

MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO EM TÚNEIS

Deivid Ramos de Oliveira

Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
deividramos.eng@gmail.com

Henrique Bonfim Pamplona da Silva

Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
hbpamplona@gmail.com

Rachel Cristina Santos Pires

Mestre em Desenvolvimento Local, Engenheira Civil, de Segurança do Trabalho e
Professora Universitária no Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM.
rachelpireseng@gmail.com

RESUMO

Realizar projetos arquitetônicos não se limita apenas a criar ambientes com conforto, pensando apenas nas necessidades e exigências dos seus ocupantes. É necessário, antes de tudo, ter ciência das normas e legislações baseadas na segurança da edificação. Para isso, é fundamental pensar, desde início, como o projeto vai atender à segurança para salvar vidas no caso de sinistros.

Baseando-se na ABNT NBR 15661, norma que está em vigor em todo território nacional, serão abordadas quais são as exigências que buscam reduzir os efeitos nocivos dos sinistros e preservar a integridade física das pessoas que transitam nos túneis. Considerando-se que a maior dificuldade dos profissionais em entender a norma em relação à prevenção contra incêndio é porque, em sua grande maioria, elas não são claras, foi realizada pesquisa bibliográfica do assunto, abordando os pontos onde há mais necessidade de se adquirir esclarecimento.

Esta pesquisa tem por objetivo analisar as exigências, apresentando os tipos de medidas preventivas contra incêndio em túneis, a fim de que seja reconhecida a sua importância. Foram abordados, inclusive, através de exemplos reais, tecnologias usadas para minimizar acidentes, que são interligadas em todo o sistema do túnel, podendo, assim, prever e prevenir incêndios, mantendo-o mais seguro e confiável para seus transeuntes.

Palavras – Chave: Sinistros; Segurança Contra Incêndio e Pânico, Túneis.

ABSTRACT

Performing architectural projects is not only about creating comfortable environments, performed only on the needs and requirements of its occupants, it is necessary, first and foremost, to be aware of the rules and laws based on the safety of the building, so it is essential to think from the beginning how the project will meet safety to save lives in case of claims. Based on ABNT NBR 15661, a standard that is in force throughout the national territory, it will address the requirements that attempt to reduce the adverse effects of claims and to preserve the physical integrity of those seeking exit from the tunnel. Considering that the greatest difficulty for professionals in understanding the standard in relation to fire prevention is that, for the most part, they are not clear, a bibliographic research of the subject was conducted, addressing the points where there is more need for clarification. The research aims to analyze the requirements, presenting the types of preventive measures against fire in tunnels, in order to recognize its importance. We will also address, through real examples, technologies used to minimize accidents, technologies that are interconnected throughout the tunnel system, thus being able to predict and prevent fires, keeping it safer and more reliable for its passers-by.

Keywords: Fire accident; Fire and Panic Safety; Tunnels.

1. INTRODUÇÃO

Em meio a tantos desastres ocorridos no Brasil e no mundo, surge a necessidade de se buscar conhecimento acerca de um tipo de acidente que mata milhares de pessoas e, sempre que este acontece, traz prejuízos e danos irreparáveis à sociedade como um todo (PEREIRA, 2017).

Segundo a ABNT NBR 13860 (1997), “incêndio é o fogo sem controle”. Os incêndios são conceituados por vários autores como fogo descontrolado, que, ao atingir algum material combustível, produz a chama que se propaga e irradia calor por todo o ambiente, atingindo outros materiais e tomando grandes e incontroláveis proporções, caso não se disponha de um sistema de combate a incêndios na edificação, como extintores, sistema de hidrantes, chuveiros automáticos, entre outros, para a atuação imediata ao início do foco (PEREIRA, 2017).

Em concordância com uma pesquisa elaborada pelo Instituto Sprinkler Brasil (2015), foi identificado que o Brasil está em terceiro lugar no ranking mundial de mortes por incêndio. A constatação se baseia no cruzamento de dados do Sistema Único de Saúde (SUS) com uma pesquisa realizada pela *Geneva Association*. Em 2011, o Sistema de Informações sobre Mortalidade do SUS registrou 1.051 mortes por incêndio ou por exposição à fumaça, enquanto que os Estados Unidos tiveram 3.192 óbitos e o Japão teve 1.750 mortes pelo mesmo motivo,

em concordância com a pesquisa *World FireStatistics* da entidade internacional (INSTITUTO SPRINKLER NO BRASIL, 2015).

O Governo Federal, cada Unidade Federativa, bem como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) passaram a editar muitas vezes, de forma independente, diversos documentos legais ou normativos em diferentes períodos, com conhecimento e as experiências disponíveis em cada época, ou, ainda, para salvaguardar as falhas que originaram tragédias específicas. A maioria deles foi atualizada durante o percurso temporal e outros permanecem inalterados, constituindo o ordenamento jurídico e técnico que é apresentado hoje (RODRIGUES, 2016).

Atualmente, o país possui um arcabouço de legislações, normas e regulamentos técnicos prescritivos e independentes entre si, com autonomia também nos procedimentos exigidos para o licenciamento das edificações dentre cada Estado da Federação (RODRIGUES, 2016).

Com a globalização, processos de unificação e intercâmbio comercial e científico têm sido alavancados, fazendo com que as melhores técnicas, equipamentos e sistemas construtivos permeiem facilmente as fronteiras, chegando ao Brasil (RODRIGUES, 2016).

Deve-se perceber, ainda, que a segurança contra incêndio em edificações está estranhamente ligada a diversas áreas do conhecimento que fundamentam o fenômeno “incêndio” desde a sua deflagração, sua dinâmica de propagação, até a sua extinção, permitindo, então, o seu estudo como ciência, que, por conseguinte, torna tangível os meios para seu controle em favor da vida (RODRIGUES, 2016).

A escolha deste tema tem o intuito de mostrar a importância e complexidade de um sistema de incêndio bem definido e inteligente, funcionando diretamente e simultaneamente com a parte operacional, prevenindo, principalmente, vias e depois sua estrutura mantendo o fluxo de veículos contínuos sem impactar diretamente no trânsito e no ritmo das cidades.

Este documento utiliza bases para elaboração de um artigo de selo científico tendo como suporte referências bibliográficas, normas específicas, artigos científicos, sites especializados, relato de experiências e documentos técnicos e pretende clarificar sobre os itens que compõem um sistema de combate à incêndio em um túnel e suas importâncias.

No trabalho serão apresentadas as principais exigências e critérios para o dimensionamento das medidas preventivas contra incêndio em túneis. A base de estudo principal é a ABNT NBR 15661/2021 que trata deste assunto. A pesquisa tem como objetivo

analisar as exigências, apresentando os tipos de medidas preventivas contra incêndio em túneis, a fim de que seja reconhecida a sua importância.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Determinação das Exigências

Antes mesmo de falar da implantação do sistema de combate a incêndio, temos que abordar a operação do túnel, atividade principal que pode ser considerada o coração de todo o sistema, e para definir qual o tipo de operação um túnel deve ter, deve-se analisar qual tipo de serviço será realizado e para qual parcela da população (ABNT, 2021).

Em concordância com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), “os túneis têm problemas particulares em emergências. Ocorrências já registradas destacam as consequências da falta de procedimentos operacionais do túnel.”. Por este motivo, deve-se ser bem criteriosa a finalidade do túnel em que será implantado o sistema de combate a incêndio. (ABNT, 2021).

A capacidade do operador do Centro de Controle de Operações do túnel é indispensável para a segurança do usuário, pois é necessária a observação em tempo hábil para auxiliar na redução de velocidade, bloqueio no tráfego, colisão, incêndio, informações da situação da pista e implantações de mitigação. “O melhor dispositivo na luta contra o incêndio está baseado na rapidez do atendimento inicial, mediante os procedimentos operacionais adotados e o envio dos recursos necessários” (ABNT, 2021).

Manter os usuários informados sobre as características e condições do túnel, comportamento a ser observado durante a travessia, a presença constante de fiscalização visual e sonora ajudam a atingir um nível mais alto de segurança (ABNT, 2021).

Procedimentos operacionais, planejamento, manutenção preventiva, corretiva e emergencial de todos os sistemas, plano de gerenciamento, treinamento sob os cenários das situações de emergências e plano de respostas à emergências são de responsabilidade da gestão de operação do túnel, e devem ser bem elaborados, atualizados e colocados em prática diariamente através de treinamentos. Todos os procedimentos operacionais devem incluir os agentes participantes, pois, dependendo da natureza da emergência, os mesmos devem ser acionados, sendo considerados apoiadores: corpo de bombeiros, serviço de atendimento médico de urgência, hospitais, polícia militar e rodoviária, defesa civil, departamento de obras públicas,

órgão regulador ambiental, distribuidoras de gás, eletricidade, telefonia fixa e móvel, abastecimento de água, transporte público, empresas com equipamento de construção pesada disponível, departamento de controle do solo, serviços de guincho e operadores de rodovias e ou transporte municipal (ABNT, 2021).

Os túneis expõem problemas específicos de combate às situações de incêndio, com isso, devem manter em seus procedimentos o gerenciamento das situações de incêndio e emergências, assim como sua revisão e atualização devem conter todos os dados que permitam a identificação dos responsáveis, diretrizes e entidades participantes. Certos casos, após definição da engenharia sobre o elevado risco de incêndio, devem manter brigada de incêndio 24 horas disponível. (ABNT, 2021).

Todos os túneis rodoviários, metroviários e ferroviários deverão possuir plano de emergência e contingência visando a garantia da segurança física e patrimonial de todo o túnel. (NT 4-09, 2019).

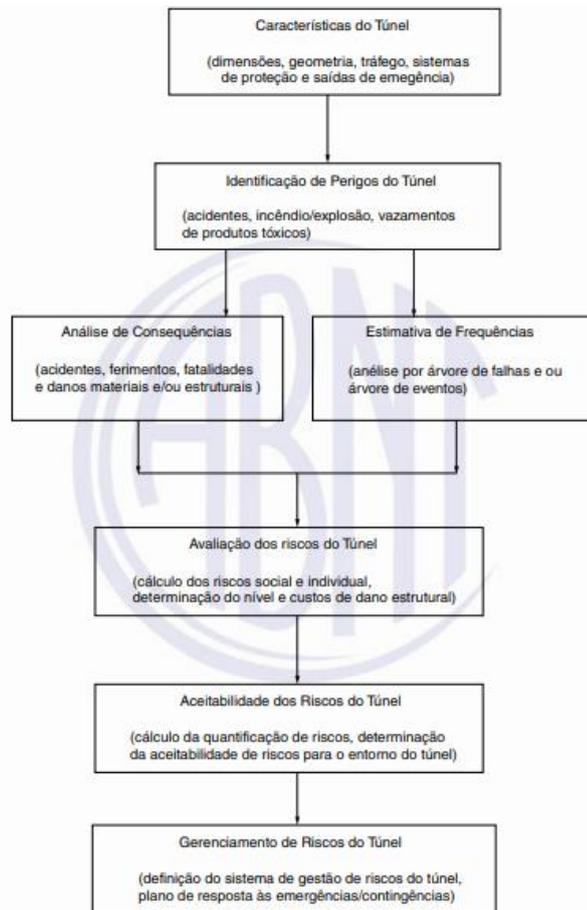
2.2 Análise de riscos

Quando está nascendo um novo túnel, em sua fase de projeto, têm de ser feitas as análises de riscos, e, antes de sua operação, a análise de conformidade para verificação das instalações, dispositivos/equipamentos de segurança recomendados pela análise de riscos.

“A metodologia de análise de riscos para túneis (MART) (Figuras 1 e 2) deve ser aplicada para túneis viários e deve ser efetuada pelo projetista do túnel a partir da fase de viabilidade de projeto e construção,” deve ser apresentada como relatórios e desenhos, e fazer parte da documentação de segurança e direcionadas às autoridades constitutivas para análise e aprovação (ABNT, 2021).

Etapas da MART, segundo a ABNT NBR 15661 (2021):

Figura 1: Etapas da MART



Fonte: ABNT (2021)

Figura 2: Implantação da Metodologia MART

Tabela A.1 – Aplicação da metodologia de análise de riscos para túneis em relação às fases de projeto do túnel

Etapas MART	Fases de projeto do túnel				
	Estudo de viabilidade técnica	Estudo conceitual	Projeto básico	Detalhamento/ construção	Operação/ manutenção/ modificação
"Check list" de segurança	Sim	–	–	–	–
"What-If" (E se)	–	Sim	–	–	–
APP	–	–	Sim	–	Sim
ACV	–	–	Sim	–	Sim
EF (AAE, AAF)	–	–	Sim ^a	Sim ^a	Sim ^a
Avaliação de riscos	–	–	–	Sim	Sim
Aceitabilidade de riscos	–	–	–	Sim ^a	Sim ^a
Gerenciamento de riscos	–	–	–	Sim	Sim
Plano de emergência/ contingências	–	–	Sim ^b	Sim ^b	Sim ^b
Medidas de segurança	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Conformidade de segurança	–	–	–	Sim	Sim

^a A análise de frequência e a estimativa de aceitabilidade de riscos só devem ser aplicadas para os casos de acidentes maiores determinados pela APP e análise de consequências.

^b O plano de emergência/contingências deve ser iniciado no projeto básico e concluído no detalhamento, antes do início da operação do túnel.

Fonte: ABNT (2021)

2.2 Sistema de segurança

A implantação de um sistema de segurança em túneis urbanos e rodoviários depende de sua localização, utilização e extensão. Para isso a ABNT NBR 15661 (2021) apresenta uma tabela (tabela 01) com os requisitos mínimos, os quais são apresentados abaixo.

Tabela 01: Requisitos para instalação de sistemas de segurança em túneis urbanos e rodoviários

Categoria do equipamento	Tipo de equipamento	Comprimento do túnel (m)				Observações
		> 3001	> 1001 ≤ 3000	> 500 ≤ 1000	Até 500	
Energia elétrica	Suprimento de energia	●	●	●	☼	
	Energia de emergência	●	●	●	○	
Iluminação	Iluminação permanente	●	●	●	☼	
	Iluminação de emergência	●	●	●	☼	A cada 100 m e 1,1 m a 1,5 m acima do nível da passarela
Ventilação	Ventilação normal	●	●	☼	○	
	Ventilação de emergência	●	●	○	○	
Comunicação	Telefone de Emergência	●	●	●	☼	
	Emissoras de rádio	☼	☼	☼	☼	
	Alto-falantes	●	●	☼	☼	
	Circuito de TV (CFTV)	●	●	☼	○	Somente para túneis com mais de 1000 m
	Painéis de mensagens variáveis (PMV)	●	●	☼	○	A cada 1000 m no interior do túnel rodoviário e a cada 500 m no interior do túnel urbano
Controle de tráfego	Equipamentos para fechamento do túnel	●	●	☼	○	Somente para túneis com mais de 1000 m
	Equipamento para parar o veículo no interior do túnel	☼	☼	○	○	
	Equipamento para controle da altura do veículo e/ou balizadores de faixa/limite de velocidade	●	●	☼	○	Controle de altura no emboque e balizadores a cada 400 m
	Centro de controle Operação (CCO)	●	●	☼	○	

Detecção de incidente e incêndio	Detecção automática de incidente (DAI)	●	●	☼	○	No mínimo a cada 100 m
	Detecção de incêndio	●	●	☼	○	
	Alarme manual	●	●	●	●	
	Alarme automático	●	●	☼	○	
	Detecção de fumaça	●	●	☼	○	
	Detecção de CO/NO _x	●	●	☼	○	
Controle de incêndio	Extintores	●	●	●	☼	No mínimo a cada 60 m
	Hidrantes	●	●	●	☼	No mínimo a cada 60 m
	Bombas de incêndio	●	●	☼	○	
	Sistema automático de supressão	○	○	○	○	
	Suprimento de água	●	●	●	○	
	Portas corta-fogo	●	●	●	○	
	Sinalização de rota de fuga e saída de emergência	●	●	●	○	
	Plano de emergência	●	●	●	○	
	Brigada de emergência no emboque	●	●	○	○	
Drenagem		●	●	☼	○	Bacias de contenção com capacidade mínima de 45 m ³ Caixas sifonadas no mínimo a cada 200 m
Análise de riscos		●	●	☼	○	Na fase do projeto básico Análise de conformidade na fase "as built"
Plano de contingência		●	●	☼	☼	
Resistência	Resistência das estruturas e equipamentos contra incêndio	●	●	☼	○	
Medidas estruturais	Passarela de emergência para pedestres	●	●	●	☼	Somente para túneis urbanos

	Saídas de emergência	●	●	●	☼	No mínimo a cada 500 m
	Passagem para serviços de emergência	●	●	☼	○	No mínimo a cada 1500 m para túneis paralelos
	Galeria de emergência	●	☼	○	○	
	Baias de emergência	●	☼	○	○	No mínimo a cada 1000 m
	Pista de emergência	☼	☼	○	○	
	Abrigos de emergência	--	--	--	--	Proibido
●	Obrigatório					
☼	Recomendado					
○	Opcional					

Fonte: Adaptada da ABNT (2021)

3. COMPONENTES DE SEGURANÇA

3.1. Segurança e projeto

A composição do túnel e seus sistemas devem ser projetados para resistir, controlar, remover o calor, gases tóxicos e a fumaça gerada durante o incêndio. São considerados importantes, a escolha de um projeto de incêndio e os cenários que podem ocorrer nos túneis. Na elaboração dos projetos, as considerações devem ser feitas com os requisitos mínimos (ABNT, 2021).

Os acidentes com a ocorrência de incêndios no interior de túneis são raros. No entanto, os efeitos podem ser devastadores, ocasionando elevado número de vítimas fatais, danos materiais e interrupção do tráfego por longos períodos, com prejuízos nacionais e internacionais (ABNT, 2021).

A formação do túnel, os sistemas de combate a incêndio, controle, remoção dos gases tóxicos e fumaça devem ser projetados considerando (ABNT, 2021):

- Tipos de veículos e cargas associadas;
- Corpulência de tráfego;
- Comprimento do túnel;
- Quantidade de túneis – singelos ou gêmeos;
- Sentido do tráfego – unidirecional ou bidirecional;
- Material de construção do túnel;

- Operação do túnel;
- Disponibilidade de equipamentos para combate a incêndio;
- Disponibilidade de equipamentos para detecção de incêndio;
- Disponibilidade de equipamentos para controle e eliminação de fumaça;
- Tempo estimado para chegada da brigada de incêndio ao local do incidente;
- Disponibilidade de saídas;
- Capacidade do sistema de ventilação;
- Disponibilidade de pista de acesso de viaturas de primeiros-socorros;
- Gradiente do túnel;
- Potência do incêndio (MW);
- Sistema de coleta de líquidos.

Deve-se ressaltar que o comprimento do túnel é o fator determinante para a definição do sistema de combate a incêndio, bem como as condições do túnel durante a sua ocorrência. As saídas de emergência devem conduzir os usuários ao exterior do túnel (ABNT, 2021).

3.2. Sistema de Hidrante e Bombeamento principal.

Túneis com extensão inicial de 200 m até 500 m devem ser providos de sistema de hidrantes com tubulação que pode permanecer seca, porém, com controle de abastecimento em ambas as extremidades do túnel (ABNT, 2021).

Túneis com extensão acima de 500 m devem ser providos de sistema de hidrantes, conforme a ABNT NBR 13714:2000, considerando-se um sistema Tipo 3 ou maior, se determinado pela análise de incêndio, com reserva de incêndio que propicie o combate a incêndio por 30 min, com previsão de dois hidrantes funcionando simultaneamente, com uma pressão de 400 kPa no hidrante mais desfavorável (ABNT, 2021).

- Os sistemas devem possuir bomba atuante e reserva e mangotinhos, conforme o caso, com uma vazão mínima de 900 L/min.
- A distância máxima entre dois pontos de hidrantes deve ser de 60 m, prevendo-se quatro lances de mangueira de 15 m para cada coluna de hidrante.
- O sistema deve possuir sinalização de controle (nível, operação, bombas);
- O sistema deve possuir sinalização de localização dos hidrantes.

Túneis com extensão acima de 2 000 m, devem atender aos itens anteriores e ter sua proposta de proteção por hidrantes analisada por órgão competente (ABNT, 2021).

O conjunto de bombeamento que alimentam o sistema hidrantes e sprinklers com vazão superior a 1.000 l/min em túneis devem ser compostos por bombas de pressurização, chamadas bombas jockey, geradas para manter a pressão no sistema de proteção contra incêndio, e bombas principais, que devem ser acionadas como enquadramento do projeto. Esses acionamentos devem possuir uma dessemelhança de pressão entre os acionamentos das bombas principais e reservas e da Jockey de 100 KPa e a vazão da bomba Jockey não pode ultrapassar 20l/min. Todo o sistema de bombeamento deve possuir uma bomba reserva, e todo o processo de acionamento e transição entre as bombas devem ser automáticos quando houver abertura dos hidrantes, e o seu desligamento após partida do motor, seja feito somente de forma manual, uma vez que somente o corpo de bombeiros tem a permissão de efetuar o desligamento da rede. (NT 2-04, 2019)

O funcionamento das bombas Jockey, principal e reservas podem ser monitoradas pelo sistema principal de combate à incêndio, como exemplo o SCADA, mas somente a visualização das funções, sabendo-se que as mesmas só podem ser acionadas automaticamente em casos de incêndio e desligadas pelo corpo de bombeiros.

3.3. Sistema de proteção contra incêndio.

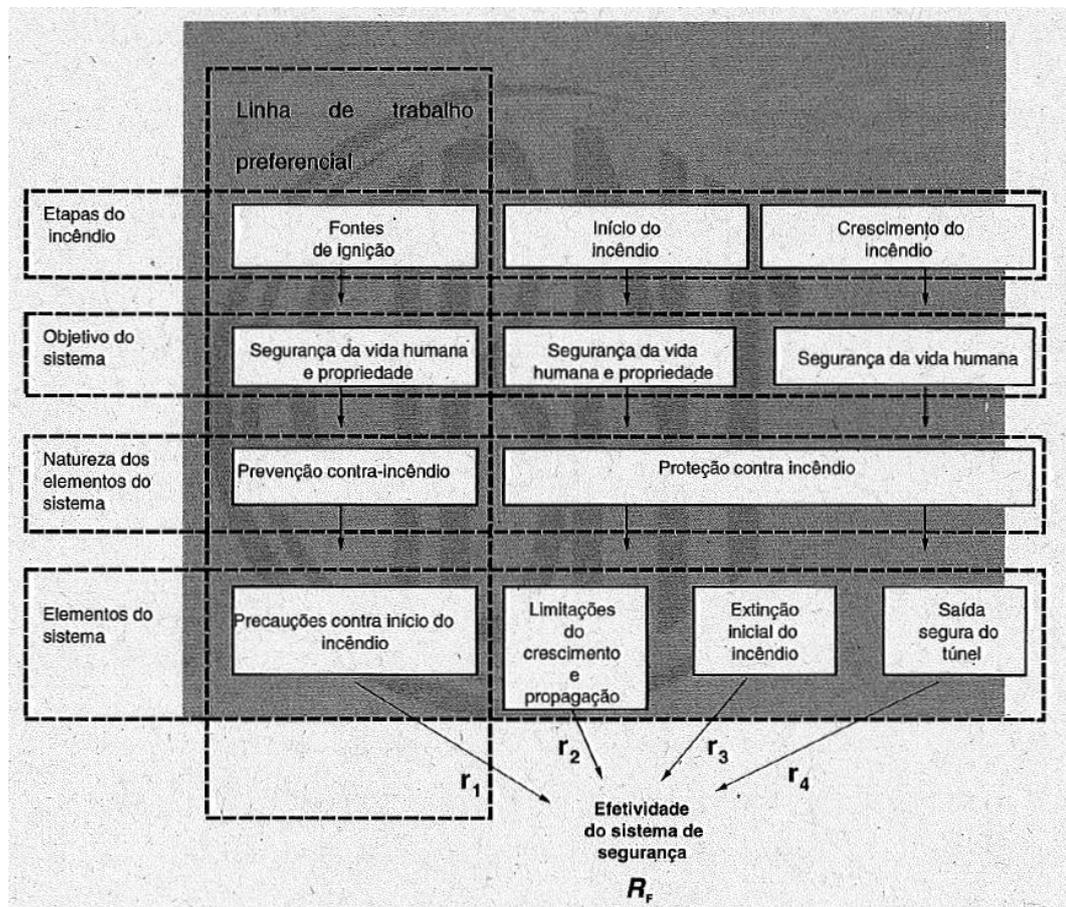
Para uma construção segura contra incêndio, quando em uma situação de incêndio, há grande probabilidade de os ocupantes sobreviverem sem sofrer ferimentos e os danos à localidade se limitarem às cercanias imediatas do fogo (ABNT, 2021).

O projeto de proteção contra incêndio em túneis deve considerar geração máxima de energia decorrente de incêndio de veículos, conforme o tipo de veículo em circulação pelo túnel (ABNT, 2021).

Para o planejamento e o projeto seguro de túneis rodoviários e urbanos, deve-se considerar a geração de energia de, no mínimo, 30 MW em caso de incêndio dentro do túnel (ABNT, 2021).

Quando o projeto executivo do túnel tender a $RF = 1$, conforme figura 8, a estrutura civil, a infraestrutura, a operação e a manutenção devem atender ao projeto básico e também estar comprovadas no projeto executivo (ABNT, 2021).

Figura 8: Sistema global de segurança contra incêndio



Fonte: ABNT (2021)

Para o monitoramento e supervisão dos sensores/equipamentos instalados nos túneis, há softwares dedicados que permitem o monitoramento, supervisão e até a operação dos equipamentos neles conectados, um exemplo disso é o SCADA (*Supervisory Control And Data Aquisition*) onde traduzido quer dizer Controle, Supervisão e Aquisição de Dados. Este sistema abrange software e base de dados envolvidos no projeto, que são cadastrados e programados de acordo com o sensor/equipamento nele conectado, tomando as devidas ações programadas para inúmeros cenários, além de poder ser acionado por operadores via sistema, pode ser usado como base para outros sistemas.

Os sistemas abaixo são medidos de acordo com os sensores/equipamentos instalados em determinados pontos dos túneis e conectados a um sistema central que faz sua leitura e interpretação da ação necessária de acordo com o projeto cadastrado no sistema central (KAPSCH, 2016).

3.3.1. Controle de Fumaça

O projeto deve prever um sistema de controle de fumaça adequado às características do túnel, para extração de fumaça, possibilitando uma evacuação segura dos usuários, bem como deve permitir que a brigada de incêndio se aproxime o máximo possível do local e deve oferecer a oportunidade de controle e extinção do incêndio.

A atuação do sistema manual ou automático deve minimizar os efeitos adversos do incêndio no interior do túnel, criando um maior tempo para evacuação dos usuários, manutenção das proteções das estruturas e diminuição dos riscos de uma prolongada interrupção dos negócios pela propagação do incêndio.

Para os túneis é requerida atuação automática acionada por detectores de fumaça ou sistema similar, sendo que o sistema de controle de fumaça deve permitir a manobra de exaustão e insuflação de ar (ABNT, 2021).

3.3.2. Sistema de Ventilação

Um sistema de ventilação deve ser projetado exclusivamente para cada túnel, atendendo às suas características operacionais.

Importante saber que a velocidade do ar em um túnel não pode ser superior a 10 m/s, por este motivo é sempre importante saber os tipos de veículos que passam por ele para identificar o nível de geração de fumaça de cada um conforme descrito na ABNT NBR 15661:2021.

Em túneis com dimensões menores que 500 metros pode ser utilizada ventilação natural, mediante análise do tipo de tráfego unidirecional/bidirecional, inclinação e volume de tráfego (ABNT,2021).

Em túneis de até 3000 metros é necessário utilizar-se ventilação longitudinal mecanizada que são feitas através de jatos ventiladores, recomendados para túneis com fluxo de veículos unidirecionais, podendo em alguns casos especiais em fluxo bidirecional (ABNT,2021).

Já em túneis maiores que 3000 metros se faz necessário utilizar ventilação longitudinal mecanizada que são feitas através de jatos ventiladores em conjunto com precipitadores eletrostáticos, sendo uma alternativa para o sistema forçado semilongitudinal e transversal, podendo este ser utilizado em túneis rodoviários ou urbanos (ABNT,2021).

No sistema de ventilação automatizado, supervisionado por um sistema de Controle, Supervisão e Aquisição de Dados, existem programações de acordo com cada situação crítica encontrada, onde por exemplo são acionados os jatos ventiladores mais afastados do fogo, no sentido do fluxo de veículos direcionando assim a saída da fumaça e impedindo o acúmulo de oxigênio próximo ao fogo para que a chama não aumente.

3.3.3. Sinalização (circulação, segurança e emergência)

O projeto de sinalização para fins de circulação deve ser seguido rigorosamente, conforme diretrizes técnicas contidas nas legislações e normas vigentes, como a ABNT NBR 15981:2019 (ABNT, 2021).

Recomenda-se a utilização de sinalização vertical de segurança adicional àquela comumente utilizada, tendo como objetivo informar aos usuários quanto aos dispositivos e procedimentos relativos à segurança do tráfego no trecho em túneis (ABNT, 2021).

A Sinalização constitui-se, principalmente, de avisos contemplando as seguintes informações (aplicáveis a sistemas rodoviários e urbanos, conforme o caso) (ABNT, 2021):

- Trecho sob controle rígido de velocidade e distância de segurança entre veículos;
- Proibido veículos transportando produtos perigosos;
- Fiscalização de todos os veículos comerciais adiante;
- Trafegue com os faróis acesos;
- Pare somente fora da pista;
- Mantenha distância entre os veículos se o tráfego parar nos túneis;
- Não obstrua a faixa para veículos de emergência, quando da existência de faixa exclusiva para veículos de emergência;
- Desligue o motor se o tráfego parar nos túneis;
- Atenção: cancela fechada em caso de interrupção de tráfego nos túneis;
- Informe declividade e extensão do declive;
- Verifique os freios;
- Trafegue com o farol baixo aceso;
- Distância até a próxima baia de estacionamento nos túneis, bem como saídas de emergência;
- Extensão de cada túnel;

- Sistema de proteção e combate ao incêndio.

3.3.4. Saídas e passagens de emergência para túneis com qualquer comprimento

O projeto deve prever, de acordo com as características específicas de cada túnel, saídas e passagens de emergência, constituindo rotas de saída. As saídas de emergência em túneis devem atender às ABNT NBR 9050, 9077 e 15981 (ABNT, 2021).

As saídas e passagens de emergência devem ser pressurizadas em relação à área de fogo;

O espaçamento máximo entre passagens cruzadas em túneis rodoviários e urbanos com pistas paralelas deve ser de 250 m. Esta distância é dependente do volume do tráfego, do tipo de estrutura do túnel e de seu comprimento.

Estas devem ser mantidas livres, desimpedidas e com acesso facilitado, de forma que os passageiros não tenham dificuldades de abandonar o túnel, no caso do acidente.

É proibida a adoção de abrigos de emergência, portanto, as saídas de emergência devem conduzir os usuários do túnel à área externa ao túnel ou a outro túnel paralelo (ABNT, 2021).

3.3.5. Megafonia

Tem como objetivo apresentar sonoramente as orientações necessárias durante uma ocorrência de emergência. Um operador do Centro de Controle de Operações anuncia medidas que devem ser tomadas através de alto-falantes. Todo o sistema deve ser audível em todo o túnel em emergências, considerando o túnel parado. (ABNT, 2021)

3.3.6. Iluminação operacional e emergência

O grupo de iluminação do túnel deve ser ininterrupto e atender às ABNT NBR 5181:2013 e 10898:2013. O sistema operacional deve ser projetado para evitar o efeito “cegueira” no emboque do túnel. Na falha do sistema de suprimento de energia elétrica, o sistema de geração de energia de emergência deve entrar automaticamente. A interrupção no nível de iluminação não pode ser superior a 0,5 segundos, devendo o nível de iluminação médio de 10 lux, e não inferior a 1 lux, em ponto do pavimento e da rota de saída no interior do túnel. O sistema de iluminação ininterrupta deve ser considerado como a metade das luminárias do sistema noturno (ABNT, 2021).

3.3.7. Cancelas

Destinadas a bloquear os emboques e saída de emergência dos túneis para casos de acidentes no seu interior, impedindo, assim, a entrada de mais veículos até o controle da situação. A instalação da cancela no emboque deve permitir a passagem de veículos de emergências, mesmo fechado. (ABNT, 2021)

3.4. Suprimento de Energia

A energia elétrica é vital para o funcionamento e operação do túnel, sendo assim, deve ser confiável e ininterrupta. A sua infraestrutura deve ser dimensionada para suportar incidentes e situações de emergências, os cabos devem suportar elevadas temperaturas no interior do túnel. (ABNT, 2021)

Os equipamentos destinados ao sistema de proteção contra incêndio devem ficar protegidos dos efeitos de combustão, de modo que permaneçam acondicionados em dutos que os protejam, além de que seu suprimento de energia deve possuir múltiplas fontes de alimentação, como múltiplas concessionárias, ou mesmo motogeradores ou nobreaks.

3.5. Extintores para túnel com comprimento maior ou igual a 200 m

Os extintores em túneis devem atender ao seguinte (ABNT, 2021):

- Tipo ABC;
- Distância de 60 m entre os extintores;
- Sinalização;
- Túneis com extensão acima de 2 000 m devem atender aos itens anteriores e ter sua proposta de proteção por extintores analisada/aprovada por órgão competente.

4. CONCLUSÃO

Ao fim do artigo, conclui-se que a pesquisa realizada ampliou o conhecimento a respeito do sistema de incêndio e forneceu informações importantes para entendermos a importância e complexidade das medidas de prevenção contra incêndio em túneis.

Buscou-se, também, apresentar a importância de projeto bem estruturado, prevendo os possíveis incidentes e impactos que um acidente dentro do túnel pode causar.

Apresentou-se os tipos de equipamentos necessários em uma estrutura de prevenção contra incêndio, sistemas que auxiliam na prevenção de acidentes, supervisionando todo o

sistema físico, interligados em um só lugar, sendo estes acionados automaticamente pela programação definida em projeto ou mesmo manualmente pelo CCO (Centro de Controle Operação), exceto as bombas principais de incêndio que só são desligadas pelo Corpo de Bombeiros.

Tendo em vista esclarecer a importância de um sistema de prevenção contra incêndio em túneis, foram exibidos os principais equipamentos/ sistemas utilizados de maneira a evitar surtos, panes, acidentes e impacto à sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 13860. **Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15661. **Proteção contra incêndio em túneis rodoviários e urbanos.** Rio de Janeiro, 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – CBMERJNT 4-09. **Edificações e Estruturas Especiais –Grupo 2.** Rio de Janeiro, 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – CBMERJNT 2-04. **Conjunto de pressurização para sistemas de combate a incêndio–Grupo 4.** Rio de Janeiro, 2019.

INSTITUTO SPRINKLER NO BRASIL. **Brasil é o 3º país com o maior número de mortes por incêndio (Newsletter nº5).** 2015. Disponível em: <https://www.sprinklerbrasil.org.br/imprensa/brasil-e-o-3o-pais-com-o-maior-numero-de-mortes-por-incendio-newsletter-no-5/>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.

KAPSCH TRAFFICCON. **Manual de Operação – SCADA (OaSys).**2016

PEREIRA, C. **Importância do Sistema de Proteção Contra Incêndios em Casas de Shows.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Patos de Minas – MG - Faculdade Finom Patos de Minas, 2017.

RODRIGUES, E. **Sistema de Gestão da Segurança Contra Incêndio e Pânico nas Edificações: Fundamentação para uma Regulamentação Nacional.** Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre – RS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade de Coimbra, 2016.