

SISTEMA DE CONTROLO DE FUMO DO METRO DO PORTO COMPROVAÇÃO DO DESEMPENHO E COMPATIBILIZAÇÃO COM EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELECTROMECHANICOS

SMOKE CONTROL SYSTEM OF METRO DO PORTO ATTESTATION OF ITS PERFORMANCE AND COMPATIBILITY WITH THE EQUIPMENT AND ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Viegas, João Carlos, *Lab. Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal*, jviegas@lnec.pt
Almeida-Teixeira, João, *Metro do Porto, Porto, Portugal*, almeida.teixeira@metro-porto.pt

RESUMO

O projecto e implementação do sistema de controlo de fumo da parte subterrânea da rede do Metro do Porto constituiu uma parte muito relevante do processo de segurança de pessoas e bens e da preservação do próprio sistema de transporte. Como tal, teve que ser integrado e compatibilizado com muitas outras especialidades, tendo assumido um papel essencial o processo de comprovação do seu desempenho e a verificação da conformidade com o seu dimensionamento teórico. Pretende-se com esta comunicação dar a conhecer, no essencial, todos estes aspectos desde a concepção do processo e metodologia de comprovação do desempenho até aos consequentes elementos relevantes para a selecção e operação dos equipamentos e sistemas e estabelecimento de procedimentos complementares.

ABSTRACT

The design and the construction of the smoke control system in the underground network of the Metro do Porto transportation system is a very important part of the people safety, property protection and transportation system protection. Therefore, it should be made compatible with other areas of the engineering. Moreover, the process of attestation of its performance and verification of the conformity with its design played an important role. The purpose of this paper is to present the concepts embodied in this process, the methodology of the performance attestation, the selection and operation of equipment and electromechanical systems and the setting up of complementary procedures.

1. INTRODUÇÃO

Na última dezena de anos a Área Metropolitana do Porto tem sido dotada de um novo sistema de metro ligeiro que, numa parte significativa da sua rede, inclui troços subterrâneos compreendendo quer túneis, quer estações. O projecto e implementação do sistema de controlo de fumo nos troços subterrâneos da rede do Metro do Porto constituiu uma parte muito relevante do processo de segurança de pessoas e bens e da preservação do próprio sistema de transporte. Como tal, teve que ser integrado e compatibilizado com muitas outras especialidades como são a arquitectura, o sistema de supervisão e comando (remoto) de instalações e equipamentos electromecânicos, o sistema de sinalização ferroviária e a sinalética de encaminhamento, reflectindo-se também nos procedimentos de evacuação e de intervenção de entidades terceiras (protecção civil, bombeiros, etc.). Assim, assumiu um papel essencial o processo de comprovação do seu desempenho e a verificação da conformidade com o seu dimensionamento teórico, dos quais resultaram alterações arquitecturais, a definição de processos de actuação e modos funcionais de vários sistemas.

Este processo de comprovação do desempenho do sistema de controlo de fumo, desenvolvido em estreita colaboração com a equipa de projecto, envolveu as fases de demonstração do desempenho do sistema projectado (na qual a evidência do desempenho foi realizada, pela equipa de projecto, através do cálculo analítico detalhado ou da simulação computacional, com recurso a CFD), de demonstração do desempenho do sistema construído (que se baseou no estabelecimento de um plano de ensaios e da realização destes tendo em vista a validação dos modelos de cálculo utilizados na fase precedente, a comprovação do adequado funcionamento de cada um dos componentes relevantes do sistema e a comprovação do funcionamento global do sistema) e de demonstração da permanência em condições de funcionamento (realizada, na fase de arranque da exploração do sistema de transporte, através do estabelecimento de procedimentos tendo em vista a segurança da exploração e a manutenção dos equipamentos). O Laboratório Nacional de Engenharia Civil colaborou com o Metro do Porto no estabelecimento da metodologia de comprovação do desempenho e na avaliação desse desempenho.

Pretende-se com esta comunicação dar a conhecer, no essencial, todos estes aspectos desde a concepção do processo e metodologia de comprovação do desempenho até aos consequentes elementos relevantes para a selecção e operação dos equipamentos e sistemas e estabelecimento de procedimentos complementares.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE

O Sistema de Metro Ligeiro da Área Metropolitana do Porto estende-se por 6 concelhos tendo, actualmente, uma extensão de cerca de 70 km (dos quais 11 km em túnel) e 70 estações (das quais 9 subterrâneas). A rede está inserida à superfície em áreas com características suburbanas, e à superfície e em túnel em áreas urbanas.

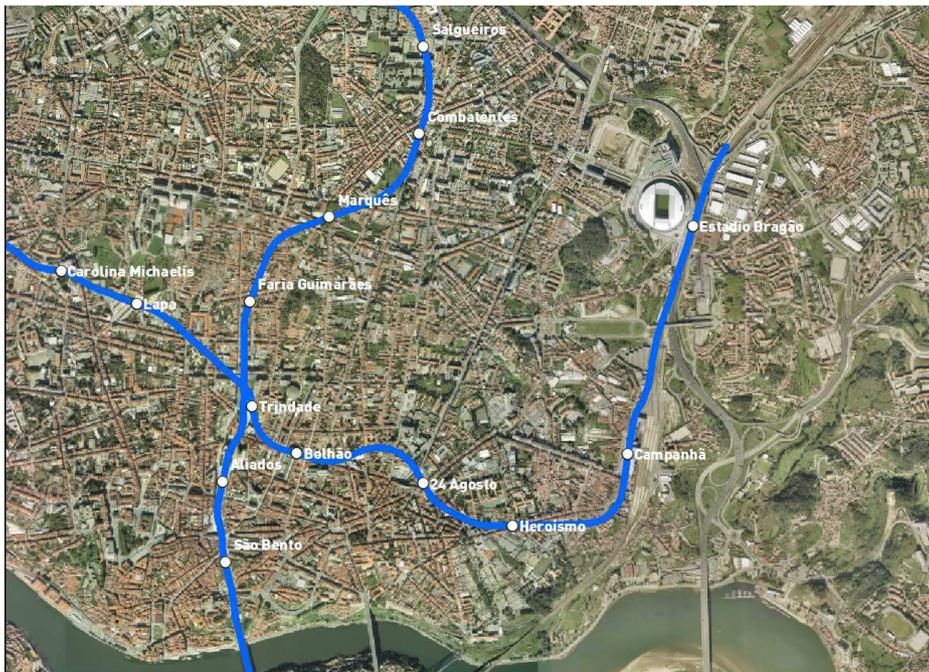


Figura 1 - Rede do Metro do Porto

O material circulante é formado por veículos de 35 m de comprimento, sendo cada um constituído por 7 módulos articulados. O sistema de transporte permite o funcionamento de dois

veículos acoplados, podendo transportar cada um 250 pessoas (com uma densidade de ocupação de 4 pessoas/m²) ou cerca de 300 pessoas (com uma densidade de ocupação de 6 pessoas/m²) em momentos de pico de utilização. Os veículos foram concebidos e construídos tendo em conta a limitação da carga de incêndio e a limitação da sua contribuição para o desenvolvimento de um incêndio. Nesse sentido, os materiais empregues foram seleccionados, relativamente ao comportamento ao fogo, tendo como referência a norma NF F16-101, sendo adoptada a classe A1. Estima-se que a carga de incêndio de cada veículo seja de aproximadamente 79.000 MJ e que a curva de crescimento da potência calorífica numa situação de incêndio seja caracterizada pela expressão

$$\dot{Q} = 3,4 t^2 \text{ [W]} \quad [1]$$

sendo t o tempo em segundos, não ultrapassando o pico de 14 MW.



Figura 2 – Estação dos Aliados

O sistema de controlo de fumo está concebido com base na existência de poços de exaustão de fumo ou de insuflação de ar novo localizados na zona de intersecção do túnel com cada estação subterrânea. Em cada poço o escoamento é assegurado por dois ventiladores axiais reversíveis. Cada ventilador tem a capacidade nominal de extracção de 75 m³/s (assegurando-se assim a capacidade total de 300 m³/s por estação) e de 50 m³/s em insuflação. Na sequência dos estudos desenvolvidos pelo projectista, verificou-se que o escoamento do fumo em situação de incêndio, para a maioria dos cenários estudados, pode abranger extensões significativas dos túneis, pelo que o controlo de fumo obriga, em geral, também ao accionamento de ventiladores de estações adjacentes.

3. METODOLOGIA

A metodologia seguida no processo completo de avaliação do desempenho do sistema de controlo de fumo dos troços subterrâneos do Metro do Porto baseou-se na análise na documentação relevante apresentada pela entidade conceptora e construtora do sistema de transporte e, quando necessário, na visita às obras em curso e na participação em actividades que aí decorreram, nomeadamente ensaios.

A demonstração do adequado desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo assenta em três vertentes, que a seguir se detalham:

1. Comprovação do desempenho do sistema projectado;

2. Comprovação do desempenho do sistema construído;
3. Comprovação da permanência em condições de funcionamento.



Figura 3 - Veículo utilizado no Metro do Porto

Dos resultados da demonstração do desempenho decorre a elaboração de procedimentos, que especificam as acções que devem ser assumidas pelos agentes e sistemas do Metro do Porto nas várias situações consideradas, nomeadamente em situações de emergência.

Dada a inexistência, à data do início deste projecto, de documentação técnica de apoio em Portugal, recorreu-se à selecção de documentação técnica internacional no domínio da segurança contra incêndio que se enquadrasse adequadamente no âmbito deste sistema de transporte. Assim adoptou-se, como documento de referência para o desenvolvimento deste projecto a norma NFPA 130:2000.

Nas secções seguintes detalham-se as actividades desenvolvidas no âmbito da comprovação do desempenho do sistema de transporte.

4. COMPROVAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA PROJECTADO

Uma vez que o sistema de transporte é complexo, não existem recomendações prescritivas que, sendo aplicadas ao sistema, garantam adequadamente a sua segurança relativamente a incêndios. Assim, tornou-se necessário desenvolver estudos no âmbito da engenharia da segurança ao incêndio tendo em vista o cumprimento das seguintes exigências genéricas:

- a) devem ser asseguradas condições para a evacuação de qualquer utilizador do sistema de transporte, bem como dos respectivos operadores;
- b) devem ser asseguradas condições para as equipas de emergência poderem intervir, quer no auxílio à evacuação dos ocupantes do sistema de transporte, quer no combate ao incêndio, tendo em vista a limitação dos danos.

Note-se que a intervenção dos bombeiros na limitação dos danos tem em vista primeiramente o resgate de ocupantes que eventualmente estejam impedidos de procederem à auto-evacuação, mas também tem em vista a redução dos prejuízos, quer os directos (inerentes à reparação e reposição em funcionamento do sistema de transporte), quer os indirectos (inerentes aos custos económicos para a sociedade devido à impossibilidade de utilização do sistema de transporte durante o período que se encontra em reabilitação). Este objectivo de salvaguarda dos bens públicos é também muito relevante num ambiente de recursos limitados.

Assim, a metodologia de comprovação do desempenho do sistema projectado baseou-se no estabelecimento de cenários de incêndio de referência reflectindo os diversos locais onde a

ocorrência de incêndio é possível. Para além disso, esses cenários tiveram em conta as características dos materiais combustíveis que poderiam constituir e alimentar a fonte de calor (nomeadamente os do veículo) e a sua expectável evolução ao longo do tempo. Tendo em conta que os instantes de tempo em que decorre a auto-evacuação dos ocupantes do sistema e a intervenção dos bombeiros são diferentes, também nos cenários de incêndio que foram tidos em conta o respeito das exigências acima foi diferente. Finalmente, as características das fontes de calor associadas a cada cenário de incêndio também variaram de acordo com a metodologia de cálculo utilizada.

Desta forma, na utilização de metodologias de cálculo capazes de solucionar problemas de engenharia em regime transiente (como é o caso dos programas baseados em mecânica dos fluidos computacional - CFD) foi utilizada uma evolução da potência calorífica libertada com o tempo dada pela equação (1). Nesse caso, foi possível considerar de forma realista diferentes tempos de evacuação dos ocupantes resultantes dos respectivos cálculos para cada cenário de incêndio, obtendo-se assim uma potência calorífica libertada (inferior à máxima) que constitui assim a condição de incêndio mais desfavorável que ocorrerá durante a evacuação e, portanto, para a qual deve ser verificada a adequação dos meios de segurança contra incêndio para a exigência de evacuação dos ocupantes. Para a intervenção dos bombeiros foi sempre considerada a potência calorífica libertada máxima de 14 MW, tendo em conta que estes dispõem de outros meios de protecção e de treino adequado para poderem actuar em condições ambientais mais agressivas.

No caso das metodologias de cálculo analíticas (modelos integrais) que, para limitar a extensão do cálculo, foram aplicadas em regime estacionário, as fontes de calor consideradas foram de 5 MW, para a evacuação dos ocupantes e de, pelo menos, 14 MW, para a intervenção das equipas de emergência. Neste caso, passou a ser necessário verificar que a evacuação dos ocupantes estará previsivelmente concluída antes de ser atingido o instante de tempo $t = 1213$ s (que corresponde a pouco mais de 20 minutos), contado a partir do início do incêndio¹.

Para a comprovação do desempenho do sistema de controlo de fumo projectado foram considerados os seguintes cenários de incêndio de referência:

1. Incêndio no veículo:
 - a. Imobilizado total ou parcialmente no cais da estação,
 - b. Imobilizado no túnel.
2. Incêndio na estação (no exterior do veículo):
 - a. No cais da estação,
 - b. Em locais de cota superior ao cais da estação.

A demonstração da adequação do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo assenta na definição prévia de estudos ou de especificações, quer do seu funcionamento, quer dos restantes processos envolvidos na segurança. Em especial, são estabelecidas as seguintes especificações:

- a) Esquema de funcionamento do sistema de ventilação e de controlo de fumo;
- b) Processo de evacuação dos ocupantes;
- c) Processo de intervenção dos bombeiros.

As condições de evacuação tomadas como referência para avaliação do desempenho foram as prescritas pela NFPA 130:2000.

Os documentos de demonstração do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo projectado devem evidenciar o seguinte:

1. Cálculo do tempo de evacuação dos locais:
 - a. A partir de veículos imobilizados no túnel até à estação, considerando a estação um local seguro – cenário de incêndio de referência 1-b;
 - b. A partir de veículos imobilizados na estação, considerando a possibilidade do veículo estar parcialmente imobilizado no túnel, até à superfície ou local seguro

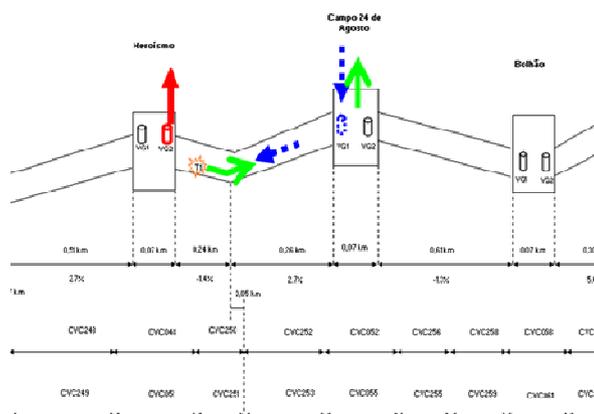
¹ Note-se que este tempo inclui o tempo necessário para o foco de incêndio se desenvolver e ter dimensão suficiente para ser detectado, o tempo de confirmação da ocorrência e o tempo necessário para dar o alarme e iniciar a evacuação.

- (neste caso é necessário demonstrar que o local seguro se encontra em permanência sem fumo) – cenário de incêndio de referência 1-a;
- c. Da estação nos cenários 2 (os enquadrados pela alínea b em princípio não carecem de demonstração, uma vez que o cais da estação não será afectado pelo fumo).
2. Escoamento do fumo nos locais sob a influência do sistema de controlo de fumo no fim do período de evacuação dos ocupantes e demonstração da existência de condições adequadas para a sua sobrevivência, compreendendo o seguinte:
 - a. Modelação global, com recurso a modelos integrais, do sistema de túneis e estações interligados simulando, à vez, a existência de um foco de incêndio no veículo em cada estação (cenário de incêndio de referência 1-a.) e em cada troço do túnel de diferente inclinação (cenário de incêndio de referência 1-b.) (como se referiu, admite-se o recurso a simulações em regime estacionário com a potência calorífica libertada representativa do tempo de evacuação dos passageiros);
 - b. Modelação detalhada, com recurso a CFD, de espaços particulares (só necessário caso os resultados da aplicação dos modelos integrais, bem como a consideração da inexistência de barreiras arquitectónicas ao escoamento do fumo, apontem para a possibilidade de ocorrer escoamento do fumo para os caminhos de evacuação); as condições de fronteira utilizadas nestas simulações devem decorrer dos resultados obtidos através da aplicação de modelos integrais ou demonstrar-se que as condições de fronteira utilizadas são conservativas;
 - c. A modelação dos cenários 2 pode não ser necessária, caso os procedimentos a adoptar em termos de evacuação dos ocupantes sejam compatíveis com a demonstração realizada nas alíneas anteriores;
 3. Escoamento do fumo nos locais sob a influência do sistema de ventilação e de controlo de fumo no período de intervenção dos bombeiros e demonstração da existência de condições adequadas para a sua intervenção, compreendendo o seguinte:
 - a. Modelação global, como referido na alínea 2 a) anterior; admite-se ainda que as simulações sejam reduzidas à da estação mais desfavorável e à do troço de túnel mais desfavorável desde que se demonstre que esses casos têm um nível de segurança aceitável;
 - b. Modelação detalhada, com recurso a CFD, como referido na alínea 2 b);
 - c. A modelação dos cenários 2 pode não ser necessária, como referido na alínea 2 c).

Dos resultados da demonstração do desempenho, uma vez que em muitos casos correspondem a simulações ou a previsões de condições físicas, resulta um conhecimento aprofundado das vantagens e limitações do sistema de controlo de fumo adoptado bem como das eventuais dificuldades ou virtudes que a concepção do sistema de transporte apresenta para o desenvolvimento de um incêndio, para a evacuação dos ocupantes e para a intervenção dos bombeiros. Por essa razão, as conclusões resultantes da demonstração do desempenho do sistema de controlo de fumo devem ser tidas em conta na elaboração dos procedimentos, que devem incluir, pelo menos, os seguintes aspectos:

1. Detecção de incêndio, referenciação do local do sinistro e alarme nas seguintes condições:
 - a. Incêndio no veículo;
 - b. Incêndio na estação (exterior do veículo).
2. Movimentação do veículo sinistrado e dos veículos próximos;
3. Funcionamento do sistema de ventilação e controlo de fumo;
4. Evacuação dos ocupantes;
5. Intervenção dos bombeiros;

6. Gestão do tráfego em linhas integradas no sistema de túneis²;
7. Reposição do funcionamento do sistema de transporte.



Legenda

- Sentido da evacuação
- Sentido da saída de fumo
- Sentido do ar novo
- Grupo de desenfumagem em insuflação
- Grupo de desenfumagem em exaustão

Figura 4 – Exemplo de esquema de accionamento dos ventiladores de controlo de fumo

5. COMPROVAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA CONSTRUÍDO

Para a comprovação do desempenho do sistema construído devem ser preparados previamente os procedimentos de ensaio.

Os documentos de comprovação do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo construído devem conter os resultados dos seguintes tipos de ensaios:

1. Ensaio individuais de funcionamento dos componentes (“ensaio simples”, por exemplo, medição dos caudais e consumos eléctricos em cada ventilador, verificação do funcionamento dos registos de caudal, etc.);
2. Ensaio de verificação da implementação dos procedimentos automáticos de comando (macrocomandos);
3. Ensaio globais de funcionamento do sistema (“ensaio integrados”), compreendendo:
 - a. Medição da velocidade e estimativa dos caudais em troços de túnel (escoamento completamente desenvolvido, estacionário e sem foco de incêndio);
 - b. Medição da velocidade e estimativa dos caudais em caminhos de evacuação (escoamento completamente desenvolvido, estacionário e sem foco de incêndio);
 - c. Simulação do sistema de túneis nas condições de ensaio com o mesmo programa, geometria e condições de fronteira utilizados para a comprovação teórica do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo e comparação destas simulações com os resultados de ensaio.
4. Realização de simulacro de incêndio (recomendável mas opcional).

Uma vez que não é possível ensaiar o sistema de controlo de fumo em condições de incêndio e tendo em conta que em ensaios em condições isotérmicas não existem algumas restrições aos escoamento ou acções que ocorrerão nas condições reais (por exemplo, a perda de carga originada pelo incêndio ou o efeito de chaminé), é necessário evidenciar teoricamente que os

² Este aspecto é muito importante para se assegurar que o número de veículos retidos na proximidade do local de incêndio não é superior ao considerado no projecto.

caudais medidos em ensaio no túnel (que correntemente são superiores aos expectáveis em situação de incêndio) correspondem ao desempenho em regime isotérmico característico de um sistema de controlo de fumo que, em situação de incêndio, responderá com um desempenho igual ou melhor que o especificado no projecto. A acção prevista em 3 c) tem esse sentido e permite ainda confirmar que as condições de fronteira estimadas durante os cálculos e simulações são adequados.

No presente caso, para além da realização de ensaios “simples” e “integrados” de todos os equipamentos envolvidos no controlo de fumo e da medição de caudais de ar e correspondentes velocidade, foram ainda realizados simulacros nas seguintes condições:

- a) incêndio em veículo que se imobiliza em túnel com 250 pessoas que são feitas caminhar até estação adjacente e sair até à superfície através dessa estação com medição dos tempos de deslocação e verificação de correcta aplicação dos procedimentos de evacuação e dos tempos de deslocação.
- b) incêndio de veículo em estação com entrada na mesma estação de outro veículo, que se desloca em sentido contrário, sendo um evacuado e o outro feito prosseguir, verificando-se também o accionamento por macrocomando correspondente ao cenário, medindo-se os tempos de evacuação dos passageiros e necessário para se atingir o regime estacionário do sistema de controlo de fumo; confirmou-se que tudo decorreu dentro dos tempos máximos previstos (3 minutos para se completar todo o accionamento de ventiladores e 6 minutos até todos os passageiros, transportados no veículo e em espera no cais, chegarem à superfície).

6. DEMONSTRAÇÃO DA PERMANÊNCIA EM CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO

Para se garantir a segurança do sistema de transporte no domínio da segurança contra incêndio, não basta evidenciar que o projecto é adequado e que a sua implementação conduziu à construção de uma obra com desempenho também adequado; é também necessário assegurar-se que todos os meios relevantes para a segurança contra incêndio são mantidos e repostos, quando necessário, que os meios materiais e os procedimentos se mantêm adequados face a quaisquer alterações das premissas do projecto e que os operadores conhecem os procedimentos e estão aptos a aplicá-los em situação de emergência. Assim, no que respeita aos aspectos relativos aos meios materiais relevantes para a segurança contra incêndio, devem ser objecto de definição as rotinas de inspecção, manutenção e os respectivos procedimentos incluindo:

- a) Periodicidade das acções de verificação;
- b) Conteúdo das acções de verificação;
- c) Critérios de conformidade do funcionamento;
- d) Acções a desenvolver em caso de existência de não-conformidades;
- e) Definição do conteúdo dos registos da qualidade.

No caso da exploração do sistema de transporte estar concessionado a uma outra entidade, é relevante a definição dos procedimentos de verificação, a realizar pelo detentor do sistema de transporte, do cumprimento, pelo concessionário, dos procedimentos de inspecção e de resolução de não-conformidades.

Na fase de exploração do serviço comercial na rede do Metro do Porto estão previstas e são executadas periodicamente:

- a) acções de manutenção preventiva de todos os equipamentos do sistema de controlo de fumo (ventiladores, registos de caudal, etc.);
- b) treino de operadores no accionamento de macrocomandos de controlo de fumo, na execução dos procedimentos de evacuação e na intervenção de meios de socorro externos.

Os resultados obtidos são avaliados e com base nas conclusões dessas avaliações são definidas melhorias ou correcções dos meios de segurança contra incêndio, dos procedimentos respectivos e das metodologias das acções de formação, a que se submetem os operadores.



Figura 5 – Túnel e seus equipamentos

7. COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE ESPECIALIDADES

Tendo em vista o cumprimento das condições de sobrevivência, a assegurar em todas as áreas subterrâneas da rede, houve, desde a fase de concepção, que fazer reflectir em diferentes especialidades algumas condicionantes ou requisitos, de ente os quais se podem referir:

- a) Na arquitectura, nomeadamente: (i) dimensões de caminhos de acesso entre cais e áreas públicas à superfície para cumprimento dos fluxos máximos de pessoas em caso de evacuação, (ii) fecho de aberturas para restrição do escoamento de fumo e (iii) criação de caminhos regulares para circulação de pessoas em túnel, bem como de cadeiras de rodas.
- b) No sistema de supervisão e de controlo remoto de instalações e equipamentos electromecânicos: definição de macrocomandos para accionamento de configurações de ventiladores de desenfumagem em conformidade com os cenários de incêndio, a fim de se evitarem erros humanos na sequência de accionamento e melhorar os tempos de execução dos comandos.
- c) Na sinalização ferroviária: definição de rotinas para melhor identificação do posicionamento dos veículos na via e controlar o seu movimento.
- d) Na sinalética de encaminhamento em situação de evacuação: estudo do seu conteúdo e posicionamento, quer em túnel, quer no interior das estações subterrâneas, para mais fácil orientação e informação de saídas de emergência.

Para além destes aspectos, foram ainda adoptadas opções de projecto que têm como objectivo melhorar a percepção da segurança, tais como a iluminação dos túneis, a localização conjugada de meios de auxílio para a informação e de actuação em caso de incidente (em túnel, colocação de iluminação de emergência, dispositivo de corte de energia e telefone no mesmo ponto e no máximo de 65m em 65 m e com visibilidade para 2 conjuntos).



Figura 6 – Posto de emergência

8. CONCLUSÕES

Na presente comunicação foi apresentada uma metodologia para comprovação do desempenho do sistema de controlo de fumo de um sistema de transporte contendo troços subterrâneos (nomeadamente túneis e estações), que foi aplicada ao Metro do Porto. Esta metodologia evidencia que essa comprovação do desempenho é complexa, uma vez que tem de recorrer a diversas ferramentas no âmbito da engenharia, desde a modelação (analítica ou computacional) do escoamento do fumo, até à experimentação aplicada aos ensaios de recepção do sistema de controlo de fumo. Apesar dessa complexidade, é evidente que o incumprimento de qualquer destas fases de comprovação do desempenho pode pôr em causa a credibilidade do desempenho do sistema ou, o que é mais grave, mascarar eventuais falhas que se mantenham indetectadas até à ocorrência de um acidente, onde, no limite, poderão ter consequências catastróficas.

Chama-se a atenção para o facto do exercício da engenharia no âmbito da segurança contra incêndio se basear num conjunto de pressupostos, nomeadamente os cenários de incêndio, que só é possível manter limitados se os meios de segurança contra incêndio existirem, mantiverem todas as suas condições de funcionalidade e se os operadores e equipas de intervenção estiverem rotinadas e cumprirem as suas funções atempadamente. Se tal não acontecer, a possibilidade de advir uma situação catastrófica pode ser significativa. Daí a importância em cumprir adequadamente os passos da metodologia que aqui se apresenta, que permite alinhar de uma forma sistemática não só as várias etapas da comprovação do desempenho como salientar os aspectos que devem ser tidos em conta no interface com outros domínios.

REFERÊNCIAS

NFPA 130:2000. Standard for fixed guideway transit systems and passenger rail systems. National Fire Protection Association: Quincy.