos sociais.

INTERRUPÇÃO SISTÊMICA

IMPORTÂNCIA SISTEMA DETECÇÃO

Carlos Cotta ENGENHARIA



PESQUISA INTERNACIONAL DE DETECÇÃO DE INCÊNDIO EM TÚNEIS RODOVIÁRIOS

Figure 9. Field fire test in Viger Tunnel in Montreal

DETECÇÃO DE INCÊNDIO – PESQUISA INTERNACIONAL

- Desenvolver apropriado cenário de incêndio e protocolos de teste para avaliação de performance dos detectores de túneis rodoviários;
- Conduzir testes reais de incêndio em túneis rodoviários para documentar a performance das tecnologias de detecção atuais, em respeito aos desafios dos incêndios em túneis;
- Analisar os resultados técnicos e conduzir simulações suficientes para auxiliar o entendimento e melhoria das especificações técnicas e exigências das instalações para a correta aplicação da tecnologia de detecção em túneis rodoviários;

DETECÇÃO DE INCÊNDIO – PESQUISA INTERNACIONAL

- Avaliar os efeitos do ambiente sobre a performance do sistema de operação de túneis;
- Comparar testes de incendio reais com os dados obtidos em testes de incêndio em túneis rodoviários, e
- Proporcionar dados técnicos para padronizar procedimentos escritos para o desenvolvimento de guias para aplicação da tecnologia de detecção de incêndio em túneis rodoviários.

REQUISITOS DO SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIO

- Detectar o incêndio, localização do incêndio, identificar tamanho, crescimento e direcionamento
- Confiabilidade em relação às interferências (não falsos alarmes);
- Funcionar constantemente apesar de questões ambientais (poluentes, temperatura, pressão etc)

PERFORMANCE – DETECÇÃO INCÊNDIO

- Depende:
  - Tipo de combustível
  - Tamanho do incêndio
  - Localização do incêndio (obstruções)
  - Taxa de crescimento
  - Tipo de detector
  - Fluxo de ar longitudinal
  - Movimento da chama (veículo em movimento)

TIPOS TESTADOS

- Detectores lineares de calor;
- CCTV flame and smoke detectors;
- Detectores de chama com sensores de radiação emitidos pelo incêndio; e
- Sprinkler por sensores de calor.

UM PROBLEMA DE ENERGIA

- Comunidade Européia discute o tamanho do incêndio:
- 30 MW (102 MBtu/h) adotado pela maioria dos países da Europa (Áustria, Alemanha e Suiça)
- 50 MW (170 MBtu/h) podem ser exigidos na Inglaterra e Alemanha
- 200 MW (680 MBtu/h), foram os resultados de testes no túnel Runehamar

PROPOSTAS SENDO ESTUDADAS

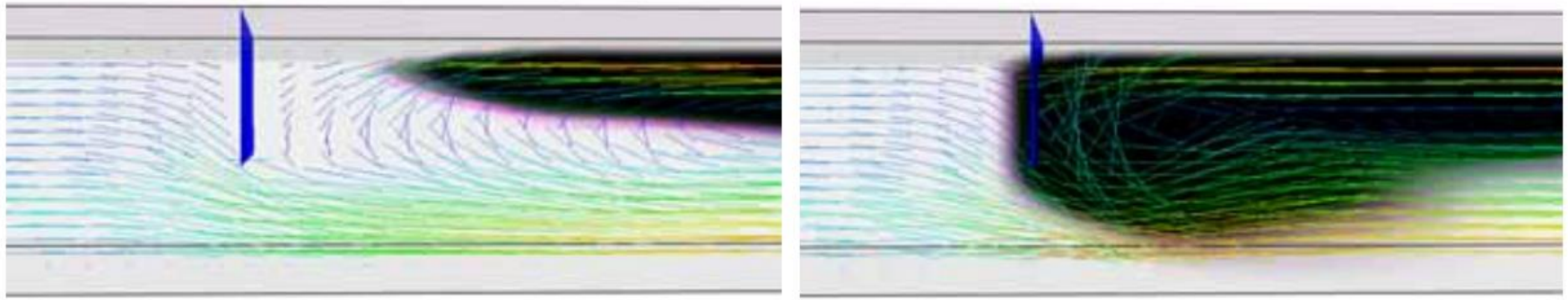


Figure 2: Visualization of smoke layer behavior at the smoke curtain.

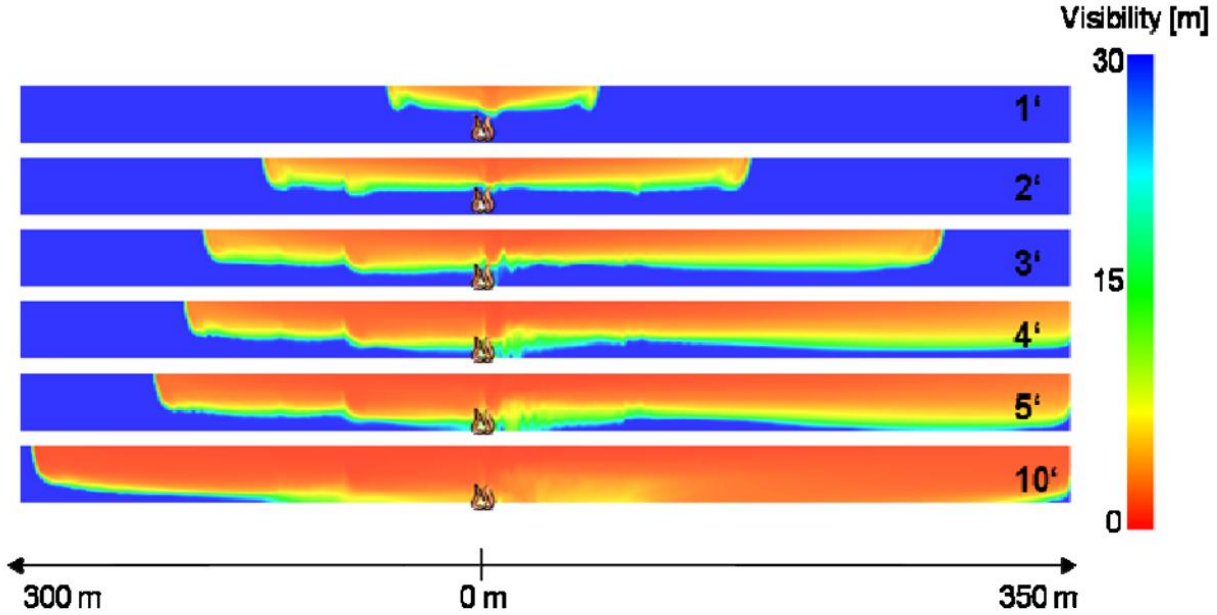


Figure 3: Evolution of visibility conditions in a longitudinally ventilated tunnel (30 MW fire, longitudinal air velocity 1 m/s, no smoke curtains).

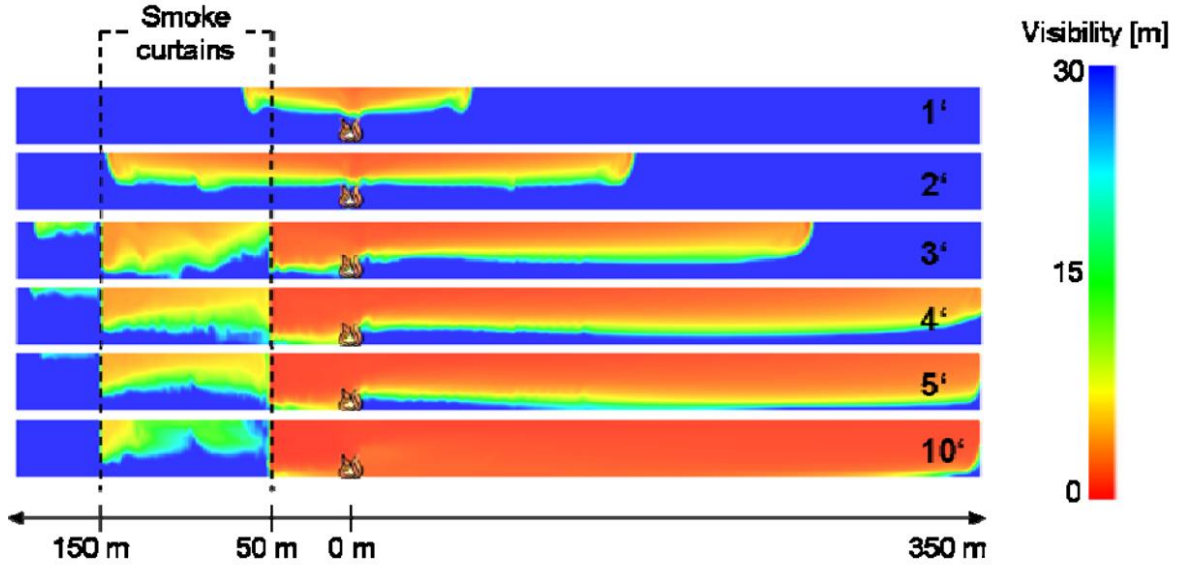


Figure 4: Evolution of visibility conditions for a combined ventilation concept consisting of longitudinal ventilation and smoke curtains (30 MW fire, longitudinal air velocity 0.5 m/s).

INCLINAÇÃO DO TÚNEL

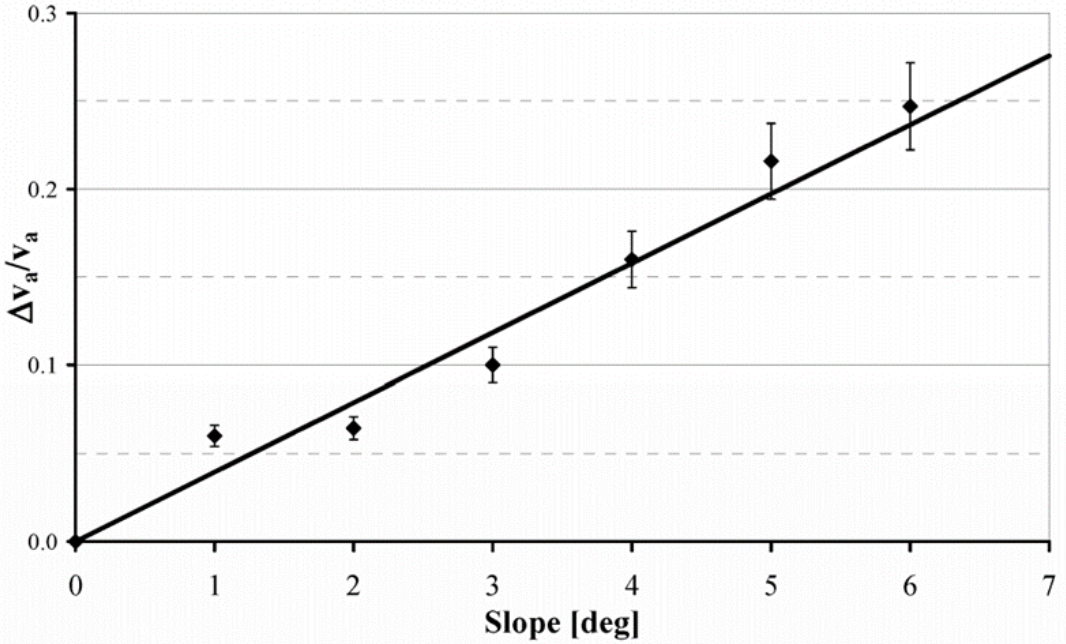


Figure 5. Measured and calculated increase of velocity as a function of the tunnel slope angle slope.

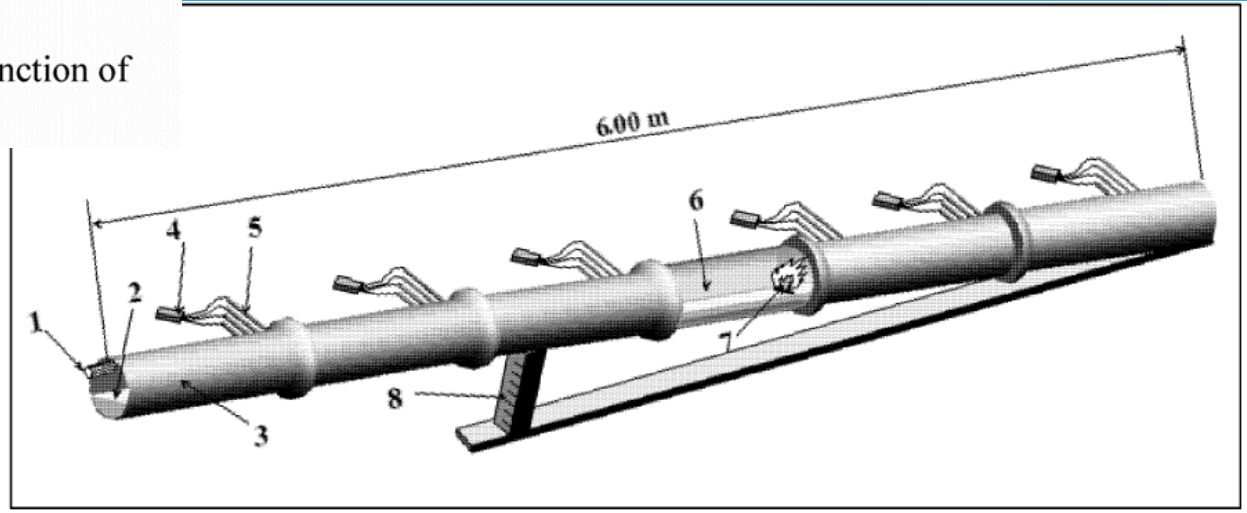


Figure 4. Experimental set-up in sloping tunnel tests.
(1=longitudinal ventilation fan; 2=fire-proof floor; 3=fire-proof concrete tunnel; 4=data acquisition module; 5=stainless steel thermocouples; 6=Pyrex glass testing chamber; 7=fire source; 8=adjustable slope device)

NFPA 502 – STANDARD FOR ROAD TUNNELS, BRIDGES, AND OTHER LIMITED ACCESS HIGHWAYS

- A Norma 502 da National Fire Protection Association (NFPA) define o que é um túnel rodoviário, os critérios de aplicação da referida Norma, bem como testes referenciais de outros países.

NFPA 502 - OBJETIVOS

- Limitar concentração de contaminantes em aceitáveis níveis dentro do túnel;
- Controlar a fumaça e calor que são gerados durante a emergência de incêndio;
- A maioria dos túneis necessitam de sistemas de ventilação para combater emergência de incêndio;
- Tipos: Longitudinal e Transversal
  - Longitudinal - cria um fluxo
  - Transversal – pontos de insuflamento e captação

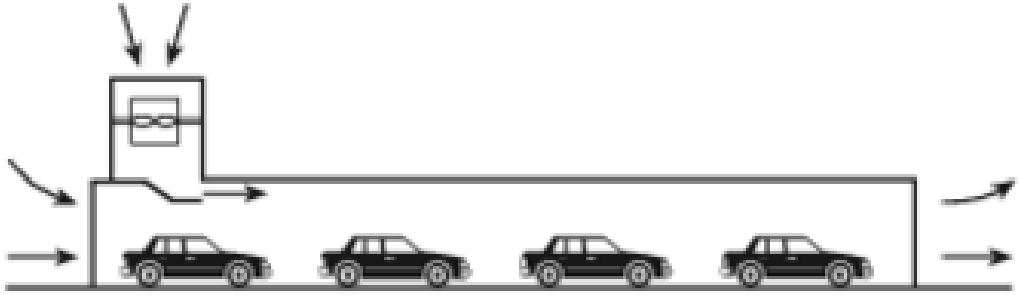


FIGURE I.2.1(a) Longitudinal Ventilation System with Central Fans and Saccardo Nozzle at Entry Portal.

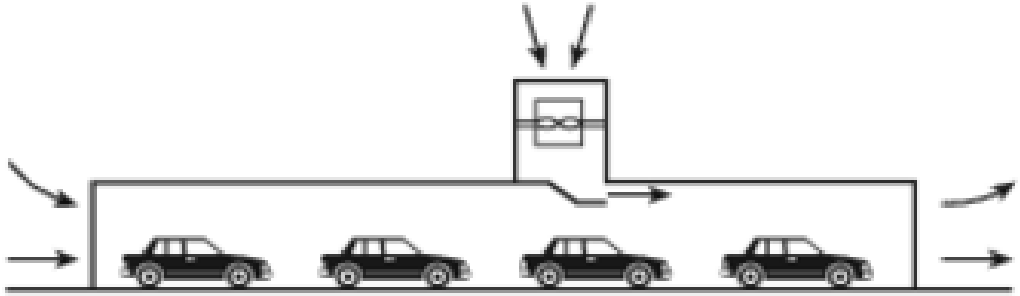


FIGURE I.2.1(b) Longitudinal Ventilation System with Central Fans and Saccardo Nozzle at Midtunnel Location.

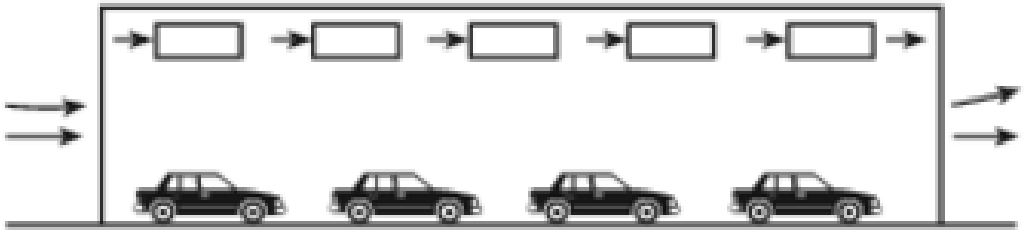


FIGURE I.2.1(c) Longitudinal Ventilation System with Jet Fans.

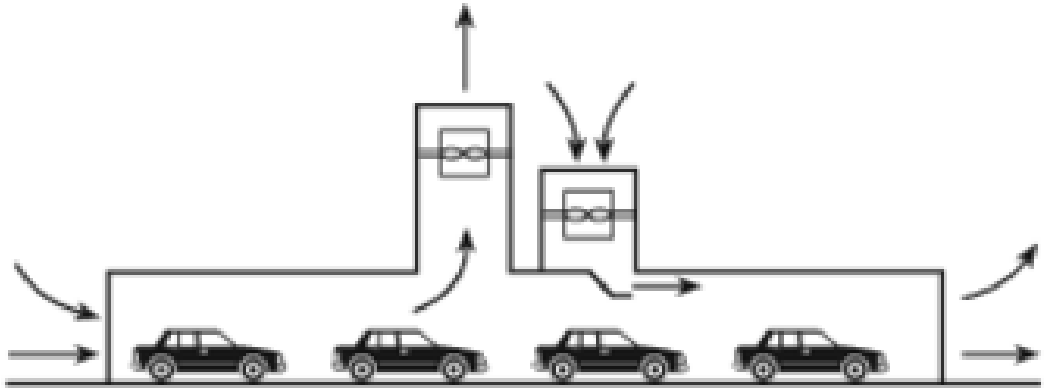


FIGURE I.2.1(d) Longitudinal Ventilation System with Central Fans, Saccardo Nozzle, and Exhaust Shaft.

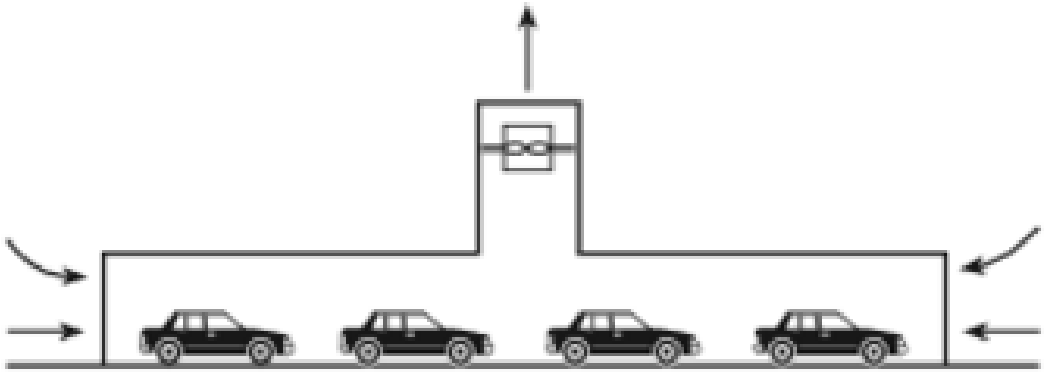


FIGURE I.2.1(e) Longitudinal Ventilation System with Central Fans and Exhaust Shaft.

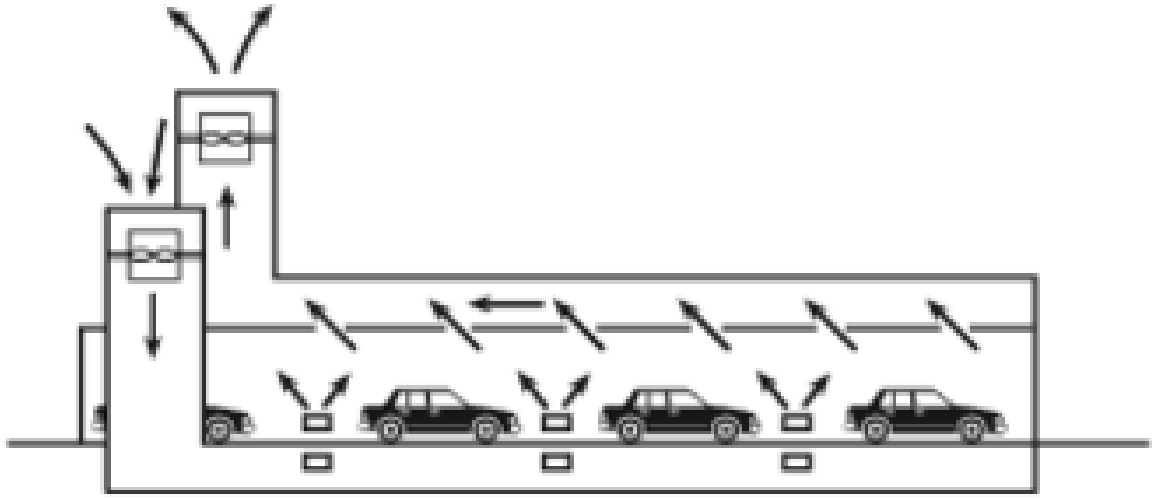


FIGURE I.3.1(a) Full Transverse Ventilation System.

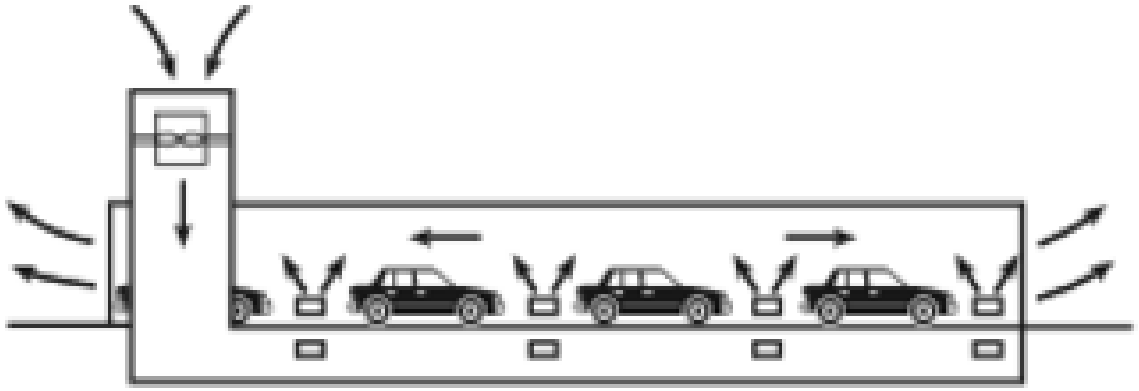


FIGURE I.3.1(b) Semitransverse Supply Ventilation System.

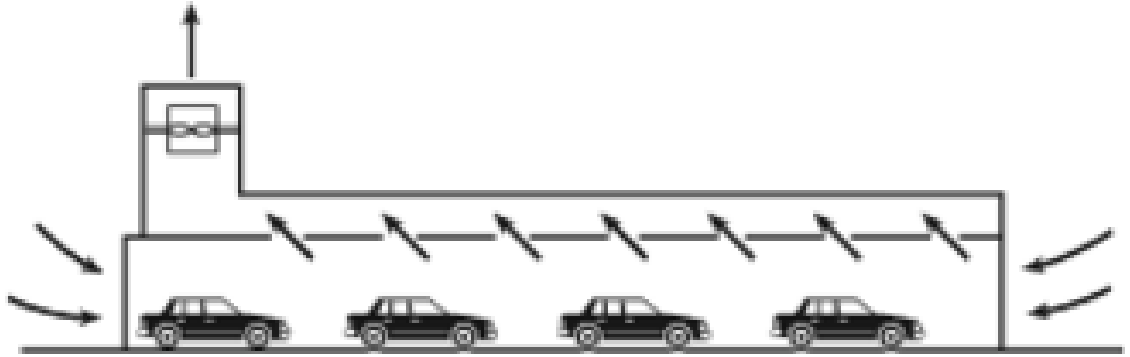


FIGURE I.3.1(c) Semitransverse Exhaust Ventilation System.

NFPA 502 - TESTES MEMORIAL TUNNEL, CHARLESTON, WEST VIRGINIA

- 854 metros comprimento
- 3,2% de inclinação
- Testes
  - 20MW (ônibus/caminhão)
  - 50MW (derramamento líquido inflamável – 400litros)
  - 100MW (derramamento líquido inflamável ou material perigoso – 800litros)

NFPA 502 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO LONGITUDINAL - AVALIAÇÃO

- Jet-fans são altamente eficientes em gerenciar a direção do fluxo da fumaça com tamanho de incêndio de 100MW (inclinação túnel de 3,2%);
- Velocidade ente 2,54 m/s e 2,95 m/s são insuficientes para interromper a queda da camada de fumaça nos testes com 10MW a 100MW;
- Jet-fans foram localizados a 51,8 metros de distância (downstream of fire) obteve as seguintes temperaturas:
  - 204°C – 20MW fire
  - 332°C – 50MW fire
  - 677°C – 100MW fire

NFPA 502 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO LONGITUDINAL - AVALIAÇÃO

- A demora para acionamento dos ventiladores propiciou aumento significativo na quantidade de fumaça e calor;
- Camadas quentes de fumaça foram observadas espalhando-se muito rápido. Cerca de 490 metros a 580 metros durante os primeiros 120 segundos após início do incêndio
- A restrição da visibilidade é mais rápida do que o aumento da temperatura agressiva;
- Em todos os testes, o Monóxido de Carbono nunca foi mais crítico que a fumaça ou a temperatura;
- A alta velocidade do fluxo de movimentação da fumaça (4m/s) não diminuiu a efetividade da atuação do AFFF (foam suppression system)

CONCEITO INTERNACIONAL DE PROTEÇÃO

Utilização de detecção de incêndio
Passagem para áreas seguras (Cross passages), em cada 250 m (820 ft).
Sistemas de combate a incêndio
Sistemas de ventilação acionados automaticamente
Elaboração e treinamento de planos de desastres
Claras e diretas instruções de operação
Garantir os acessos e as saídas para os veículos de emergência e de serviços

PARA PENSARMOS...

CONCLUSÕES

- Por conta das características dos túneis, testes reais e simulações CFD devem ser discutidos e aperfeiçoados constantemente;
- Falta de definição clara do HRR a ser aplicado;
- Estudo da melhor tecnologia de detecção, controle de fumaça e combate ao incêndio, a serem aplicados
- Necessidade de gerenciamento integrado entre sistemas automatizados e com interferência humana:
  - Controle de fumaça
  - Sistemas de combate
  - Controles de acesso e sinalização antecipada
  - Orientação de abandono da população, e
  - Ações e treinamento (staff e usuários) de combate e salvamento
- Necessidade de constante manutenção e testes de performance

GRATO A TODOS

CONTATOS:

CARLOS COTTA ENGENHARIA

cotta@cottaeng.com.br

www.cottaeng.com.br

11 - 9 9903-7936

11 - 3373-7471