

# **SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS**

**LIVRO DE ATAS**

**SEMINÁRIO**

**SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS**

**(novembro de 2015)**

**E**

**JORNADAS TÉCNICAS**

**SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS**

**(novembro de 2016)**





Editores: Manuel Tender e João Pedro Couto

Apoio a edição: Cátia Lopes e Telma Cunha

Revisão: Alexandra Valle Fernandes

Design: Manuel Tender

Créditos da foto de capa: Rui Luís

ISBN: 978-989-208026

Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho

Campus de Azurém, 4800-058, Guimarães, Portugal

<http://www.civil.uminho.pt/>

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida total ou parcialmente, por nenhuma forma e nenhum meio, seja mecânico, eletrónico, ou qualquer outro, sem autorização prévia escrita dos autores e editores.

Os textos, bem como toda a informação gráfica do seu conteúdo, são da inteira responsabilidade dos respetivos autores.

O objetivo do presente livro é deixar registado, para efeitos de legado do Projeto de Investigação & Desenvolvimento “SegOS-Segurança e Saúde em Obras Subterrâneas”, um conjunto de comunicações, selecionadas entre as apresentadas nos eventos que dão título ao livro. Os eventos decorreram de uma parceria estreita com o CICCOPN que gentilmente cedeu as suas instalações para os realizar, acolhendo uma média de 100 participantes em cada. Com esta singela publicação torna-se possível deixar ficar registado, para memória futura e para benefício daqueles a quem possa vir a interessar, o legado técnico-científico que se conseguiu recolher em algumas das maiores obras subterrâneas realizadas em Portugal nos últimos anos.

**Os editores expressam o mais sincero agradecimento às empresas parceiras do Projeto “SegOS-Segurança e Saúde em Obras Subterrâneas”:**



## PREFÁCIO

Os perigos para o pessoal nas frentes de trabalho da construção subterrânea representam a classe mais gravosa dos perigos na indústria da construção e, por isso, a mais necessitada de ponderação por parte dos responsáveis e de adoção de medidas mitigadoras. Estas medidas assumem habitualmente complexidade significativa, razão pela qual a gestão de segurança e saúde requer a preparação exigente e específica da equipa responsável pela sua implementação.

Paralelamente, a construção subterrânea é uma das áreas de maior e mais rápida evolução tecnológica no âmbito da atividade da construção. Dentro desta evolução, é forçoso realçar a evolução dos procedimentos relacionados com a segurança e saúde no trabalho. A especificidade dos perigos na construção subterrânea é reconhecida pela Organização Internacional do Trabalho ao realçar que até os perigos comuns com a construção à superfície são amplificados no subterrâneo.

O volume agora publicado reúne as atas de dois eventos temáticos relacionados com as obras subterrâneas: o “Seminário de Segurança e Saúde no Trabalho” de novembro de 2015 e as “Jornadas Técnicas de Segurança e Saúde no Trabalho” de novembro de 2016. Os editores, o Doutor Engenheiro Manuel Tender e o Professor Doutor Engenheiro João Pedro Couto, são merecedores do crédito pela iniciativa de publicarem num volume próprio o legado do Projeto de Investigação & Desenvolvimento “SegOS-Segurança e Saúde em Obras Subterrâneas” de que foram elementos fundamentais.

Dada a complexidade dos pontos de vista humano (social e psicológico) e tecnológico da atividade de construção subterrânea, a relevância e a necessidade deste projeto não podem ser por demais realçadas.

A obra agora publicada visa preencher um dos objetivos fundamentais de qualquer projeto de investigação: o da divulgação na sociedade dos resultados obtidos. No âmbito específico da segurança e saúde do trabalho em subterrâneo, esta divulgação assume importância e valor acrescidos pela necessidade de formação e atualização contínuas dos intervenientes.

Pelas razões expostas, compreende-se a justificada satisfação com que aceitei o convite do Doutor Manuel Tender para redigir este prefácio. Os editores são merecedores de reconhecimento pelos pares e de agradecimento pela comunidade das obras subterrâneas, representada pela Comissão Portuguesa de Túneis e Espaço Subterrâneo.

João Bilé Serra

Presidente da Comissão Portuguesa de Túneis

## ÍNDICE

Método de escavação sequencial ou método de escavação por tuneladora – qual o mais seguro?	7
A formação como meio de prevenção - Túnel do Marão	22
Boas práticas em obras subterrâneas	37
A coordenação de segurança em aproveitamentos hidroelétricos	51
Intervenção inspetiva em obras com trabalho subterrâneo-riscos na utilização de equipamentos de trabalho	55
Túnel do Marão – lições retiradas das fases de escavação e revestimento definitivo	74
Túnel de Águas Santas - interação ACT / empreiteiro	101
Explosivos e detonadores – o estado da arte	118
Tipificação de acidentes de trabalho e doenças profissionais mais habituais nas obras subterrâneas realizadas em Portugal	135
Gestão de segurança em empreendimentos hidroelétricos	148



**SEMINÁRIO**  
**SEGURANÇA E SAÚDE**  
**EM OBRAS SUBTERRÂNEAS**



# / SST - OS 2015

11 | Novembro | 2015

- SEMINÁRIO -  
SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS  
SUBTERRÂNEAS

## PROGRAMA

13h30 - 14h00 Receção aos participantes

14h00-14h10 **Abertura |**

Representante direcção - CICCOPN / João Pedro Couto - EEUM

Sessão I - Moderação - João Pedro Couto (EEUM)

14h10 - 14h30 O método de escavação sequencial e o método de escavação por tuneladora - Qual o mais seguro?

Manuel Tender (Prospectiva) e João Pedro Couto (C-TAC - UM)

14h30 - 14h50 Os aceleradores de presa e os impactos na saúde | Representante (SIKA)

14h50 - 15h10 A formação dos trabalhadores | António Garcia (EPOS)

15h10 - 15h30 A experiência da Mota-Engil | Rui Rodrigues (Mota-Engil)

15h30 - 15h55 Debate

15h55 - 16h20 Coffee break (livre) / Networking

Sessão II - Moderação - António Bastos (CICCOPN)

16h20 - 16h40 A coordenação de segurança em Aproveitamentos hidroeléctricos | Ricardo Reis

16h40 - 17h00 Experiência ACT - Caso 1 | Ana Luísa Oliveira (ACT)

17h00 - 17h20 Experiência ACT - Caso 2 | Paulo Carvalho (ACT)

17h20 - 17h40 Túnel do Marão - Caso prático de ações preventivas | João Batista (Infraestruturas de Portugal)

17h40 - 18h05 Debate

18h05 - 18h20 Encerramento

Inscrição-se AQUI

Parceiros:



Participantes:



PARTICIPAÇÃO  
GRATUITA EMBORA  
SUJEITA A INSCRIÇÃO  
PRÉVIA  
(www.civil.uminho.pt)

DESTINATÁRIOS:  
TODOS OS ALUNOS  
DE ENG. CIVIL E  
TÉCNICOS DO SETOR  
DA CONSTRUÇÃO  
QUE DESENVOLVEM  
TRABALHOS NA ÁREA  
DE OBRAS  
SUBTERRÂNEAS

OBJETIVO:  
REUNIR OS  
PRINCIPAIS  
INTERVENIENTES NO  
SETOR E  
POSSIBILITAR A  
TROCA DE  
EXPERIÊNCIAS

LOCAL:  
AUDITÓRIO DO  
CICCOPN

Organização:  
EEUM/DEC  
CICCOPN



Apoio:  
SIG-C





# **Método de escavação sequencial ou método de escavação por tuneladora – qual o mais seguro?**

*Manuel Tender<sup>1</sup>, João Pedro Couto<sup>2</sup>*

[1] Doutorando, Universidade do Minho

[2] Professor Auxiliar, Universidade do Minho

## **1. OS MÉTODOS DE ESCAVAÇÃO**

### **Resenha Histórica**

A obra no subterrâneo é um tipo de obra executada há vários milénios e com diversos fins, incluindo a habitação, o abastecimento de água ou o refúgio. Na verdade, tudo começou quando os povos pré-históricos necessitaram de alargar o seu espaço de habitação, as cavernas naturais. Ao longo dos anos, este tipo de obra evoluiu gradualmente, tendo recebido um grande impulso quando, já em 1800, o advento da ferrovia obrigou a construir diversos túneis para fazer frente aos obstáculos da topografia, dada a impossibilidade de realizar curvaturas acentuadas ou inclinações relevantes nas linhas e o facto de que seria mais oneroso aumentar o trajeto da linha para os evitar.

Com o passar dos tempos, os desafios e a consequente capacidade de engenharia foram aumentando, possibilitando o evoluir da técnica e o aparecimento de novas abordagens. Nos dias de hoje, são diversas as cidades que se encontram servidas por redes de metro ou linhas de alta velocidade. A tendência mundial é a de um aproveitamento gradual do espaço subterrâneo, devido à redução do espaço disponível e às limitações de construir à superfície – relacionadas com ruído, imagem e vibrações. Uma vez que os túneis idealizados são cada vez mais desafiadores e que a indústria da tunelização aceita construir esses desafios, a necessidade de baixar o nível de risco associado é premente e, até, impulsionadora de estudos como o presente.

Nos primórdios das escavações, o método de escavação convencional era o único. Com a mecanização dos últimos séculos, surgiram as tuneladoras, mas os métodos de escavação

convencionais mantiveram-se sempre em funcionamento e sempre em aperfeiçoamento.

Em termos de riscos para a segurança e saúde, os que existem em obras subterrâneas são tão ou mais extensos do que os das obras à superfície, havendo que enfrentar, para além dos riscos convencionais, a incerteza do terreno, a variação dos solos, o espaço confinado, os ambientes fisicamente exigentes e o trabalho em ar comprimido. Todos estes fatores tornam a escavação subterrânea num manancial de problemas a investigar e resolver.

## Enquadramento

Os métodos construtivos utilizados na escavação de obras subterrâneas, ilustrados na Figura 1, dividem-se em dois grandes grupos: o método de escavação por tuneladora (MET) ou Tunnelling Boring Machine, e os métodos associados à metodologia construtiva convencional (MEC), que incluem a escavação com recurso a explosivos ou meios mecânicos.

Sabendo que cada um dos métodos apresentará particularidades que influenciam as condições de segurança com que se desenvolverão as frentes de trabalho (D. Lamont, 2002), pretende-se saber qual dos métodos apresenta menores níveis de risco, em termos do impacto na segurança e saúde de trabalhadores e terceiros.

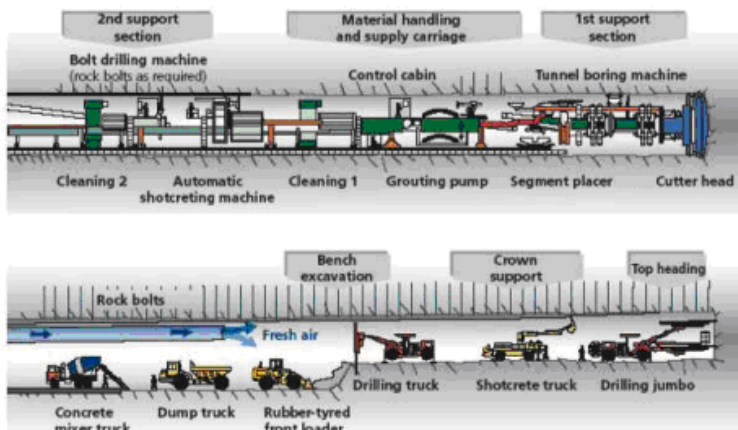


Figura 1- MEC (em cima) e MET (em baixo).

## **Método de Escavação Sequencial**

O Método de Escavação Sequencial tem origem austríaca, entre as décadas de 50 e 60 do séc. XX, sendo que a designação lhe foi atribuída no XIII Colóquio de Geomecânica, em Salzburgo, em 1962 (Stipek, Galler, & Bauer, 2012). Rabcewicz descreve-o, em 1964, da seguinte forma: *“consiste na aplicação de uma fina camada de betão projetado no suporte da escavação, o mais rapidamente possível, de forma a criar um arco auxiliar, sendo a deformação do terreno uma função do tempo até se atingir o equilíbrio.”*

O método envolve as seguintes oito fases:

- 1 – Marcação topográfica de frente de escavação;
- 2, 3 e 4 – Escavação mecânica sequencial do maciço por meios mecânicos (balde, martelo pneumático ou roçadora) ou explosivos (neste caso, com furação através de “Jumbo”). A secção escavada deverá ser tal que o valor das tensões que impedem o auto suporte não seja atingido;
- 5 – Ventilação de galeria, de modo a poder retirar o ar contaminado da atmosfera após a escavação (nomeadamente no caso da escavação ser realizada com recurso a explosivos) e garantir a substituição desse ar por ar puro, com os parâmetros mínimos de respirabilidade;
- 6 – Remoção de produtos de escavação para vazadouro, de modo a libertar espaço para que o saneamento e a projeção de betão possam ser iniciados;
- 7 – Saneamento, mecânico e manual, da escavação, de modo a retirar blocos ou fragmentos de maciço que estejam em posição instável e garantir que o maciço reúne condições de integridade para ser aplicada a primeira camada de betão projetado;
- 8 – Aplicação da primeira camada de betão projetado e dispositivos de estabilização. As deformações do maciço são minimizadas através da aplicação de uma primeira camada de betão, fina e flexível, projetado imediatamente após o avanço da escavação e de modo a permitir o rearranjo das tensões no maciço e minimizar a deformação do mesmo. Se necessário, são também aplicados dispositivos de estabilização: betão projetado, com possível adição

de fibras metálicas, cambotas metálicas, pregagens e enfilagens, que permitam melhorar a resistência do maciço rochoso.

### **Método de Escavação por Tuneladora**

O Método de Tunelização Automatizada tem origem em Inglaterra, em 1825, quando Marc I. Brunel venceu o desafio de escavar um túnel em terreno brando sob o Rio Tamisa, utilizando um escudo metálico sob o qual a escavação e o revestimento podiam ser feitos em segurança.

Este método é caracterizado pela utilização de máquinas de escavação de secção transversal circular, denominadas tuneladoras, para a realização de todo um conjunto de trabalhos de escavação, suporte e revestimento.

As tuneladoras são atualmente reconhecidas como um importante desenvolvimento da indústria de tunelização, estando conotadas com uma mudança de paradigma no processo de execução de túneis.

As tuneladoras são constituídas por diversos elementos que realizam, aquando da passagem de equipamento, a escavação e o revestimento final: cabeça rotativa para escavação (com discos de corte que fraturam o maciço através de força de compressão destrutiva, sendo os resíduos de escavação retirados através de aberturas na cabeça de corte); corpo; sistema de transporte de produtos escavados (por ex. correia transportadora); e sistema de montagem de dispositivos de estabilização e braço robotizado de montagem de segmentos pré-fabricados.

## **2. CRITÉRIOS HABITUAIS PARA A ESCOLHA DO MÉTODO DE ESCAVAÇÃO**

A determinação do método mais adequado para a escavação é um dilema antigo (Singh & Zoldy, 2014). Ao longo dos anos, os métodos sofreram avanços tecnológicos que levaram à melhoria das condições de segurança e saúde na sua utilização. No entanto, e apesar de alguns dos riscos terem desaparecido (por exemplo, os associados a utilização de pólvora no MEC), outros surgiram (por exemplo, no MET as elevadas pressões derivadas de escavação em túneis mais profundos). O princípio fundamental na escolha do método é que este deve realizar o túnel economicamente e em

segurança, bem como apresentar um pico de produção nas condições mais favoráveis de escavação, gerindo as piores condições com riscos toleráveis. De referir que, por vezes, mediante um determinado cenário, um dos métodos tem ser excluído à partida, dada a sua desadequação. Por exemplo, se a envolvente de obra inviabilizar a utilização de explosivos, isso obrigará a enveredar pela utilização de uma tuneladora.

Da literatura analisada, verifica-se que diversos critérios são referidos como relevantes para a escolha do método de escavação. Listam-se os que foram identificados como mais importantes:

Secção transversal - A geometria da secção escavada é a primeira grande diferença entre os dois métodos. Enquanto, no MET, a secção é circular e com dimensões fixas (o que cria uma grande limitação à utilização deste método), no MEC, a secção pode ser variável, estando apenas dependente das condições geológicas. O MEC torna-se vantajoso para túneis rodoviários, em que a secção não é circular, mas em que a largura exigida para a escavação é bastante superior à altura. Adicionalmente, em túneis mais largos, pode atacar-se em diversas frentes, porque o espaço disponível para os equipamentos trabalharem é superior.

Caraterísticas do maciço rochoso – as características do maciço rochoso influenciam a escolha do método. Em zonas problemáticas, o MEC apresenta melhores resultados, dada a limitação do MET para lidar com maciços heterogéneos (Singh & Zoldy, 2014). No caso do MET, maciços rochosos fortes são desfavoráveis para penetrações grandes, ao contrário do MEC, que tem maior rendimento neste tipo de maciço, que minimiza aplicação de dispositivos de estabilização.

Custos, comprimento e prazo - Em tunelação, como nas outras áreas, o custo mais vantajoso (embora sendo sempre muito difícil, pelas variáveis em questão, prever o custo de uma obra subterrânea) (Nord, 2006) é um dos principais critérios de escolha. Antes de mais, deve referir-se que o rendimento de cada um dos métodos deve ser equacionado tendo também em conta o tempo necessário para montagem dos equipamentos a utilizar. No caso do MET, este pode ser tanto mais relevante (dado o elevado tempo de fabricação e montagem) quanto menor for o comprimento do túnel. No caso de

túneis de maior comprimento, a demora na mobilização é compensada pela maior velocidade de avanço do MET. Em termos de custos, portanto, os dois métodos apresentam-se como opostos: elevado custo inicial com baixo custo contínuo (com MET) contra um baixo custo inicial e médio custo contínuo (com o MEC). Em termos de frentes de trabalho disponíveis, existem também diferenças: no MEC pode existir uma frente de trabalho por emboquilhamento (ou em pontos intermédios), com duplicação de frentes (e minimização de probabilidade de existir um problema nas duas frentes em simultâneo); no MET, é raro acontecer o mesmo. Diversos autores apontam para números diferentes quanto aos comprimentos para os quais cada um dos métodos é rentável. Juntando estas opiniões quantificadas, podemos chegar à conclusão que, para as mesmas condições de construção, abaixo dos 1000-1600m é mais vantajosa a utilização do MEC e acima dos 3000m-4500m é mais vantajosa a utilização do MET.

Estaleiro necessário - No caso do MET, é necessário um estaleiro com espaço suficiente para proceder a montagem e assemblagem de peças. Já no MEC não existe essa necessidade. Geralmente, o MET também apresenta a limitação de ser necessário local para armazenamento de aduelas pré-fabricadas. Pode também ser necessário, no caso de solos brandos, locais de montagem de silos de reciclagem de lamas ou para que o escombros húmido retirado da escavação fique a secar.

Equipamentos disponíveis – Os dois métodos possuem filosofias opostas: o MEC é um método com bastante intervenção humana e utilizando muitos equipamentos diferentes (pequenos equipamentos, disponíveis no mercado e prontos a operar após a compra), enquanto o MET é automatizado, com reduzida intervenção humana. Um dos riscos associados à utilização de diversos equipamentos, patente no MEC e inexistente no MET, é o risco de inalação de vapores perigosos, devido à emissão de gases nocivos pelos motores *diesel* de todos os equipamentos utilizados.

## **Estudo do critério “Segurança e Saúde”**

As grandes diferenças entre os métodos tornam difícil realizar uma comparação direta, pois as tarefas, os equipamentos e os materiais envolvidos são bastante diferentes. Todavia, com procedimentos adequados (designadamente o estabelecimento dos mesmos pressupostos, envolvimento e condicionalismos), podem ser aferidas conclusões genéricas (Jodl & Resch, 2011).

Indicam-se abaixo as principais diferenças entre os métodos.

## **3. RISCOS ASSOCIADOS A ESCAVAÇÃO**

### **Riscos físicos**

Ruído - O ruído, problemático no setor da construção em geral, agrava-se na obra subterrânea, pelo facto de se estar em espaço confinado. As principais fontes de ruído variam consoante o método e consoante a fase do ciclo de construção. As fontes de ruído podem ser os equipamentos de furação (quer os jumbos, quer as cabeças de corte de rocha), os ventiladores, os tapetes rolantes e as locomotivas. O ruído gerado por um jumbo durante a furação, no MEC, é mais elevado do que o gerado pela tuneladora, no MET.

Temperaturas elevadas - O aumento da temperatura do ar subterrâneo pode ter origem no funcionamento de equipamentos elétricos ou mecânicos, pela hidratação do betão, ou pelo aumento de profundidade dos túneis.

Pressões elevadas - A tendência atual para os túneis serem escavados mais fundo e com pressões mais altas, pode aumentar o risco de exposição a pressões elevadas. O risco de trabalhos sob pressão encontra-se associado, pela natureza dos métodos, às tuneladoras em modo EPB ou Slurry Shield, devido aos trabalhos de inspeção de face de escavação ou de manutenção necessários.

### **Riscos químicos e biológicos**

Inalação de poeiras - A escavação propicia o aparecimento de poeira mineral, situação que assume especial importância no caso de maciços com elevado teor em quartzo, devido à possível presença de sílica cristalina respirável, potencialmente fatal (Chapman, Metje, & Stark, 2010). No MEC, o processo de remoção de produtos

de escavação é realizado por equipamentos móveis de carga e transporte de terras (pá carregadora, dumpers, caminhões ou carris), propícios a libertação de poeiras. No MET, os produtos de escavação passam diretamente da cabeça de corte para tapetes rolantes ou correias transportadoras. Outro tipo de poeiras pode ocorrer: poeiras de betão projetado, criadas aquando do processo de estabilização no MEC, devido à necessidade gradual de obter resistências elevadas o mais rapidamente possível. A utilização de aceleradores de presa que não os “*alkali free*” (que possuem pH adequado a utilização) pode agravar as condições de segurança no transporte, armazenamento e manuseamento, provocando riscos de queimaduras ou danos para os olhos ou pulmões (Höfler, Schlumpf, & Jahn, 2011).

Inalação de gases – Os gases presentes no interior do túnel podem ter diversas proveniências. São elas:

a) Explosivos (exclusivamente MEC): por presença de óxidos de nitrogénio ou carbono (Vogel & Rast, 2001). No caso do ANFO, pode provocar, pela exposição a picos de nitrogénio, uma redução temporária da função pulmonar, situação ausente no caso de emulsões (Furuseth, Meraker, Hansen, Myran, & Brustad, 2013). No entanto, os fumos de emulsões bombadas, embora tendo uma percentagem baixa de fumos tóxicos, podem produzir fumos de amónia na presença de calor, humidade e betão projetado (Vogel & Kunz-Vondracek, 2013).

b) Equipamentos diesel: monóxido ou dióxido de carbono, derivados de combustão interna. Dado que o MEC utiliza diversos equipamentos, torna-se mais propenso a este risco.

c) Gases presentes no maciço rochoso: monóxido de carbono (bolsadas em maciço rochoso); dióxido de carbono (derivado de reações entre água e maciço rochoso); óxidos de nitrogénio (provenientes de explosivos); dióxido de enxofre (comum nas áreas vulcânicas); metano (proveniente de decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos, pode aparecer dissolvido na água).

d) Soldaduras: Propano, butano e acetileno, que são utilizados no corte e soldadura e podem formar misturas explosivas no ar.

Inalação de fumos derivados de incêndio – O fogo pode ter diversas origens: carga térmica (Vogel & Kunz-Vondracek, 2013); cabos de



veículos; diesel; pneus de borracha; lixos; fugas de óleo de equipamentos (Vogel & Kunz-Vondracek, 2013); óleos e gorduras (bastante presentes em tuneladora mecanizada); gás comprimido; soldaduras e cortes (British Standard Institute, 2011). O trabalho em pressão exacerba o risco de incêndio, dado os materiais combustíveis arderem mais facilmente a baixa pressão, dificultando o combate ao fogo.

Contacto com agentes biológicos – a existência de solos ou água contaminados ou a presença de substâncias cáusticas ou irritantes propiciam a contaminação, através de inalação ou ingestão de substâncias prejudiciais. Os trabalhadores ficam expostos a contaminação por cortes ou abrasões, mas também pelo simples esfregar de olhos, com o eventual aparecimento de leptospirose.

### **Riscos mecânicos**

Atropelamento – O espaço confinado do túnel, com visibilidade fraca, cria o risco de colisões entre trabalhadores e equipamentos. A maior parte dos acidentes são relacionados com tráfego e transporte (Vogel & Kunz-Vondracek, 2013). O atropelamento apresenta-se como causador da maior parte dos acidentes fatais em túneis (Vogel & Rast, 2001). Enquanto o MEC é um método com bastante intervenção humana (logo, o risco aumenta, com bastantes trabalhadores expostos a atropelamento (Tender, Couto, & Gomes, 2015)) e que utiliza muitos equipamentos diferentes para remoção de escombros (pá carregadora, giratória, dumpers, camiões), o MET é automatizado, com reduzida intervenção humana, e utiliza um equipamento (tuneladora) de maior dimensão. O risco é agravado pela existência de ângulos mortos, com consequente aparecimento de zonas de visibilidade deficiente, entre equipamentos (de muita inércia, o que dificulta a sua reação) e trabalhadores (D. Lamont, 2002).

Queda de materiais de face de escavação, abóbada ou hastes – O risco de queda de blocos da face de escavação e nas galerias, em zonas de trabalho ou de circulação, pode ocorrer por instabilidade de frente de escavação (após pega de fogo e antes de instalação de suporte primário), suporte inadequado, infiltrações ou elevadas pressões de água, condições geológicas imprevistas, erros técnicos,

de cálculo, ou de gestão; e *rockbursting*. O MEC é especialmente atreito a este risco, pois não existe suporte para a frente de escavação, o que pode levar ao colapso para o interior do túnel, com formação de chaminé. Em termos de posicionamento da zona de colapso, no MEC, o colapso ocorre perto da face e, no MET, a alguma distância da face (Donald Lamont, 2002). No entanto, e comparativamente com o MEC, desde que a tuneladora seja corretamente escolhida e utilizada, a probabilidade de colapso com o MET diminui (D. Lamont, 2002). Para além do colapso da frente de escavação, existe também o risco de instabilidade e queda de blocos nas galerias, situação mais preocupante com o MEC, atendendo a que, com MET, o revestimento é montado simultânea e gradualmente com o avanço da escavação. O *rockbursting*, que consiste numa descompressão violenta do maciço com consequentes danos no revestimento primário e posterior projeção de blocos, é mais provável no MET do que no MEC.

No MEC, para além da queda de blocos no sentido vertical, pode ocorrer a projeção de blocos (*flyrock*) numa direção oblíqua, aquando da pega de fogo, para além da área de segurança. As causas prováveis podem ser a descontinuidade no maciço, um plano de fogo desadequado, a sobrecarga de furos ou o insuficiente atacamento.

Ainda no MEC, pode ocorrer a queda de torrões de betão projetado da abóbada ou dos hasteais, antes do betão projetado para revestimento primário ganhar presa suficiente. Por esta razão, obter atempadamente uma resistência adequada é um elemento chave que, para além de ter influência na produtividade, também o tem na segurança.

Lesões musculoesqueléticas – Em obra subterrânea, o manuseamento repetido de ferramentas ou discos, que são materiais pesados e disformes, tem como consequência frequente lesões musculoesqueléticas. A este facto acresce o ambiente desfavorável (quente e húmido), que pode maximizar problemas (Lamont, 2010). No MET, o revestimento final (montado aquando da passagem de tuneladora) consiste em aduelas pré-fabricadas de difícil instalação, com consequentes riscos de entalamento. O MET apresenta ainda outra atividade onde os riscos associados a movimentação de cargas

predominam: as mudanças de discos na cabeça de escavação. No MEC, o revestimento é colocado faseadamente (betão projetado inicial e, numa fase posterior, que pode ocorrer passado algumas semanas, a impermeabilização, as armaduras e o betão definitivo), o que acarreta riscos diferentes. As quedas e escorregamentos são frequentes, designadamente no MEC, pelo facto de haver blocos soltos no chão ou de existirem locais com acumulação de água ou outros obstáculos de pequena dimensão.

Rolamento / capotamento – Quer no MEC, quer no MET, existe uma grande movimentação de equipamentos de transporte de materiais provenientes da face de escavação para vazadouro, em local afastado do local de escavação. Em meio montanhoso, os equipamentos só podem circular no talude de meia encosta. Isto cria um risco elevado de rolamento de equipamentos para níveis inferiores (muitas vezes, em taludes com altura superior a 40m).

Explosão extemporânea – Este risco está associado ao manuseamento, armazenamento, ou transporte de explosivos, sendo exclusivo (e um dos principais riscos) do MEC. É ainda mais grave quando em zona urbana (dadas as estruturas e infraestruturas existentes junto à superfície). A utilização de alguns explosivos, designadamente o ANFO, traz riscos acrescidos, pela toxicidade dos vapores. Em termos de forma de apresentação do explosivo, o sistema por cartucho envolve riscos associados a falta de fiabilidade durante o carregamento, dado poder ocorrer o encravamento nos furos, aumentando o perigo de não detonação do explosivo devido à falta de contacto com os cartuchos adjacentes. A utilização de detonadores não-elétricos, por sua vez, por lacunas na verificação prévia e inequívoca do funcionamento das ligações e dos detonadores, e pela suscetibilidade a erros associados ao elemento retardador pirotécnico, aumenta os riscos de explosão extemporânea e de projeção de blocos).

Eletrização / eletrocussão – Em termos de infraestruturas, no MEC existe muita energia em pequenas quantidades de tempo, enquanto no MET existe pouca energia continuamente. O MET exige uma rede elétrica mais potente do que o MEC (Skawina, 2013), mas o risco de eletrização pode acentuar-se no MEC, devido à necessidade de massivas instalações provisórias. Em qualquer dos métodos, o

risco de eletrização pode aumentar se houver afluência de água suficiente para alcançar as redes elétricas provisórias.

### Riscos psicossociais

Neste setor, assiste-se ao surgimento de novos tipos de contratos de trabalho, a um volume muito elevado de trabalho, com elevado grau de exigência e ritmo acelerado, a equipas subdimensionadas e pressões psicológicas (Tender, 2014). Estes novos fatores, influenciando o dia-a-dia dos trabalhadores, levam ao aparecimento de sintomas físicos e psicológicos, como o stress. Trata-se do segundo problema de saúde mais frequentemente referido na Europa e crê-se que, juntamente com outros riscos psicossociais, representa mais de metade de todos os dias de trabalho perdidos (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2015). Num inquérito realizado por um dos autores deste artigo, verificou-se que cerca de 82% dos técnicos consideravam que as obras subterrâneas têm maior propensão do que as obras de construção de edifícios para originar situações de stress (Tender, 2014).

## 4. VALORIZAÇÃO DE RISCOS

Na Figura 2, expõem-se os resultados das entrevistas realizadas e da valoração atribuída a cada risco, em termos de ocorrência de acidentes de trabalho e doenças profissionais.

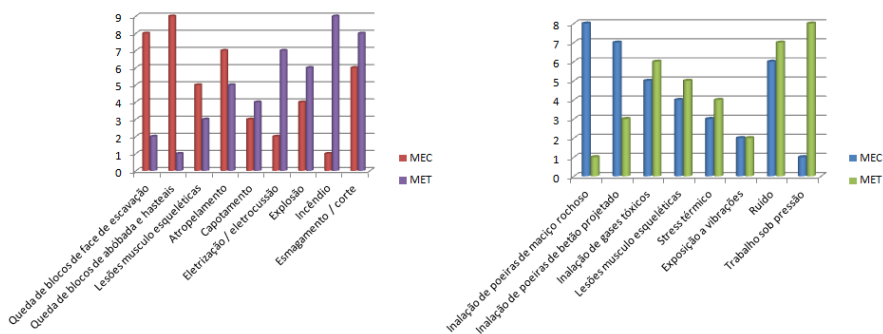


Figura 2- Riscos principais no MEC e MET

Nas escalas de valorações apresentadas, os valores mais altos correspondem a um nível de risco mais elevado. Este inquérito excluiu os riscos biológicos e psicossociais, face à sua reduzida significância em obras deste cariz.

Em termos de acidentes de trabalho, as valorações atribuídas não são coincidentes nos dois métodos. No caso do MEC, as principais causas identificadas são a queda de blocos de abóbada e hasteais, o atropelamento e o esmagamento/corte. No caso do MET, são o incêndio, a eletrização/eletrocussão e o esmagamento/corte.

Em termos de doenças profissionais, as principais causas identificadas são a inalação de poeiras de maciço rochoso (quase inexistente no MET), a inalação de poeiras de betão projetado e o ruído (para o MEC), e as diferenças de pressão (quase inexistente no MEC) e o ruído (para o MET).

## **CONCLUSÕES**

Verifica-se que a obra subterrânea possui riscos adicionais aos existentes na construção tradicional.

Em termos do critério “Segurança e Saúde”, verifica-se que este é geralmente subvalorizado face aos restantes critérios. No entanto, concluiu-se que esta pode não ser a opção mais correta face ao impacto produtivo e logístico e financeiro de um acidente de trabalho grave ou mortal.

Os riscos analisados variam significativamente, em tipo e nível, consoante o método em utilização. No MEC, constata-se que os riscos de queda de blocos, atropelamento, esmagamento e inalação de poeiras se encontram diretamente associados ao facto de o método utilizar bastante mão-de-obra e bastantes equipamentos em simultâneo. No MET, constata-se também que os riscos de incêndio, eletrização, trabalho em pressão e ruído se associam à utilização de um equipamento automatizado, com bastantes infraestruturas elétricas.

A fase posterior deste estudo envolverá a quantificação de nível de riscos, utilizando um método específico para o efeito.

## REFERÊNCIAS

- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. *Campanha "Locais de Trabalho Seguros e Saudáveis"*. Acedido em 03/02/2015 em <https://osha.europa.eu/pt/campaigns>.
- British Standard Institute (2011). *British Standard 6164:2011 - Code of practice for health and safety in tunnelling in the construction industry*. Londres.
- Chapman, D., Metje, N., Stark, A. (2010). *Introduction to Tunnel Construction*. Spons Architecture Price Book. Londres.
- Furuseth, K. (2013). *Recent studies of health effects in tunnel construction work in Norway*. Norwegian Tunneling Society.
- Jodl, H., Resch, D. (2011). NATM and TBM – comparison with regard to construction operation. *Geomechanics and Tunnelling*, 4), pg. 337-345.
- Höfler, J., Schlumpf, J., Jahn, M. (2011). *Sika Sprayed Concrete Handbook*. SIKA.
- Lamont, D. (2002). Health and Safety in Tunnel Construction - Keynote Lecture. Comunicação apresentada em *World Tunnelling Congress*. Sidney.
- Lamont, D. (2010). *Occupational Health and Welfare in Tunneling*. Comunicação apresentada em *British Tunneling Society YM*.
- Nord, G. (2006). TBM versus Drill and Blast, the choice of tunneling method. Comunicação apresentada em *International Conference and Exhibition on Tunnelling and Trenchless Technology*. Subang.
- Rast, H. (2003). *Prophylaxie médicale lors des travaux souterrains en ambiance chaude et humide*. SUVA Pro. Suíça.
- Singh, P., Zoldy, D. (2014). Drilling dilemmas. *Tunnels and Tunneling*. Outubro, pg. 46-51.
- Skawina, B. (2013). *Comparison of mechanical excavation and drilling*. MSc Thesis in Civil Engineering. Luleå University of Technology.
- Stipek, W., Galler, R., Bauer, M. (2012). *50 years of NATM-experience reports*. Austria.

Tender, M. (2014). *Guide for work accidents and health diseases prevention in tunneling with NATM*. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP. Porto.

Tender, M., Couto, J., Gomes, A. (2015). Portuguese strengths and fragilities on Safety and Health practices. Comunicação apresentada em *Promoting Tunneling in SEE Region - International Tunneling Association World Tunneling Congress*. Hubitg. Dubrovnik

Vogel, M., Rast, H. (2001). Alptransit-Safety in Construction as a challenge. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 15, (4), pg. 481-484.

Vogel, M., Kunz-Vondracek, I. (2013). *Safety and health in long deep tunneling-lessons learned in Swiss transalpine tunnel projects*. Comunicação apresentada em *World Tunnel Congress* . Genebra.

## **A formação como meio de prevenção na obra do Túnel do Marão**

*António Garcia<sup>1</sup>, Maximino Franco dos Santos<sup>2</sup>*

[1] Diretor Sistemas de Gestão e Tecnologia, EPOS - Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas

[2] Gestor Formação e Desenvolvimento, EPOS - Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas

“É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal maneira que num dado momento a tua fala seja a tua prática” – Paulo Freire

### **1. INTRODUÇÃO**

A EPOS – Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas, S.A. é uma empresa especialista e líder na execução de grandes empreitadas de trabalhos subterrâneos, com vasta experiência de obras realizadas em diversos países.

Apresenta como mais-valias:

- Elevada tecnologia nos meios de produção;
- Equipa especializada e multidisciplinar;
- Vasta gama de equipamentos e soluções técnicas;
- Sistema de Gestão Integrado com certificações ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000;
- Experiência de mais de 30 anos;
- Implantação produtiva internacional.

Fundada em 1986, a EPOS reafirma a sua confiança no futuro, reforçando a liderança através de uma permanente aposta na qualidade, na segurança, na vanguarda tecnológica, no respeito pelo meio ambiente e pela responsabilidade social, assim como numa melhoria contínua da sua rendibilidade, garante da satisfação de clientes, acionistas e investidores.

Acumulando uma experiência de mais de 30 anos, a EPOS apresenta hoje obra feita em Portugal, Espanha, Argélia, Angola e Venezuela, marcando também presença no Brasil e na Colômbia. Conta com uma excelente e qualificada equipa de profissionais que,



aliada a modernos meios técnicos e à sua larga experiência, fazem da EPOS a referência hoje reconhecida no mercado.

Ao longo de três décadas de experiência nos mais variados tipos de trabalhos subterrâneos, a EPOS tem acompanhado a crescente complexidade e exigência técnica das diferentes obras. A constante preocupação com a melhoria nas condições de segurança e da qualidade das empreitadas, leva a que EPOS mantenha um papel ativo no desenvolvimento de novas técnicas e soluções capazes de melhorar o seu desempenho nestas duas vertentes tão sensíveis.

Hoje, a EPOS é reconhecida pela elevada tecnologia dos seus meios de produção, tanto humanos como dos equipamentos e das técnicas de construção utilizadas, patente na qualidade das suas obras.

De entre as suas principais realizações salienta-se uma permanência contínua – de três décadas – em empreitadas de desenvolvimento mineiro. Neste setor, a EPOS escavou centenas de quilómetros de túneis, para além da execução de outras relevantes obras, com destaque para a construção de um poço mineiro com 630 metros de profundidade. O seu portefólio inclui também a construção dos mais importantes túneis rodoviários e ferroviários realizados em Portugal. A EPOS está ainda presente no campo da obra subterrânea hidráulica, através de múltiplas intervenções realizadas em projetos de aproveitamentos hidráulicos e hidroelétricos.

A diversidade das obras realizadas ao longo da sua existência motivou a criação de áreas complementares de negócio, capazes de servirem a produção própria da empresa e de atenderem a outras solicitações do mercado.

A EPOS assume como seus os Valores pelos quais se pauta a ação do Grupo Teixeira Duarte, de que faz parte integrante. Estes Valores - Engenho, Eficiência, Empenho, Verdade, Compromisso, Confiança, Respeito – configuram o modo de agir da Empresa e de todos os seus trabalhadores, caracterizando o seu relacionamento com todas as partes interessadas, e constituem as bases do seu Código de Ética e Conduta.

Como consequência da aplicação destes princípios, a EPOS alicerça a sua atividade na solidez das referências que, desde sempre, orientam o desenvolvimento do seu projeto empresarial:

EXPERIÊNCIA, potenciando o capital de conhecimento adquirido ao longo de 30 anos; QUALIDADE, procurando a máxima satisfação do Cliente através de elevados padrões de competência; SEGURANÇA, pela absoluta intransigência com todos os fatores de risco; AMBIENTE, através do rigoroso cumprimento dos normativos legais; COMPETÊNCIA, apostando na permanente qualificação e atualização técnica de todos os colaboradores; INOVAÇÃO, integrando permanentemente os avanços tecnológicos; DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, produzindo de forma eficiente e eticamente responsável; PROGRESSO SOCIAL E ECONÓMICO, atendendo às preocupações de desenvolvimento das comunidades onde atua e dos seus colaboradores; ESTABILIDADE, respeitando a sua história, associando-a à solidez futura.

Estas referências, que integram a cultura da EPOS desde a sua fundação, são responsáveis pelas suas principais vantagens competitivas, base do crescimento passado e futuro.

Para a Empresa, a Gestão Integrada da Qualidade, do Ambiente, da Segurança e Saúde no Trabalho, Responsabilidade Social, Investigação, Desenvolvimento e Inovação, tendo por base os referenciais ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000 e NP 4457, é entendida como uma forma de procurar incessantemente a melhoria contínua, estabelecendo-se uma Política direcionada para o cumprimento dos seguintes objetivos prioritários e fundamentais:

- Maximizar a satisfação dos colaboradores, clientes, acionistas e das entidades com que se relaciona;

- Planear, executar, verificar e agir eficientemente em todas as componentes da sua atividade comercial, técnica, de produção, administrativa, económica, financeira e social;

- Gerir adequadamente os recursos naturais que utiliza e prevenir eficazmente a poluição resultante das suas atividades;

- Garantir as condições de segurança e higiene no trabalho necessárias ao bom desempenho de todas as funções e tarefas dos seus colaboradores, bem como promover e vigiar a sua saúde;

- Apostar no desenvolvimento das qualificações e competências técnicas, relacionais e cognitivas dos seus colaboradores, em que a valorização do Capital Humano e do Conhecimento da organização

é uma condição essencial para a concretização dos objetivos e estratégia da EPOS;

- Respeitar os princípios contidos nos instrumentos internacionais relacionados com a responsabilidade social;

- Manter e reforçar as relações de proximidade entre colaboradores e gestão, de forma a enraizar o “Orgulho em ser EPOS”.

## 2. ENQUADRAMENTO

O Túnel do Marão foi projetado para ser constituído por dois túneis paralelos, designados por Túnel Norte (Este/Oeste) e Túnel Sul (Oeste/Este), com aproximadamente 5 667 m cada um, perfazendo um total de 11 335 m de túnel, que atravessam a Serra do Marão.

Os túneis são unidireccionais, tendo cada faixa de rodagem (túnel), duas vias de circulação. Entre os túneis existirão 13 interligações das quais 6 são exclusivamente pedonais, 6 são passagens de veículos e peões e 1 é para instalações elétricas. Fazem também parte da empreitada dois pequenos troços a céu aberto, confinados entre os emboquilhamentos e os viadutos V9 (poente) e V10 (nascente). Foram executados edifícios técnicos em cada um dos dois emboquilhamentos. No edifício técnico do emboquilhamento poente será instalada a sala de “Centro de Controlo” do Túnel do Marão.

Tabela 1- Dados principais do Projeto

Item	Descrição
Empreitada	IP4 (A4) – TÚNEL DO MARÃO (em regime de conceção/construção)
Modalidade	Em regime de conceção/construção
Dono da obra	IP - Infraestruturas de Portugal, S.A.
Empreiteiro	Consórcio Teixeira Duarte – Engenharia e Construções, S.A. e EPOS – Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas, S.A.
Fiscalização e CSO	Prospectiva – Projetos, Serviços, Estudos, S.A.
Valor da empreitada	88,1 Milhões de euros
Assinatura contrato	14 de agosto de 2014
Consignação	23 de setembro de 2014
Prazo de execução	518 dias (17 meses)
Data de conclusão	23 de fevereiro de 2016

No que diz respeito a alguns números da empreitada, fica de seguida a informação referente às principais quantidades executadas, recursos humanos envolvidos e principais equipamentos utilizados. Principais quantidades:

- Movimentação de terras – 400.000 m<sup>3</sup>
- Betão – 300.000 m<sup>3</sup>
- Aço de construção – 6.750.000 kg
- Impermeabilizações – 280.000 m<sup>2</sup>
- Tubagens PVC – 275 km
- Cabos elétricos – 125 km

Recursos Humanos:

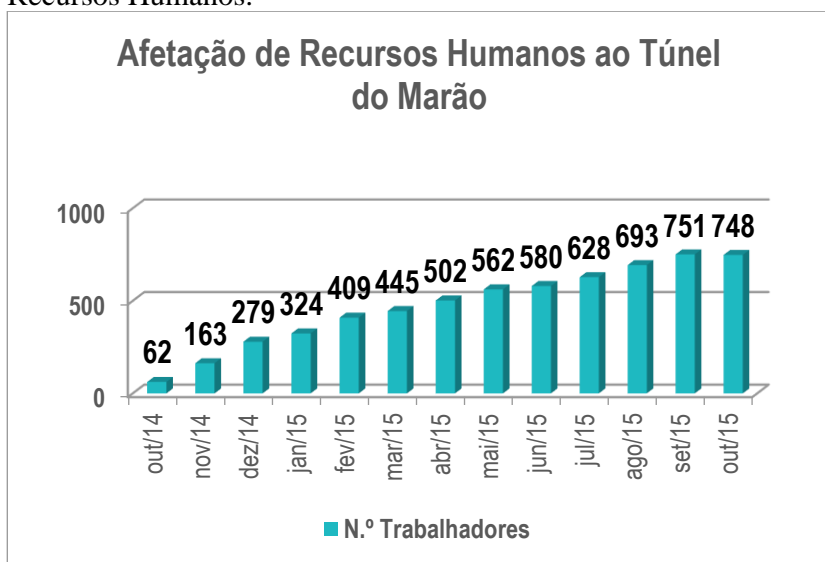


Figura 1- Meios humanos envolvidos

Principais Equipamentos:

- Jumbos de Perfuração (4 - Atlas Copco XE3/E3C)
- Plataformas Elevatórias (4 - Normet Charmec)
- Multicarregadoras (10 - Manitou)
- Escavadoras Giratórias (4 Volvo Ec210/240 C / 2 Volvo Ec180 C)
- Pás Carregadoras (3 - Volvo L 220 / 1 - Komatsu WA 470)
- Dumpers (11 - Volvo A40 / 4 - Volvo A25/35)

- Robôs de Projeção de Betão (3 - Sika PM 500 / 1 - Meyco Potenza)
- Carros de Moldes/Cofragem (4 - Unidades Peri)

### **3. PROBLEMÁTICA**

O aprofundamento e a progressão das competências dos colaboradores da EPOS, mais do que um imperativo legal ou um requisito dos clientes, são encarados como um vetor estratégico por parte da organização.

Para o desenvolvimento das qualificações e competências técnicas, relacionais e cognitivas dos seus colaboradores, a valorização do Capital Humano e do conhecimento da organização é uma condição essencial para a concretização dos objetivos e estratégia da EPOS. Desta forma, o acréscimo da qualidade do desempenho dos trabalhadores e o aumento da produtividade e competitividade da empresa é potenciado, com implicações diretas na qualidade do produto final disponibilizado aos clientes.

O aperfeiçoamento profissional dos trabalhadores deve, normalmente, melhorar as competências profissionais, atualizar conhecimentos, alargar a gama de atividades realizadas ou o respetivo nível e, de maneira geral, responder a problemas e falhas de execução dos trabalhos. Deve ser, assim, marcadamente orientado para a melhoria de desempenho das funções exercidas ou a exercer pelos trabalhadores ativos [1]. No entanto, Portugal é geralmente apresentado como um dos países da União Europeia onde as empresas realizam menos formação, apesar de se estimar que o retorno deste investimento seja de cerca de 9% (Carneiro e Almeida, 2008), tão positivo como o obtido com a educação ou com o investimento físico [2].

Na empreitada em questão, vários foram os desafios e condicionalismos que se colocaram desde o início do projeto:

- Elevado número de contratação de mão-de-obra local;
- Prazo escasso para realizar a seleção e recrutamento de trabalhadores;
- Ausência de mão-de-obra especializada para garantir os *standards* de segurança estabelecidos;
- Contratação de várias dezenas de técnicos e supervisores de 1ª linha para executar a empreitada;

- Prazo de execução da obra reduzido, com pouca margem de manobra para paragens e interrupções;
- Sociedade pouco preocupada com a prevenção de riscos profissionais.

No entanto, face a estes condicionalismos, a gestão de topo da EPOS tomou decisões que se mostraram decisivas para que o projeto tenha decorrido da melhor forma e para que o processo formativo tivesse o impacto desejado, nomeadamente no que diz respeito à prevenção de riscos. Para tal, foi necessário o comprometimento a todos os níveis na Empresa da relevância das competências individuais para a execução da empreitada. Foi também necessário um rigor e liderança efetiva do processo de gestão da formação e desenvolvimento de competências para que o Plano de Formação, Informação, Sensibilização e Desenvolvimento de Competências dos Trabalhadores fosse elaborado, aprovado e implementado. Fulcral para o cabal desenvolvimento do mesmo foi a afetação de infraestruturas e equipamentos adequados para realizar as ações de formação, bem como a aposta na constituição de uma equipa interna competente e experiente para o domínio da formação, sendo também de relevar o estabelecimento de regras rigorosas para admissão de trabalhadores em obra, de forma a não se criarem entropias desnecessárias e a rentabilizar os recursos formativos ao máximo. As principais premissas subjacentes ao desenvolvimento do projeto formativo foram:

- Elaboração de Plano de Formação, Informação, Sensibilização e Desenvolvimento de Competências dos Trabalhadores ajustado às necessidades e condicionalismos do projeto;
- Focus groups* definidos (nomeadamente operadores de equipamentos móveis de produção);
- Desenvolvimento de atividades formativas de cariz pouco teórico e de grande enfoque nas atividades produtivas;
- Acompanhamento próximo e contínuo das atividades formativas;
- Avaliação do processo formativo e da sua transferência para as atividades e locais de trabalho.

Tendo em consideração o anteriormente explanado, foi concebido o Plano de Formação, Informação, Sensibilização e Desenvolvimento de Competências dos Trabalhadores, o qual, de uma forma geral,

recaiu sobre os seguintes cursos/temáticas formativas, na sua esmagadora maioria desenvolvido com recursos internos:

- Promoção da Saúde, Segurança no Trabalho e Ambiente;
- Primeiros Socorros;
- Aperfeiçoamento Condutores Manobreadores – Metodologia de Trabalho (Equipamentos Móveis de Produção);
- Formação Prática em Contexto de Trabalho (FPCT) – Condutor Manobreador Equipamentos Móveis de Produção;
- Tutoria – CM Equipamentos Móveis de Produção (formação / *coaching* em contexto de trabalho);
- Formação prática de condução de equipamentos industriais para operadores de manutenção;
- Operador de Explosivos;
- Sensibilização para a Responsabilidade Social (SA 8000);
- Ações de sensibilização/informação específicas direcionadas para as atividades de prevenção e de proteção contra riscos profissionais;
- Formação específica por grupos de trabalhadores e atividades a desenvolver;
- Palestras / Reuniões de Segurança.

Iremos de seguida desenvolver um pouco mais alguns dos programas formativos que mais impactos trazem/trouxeram para a prevenção de riscos e para os ganhos de produtividade verificados.

**Formação: Promoção da Saúde, Segurança no Trabalho e Ambiente – Túnel do Marão (formação inicial de enquadramento na obra)**

Principais objetivos: Identificar e aplicar as regras e procedimentos de segurança adequados à prevenção dos riscos genericamente associados ao desempenho de trabalhos subterrâneos, respeitando as regras e os procedimentos de prevenção e segurança no trabalho definidos internamente, bem como identificar e aplicar as práticas ambientais definidas pelo consórcio e tomar conhecimento da política de Responsabilidade Social.

Como se executa: Formação inicial de enquadramento na obra, bem como das regras de segurança a cumprir e aplicar, com a duração de 8 horas e realizada no primeiro dia de trabalho, ministrada pela equipa QAS em obra.

### **Formação: Aperfeiçoamento Condutores Manobreadores – Metodologia de Trabalho (Equipamentos Móveis de Produção)**

Principais objetivos: Proporcionar aos participantes conhecimentos que permitam reduzir perdas de produtividade através da correta utilização dos equipamentos móveis de produção, nomeadamente ao nível da prevenção de riscos de acidentes e na manutenção de 1.º nível.

Como se executa: Formação realizada com o intuito de proporcionar aos participantes conhecimentos que permitam reduzir perdas de produtividade através da correta utilização dos equipamentos móveis de produção, nomeadamente ao nível da prevenção de riscos de acidentes e na manutenção de 1.º nível (formação que varia na duração, entre 2 a 5 dias).

### **Formação: Formação Prática em Contexto de Trabalho (FPCT) – Condutor Manobreador Equipamentos Móveis de Produção**

Principais objetivos: Melhoria das competências técnicas na operação, manutenção e segurança de equipamentos móveis de produção.

Como se executa: Formação realizada em contexto real de trabalho com o intuito da melhoria das competências técnicas na operação, manutenção e segurança de equipamentos móveis de produção. A sua realização é individual ou em pequenos grupos (formador/trabalhador(es)), sendo a sua duração variável consoante o grau de proficiência do operador e das dificuldades analisadas pelo formador (regra geral pode variar entre 1 hora a 1 semana).

### **Formação: Tutoria – CM Equipamentos Móveis de Produção (formação / *coaching* em contexto de trabalho)**

Principais objetivos: Implementação de uma metodologia de formação sustentada no modelo de formação em contexto real de trabalho, também reconhecido como formação *on the job*, flexível e interativa, centrada na dinâmica pessoal e profissional de cada indivíduo e enquadrada num processo de gestão das competências e aprendizagens organizacionais e profissionais.

Como se executa: Desenvolvimento e implementação de um modelo de *coaching* organizacional, realizado em contexto real de trabalho, capaz de potenciar, por um lado, as competências dos trabalhadores com menor experiência e capacidade, bem como



proporcionar a integração de novos elementos nas equipes de trabalho, e, por outro lado, fomentar e valorizar as competências e conhecimentos adquiridos através da experiência acumulada dos tutores que encerram na sua prática quotidiana um *know-how* difícil de equiparar (realização é individual, tutor / trabalhador), coordenados pelo formador (regra geral tem a duração de cerca de 1 mês).

**Formação: Operador de Explosivos (preparação para acesso à cédula de operador de substâncias explosivas)**

Principais objetivos: Proporcionar aos formandos conhecimentos sobre as regras de manipulação e emprego de substâncias explosivas, bem como as regras de segurança e a legislação em vigor associadas.

Como se executa: Formação presencial, com duração de 20 horas e preparação para exame, realizada em sala equipada para o efeito com componente teórica. A avaliação é formativa e contínua mediante a observação dos formandos e far-se-á tendo em consideração que é necessária uma frequência superior ou igual a 80%. A assiduidade é obrigatória em todos os módulos. Serão aplicados testes escritos e serão analisadas situações simuladas. A avaliação de eficácia da formação será realizada com os exames de acesso à cédula de operador de substâncias explosivas.

**Palestras/Reuniões de Segurança**

Iniciativa que visa promover a realização de discussões e partilha de informação acerca da saúde e segurança nos locais de trabalho, com o intuito de melhorar os conhecimentos de todos os trabalhadores acerca dos riscos para a segurança e saúde, bem como as medidas de proteção e de prevenção e a forma como se aplicam, quer em relação à atividade desenvolvida, quer em relação à empresa, estabelecimento ou serviço. Prática iniciada na empresa em junho de 2008, tendo sido divulgados até à presente data mais de 150 temas de discussão.

A mais-valia desta metodologia prende-se com:

- Promoção e divulgação de informação alinhada com a política do sistema de gestão integrado (qualidade, ambiente, segurança e saúde no trabalho e responsabilidade social);

- Estabelecimento de objetivos e metas concretizáveis e mensuráveis;
- Integração das palestras/reuniões de segurança na identificação de perigos e avaliação de riscos;
- Implementação, elaboração e divulgação periódica de palestras/reuniões de segurança com eficiência;
- Verificação e monitorização da implementação das palestras/reuniões de segurança.

Mensalmente são inseridas no SGD – Sistema de Gestão Documental da EPOS duas palestras/reuniões de segurança acerca de temas nos domínios da qualidade, ambiente, segurança e saúde no trabalho e responsabilidade social. A escolha dos temas para as palestras/reuniões de segurança acompanha a implementação, manutenção e melhoria contínua do Sistema de Gestão Integrado, sendo a sua difusão em obra realizada através dos supervisores, divulgando esta informação (palestra/reunião de segurança) por todas as equipas de trabalho afetas. Esta divulgação é realizada no início do turno e estima-se uma duração média de 15 a 20 minutos para a sua concretização. No fim da divulgação assinam o supervisor e trabalhadores presentes.

Esta iniciativa de sucesso, no âmbito da informação e sensibilização, remete para a sua aplicabilidade em:

- Divulgação mensal de acordo com os procedimentos instituídos (duas/mês);
- Divulgação em ações de formação (ações de acolhimento/indução de segurança);
- Divulgação em ações de informação (por exemplo: após ocorrência de incidentes; após deteção de atos inseguros e/ou condições inseguras);
- Afixação em locais de trabalho (locais destinados à divulgação de informação nos domínios da segurança, higiene e saúde no trabalho).

## Avaliação e Transferência da Formação

O reconhecimento da importância estratégica da formação contribuiu para um forte investimento financeiro e um esforço considerável na formação dos colaboradores por parte das organizações. Por seu lado, o elevado investimento financeiro dos últimos anos em atividades formativas tem vindo a intensificar a pressão para que se demonstre de que forma a formação contribui, efetivamente, para o desenvolvimento das competências profissionais dos indivíduos e, consequentemente, para o desenvolvimento das organizações [3].

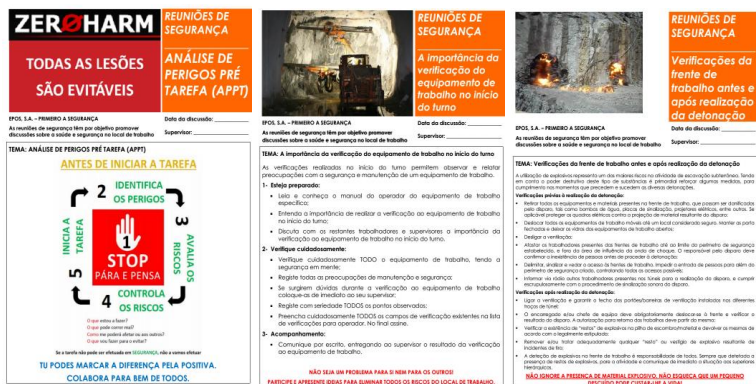


Figura 2- Exemplos de temas debatidos nas Reuniões/Palestras de Segurança

Decorrente do esforço formativo encetado, a EPOS desenvolveu metodologias eminentemente práticas para aquilatar de que forma as aprendizagens estavam a ser introduzidas nas práticas quotidianas dos seus trabalhadores, nomeadamente ao nível da operação de equipamentos industriais, tendo-a designado de Avaliação de Competências na Operação de Equipamentos (ACOE).

O processo de Avaliação de Competências na Operação de Equipamentos (ACOE) assenta num método de avaliação / certificação prática em contexto real de trabalho com recurso a *checklists* próprias para os diversos equipamentos, onde são avaliadas competências técnicas relacionadas com a implementação dos procedimentos de trabalho para a execução em segurança das diversas operações e tarefas dos trabalhadores visados, propondo-

se aquilatar o nível de proficiência das competências de cada trabalhador associadas à manobra dos equipamentos móveis de produção. Se o operador tiver uma avaliação inferior a determinado valor pré-definido (geralmente inferior a 75%) não poderá operar o equipamento até receber formação específica e ser novamente avaliado.

Decorrente deste processo, em 2015, foram realizadas 87 avaliações de trabalhadores, tendo os resultados obtidos sido bastante satisfatórios, tendo-se registado apenas uma avaliação negativa (inferior a 75%).

## **CONCLUSÕES**

O facto de a EPOS ter optado por ter Formadores/Monitores internos para as áreas dos equipamentos de trabalho, explosivos, qualidade, ambiente, segurança e saúde no trabalho e responsabilidade social tem-se revelado de extrema utilidade nos processos de recrutamento e seleção (quando disponível), bem como nos processos formativos e avaliativos das competências técnicas dos operadores. Destacam-se as seguintes vantagens:

- Conhecimento técnico dos equipamentos utilizados pela EPOS;
- Conhecimento da cultura EPOS (trabalhadores com largos anos de casa);
- Adaptabilidade aos horários/turnos praticados na EPOS;
- Respeito e reconhecimento por parte dos trabalhadores (são seleccionados trabalhadores com larga experiência, que exerciam funções de supervisão).

Ao nível da prevenção de riscos, as vantagens obtidas subsistem ao nível da:

- Diminuição significativa de atos inseguros;
- Minimização de atos inseguros reincidentes;
- Otimização do controlo operacional;
- Seleção natural dos colaboradores que merecem continuar a desempenhar funções na empresa;
- Transparência na avaliação de desempenho dos colaboradores.

## Principais indicadores da obra do Túnel do Marão (de 09/2014 a 10/2015)

Tabela 2- Indicadores Formação

Áreas de formação	N.º ações	N.º participantes	N.º horas	N.º horas volume de formação
SST e Ambiente	68	1.077	544	8.616
Equipamentos de trabalho	81	152	317	1.437
Explosivos	14	150	255	2.810
Planeamento emergência	7	86	21	265
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>1.465</b>	<b>1.137</b>	<b>13.128</b>

## Investimentos realizados pela EPOS em Formação e Desenvolvimento de Competências, Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho e Ambiente

Tabela 3- Investimentos realizados pela EPOS

ANO (últimos seis anos)						
Item	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Formação e Desenvolvimento de Competências</b>	484842€	390221€	527684€	358438€	275972€	267236€
<b>Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho</b>	412710 €	531894€	617607€	724964€	1072400€	877149€
<b>Ambiente</b>	63734€	74932€	123584€	93499€	106108€	110153€
<b>Investimento em Formação, SHST e Ambiente vs. Faturação anual da empresa</b>	<b>2,87%</b>	<b>2,52%</b>	<b>2,00%</b>	<b>1,57%</b>	<b>1,89%</b>	<b>1,76%</b>

“Apostar no desenvolvimento das qualificações e competências técnicas, relacionais e cognitivas dos seus colaboradores, em que a valorização do Capital Humano e do Conhecimento da organização é uma condição essencial para a concretização dos objetivos e estratégia da EPOS” [4].

## REFERÊNCIAS

- [1] Cardim, J. *Gestão da Formação nas Organizações*, Lidel – Edições Técnicas, 2009, 176 p.
- [2] Dias, P; Alves, R., “Investir em Formação Profissional”, Boletim Mensal de Economia Portuguesa, 2013, n.º 11, GEE|GPEARl, pp. 43-47
- [3] Velada, R. - *Avaliação da Eficácia da Formação Profissional: Factores que afectam a transferência da Formação para o local de trabalho*, ISCTE, 2007, 192 p.
- [4] Política da EPOS, abril de 2013

# Boas práticas em obras subterrâneas

*Rui Rodrigues<sup>1</sup>*

[1] Engenheiro, Mota-Engil, Engenharia e Construção, SA

## 1. FATORES DE RISCO EM OBRAS SUBTERRÂNEAS/BOAS PRÁTICAS

### Acessos e circulação

Medida 1 - Estabelecer um sistema de controlo de acessos específico (chapas de identificação ou sistema de controlo eletrónico). Este sistema visa garantir que só pessoal autorizado e, neste sentido, com formação e qualificação adequadas à especificidade do local poderá circular e permanecer no espaço subterrâneo, assegurando-se também a identificação nominal e o número de trabalhadores que se encontram efetivamente no seu interior. Este último objetivo afigura-se de particular importância em situação de emergência/evacuação.



Figura 1- Pannel de chapas de identificação nominal de trabalhadores autorizados

Medida 2 – Estabelecer um sistema de sinalização/informação de segurança à entrada do túnel, que permita apelar ao comportamento responsável por parte dos trabalhadores, através da instalação de sinalética de segurança (Ex: proibição de exceder o limite de velocidade, proibição de estacionamento, identificação do corredor

de circulação reservado a peões, identificação das redes técnicas) e de quadros/painéis informativos, como sejam o painel sinóptico de identificação das zonas de acesso livre e ou condicionado; o quadro de afixação dos resultados das leituras de medição de gases; o painel informativo de aviso de pegas de fogo.

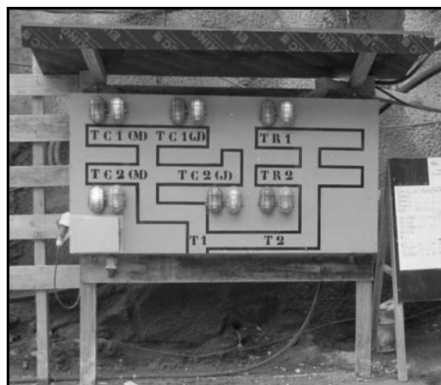


Figura 2- Painel de sinalização sinóptico



Figura 3 Identificação das redes técnicas



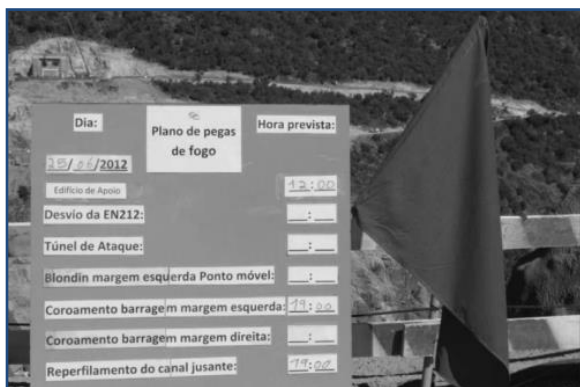


Figura 4- Pannel de aviso de pegas de fogo

Medida 3 – Proceder à regularização do pavimento com materiais de boa aderência e resistência. Esta medida permite que sejam garantidas boas condições de circulação no interior dos túneis. Sugere-se que soleira provisória seja executada em simultaneidade com o avanço da escavação do túnel, aplicando os produtos resultantes desta atividade na base do pavimento.



Figura 5- Soleira regularizada com produtos resultantes da escavação.

Medida 4 – Assegurar o transporte de trabalhadores em viaturas ligeiras de passageiros, de modo a reduzir o número de circulações pedonais. Para esse efeito será necessário reservar zonas de estacionamento fora do túnel e proibir o estacionamento de viaturas no seu interior.



Figura 6- Vista geral do parqueamento de viaturas fora do túnel.

Medida 5 – Estabelecer corredores de circulação para peões, diferenciados das pistas de veículos e de viaturas/equipamentos. Esta medida assume principal pertinência na fase de projeto, pois a secção do túnel deverá ser dimensionada tendo em consideração as larguras mínimas destes corredores. Não sendo possível concretizar esta medida, sugere-se a criação de refúgios para peões, os quais deverão coincidir com as zonas de mudança de direção e cruzamentos, e ainda definir um caminho sinalizado para peões (Ex: hasteal direito ou hasteal esquerdo).



Figura 7- Refúgios de emergência

## Medida 6 – Instalação de sinalização em equipamentos fixos e móveis



Figura 8- Sinalização de equipamentos fixos



Figura 9- Equipamentos móveis

## **Comunicação**

Medida 7 – Instalar um sistema de comunicação rádio com abrangência total em todo o espaço subterrâneo e comunicação com o exterior. Para esse efeito terá que ser instalado cabo radiante e antenas repetidores de sinal ao longo do túnel.

Esta medida é importante enquanto facilitadora da gestão comunicacional entre os vários participantes no processo produtivo, mas com particular relevância na gestão da comunicação em situação de emergência/evacuação.

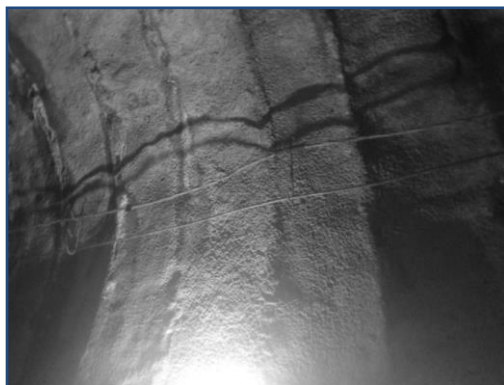


Figura 10- Cabo radiante

Medida 8 – Dotar todas as frentes de trabalho de pelo menos um rádio de comunicação. Em momento algum poderá um trabalhador encontrar-se sozinho ou sem comunicação numa frente de trabalho.

## **Iluminação**

Medida 9 – Instalar sistema de iluminação adequado nas frentes de trabalho e nos caminhos de acesso e circulação de viaturas/equipamentos e de trabalhadores, de acordo com os seguintes valores mínimos de níveis de iluminação (NI) indicados na tabela 1:

Tabela 1- Níveis de Iluminação das diferentes áreas de trabalho

<b>Espaço</b>	<b>NI (lux)</b>
Vias de circulação	40
Escadas e áreas de armazenagem	60
Áreas de trabalho em geral	120

Medida 10 – Instalar as luminárias na posição que permita tirar melhor partido da forma geométrica do túnel, tendo em vista a maximização do efeito de espalhamento da luz e ainda a redução de fenómenos de encadeamento dos trabalhadores apeados ou dos motoristas/manobradores. A intensidade de iluminação deve aumentar gradativamente à medida que nos aproximamos da saída, de modo a reduzir o impacto da variação da intensidade de iluminação entre o interior e o exterior, nomeadamente em período

diurno. Os projetores amovíveis deverão estar apoiados em tripés com uma altura superior a 2,5m.



Figura 11- Luminárias colocadas verticalmente ao longo dos hasteais

Medida 11 – Instalar luminárias de emergência em todos os locais de trabalho e nos corredores de circulação para peões. Sugere-se a adoção dos seguintes critérios:

- Uma luminária de emergência por cada 3 luminárias normais;
- O tempo de duração do bloco autónomo deverá ser o dobro do tempo que um trabalhador que se desloque a pé demora desde o ponto mais afastado até ao ponto de encontro.

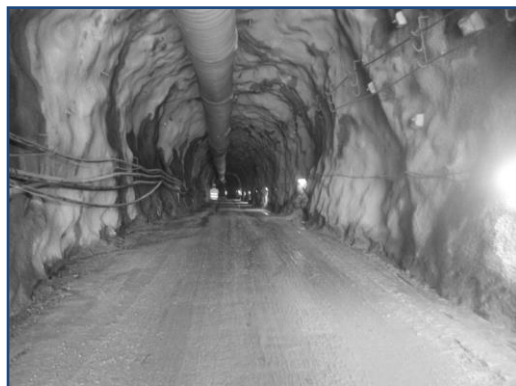


Figura 12- Luminárias normais e de emergência aplicadas ao longo do hasteal do túnel de acesso.

Medida 12 – Proceder à monitorização periódica dos níveis de iluminação, de modo a aferir a adequação da iluminação instalada face aos trabalhos em curso.



Figura 13- Medição com luxímetro

### **Ventilação/qualidade do ar**

Medida 13 – Proceder à instalação de sistema de ventilação mecânica de insuflação, adequado aos trabalhos em curso. O dimensionamento do sistema de ventilação deverá ter em conta o valor de caudal de ar necessário na frente do túnel, obtido em função dos equipamentos intervenientes com funcionamento a diesel e do pessoal presente, tendo em conta as quantidades mínimas exigidas pelo DL 162/90 de 22 de Maio, ou seja:

- 35l/s por cavalo-vapor.
- 50l/s por homem.



Figura 14- Localização do ventilador no exterior com manga de condução

Medida 14 – Proceder, sempre que necessário, à instalação de sistemas de extração de gases e/ou poeiras. Este sistema de extração deverá ser compatibilizado com o sistema de insuflação, caso exista.



Figura 15- Sistema de extração de poeiras e de gases com manga de condução dos poluentes para o exterior.

Medida 15 – Proceder à instalação de sistemas de minimização e de contenção de poeiras.



Figura 16- Sistema de contenção de poeiras “Cortinas”

Medida 16 – Estabelecer um plano de monitorização da qualidade do ar. Este plano deverá definir o procedimento de monitorização da qualidade do ar e consequente avaliação da exposição a agentes químicos, bem como velocidade e temperatura do ar na zona de trabalhos em espaços subterrâneos.

Todos os trabalhos subterrâneos a que os trabalhadores tenham acesso devem ser percorridos por uma corrente de ar regular, por forma a manter as condições de trabalho convenientes, evitar a elevação exagerada da temperatura e promover a dispersão eficaz de poeiras, fumos e gases nocivos.

A avaliação da exposição profissional a agentes químicos inclui a determinação da concentração dos gases no ar nos locais de trabalho e a comparação dos valores encontrados com valores de referência, que representam níveis de exposição admissíveis, cumprindo a legislação em vigor.

Em relação às poeiras, a avaliação da exposição profissional inclui a determinação da concentração de poeiras totais e de teores de sílica.

Esta Monitorização deverá ser efetuada trimestralmente (medição das partículas totais e partículas de sílica) e sempre que:



- Ocorram alterações significativas que a tornem desatualizada;
- O medidor de O<sub>2</sub> (oxigênio) colocado na frente de trabalho sinalize variações significativas do seu teor e ou sejam atingidos valores abaixo do limite inferior ou acima do limite superior;
- For ultrapassado um valor limite de exposição profissional obrigatório ou um valor limite biológico;
- Ocorram situações em que os resultados da vigilância da saúde o justifiquem.



Figura 17- Medição de gases

### **Ruído Ocupacional**

Medida 17 – Proceder à escolha dos equipamentos/materiais com menor produção de ruído (Ex: manga de insuflação flexível em detrimento da manga de insuflação rígida, ventiladores com canópia de insonorização e silenciador).



Figura 18- Manga de ventilação flexível e insuflável, ventilador com silenciador.

Medida 18 – Proceder à monitorização periódica do ruído ocupacional nos locais de trabalho (frentes de trabalho, cabinas de operação dos equipamentos, corredores de circulação).



Figura 19- Aparelho de medição de ruído (sonómetro).

Medida 19 – Instalar sinalização de segurança nos locais onde existe exposição ao ruído, ditada pela avaliação do ruído.



Figura 20- Sinalização de local de exposição ao ruído

## **Emergência**

Medida 20 – Garantir corredores de circulação, desimpedidos e sinalizados; nos cruzamentos, afixar plantas de emergência.



Figura 21- Corredores de circulação sinalizados e livres de obstáculos

Medida 21 – Estabelecer regras de interdição do armazenamento de substâncias perigosas no interior do túnel e de eficiente gestão do transporte de combustíveis. Só equipamentos fixos ou impedidos de circular é que poderão ser abastecidos no interior do túnel, ainda

que por unidades móveis adequadas ao transporte de combustíveis líquidos.



Figura 22- Unidade móvel de transporte de combustíveis líquidos.

Medida 22 – Dotar as frentes de trabalho e corredores de circulação de extintores portáteis de pó químico ABC de 6kg. Colocar também extintores nos equipamentos móveis e viaturas no interior que operam e circulam nos túneis. A distribuição de extintores nas frentes de trabalho deverá ser de, pelo menos, um extintor em cada local de trabalho e dois extintores por 50m, nos corredores de circulação.



Figura 23- Extintores aplicados nos hasteais do túnel.

## **A coordenação de segurança em aproveitamentos hidroelétricos**

*Ricardo Reis<sup>1</sup>*

[1] Engenheiro Civil, Xispoli Engenharia

### **1. LEGISLAÇÃO**

De acordo com o referido nas alíneas d), e) e f) do ponto 2 do Artigo 19.º do Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de outubro, relativamente às “**Obrigações dos Coordenadores de Segurança em Obra**”, este deve, no que respeita à execução da obra:

- 1) Verificar a coordenação das atividades das empresas e dos trabalhadores independentes que intervêm no estaleiro, tendo em vista a prevenção dos riscos profissionais (alínea d);
- 2) Promover e verificar o cumprimento do plano de segurança e saúde, bem como das outras obrigações da entidade executante, dos subempreiteiros e dos trabalhadores independentes, nomeadamente no que se refere à organização do estaleiro, ao sistema de emergência, às condicionantes existentes no estaleiro e na área envolvente, aos trabalhos que envolvam riscos especiais, aos processos construtivos especiais, às atividades que possam ser incompatíveis no tempo ou no espaço e ao sistema de comunicação entre os intervenientes na obra (alínea e);
- 3) Coordenar o controlo da correta aplicação dos métodos de trabalho, na medida em que tenham influência na segurança e saúde no trabalho (alínea f).

Ora, o Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro, para além de proceder à revisão da regulamentação das condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, constante do Decreto-Lei n.º 155/95, de 1 de julho, continua naturalmente a assegurar a transposição para o direito interno da Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho a aplicar em estaleiros temporários ou móveis, que refere no seu Artigo 6º, a “**Função dos coordenadores em Obra**”, nas alíneas:

- b) Coordenar a aplicação das disposições pertinentes, a fim de garantir que as entidades patronais e, se tal for necessário para a proteção dos trabalhadores, os trabalhadores independentes:
- apliquem de forma coerente os princípios indicados no artigo 8º,
  - apliquem, sempre que a situação o exija, o plano de segurança e de saúde previsto na alínea b) do artigo 5º;
- e) Coordenar a fiscalização da correta aplicação dos métodos de trabalho.

## **2. GUIA DE BOAS PRÁTICAS**

Para além da diretiva europeia, foi publicado o **GUIA DE BOAS PRÁTICAS NÃO VINCULATIVO PARA A COMPREENSÃO E A APLICAÇÃO DA DIRETIVA 92/57/CEE**, que fornece informações práticas para compreender e implementar a diretiva europeia, explicando e dando sugestões e exemplos de boas práticas, o qual visa auxiliar todas as partes envolvidas na construção, incluindo clientes, supervisores do projeto, desenhadores, coordenadores, empreiteiros e outros empregadores, trabalhadores, fornecedores e outros.

### **Verificar a Coordenação vs Coordenar a Aplicação**

Tendo em consideração a análise da alínea d) do Artigo 19.º, do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro, relativamente à alínea b) do Artigo 6.º (1ª Parte), da Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, o **GUIA DE BOAS PRÁTICAS** refere o seguinte, e cito:

“Os coordenadores devem tomar medidas para coordenar a aplicação das disposições pertinentes pelas entidades patronais (isto é, as empresas e empresas subcontratadas) e, se necessário, pelos trabalhadores independentes, a fim de garantir que eles aplicam de forma coerente os princípios indicados no artigo 8º da diretiva.

A principal função dos coordenadores é coordenar a aplicação destas obrigações pelas outras partes e não desempenhá-las em lugar delas.”

### **Promover e Verificar vs Coordenar a Aplicação**

Tendo em consideração a análise da alínea e) do Artigo 19.º, do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro, relativamente à alínea b) do Artigo 6.º (2ª Parte), da Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, o **GUIA DE BOAS PRÁTICAS**, refere o seguinte, e cito:

“Os coordenadores também devem coordenar a aplicação do plano de segurança e de saúde da obra pelas entidades patronais e pelos trabalhadores independentes, a fim de assegurar o seu cumprimento. A principal função dos coordenadores é coordenar a aplicação destas obrigações pelas outras partes e não desempenhá-las em lugar delas.”

### **Coordenar o Controlo vs Coordenar a Fiscalização**

Tendo em consideração a análise da alínea f) do Artigo 19.º, do Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro, relativamente à alínea e) do Artigo 6.º, da Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, o **GUIA DE BOAS PRÁTICAS**, refere o seguinte, e cito:

“Não compete aos coordenadores fiscalizar a correta aplicação dos métodos de trabalho, mas já lhes compete coordenar essa fiscalização. Embora a distinção possa parecer despidianda nos estaleiros mais pequenos e simples, torna-se mais significativa quando as obras se tornam maiores e mais complexas”, (como é o caso das obras dos Aproveitamentos Hidroelétricos).

Deve começar-se por coordenar as medidas de fiscalização a aplicar e depois examinar se elas são postas em prática e qual a sua eficácia. É possível que os coordenadores desejem controlar ou auditar a forma como a fiscalização está a funcionar, observando diretamente o que se passa quando os métodos de trabalho são desenvolvidos e também o que acontece no estaleiro quando esses métodos são postos em prática. Porém, isto não significa que tenham uma responsabilidade direta na forma como os trabalhos são executados, a qual continua a caber às entidades patronais e aos trabalhadores independentes. Os coordenadores poderão desejar prestar especial atenção às atividades de alto risco, incluindo as enumeradas no anexo II da Diretiva 92/57/CEE.

## CONCLUSÕES

Em jeito de conclusão, o guia de boas práticas refere que:

É essencial referir que as funções dos coordenadores consistem em coordenar a aplicação dos princípios gerais de prevenção e dos aspetos de pormenor mencionados no artigo 8.º, bem como dos planos de segurança e de saúde.

As suas funções não incluem uma gestão direta dos trabalhos executados pelas entidades patronais e por outras partes com esse fim em mente. A coordenação implica uma ampla análise das atividades e das questões de segurança e saúde que irão colocar-se. Essa análise deve ter lugar antes de os trabalhos começarem.

Os coordenadores atenderão aos conhecimentos que possuem dos trabalhos a realizar, às avaliações dos riscos efetuadas pelas entidades patronais (empresas e empresas subcontratadas) e aos métodos de trabalho que as entidades patronais e os trabalhadores independentes se propõem adotar.

Os coordenadores devem colaborar com estas partes, no intuito de garantir que as suas atividades respeitam as medidas de segurança e que o trabalho realizado por uma delas não põe as outras em risco, e que as instalações a utilizar em comum serão fornecidas, conservadas e utilizadas conforme previsto nos planos da obra.

## REFERÊNCIAS

Governo de Portugal, *Decreto-Lei n.º 273/2003 de 29 de outubro*  
Comissão Europeia. *Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho*

Comissão Europeia. “*Guia de boas práticas não vinculativo para a compreensão e a aplicação da Diretiva 92/57/CEE*”



## **Intervenção inspetiva em obras com trabalho subterrâneo – riscos na utilização de equipamentos de trabalho**

*Ana Luísa Oliveira <sup>1</sup>, Paulo Carvalho <sup>2</sup>*

[1] Inspetora de Trabalho, U. L. de Braga da ACT

[2] Inspetor de Trabalho, U. L. de Braga da ACT

### **1. OBRAS ACOMPANHADAS COM TRABALHOS SUBTERRÂNEOS**

O inspetor do trabalho, no âmbito das suas competências, promove e controla o cumprimento das disposições legais e convencionais respeitantes às condições de trabalho, designadamente as relativas à segurança, higiene e saúde no trabalho. Assim, no decorrer da atividade inspetiva, são efetuadas visitas a estaleiros de construção civil.

#### **Obras Acompanhadas**

Desde 2000 que as obras situadas no concelho de Vieira do Minho, relativas aos aproveitamentos hidroelétricos de Venda Nova e Salamonde e, mais recentemente, da Caniçada, têm vindo a ser alvo de visitas inspetivas. Nas duas primeiras, Venda Nova e Salamonde, os trabalhos desenvolvidos estão relacionados com o reforço de potência já existente, enquanto a da Caniçada envolve trabalhos de construção de um descarregador de cheias complementar, exigência prevista numa Diretiva Europeia. Em todas as obras são desenvolvidos trabalhos subterrâneos quer na abertura dos túneis para o circuito hidráulico, quer em túneis acessórios para o desenvolvimento dos trabalhos. São, ainda, efetuados outros trabalhos de contenção, revestimento e colocação de equipamentos.

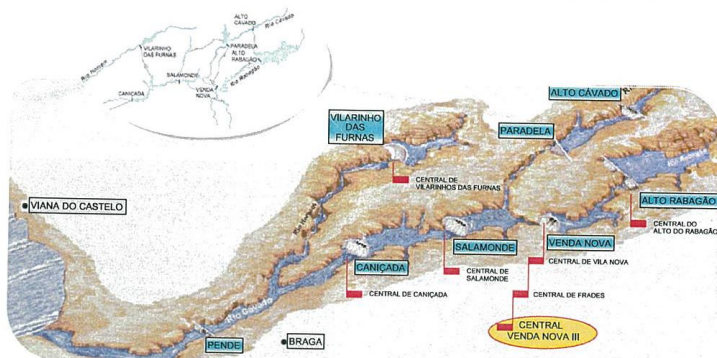


Figura 1 Localização Geográfica das Obras

Estas obras envolvem um grande número de trabalhadores. A título de exemplo, na obra da Caniçada encontramos 46 empresas, envolvendo cerca de 90 trabalhadores. Na obra de Salamonde estiveram em obra (no pico) 63 empresas e cerca de 610 trabalhadores. Na obra do Reforço de Potência de Venda Nova, devido à sua complexidade e extensão, foi possível encontrar 120 empresas e o número de trabalhadores chegou a atingir o milhar.

### Procedimentos Efetuados

No decorrer das visitas inspetivas, o inspetor do trabalho desenvolve a sua atividade com a finalidade de assegurar o cumprimento das disposições legais com vista a promover a melhoria das condições de trabalho. Assim, o inspetor, no âmbito das suas atividades, pode notificar para que, dentro de um prazo fixado, sejam realizadas nos locais de trabalho as modificações necessárias para assegurar a aplicação das disposições relativas à segurança, higiene e saúde dos trabalhadores. Nas visitas foram efetuadas 25 notificações para tomada de medidas e 2 notificações para verificação de equipamento por organismo especializado no âmbito dos diplomas específicos para equipamentos de trabalho. Relativamente aos locais de trabalho, foram efetuadas 46 notificações para tomada de medidas. Foram, ainda, efetuadas 9 notificações para tomada de medidas no

âmbito de outros diplomas, nomeadamente relativas à utilização de equipamentos de proteção individual. As empresas foram notificadas para regularizar as situações não conformes, tendo sido concedidos diferentes prazos, de acordo com a gravidade da situação e a sua exequibilidade. Se analisarmos as notificações efetuadas, verificamos que cerca de metade são efetuadas tendo por base o Decreto- Lei 273/2003 de 29/10<sup>1</sup>, que estabelece regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção. Por outro lado, 44 % das notificações foram efetuadas com base no Decreto-Lei 50/2005, de 25/02<sup>2</sup>, relativo às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho.

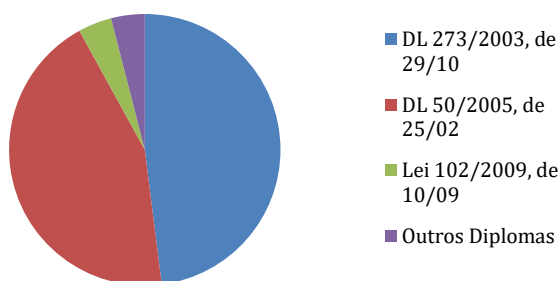


Gráfico 1- Notificações para Tomada de Medidas por Diploma

---

<sup>1</sup> Diploma que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho a aplicar em estaleiros temporários ou móveis.

<sup>2</sup> Diploma que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 89/655/CEE, do Conselho, de 30 de novembro, alterada pela Diretiva n.º 95/63/CE, do Conselho, de 5 de dezembro e pela Diretiva n.º 2001/45/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de junho.

## **Intervenção em Obra**

A intervenção em obra inicia-se com uma reunião com os responsáveis da obra, nomeadamente o coordenador e os técnicos de segurança. Depois de identificadas as principais frentes de trabalho, são efetuadas visitas às mesmas, com o acompanhamento do coordenador de segurança, do diretor de obra e/ou de técnicos de segurança. Durante a visita, são verificadas as situações de risco e são identificados os trabalhadores. No final, é efetuada uma reunião, onde são discutidas as situações irregulares detetadas e são elaborados os procedimentos inspetivos, nomeadamente notificação para tomada de medidas, notificação para apresentação de documentos e/ou notificação para suspensão imediata dos trabalhos, em caso de perigo grave e iminente. Numa segunda fase, são analisados os documentos para os quais as empresas foram notificadas. A título de exemplo, podemos mencionar o plano de segurança em obra, documentação relativa a trabalhadores e subempreiteiros, manuais de instrução de máquinas e equipamentos e atas de reuniões de segurança. É efetuada uma segunda reunião com os responsáveis da segurança, onde são transmitidas, por esses responsáveis, as alterações ocorridas na sequência das notificações para tomada de medidas efetuadas. Na mesma são ainda transmitidas, pelos inspetores, as irregularidades detetadas na análise dos documentos. Dado o largo espaço temporal de duração destas obras e da constante alteração das frentes de trabalho, vai sendo feito o acompanhamento das obras através de novas visitas inspetivas, nas quais vai ser verificada a implementação das correções resultantes das notificações, assim como visita a novas frentes de trabalho.









	Antes	Depois
Zonas de circulação independentes para trabalhadores e equipamentos		
		
Melhoria do pavimento		
Substituição de escada de mão por torre de andaime		

Figura 1- Exemplos de situações detetadas

## **Locais de Trabalho bem concebidos**

Qualquer local de trabalho deve ser bem concebido, permitindo, desta forma, minimizar a existência de situações de perigo. Nestas obras em particular, dado o elevado número de trabalhadores e de equipamentos de trabalho a circular, agravado pelas condições dos locais de trabalho serem subterrâneos, deve ser dada particular importância à correta organização e sinalização dos locais de trabalho. As vias de circulação para trabalhadores devem ser separadas das dos equipamentos móveis, nomeadamente através de barreiras delimitadoras, e devem ser utilizados espelhos para melhorar situações de ausência de visibilidade direta. É importante também que estes locais de trabalho disponham de ventilação adequada e um plano de emergência e evacuação muito bem pormenorizado. Nestas obras é necessário em cada momento saber qual o número de trabalhadores e o local onde se encontram a desenvolver trabalhos para que, no caso de emergência, seja possível a evacuação dos trabalhadores para o exterior.

## **2. RISCOS NA UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE TRABALHO**

A Campanha de Prevenção de Riscos Profissionais em Máquinas e Equipamentos de Trabalho.

As campanhas de prevenção são uma metodologia que a Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) privilegia para alertar e sensibilizar as empresas, os trabalhadores e a sociedade civil sobre a importância da construção e manutenção de locais de trabalho seguros. Esta metodologia pressupõe a participação de parceiros sociais, técnicos e institucionais na preparação e implementação das mesmas. Durante o ano de 2015, esteve a decorrer a Campanha de Prevenção de Riscos Profissionais em Máquinas e Equipamentos de Trabalho. Esta campanha desenvolveu-se em simultâneo em Portugal e Espanha. A campanha em Portugal incidiu nos setores agrícola e florestal, distribuição, construção civil, indústria transformadora e

indústria extrativa. A sua necessidade decorreu da análise do número de acidentes de trabalho mortais que envolvem máquinas e equipamentos de trabalho, dado que representam cerca de 50% de todos os acidentes ocorridos. A campanha visa, entre outros objetivos, “*promover e difundir nos locais de trabalho a correta interpretação da legislação existente, em conformidade com os requisitos mínimos de segurança e saúde na utilização de máquinas e equipamentos de trabalho*” e “*melhorar a capacidade dos atores que intervêm no domínio das máquinas e equipamentos de trabalho para fornecer informações e adotar medidas*”<sup>3</sup>.

São cinco os eixos desenvolvidos na campanha: Aquisição de Máquinas Seguras, Utilização de Equipamentos bem Adaptados, Proporcionar Locais de Trabalho bem Concebidos, Utilização por Trabalhador Habilitado e Proceder à Verificação dos Equipamentos de Trabalho. O seu desenvolvimento foi efetuado através de instrumentos de informação, de ações de sensibilização em empresas, organizações representativas, seminários, *workshops* e ações de formação. Em conjunto com os trinta parceiros da campanha, foram produzidos quatro cartazes setoriais, com quatro equipamentos de trabalho: Andaime Seguro, Trator Agrícola, Pórticos e Pontes Rolantes e Empilhador; um cartaz geral da campanha; quatro monofolhas: Gestão da Segurança de Máquinas e Equipamentos de Trabalho, Locais de Trabalho bem Concebidos, Trabalhador(a) habilitado(a) e Verificação dos Equipamentos de Trabalho; três dípticos: Aquisição de Máquinas Seguras, Utilização de Equipamentos bem Adaptados e um díptico geral da campanha. Foi, ainda, produzida uma lista de verificação das máquinas e equipamentos de trabalho<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> *Programa Enquadrador da Campanha de Prevenção de Riscos Profissionais em Máquinas e Equipamentos de Trabalho*, 2015.

<sup>4</sup> Toda a informação pode ser consultada na página da internet da ACT em “**Campanhas**”.

## Aquisição de Máquinas Seguras

Um fator decisivo na redução do número de acidentes de trabalho é a aquisição de máquinas seguras. A abordagem europeia quanto à harmonização técnica associa diretivas e normas, como forma de garantir em todos os países da União Europeia (UE) os mesmos objetivos em matéria de segurança, a observar na concepção, fabrico e comercialização de máquinas, para assim existir a harmonização das exigências técnicas neste domínio, eliminando, também, entraves à livre circulação de bens. Assim, a harmonização legal é limitada à adoção, por via de diretivas, de requisitos essenciais de segurança, aos quais devem obedecer os produtos colocados no mercado único europeu. A observação de normas harmonizadas permite presumir a sua conformidade com os requisitos essenciais de segurança previstos nas diretivas. A segurança de máquinas é regulada pela Diretiva Máquinas<sup>5</sup>, que estabelece o conjunto de regras reguladoras de mercado que têm como destinatários os respetivos fabricantes, privilegiando a integração da segurança no projeto. A Diretiva Máquinas está transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24.06 (alterado pelo Decreto-Lei n.º 75/2011, de 20.06). Esta diretiva aplica-se a máquinas fabricadas a partir de 01.01.1995<sup>6</sup>. Posteriormente, foram publicadas diversas alterações, sendo a diretiva aplicável a ROPS, FOPS e carros automotores a partir de 01.01.1996<sup>7</sup>, a componentes de segurança e a máquinas de elevação ou deslocação de pessoas a partir de 01.01.1997<sup>8</sup> e a elevadores de estaleiro, aparelhos portáteis de fixação de carga explosiva, máquinas para a aplicação de pesticidas (em matéria de proteção ambiental), tratores agrícolas e florestais (quanto aos riscos não cobertos pelo Diretiva 2003/37/CE) a partir de 29.12.2009<sup>9</sup>.

Esta diretiva aplica-se não só a máquinas em sentido estrito<sup>10</sup>, mas também a: **equipamentos intermutáveis** (montados pelo próprio

---

<sup>5</sup> Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2006, relativa às máquinas. A primeira versão da Diretiva foi publicada em 1989.

<sup>6</sup> Diretiva Máquinas 89/392/CEE.

<sup>7</sup> 1ª Alteração da Diretiva Máquinas Diretiva 91/368/CEE .

<sup>8</sup> 2ª e 3ª Alteração Diretiva 93/44/CEE e Diretiva 93/68/CEE.



operador, como dispositivos que são montados em carros automotores de alcance variável [empilhador multifunções] e que alteram a sua função ou as alfaías agrícolas montadas em tratores agrícolas); **componentes de segurança** (como ROPS [estruturas de proteção contra o capotamento], FOPS [estruturas de proteção contra queda de objetos], comandos bimanuais, dispositivos de proteção destinados a detetar a presença de pessoas); **acessórios de elevação** (como lingadas têxteis ou ganchos para elevação de materiais); **correntes, cabos e correias; dispositivos amovíveis de transmissão mecânica** (ex. cardan de ligação entre um trator e uma máquina agrícola) e **quase-máquinas** (conjunto que se destina a ser exclusivamente incorporado noutra máquina, como um motor de combustão ou um sistema de acionamento).

O fabricante ou o seu mandatário, antes de colocar uma máquina no mercado ou de a pôr em serviço (primeira utilização na comunidade), tem um conjunto de responsabilidades para cumprir. Desde logo, certificar-se que a máquina cumpre os requisitos essenciais de segurança previstos no Anexo I da Diretiva Máquinas, elaborar um processo técnico que deve estar disponível, nomeadamente, para as entidades fiscalizadoras (ASAE e ACT), fornecer um manual de instruções em português, elaborar os procedimentos de avaliação da conformidade da máquina com o disposto na referida diretiva (que pode implicar a intervenção de um organismo notificado)<sup>11</sup>, elaborar a declaração CE de conformidade e apor a marcação CE na máquina<sup>12</sup>.

Para efeitos da Diretiva Máquinas, **fabricante é**, também, a **pessoa que fabrica a máquina para uso próprio** (neste caso a máquina não é colocada no mercado mas deve cumprir a Diretiva Máquinas antes da entrada em serviço) e **quem coloca a máquina na UE, seja**

---

<sup>9</sup> Diretiva 2006/42/CE (alterada pela Diretiva 2009/127/CE).

<sup>10</sup> Definida na alínea a) do n.º 2 do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24.06.

<sup>11</sup> Artigo 7.º e 9.º do Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24.06.

<sup>12</sup> Artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 103/2008, de 24.06.

**ele importador, distribuidor ou o próprio utilizador<sup>13</sup>.** Todos eles devem cumprir o disposto na Diretiva Máquinas.

### **Utilização de Equipamentos de Trabalho**

Se a aquisição de máquinas seguras é um elemento decisivo para a redução do número de acidentes de trabalho, a correta utilização dos equipamentos de trabalho (máquinas ferramentas, medidas de proteção coletiva, escadas, andaimes ou sistemas de acesso e posicionamento por cordas) também é um fator importante para essa redução.

As prescrições mínimas relativas às condições de trabalho e à utilização de certas categorias de materiais e equipamentos nos locais de trabalho são fixadas por meio de diretivas e destinam-se a promover uma harmonização social, permitindo que cada país membro introduza regulamentação com exigências de nível superior às prescrições mínimas de segurança e saúde.

A segurança na utilização de equipamentos de trabalho pelos trabalhadores, nos locais de trabalho, é regulada pela Diretiva Equipamentos de Trabalho<sup>14</sup>, a qual estabelece o conjunto de regras reguladoras da segurança no trabalho com esses equipamentos, que têm como destinatários os empregadores. Esta diretiva está transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25.02.

A utilização dos equipamentos de trabalho está sujeita à **observação**, pelo empregador, **das prescrições mínimas de segurança e de saúde**, recorrendo a equipamentos de trabalho que satisfaçam os requisitos de segurança e saúde previstos em legislação específica sobre conceção, fabrico e comercialização dos mesmos (referida no ponto 2.) ou pela adaptação dos equipamentos de trabalho aos requisitos mínimos de segurança, na medida em que o correspondente risco exista no equipamento considerado (requisitos mínimos gerais de segurança, requisitos mínimos

---

<sup>13</sup> Guia de aplicação da Diretiva Máquina 2006/42/CE - 2.ª Edição - junho de 2010, pág. 61.

<sup>14</sup> Diretiva 2009/104/CE de 16.09.2009 que resulta da codificação da Diretiva 89/655/CEE, de 30 de novembro, alterada pela Diretiva 95/63/CE, de 5 de Dezembro e pela Diretiva 2001/45/CE, de 27 de Junho.

complementares para equipamentos móveis e para equipamentos de elevação de cargas)<sup>15</sup>. Esta adaptação deve basear-se na avaliação de riscos efetuada pelos serviços de segurança e saúde no trabalho, cujos resultados e medidas de prevenção a implementar no equipamento devem constar de documento escrito.

A utilização de equipamentos de trabalho que apresentem riscos específicos, nomeadamente a condução de equipamentos automotores, deve ser reservada apenas a trabalhadores devidamente habilitados (com formação habilitante), de forma a garantir a segurança dos próprios e dos outros trabalhadores.

## **Equipamentos de Elevação de Pessoas**

### ***Tipos de Equipamento***

A elevação de pessoas para a execução de trabalhos em altura apresenta um alto risco se não for efetuada através de máquinas construídas para o efeito, certificadas e manobradas por trabalhadores habilitados que conheçam a máquina e os riscos para a sua segurança e a de terceiros.

Os equipamentos de elevação de pessoas (plataformas aéreas), as plataformas de elevação de pessoas (equipamento intermutável) e as plataformas suspensas (bailéus), se colocadas em serviço a partir de 01.01.1997, deverão dispor de marcação CE, certificado CE de conformidade e manual de instruções em português. Estes equipamentos, se colocados em serviço antes de 01.01.1997, uma vez que não estavam abrangidos pela Diretiva Máquinas, deverão cumprir os requisitos mínimos de segurança previstos no Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25.02 (nomeadamente o previsto no seu Capítulo II).

Excecionalmente, há a possibilidade de a elevação de pessoas ser efetuada através de equipamentos destinados a outra finalidade, como a elevação de cargas<sup>16</sup>. Esta exceção apenas é admissível em situações onde o recurso a outros meios de trabalho (como andaimes ou equipamentos construídos para a elevação de pessoas) é impraticável ou suscetível de ocasionar riscos superiores, e

---

<sup>15</sup> Previstos nos art.º 10.º a 29.º do Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25.02

<sup>16</sup> N.º 3 do artigo 33.º do Decreto-lei n.º 50/2005, de 25.02

tratando-se de situações pontuais, imprevistas e de curta duração. Tem sido o entendimento da ACT que os trabalhos de produção, trabalhos previstos em planos de segurança e saúde, trabalhos periódicos de manutenção e trabalhos previamente planeados não podem ser considerados trabalhos pontuais. Na utilização excecional deste tipo de equipamentos para a elevação de pessoas, devem ser garantidas medidas de segurança, nomeadamente: o posto de comando deve ser ocupado em permanência, devem existir meios de comunicação, deve haver a garantia de resistência mecânica e estabilidade do equipamento, devem ser salvaguardados os riscos de queda do habitáculo e de queda dos trabalhadores e o condutor manobrador deve estar habilitado<sup>17</sup>.

Dado que este tipo de cestos ou plataformas usadas para elevar pessoas através de equipamentos destinados à elevação de cargas, por regra, não são fabricados para integrar uma máquina específica, respeitando o disposto na Diretiva Máquinas, não são considerados equipamentos intermutáveis. Como, também, não são acessórios de elevação (máquinas em sentido lato) não devem dispor de marcação CE<sup>18</sup>.

A este propósito, chama-se a atenção para o caso da Noruega que, em 1997, dispunha de legislação que previa que para ser utilizado excecionalmente a elevação de pessoas através de equipamentos não fabricados para esse fim, deveria ser solicitada a sua utilização excecional. Contudo, para haver essa excecional utilização haveria que cumprir diversas condições, entre as quais, a de o utilizador tentar obter equipamento próprio para a elevação de pessoas que cumprisse o disposto na Diretiva Máquinas. Isso levou a que houvesse uma crescente procura no mercado Norueguês de equipamentos de elevação de pessoas que cumprissem a Diretiva Máquinas, o que conduziu ao desenvolvimento, por parte dos

---

<sup>17</sup> *Segurança de Máquinas e Equipamentos de Trabalho* / Emanuel Gomes... [et al.]. – Lisboa, ACT, novembro 2013, disponível na página de internet da ACT

<sup>18</sup> Interchangeable equipment for lifting persons and equipment used with machinery designed for lifting goods for the purpose of lifting persons, European Commission, dezembro 2009.

fabricantes, de diversos tipos de equipamentos de elevação de pessoas, para diversos tipos de máquinas.



Figura 2- Grua móvel com plataforma (cesto) incorporada

### ***Três Casos-tipo de Acidentes com Equipamentos de Elevação de Pessoas***

#### **Caso 1 - Queda de plataforma de elevação de pessoas (equipamento intermutável)**<sup>19</sup>

Estando a ser efetuadas pregagens na abóbada do túnel, utilizando-se para o efeito um empilhador de alcance variável com plataforma de elevação de pessoas certificada (equipamento intermutável), verificou-se a queda da plataforma e dos trabalhadores que estavam na mesma. Da análise efetuada, verificou-se que, na zona de engate da plataforma com o empilhador de alcance variável, não foi colocada a barra de bloqueio. Verificou-se, ainda, que houve a necessidade de efetuar com rapidez a operação de troca de equipamento intermutável no empilhador, pois a mesma foi efetuada numa zona de passagem de veículos.

Desta forma, concluiu-se que deveria existir uma zona destinada à operação de troca dos equipamentos intermutáveis fora das zonas de passagem dos veículos e haver o reforço da formação no que diz

---

<sup>19</sup> Equipamento Intermutável - dispositivo que, após a entrada em serviço de uma máquina ou de um trator é montado nesta ou neste pelo próprio operador para modificar a sua função ou introduzir uma nova função (alínea b) do n.º 2 do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24.06).

respeito à necessidade de colocação no engate de todos os elementos definidos pelo fabricante.



Figura 3- Plataforma e braço telescópico



Figura 4- Zona de engate

### Caso 2 – Tombamento de empilhador de alcance variável com plataforma de elevação de pessoas

No decorrer da operação de pregagens em altura (abóbada e hasteais) através de um empilhador de alcance variável com plataforma de elevação de pessoas certificada (equipamento intermutável), num túnel com cerca de 11 metros de altura e uma inclinação de cerca de 23%, verificou-se o tombamento do equipamento e a queda dos trabalhadores que estavam na

plataforma contra um dos hasteais. No momento do acidente, a manobra de elevação da plataforma estava a ser efetuada a partir da cabine do empilhador. No interior da cabine, o operador apenas dispunha de dois níveis para determinar a inclinação do empilhador e da plataforma integrada. Efetuada a simulação das condições em que estava o equipamento aquando do tombamento, utilizando agora os comandos previstos pelo fabricante para a elevação da plataforma a partir da mesma (plataforma), verificou-se que a sua elevação estava bloqueada e era emitido um sinal sonoro e um luminoso, indicando que a plataforma excedia a sua inclinação máxima. Dessa forma, constatou-se que apenas comandando a plataforma a partir da mesma os dispositivos de proteção estavam operacionais nas condições previstas pelo fabricante.

Os fabricantes de máquinas que elevam pessoas, para além de outros requisitos essenciais previstos no Anexo I da Diretiva Máquinas, devem cumprir os requisitos essenciais complementares de saúde e de segurança para máquinas que apresentem perigos específicos devido a operações de elevação de pessoas, previstos no ponto 6 do referido Anexo I. No mesmo, é referido que *“sempre que os requisitos de segurança não imponham outras soluções, o habitáculo deve, regra geral, ser concebido e fabricado de modo a que as pessoas que nele se encontrem disponham de meios de comandar os movimentos de subida, descida e, se for o caso, de outro tipo de movimentos do habitáculo”*. No Guia de aplicação da Diretiva Máquinas 2006/42/CE<sup>20</sup>, a propósito desta questão, são indicados os seguintes argumentos: *“a pessoa elevada no interior ou sobre o habitáculo tem a melhor perceção dos perigos a que pode estar exposta devido, por exemplo, a obstáculos nas imediações da máquina”* e que a *“utilização de dispositivos de comando incita o operador a prestar atenção aos movimentos do habitáculo que está a controlar e facilita uma interrupção imediata em caso de ocorrência de uma situação perigosa”*. No referido guia é indicado, ainda, a propósito do risco de queda dos trabalhadores do habitáculo e requisitos a implementar pelos fabricantes, que

---

<sup>20</sup> Guia de Aplicação da Diretiva Máquinas 2006/42/CE, Comissão Europeia, 2.º Edição, junho de 2010

*“quando a inclinação excessiva não possa ser evitada por medidas de concepção intrinsecamente seguras, pode ser necessário colocar dispositivos para deteção e correção automática da inclinação ou, em caso de falha destes dispositivos, interromper o movimento do habitáculo e advertir o operador, para que este possa tomar a ação corretiva necessária antes de ser criada uma situação perigosa”. A este propósito, os fabricantes indicam nos manuais de instruções informações como: “ É proibido operar a partir da cabine com pessoal na plataforma” ou “É proibido manobrar o cesto a partir da cabine com uma ou mais pessoas no interior dele” ou, ainda, “ Se estiver alguém na plataforma de serviço, esta deve ser manobrada a partir do painel de comando da cesta da plataforma”.*



Figura 5- Empilhador Tombado

### Caso 3 – Queda de Rocha na Plataforma de Elevação de Pessoas

Verificou-se a queda de uma rocha na plataforma de elevação de pessoas de um equipamento de perfuração (com plataforma de elevação de pessoas integrada), quando se procedia ao saneamento manual do túnel (abóbada). A queda da rocha atingiu um trabalhador. Neste tipo de operação, a estrutura de proteção contra a queda de objetos deve estar em posição ativa (erguida), de modo a garantir a proteção do operador da mesma. No ponto 6.3.3 do Anexo I da Diretiva Máquinas, é indicado que *“quando existirem riscos de queda de objetos sobre o habitáculo que possam pôr em perigo as pessoas, o habitáculo deve ser equipado com um teto de proteção”*. Desta forma, em operações de saneamento ou outras com risco de quedas de rochas (objetos), devem ser utilizados



equipamentos de trabalho e plataformas de elevação de pessoas com estruturas de proteção contra queda de objetos.



Figura 6- Local da queda da rocha

Assim, da análise aos três casos acima descritos resulta, em nossa opinião, que devemos ter sempre presente que a segurança de cada equipamento de trabalho é sempre igual à do seu elo mais fraco.

**JORNADAS TÉCNICAS  
SEGURANÇA E SAÚDE  
EM OBRAS SUBTERRÂNEAS**



## II SST – OS 2016

Segurança e Saúde no Trabalho – Obras Subterrâneas

24 de novembro de 2016

### JORNADAS TÉCNICAS SEGURANÇA E SAÚDE EM OBRAS SUBTERRÂNEAS

#### PROGRAMA

08h30 – 09h00 **Receção aos participantes**  
09h00 – 09h10 **Abertura**  
*Representante direção - CICCOPN / João Pedro Couto – EEUM*

#### SESSÃO I – Moderação - João Pedro Couto (EEUM)

09h10 – 09h40 Túnel do Marão - as lições aprendidas  
*João Batista / Manuel Tender*  
09h40 – 10h10 O desenvolvimento de competências dos condutores manobreadores na EPOS  
*António Garcia*  
10h10 – 10h40 A experiência da ACT em obras subterrâneas  
*Fátima Moreira*  
10h40 – 10h50 Debate  
10h50 – 11h10 Coffee break / net-working  
11h10 – 12h40 “Sessão-Inquérito” + Projeção filme técnico  
12h40 – 14h00 **Almoço livre**  
14h00 – 15h30 “Sessão-Inquérito” + Apresentação proposta legislação obras subterrâneas  
15h30 – 15h50 Coffee break / net-working

#### SESSÃO II – Moderação - António Bastos (CICCOPN)

15h50 – 16h20 Explosivos e detonadores – o estado da arte  
*Pedro Bernardo*  
16h20 – 16h50 A utilização de BIM na gestão de estaleiros  
*Julliana Fernandes / João Pedro Couto / Manuel Tender*  
16h50 – 17h20 Tipificação de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais  
*Manuel Tender*  
17h20 – 17h50 Gestão de Segurança em empreendimentos hidroelétricos  
*João Aragão*  
17h50 – 18h00 Debate  
18h00 Encerramento

[Inscreva-se AQUI](#)

(Após a inscrição irá receber por email o procedimento para pagamento)

Poderá inscrever-se para a “Sessão Inquérito” quem tiver mais de 5 anos de experiência em obras subterrâneas. Os inscritos que se disponibilizarem para participar na “Sessão Inquérito” terão direito a: oferta de inscrição neste evento; envio gratuito de publicações internacionais elaborados pelo Projeto “SegOS”; o nome do inscrito será incluído no site [www.segos.pt](http://www.segos.pt).

**CUSTO INSCRIÇÃO: 30€**

**DESTINATÁRIOS:**  
TODOS OS ALUNOS DE  
ENG. CIVIL E TÉCNICOS  
DO SETOR DA  
CONSTRUÇÃO QUE  
DESENVOLVEM  
TRABALHOS NA ÁREA DE  
OBRAS SUBTERRÂNEAS

**OBJETIVO:**  
REUNIR OS PRINCIPAIS  
INTERVENIENTES NO  
SETOR E POSSIBILITAR A  
TROCA DE EXPERIÊNCIAS

**LOCAL:**  
AUDITÓRIO DO CICCOPN

**Organização:**  
EEUM/DEC  
CICCOPN



#### Parceiros Institucionais



ORDEM  
DOS ENGENHEIROS  
REGIÃO NORTE



ORDEM DOS  
ENGENHEIROS  
TÉCNICOS

#### Parceiros Projeto SegOS:



**Apoio:**  
SIG-C



# **Túnel do Marão – lições retiradas das fases de escavação e revestimento definitivo**

*Manuel Tender<sup>1</sup>; João Pedro Couto<sup>2</sup>, João Baptista<sup>3</sup>, António Garcia<sup>4</sup>*

[1] Doutorando, Universidade do Minho

[2] Professor Auxiliar, Universidade do Minho

[3] Assessor Técnico de Gestão, Infraestruturas de Portugal

[4] Diretor Sistemas de Gestão e Tecnologia, EPOS - Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas

## **1. APRESENTAÇÃO DE CASO DE ESTUDO**

### **Objetivos do estudo**

O objetivo da análise deste caso de estudo passa por expor as principais lições práticas em matéria de segurança e saúde retiradas durante as fases de escavação subterrânea e de revestimento definitivo da 2ª fase de construção do Túnel do Marão (TDM). Serão analisadas as medidas preventivas adotadas para minimizar os riscos tradicionais deste tipo de obras, designadamente de atropelamento, queda de blocos, soterramento, explosão extemporânea, queda em altura, inalação de gases e poeiras, entre outros, associados aos riscos particulares decorrentes do período em que a obra esteve suspensa.

### **Enquadramento da empreitada**

O TDM situa-se no Norte de Portugal e permitirá o atravessamento subterrâneo da Serra do Marão, entre Ansiães-Amarante e Campeã-Vila Real. O Túnel é constituído por duas galerias paralelas de 5667 m de comprimento com 13 interligações, pedonais e para veículos. O Dono da Obra, “IP - Infraestruturas de Portugal, S.A.”, adjudicou a empreitada, em regime de Conceção/Construção, ao Consórcio Teixeira Duarte - Engenharia e Construções, S.A. e EPOS – Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas, S.A. pelo valor de 88 099 873,47€. O Consórcio efetuou a divisão das atividades a executar, sendo que a EPOS - Empresa Portuguesa de Obras Subterrâneas, S.A. ficou responsável pela escavação e revestimento definitivo e a Teixeira Duarte - Engenharia e Construções, S.A. pela

instalação dos sistemas e equipamentos de segurança ativa e não ativa, drenagens, pavimentação e edifícios técnicos.

### **Enquadramento temporal**

Os trabalhos de escavação subterrânea da 1ª fase tiveram início em julho de 2009, tendo sido suspensos, por restrições de financiamento, em julho de 2011, ficando 3961 m por escavar. Desde essa data até ao reinício da obra, realizaram-se exclusivamente trabalhos de manutenção da obra já executada e monitorização da instrumentação instalada. Em 2014, para a preparação de propostas de construção para 2ª fase da obra (uma vez que este interregno poderia ter levado ao aparecimento de pontos fracos no revestimento primário, aumentando o risco de queda de blocos para zonas de circulação de trabalhadores e equipamentos), foi realizada uma inspeção ao estado dos túneis. Nesta inspeção, verificou-se que o maciço se encontrava globalmente estabilizado, não tendo sido identificada qualquer situação de convergência alarmante. A maior parte das patologias verificadas consistiram em deslocamentos e fissuração no betão projetado e queda, pontual, de pequenos blocos. As patologias identificadas relacionavam-se com a degradação natural do suporte primário ao longo do tempo e em zonas do maciço com características geológicas e geotécnicas desfavoráveis (seja por diaclasamentos desfavoráveis que, com a descompressão do maciço tendem a carregar o suporte, seja por concentrações de afluências de água), e com perda de interligação de betão projetado com o maciço. Mais se verificou que não foi encontrado qualquer deslocamento, nem queda de blocos, por rotura de pregagens “Swellex”. Em outubro de 2014, teve início a segunda fase de escavação subterrânea e os trabalhos de revestimento definitivo (impermeabilização, drenagem, montagem de armaduras e betonagem de revestimento final).

## Reforço de zonas já executadas

Na fase de inspeção, constatou-se que o maciço rochoso apresentava como principais patologias deslocamentos e fissuração do suporte primário de betão. Assim, de modo a minimizar os riscos de evolução da degradação do suporte primário, iniciam-se os trabalhos com o reforço das áreas escavadas na primeira fase. Foram adotadas medidas de instrumentação, saneamento de zonas instáveis e delimitação de zonas de risco, para diminuir os riscos associados à presença de trabalhadores e equipamentos.

## Escavação e suporte primário

O método utilizado foi o Método de Escavação Convencional (MEC), vulgo “*New Austrian Tunnelling Method*” (NATM). De origem austríaca, em 1962 a sua designação foi atribuída no XIII Colóquio de Geomecânica, em Salzburgo (Stipek et al., 2012). Segundo Rabcewicz, um dos pais do NATM, “consiste na aplicação de uma fina camada de betão projetado no suporte da escavação, o mais rapidamente possível, de forma a criar um arco auxiliar, sendo a deformação do terreno uma função do tempo até se atingir o equilíbrio”. Apresenta três pontos-chave: 1) a aplicação e revestimento de betão projetado; 2) o fecho do anel o mais cedo possível; e 3) a medição sistemática da deformação.

O método envolve as seguintes fases, que a Figura 1 ilustra:

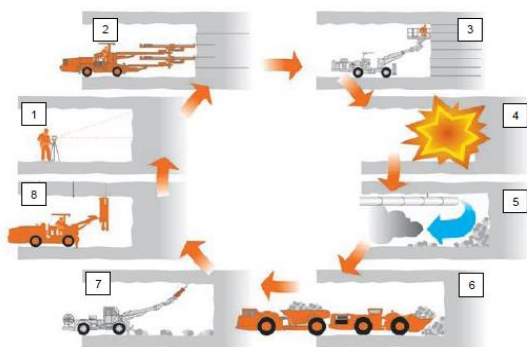


Figura 1 - Faseamento de Método de Escavação Sequencial (Tender, Couto, & Ferreira, 2015)

- 1 – Avaliação geológica/geotécnica e marcação topográfica da frente de escavação;
- 2, 3 e 4 – Escavação mecânica sequencial do maciço, através de meios mecânicos (balde, martelo pneumático ou roçadora) ou emprego de explosivos (neste caso, com perfuração através de equipamento de trabalho “Jumbo”, seguido de saneamento manual e carregamento de furos executados com explosivos);
- 5 – Ventilação de galeria, de modo a expulsar o ar contaminado da atmosfera após a escavação (especialmente quando há recurso a explosivos) e garantir a renovação do ar, de forma a cumprir com os valores limite de exposição descritos na legislação em vigor;
- 6 – Limpeza, remoção e transporte de produtos de escavação para vazadouro, retirando o produto resultante da escavação e criando condições na frente de escavação para a realização de saneamento do terreno e posterior aplicação de suporte primário;
- 7 – Saneamento mecânico da escavação, provocando a queda controlada de blocos ou fragmentos de maciço em posição instável e garantindo que o maciço reúne condições de integridade para aplicação da primeira camada de betão projetado;
- 8 – Aplicação da primeira camada de betão projetado e elementos metálicos de estabilização: betão projetado, com possível adição de fibras, cambotas metálicas, pregagens e enfilagens, para melhorar a resistência e estabilidade do maciço rochoso.

O método promove a deformação do maciço adjacente à secção escavada, que passa a funcionar como elemento portante. Esta deformação, minimizada pela aplicação da primeira camada de betão (e eventuais elementos de estabilização), permite a redistribuição e a redução de tensões máximas, evitando que o maciço entre em situação de instabilidade e potenciando, assim, através do suporte primário, a máxima capacidade resistente do terreno. Sendo um método eminentemente observacional (D. Lamont, 2002), a monitorização é garantida com um sistema de instrumentação implantado no revestimento, no maciço e em furos de sondagem. Este sistema dita, em função dos resultados, a necessidade de reforço ou a possibilidade de aligeiramento do suporte provisório.

## **2. METODOLOGIA**

Para realizar a investigação e analisar os dados obtidos, adotou-se uma metodologia expositiva baseada no levantamento de informação realizado *in situ* por alguns dos autores.

A empreitada em estudo foi selecionada por dois motivos fundamentais: primeiro, e historicamente falando, este é o túnel mais relevante em termos de dimensão a nível ibérico; segundo, esta empreitada notabilizou-se pela adoção de práticas exemplares nos domínios da segurança e saúde no trabalho.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Formação dos trabalhadores**

Uma vez que a formação incide sobre uma componente de atitude individual, revela-se como fator fundamental na gestão de equipas. A ITA já o reconheceu há vários anos, tendo publicado um livro ilustrado, “*Safety in Tunnelling*”, em diversas línguas. Esta empreitada, devido a usar o MEC, envolve mão-de-obra muito diversificada, o que contribui para uma maior probabilidade de falhas humanas (Health and Safety Executive, 1996), aumentando a importância do fator “formação” como minimizador de probabilidade de ocorrência de atitudes individuais perigosas. Para o projeto, foram definidos e desenvolvidos dois tipos de formação: a formação de acolhimento/enquadramento inicial (promoção da SHST) e a formação de aperfeiçoamento/especialização de índole técnica.

No TDM, para ultrapassar os desafios e condicionalismos relativos à elevada contratação de mão-de-obra local, bem como o prazo escasso para realizar a respetiva seleção e recrutamento, foi criado um curso de formação para responder à necessidade de formação inicial de enquadramento, bem como das regras de segurança a cumprir (formação “Promoção da Saúde, Segurança no Trabalho e Ambiente – TDM”, com a duração de 8 horas e realizada no primeiro dia de trabalho, ministrada pela equipa QAS em obra).

Quanto à formação de aperfeiçoamento/especialização de índole técnica, foi particularmente ministrada aos operadores de equipamentos móveis de produção. Com o objetivo de propor



atividades formativas de cariz pouco teórico e grande enfoque nas atividades produtivas, bem como de acompanhar continuamente de perto as atividades formativas, recorreu-se a um formador/tutor interno. A título de exemplo, um dos percursos formativos desenvolvidos foi o “Formação Prática em Contexto de Trabalho (FPCT) – Condutor Manobrador Equipamentos Móveis de Produção”, individual (ou em pequenos grupos de manobreadores) e em contexto real de trabalho, para melhoria das competências técnicas na operação, manutenção e segurança de equipamentos móveis de produção. A sua duração variou consoante o grau de proficiência do operador e as dificuldades identificadas pelo formador. Um outro percurso formativo visou o aperfeiçoamento dos condutores manobreadores, com o intuito de proporcionar aos participantes conhecimentos que permitam reduzir perdas de produtividade, através da correta utilização dos equipamentos móveis de produção, nomeadamente ao nível da prevenção de riscos de acidentes e na manutenção de 1.º nível (formação com duração de entre 2 e 5 dias). Em algumas situações, trabalhou-se em parceria com os fornecedores dos equipamentos, estreitando assim as parcerias criadas.

Desenvolveram-se ainda metodologias eminentemente práticas para aquilatar de que forma as aprendizagens eram aplicadas nas práticas quotidianas dos trabalhadores, nomeadamente ao nível da operação de equipamentos industriais. O processo, designado de Avaliação de Competências na Operação de Equipamentos (ACOE), assenta num método de avaliação/certificação prática em contexto real de trabalho com recurso a *checklists* próprias para os diversos equipamentos, e pretende medir a proficiência de cada trabalhador em competências associadas à manobra dos equipamentos móveis de produção. Se o operador tiver uma classificação inferior a determinado valor pré-definido (geralmente 75%), não poderá operar o equipamento até receber formação específica e ser novamente avaliado. De destacar a realização de 87 avaliações de trabalhadores com resultados muito satisfatórios, tendo-se registado apenas uma avaliação negativa (inferior a 75%). O formador/monitor interno foi determinante para o sucesso deste processo formativo/avaliativo, e o seu conhecimento técnico dos

equipamentos utilizados, experiência e interiorização da cultura da empresa e adaptabilidade aos horários/turnos praticados foram fulcrais.

Além das temáticas referidas, também é de destacar a formação e certificação para os operadores de explosivos, a formação em primeiros socorros e em extinção de incêndios, em segurança rodoviária, etc. Adicionalmente, promoveram-se diversas ações de sensibilização e de divulgação de Palestras de SST temáticas, promovendo a discussão e partilha de informação acerca da SST, para melhorar os conhecimentos de todos os trabalhadores acerca dos riscos para a segurança e saúde, bem como das medidas de proteção e de prevenção e a forma como se aplicam, quer em relação à atividade desenvolvida, quer em relação à empresa. Neste âmbito, poderemos salientar temas como a Importância da Comunicação de Quase Acidentes.

### **Acessos**

A zona da Serra do Marão é caracterizada por terrenos com grandes inclinações e vales profundos. A obra obriga a uma grande movimentação de equipamentos, designadamente de transporte de materiais provenientes da escavação, com destino a vazadouro (que ficava afastado do local de escavação). Considerando as condicionantes geomorfológicas citadas, os equipamentos têm necessidade de circular no talude de meia encosta, havendo um risco elevado de tombamento e capotamento de equipamentos para níveis inferiores (taludes com altura superior a 40 m). Aliás, na 1ª fase da construção do Túnel ocorreu um acidente grave, exatamente por aproximação intempestiva à bordadura de talude e consequente rolamento e capotamento para a base do vale. Esta situação, em conjunto com outras determinações, levaram a que, no decorrer da 2ª fase, fosse utilizado: um cordão de terras com material aproveitado da escavação, perfis móveis de betão (PMB's) e, em algumas situações mais específicas, pela construção dos muros de gabiões, como delimitadores de bordadura de talude(s) de aterro (de modo a minimizar a probabilidade de aproximação a desnível).

Desde o início da empreitada que os acessos pedonais foram caracterizados como fundamentais para a realização das atividades

de forma segura. No exterior dos túneis, nomeadamente no estaleiro social, foi colocada diversa sinalização evidenciando os riscos e como proceder para circular em segurança, tendo sido também implementada uma separação física entre o caminho pedonal e a via de circulação dos veículos e equipamentos móveis, e criados passadiços a níveis superiores para evitar o conflito entre peões, veículos e equipamentos móveis. No interior dos túneis, numa fase inicial, optou-se também pela separação física entre os caminhos pedonais e de viaturas e equipamentos (ilustrada na Figura 2): os trabalhadores circulavam apenas por um dos hasteais do túnel, junto da iluminação artificial. Posteriormente, pela inexistência de trabalhadores ao longo dos túneis e pela excessiva concentração dos mesmos junto das frentes de trabalho, a medida foi alterada, procedendo-se ao reforço da sinalização e à delimitação do acesso pedonal apenas nas zonas afetadas. Adicionalmente, para minimizar o risco de atropelamento ao longo dos túneis, foi também proibida a deslocação de pessoas a pé para as frentes de trabalho.



Figura 2 – Restrição de trânsito pedonal em faixa central

### **Instalações sociais**

O investimento nas infraestruturas e equipamentos disponibilizados nas instalações sociais à generalidade dos trabalhadores foi elevado, com particular destaque para a zona de dormitórios criada (para usufruto dos muitos trabalhadores deslocados na obra) que permitia que cerca de 100 trabalhadores estivessem alojados em quartos

individuais devidamente equipados e climatizados (ilustrados na Figura 3).

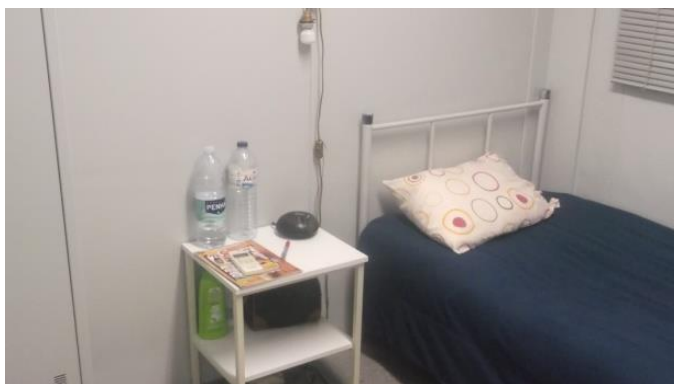


Figura 3 – Quarto individual fonte (fonte: autores)

De destacar também a disponibilização de três zonas de toma de refeições totalmente equipadas (uma junto da zona de dormitórios, outra na frente nascente e outra na frente poente), permitindo que os trabalhadores, se assim o desejassem, pudessem tomar as suas refeições, previamente adquiridas e confeccionadas, sem terem outro tipo de custos.

### **Maciço escavado há 3 anos e apenas com revestimento primário**

No TDM, as questões relacionadas com segurança estrutural foram introduzidas pela Coordenação de Segurança em fase de Projeto, num trabalho bastante próximo com o Dono de Obra, dado que interferiam direta e permanentemente com as de segurança ocupacional (pois a suspensão de trabalhos em 2011 provocou um aumento dos riscos habitualmente presentes de desprendimento e queda de blocos ou fragmentos de suporte primário). A necessária abordagem em fase de Projeto resultou em que fossem realizados relatórios de monitorização periódicos específicos, de modo a detetar problemas no maciço ou no suporte primário. Como eram anteceditos de vistoria ao túnel, para avaliação das condições do suporte primário, era realizado um acompanhamento e uma

monitorização que permitiu priorizar as intervenções a realizar, atuando-se assim preventivamente.

Para minimizar o risco de queda de blocos e materiais sobre os trabalhadores e equipamentos nas áreas de trânsito, foram adotadas as seguintes medidas preventivas antes do reinício das atividades:

- Saneamento mecânico e manual de zonas cuja avaliação revelava instabilidade;
- Reforço do suporte primário das zonas já executadas o mais antecipadamente possível;
- Delimitação/sinalização de "zona de risco" e respetiva interdição de circulação em zonas de tipo 2, identificadas como pouco seguras;
- Avaliação conjunta de representante de projetista (ATO), geologia e equipa de instrumentação;
- Observação de elementos de suporte instalados como parte da rotina diária dos intervenientes;
- Interdição de circulação pedonal nas galerias (sendo o acesso às frentes de trabalho realizado por viatura), minimizando a exposição ao risco de queda de blocos;
- Estabelecimento de um plano de instrumentação rigoroso e de fácil interpretação;
- Promoção de vistorias conjuntas periódicas ao estado do betão projetado e do maciço, na presença do ATO, geologia, representante da direção de obra e Coordenação de Segurança em fase de Obra (CSO), com emissão de registo (exemplo na Tabela 1).

Tabela 1 – Exemplo de registo de verificação de maciço de zonas já escavadas

<b>Local</b>	<b>Patologia</b>	<b>Medida a aplicar</b>	<b>Próx. verificação</b>
A	Hasteal direito – betão podre	Sanear	Mensal
B	Hasteal esquerdo – material em risco de queda	Provocar queda de material em risco	Mensal
C	Abóbada – fissuração	Sanear. Nova projeção de betão	Mensal

Estas medidas garantiram que, mediante a evolução da obra, fossem identificadas e reparadas atempadamente novas patologias, minimizando assim o risco para trabalhadores e equipamentos.

### **Apoio na frente de escavação**

Diversas instalações de apoio revelam-se fundamentais para obter os resultados esperados. Nesse sentido, podemos referir a importância das comunicações no interior do túnel, asseguradas por uma rede de rádios intercomunicadores, que permitem uma comunicação eficaz com as frentes de trabalho no interior do túnel e em trabalhos realizados no exterior. Este sistema de comunicações minimizava as deslocações no interior dos túneis e permitia uma rápida realização do socorro num eventual cenário de emergência. Para assegurar as condições de higiene e salubridade aos trabalhadores no interior dos túneis, foram colocadas junto das diversas frentes de trabalho instalações sanitárias químicas com iluminação, sendo mudadas de sítio à medida que os trabalhos avançavam.

Dada a inexistência de água potável no interior dos túneis, procedeu-se à instalação de equipamento de fornecimento de água potável com copos de plástico individuais. Assim, garantiu-se a disponibilidade de água para consumo a todos os trabalhadores (Figura 4), diminuindo as suas deslocações ao exterior e garantindo a qualidade da água fornecida.



Figura 4 – Sistema de abastecimento de água potável em frente de obra

Para evitar contacto com elementos elétricos desprotegidos, procedeu-se à suspensão de cabo de alimentação elétrica de “torçada” suportada ao longo dos hasteais dos túneis, por vezes reforçada com suportes amovíveis, e com aplicação de isolamento nas derivações.

Também como parte da prevenção, foram disponibilizadas caixas de primeiros socorros e de meios de extinção portáteis, acompanhando e protegendo todas as frentes de trabalho existentes.

### **Gestão de pegas de fogo**

Tendo em consideração a legislação em vigor no tocante ao manuseamento das substâncias explosivas, os riscos associados às tarefas de preparação e carregamento das pegas de fogo, bem como a falta de mão-de-obra especializada nesta temática, optou-se pela criação de um curso de formação específica, com recurso a um formador interno com grande experiência no assunto. Realizaram-se 14 ações de formação para cerca de 150 participantes, com o objetivo de aumentar as competências técnicas dos trabalhadores e prepará-los para a realização dos exames de acesso à cédula de operador de substâncias explosivas junto da PSP (entidade certificadora), tendo-se obtido uma taxa de aprovação de 93%.

A área dos explosivos tem assistido a grandes progressos em termos de materiais e equipamentos utilizados, procurando otimizar rendimentos, garantir melhores condições de estabilidade para transporte e manuseamento e diminuir a emissão de gases tóxicos. Atualmente, a tendência é para se usarem as emulsões como produto explosivo de desmonte, em detrimento do ANFO (Stipek et al., 2012), que teve origem na década de 70. As vantagens das emulsões prendem-se com a maior estabilidade durante transporte e manuseamento, uma proporção muito baixa de contaminantes tóxicos, uma alta insensibilidade para ações mecânicas e tensão térmica, um baixo custo, uma excelente resistência a água e velocidades de detonação elevadas. No TDM, do lado Poente, foram utilizadas, em parte, emulsões, garantindo um explosivo seguro durante transporte, armazenamento e manuseamento.

O prazo de execução estipulado, apertado, obrigou a que as operações de escavação e de aplicação dos revestimentos

definitivos decorressem em simultâneo. Esta opção tem implicações para a circulação e a qualidade do ar: se for insuflado ar na frente de escavação, todo o comprimento das galerias (incluindo o local de execução de revestimentos definitivos e o emboquilhamento) é continuamente atravessado por uma nuvem de ar que pode conter vários contaminantes, com os seus respetivos riscos e consequências:

- poeira mineral com origem nas frentes de escavação. No caso de maciços com elevado teor em quartzo, é uma situação preocupante, devido ao possível aparecimento de sílica cristalina respirável, potencialmente fatal (Chapman et al., 2010);

- gases resultantes da reação química da pega de fogo. Após a pega de fogo, é insuflado ar fresco na frente de escavação, levando à saída de ar contaminado com gases tóxicos através das galerias.

Uma das opções para minimizar a contaminação do ar em túneis (que, segundo (Velasco, Herrero, & Prieto, 2010), pode agravar as limitações de iluminação existentes em obras subterrâneas), é a montagem de cortinas. A opção inicial tomada no TDM para separação de espaços e minimização de riscos para os trabalhadores encarregues do revestimento definitivo, passou pela instalação das referidas cortinas de retenção de nuvem de ar contaminado (direcionando-a, através de galerias transversais, para a galeria paralela). No entanto, verificou-se que este sistema não surtiu o efeito desejado: a cortina era frágil e danificava-se facilmente devido à constante abertura e fecho; por vezes, a cortina era aberta antes de a nuvem proveniente da pega de fogo passar pelo local. Para resolução da situação, foi posteriormente instalado um portão com sinalização de obrigatoriedade de fecho, conforme Figura 5, tendo-se obtido valores de qualidade do ar bastante aquém dos Valores Limites de Exposição estabelecidos.





Figura 5 – Portão de delimitação de zona de revestimento definitivo (fonte: autores)

### **Saneamento e carregamento de escombros**

A maior parte dos acidentes em obras subterrâneas relacionam-se com trânsito e transporte (Vogel & Kunz-Vondracek, 2013). No espaço confinado e exíguo do túnel, a visibilidade é fraca e o risco de colisões entre trabalhadores e equipamentos é elevado. Em caso de acidente, o equipamento não sofre mas o trabalhador fica ferido. Atendendo a que este método obriga a uma utilização massiva de equipamentos móveis de carga para remoção de escombros (pá carregadora, escavadora hidráulica, *dumpers*, camiões ou carris), o risco de atropelamento é significativo.

A instalação de sistemas de câmara é uma alternativa a espelhos retrovisores ou sinaleiros. O sistema de câmara utilizado no TDM para os *dumpers* é constituído por uma câmara, instalada na parte traseira do equipamento, e um monitor, na cabine do condutor (Figura 6), permitindo ao condutor ter uma melhor visibilidade e minimizando os riscos de atropelamento.



Figura 6 - Sistema de câmaras (fonte: EPOS)

Nesta empreitada, pudemos constatar que a instalação deste sistema, em conjugação com os já existentes (alarme sonoro de marcha-atrás, espelhos, sinalização luminosa) diminuiu o risco de colisão entre equipamentos e de atropelamento, contribuindo para um melhor desempenho dos condutores manobrados.

As características do túnel obrigam à abertura dos rebaixos laterais, para futura execução de sapatas, o que se revela mais um desafio para a segurança no trabalho, porque esta abertura tem obrigatoriamente que acompanhar o avanço da frente de escavação. Sendo uma zona onde existem quase sempre atividades a decorrer, impunha-se a criação e implementação de medidas de prevenção adicionais que garantissem as condições de segurança adequadas a todos os condutores manobrados que efetuam consecutivamente a remoção de escombros, com passagem obrigatória neste local. Assim, foi instalada iluminação artificial de forma a não encandear os trabalhadores que ali circulam. Adicionalmente, foi delimitado e sinalizado todo o perímetro da escavação, com colocação de sinalização nas extremidades, para avisar para a presença dos riscos no local e melhorar as condições de visibilidade da escavação existente (Figura 7).



Figura 7 - Sinalização de rebaixos em frentes de escavação (fonte: autores)

Outros dos riscos considerados proeminentes são a queda e projeção de blocos e libertação de poeiras que decorre da atividade de saneamento do terreno escavado. Com o intuito de expor o mínimo possível os trabalhadores a esses riscos, foram implementadas medidas que passaram pela definição de zonas de restrição (Figura 8), pela sinalização de atividades em curso e, em algumas situações pontuais, a instalação de sistemas de aspersão de água nos equipamentos de saneamento mecânico.

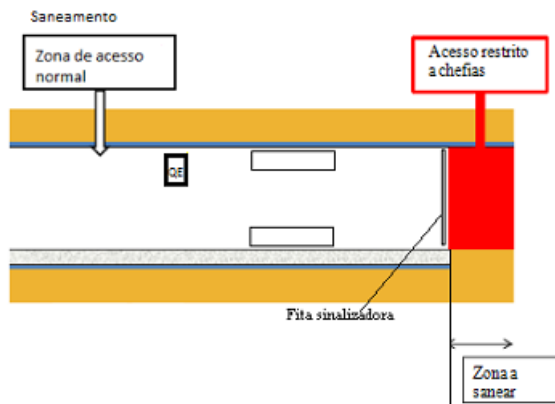


Figura 8 – Zona de restrição em frentes de escavação (fonte: autores)

## Projeção de betão e dispositivos estabilização

A aplicação de betão projetado como camada de revestimento inicial é uma característica intrínseca do MES. Depois da projeção de betão no revestimento primário, e antes de o betão ganhar presa suficiente, existe o risco de queda de torrões de betão da abóbada ou dos hasteais. Por esta razão, obter atempadamente uma resistência adequada é um elemento chave que, para além de ter influência na produtividade, também o tem na segurança.

No TDM, tendo este risco sido considerado não tolerável, as medidas preventivas foram reforçadas de duas formas. Primeiro, pela utilização do equipamento “robô de projeção”, que dispõe de telecomandos, permitindo a execução da atividade com o operador afastado da zona de aplicação do betão projetado, zona de elevada acumulação de partículas suspensas e propícia à queda de torrões de betão projetado fresco. Para proteger o operador da exposição e inalação das partículas suspensas, foram adquiridas máscaras completas, adequadas às características ambientais do local. Segundo, pela criação de zonas de exclusão com base no tempo médio de presa de betão obtido em testes realizados (Figura 9). A zona de exclusão é a zona adjacente à zona de projeção (onde o operador do robô se posiciona) e toda a área até à frente de escavação, zonas onde existe o risco de queda de torrões de betão fresco.



Figura 9 – Zona de exclusão na frente de projeção de betão

Esta medida possibilitou a salvaguarda do trabalhador, mesmo nos casos com maior afluência de água e em que a aplicação de betão projetado era mais difícil.

### **Impermeabilização e montagem de armaduras**

Para realizar a impermeabilização e montagem de armaduras, recorreu-se a plataformas e “carros de andaimes”, com rodados que permitiam a deslocação ao longo dos túneis e cuja configuração acompanhava a secção das galerias. Esta solução traduziu-se em proveitos evidentes a nível de produtividade e, além disso, contribuiu para assegurar as necessárias condições de segurança que, doutra forma, seriam difíceis de atingir, devido à altura das galerias, aos ângulos de difícil acesso e à simultaneidade de tarefas com circulação de equipamentos de apoio nos diversos locais em que a atividade se concentrava. Para comprovar as condições de utilização das referidas estruturas, foi definida uma periodicidade mínima trimestral para a realização de uma inspeção/verificação documentada das mesmas, de acordo com os requisitos mínimos constantes do Decreto-Lei 50/2005, para além das situações que pontualmente determinavam essa necessidade de verificação e aprovação das estruturas para utilização. Como é óbvio, as estruturas foram concebidas de modo a contemplarem a instalação de todas as medidas de proteção coletiva básicas para resposta aos riscos decorrentes da sua utilização:

- Montagem e instalação de sistema de iluminação artificial nas plataformas ou “carros” de andaime;
- Montagem de guarda-corpos e rodapés (Figura 10);



Figura 10 – Guarda-corpo junto a hasteal

- Instalação de escadas interiores (Figura 11) e passadiços de acesso às estruturas;

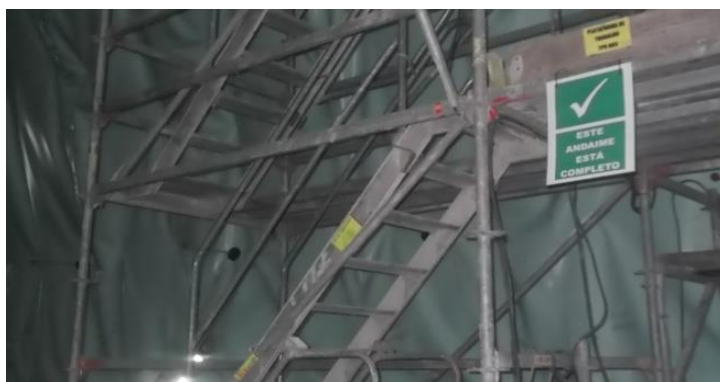


Figura 11 - Escadas interiores e passadiços de acesso às estruturas

- Plataformas de trabalho e escadas constituídos por material antiderrapante (Figura 12)



Figura 12 - Piso antiderrapante em escadas de acesso

Para complementar as medidas indicadas, foram igualmente adotadas medidas para instalação de elementos guarda corpos e/ou linhas de vida, nos locais em que o vão provocado pela distância dos hasteais da galeria e a plataforma permitia a queda de trabalhadores.

Também a atenção dispensada a operações de manutenção, fixação e aperto dos elementos constituintes destas estruturas é algo que deve ser reforçado, do ponto de vista da garantia de estabilidade das mesmas após cada movimentação. Neste ponto, houve aliás a necessidade de instituir a verificação documentada das estruturas, pelo responsável pela sua utilização e após cada movimentação/deslocação, como forma de dar resposta a eventuais reconversões da estrutura, deformações e empenos dos elementos resultantes, por exemplo, de pequenos embates com o terreno escavado.

### **Cofragem e betonagem de revestimento definitivo**

Em termos de utilização e manutenção dos moldes de betão utilizados para a cofragem e betonagem de revestimento definitivo, foram adotadas medidas preventivas para a montagem, utilização e desmontagem:

- Equipamentos de movimentação mecânica de cargas adequados às peças a elevar/movimentar e alvo de verificação e aprovação;

- Acessórios para movimentação mecânica de cargas certificados, adequados e em bom estado de utilização;
- Estabelecimento de áreas desimpedidas e desobstruídas para realização das atividades de montagem e movimentação de cargas, minimizando a interferência com outras atividades em curso nas proximidades;
- Respeito pelas regras, procedimentos e boas práticas associadas à movimentação mecânica de cargas;
- Recurso a plataformas elevatórias para apoio à montagem/desmontagem;
- Obrigatoriedade de utilização de meios de proteção anti queda, recorrendo preferencialmente a medidas de proteção coletiva (guarda corpos, linhas de vida, etc.) ou, quando tal não era possível, medidas de proteção individual (arnês de segurança, blocos retráteis, etc.).

De referir que, também aqui, tal como foi feito no caso das estruturas para impermeabilização e montagem de armaduras, se implementaram medidas de proteção coletiva básicas para resposta aos riscos decorrentes da sua utilização:

- Montagem e instalação de sistema de iluminação artificial nas plataformas e acessos;
- Montagem de guarda corpos anti queda;
- Instalação de escadas interiores e passadiços de acesso às estruturas;
- Estrado dos acessos e plataformas de trabalho constituídos por material antiderrapante;
- Instalação de rodapés para evitar a queda de objetos e materiais;
- Utilização de arnês de segurança durante montagem de estruturas (Figura 13).



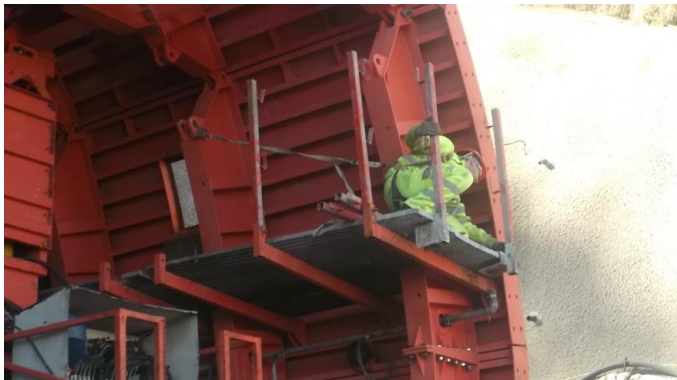


Figura 13 – Utilização de arnês de segurança durante montagem de molde de betão (fonte: autores)

### **Planeamento de emergência**

O primeiro passo para minimização dos danos decorrentes de emergências é o estabelecimento de um plano de contingência para cada cenário, contemplando medidas de primeiros-socorros, intervenção para salvamento e evacuação, assim como a manutenção do abastecimento de energia mínimo para funcionamento de infraestruturas e equipamentos vitais. De destacar aqui o esforço do Consórcio no sentido de garantir a realização de diversas ações de formação e de informação aos trabalhadores, associadas ao tema “emergência”, algumas das quais já foram mencionadas anteriormente.

Quanto a evacuação de sinistrados, a criação de um heliporto surge como uma hipótese de otimização de tempos de transporte, entre a zona do emboquilhamento dos túneis e o hospital mais próximo, para estaleiros com difícil acesso a veículos (ARUP, 2012). No caso do TDM, foram realizadas reuniões com a Autoridade Nacional de Proteção Civil, onde se analisou o tempo de chegada dos serviços de emergência ao local, e que determinou a opção de criação de um heliporto (Figura 14). Foi também fruto desta troca de informações a criação de um espaço para, se necessário, se instalar um hospital de campanha.

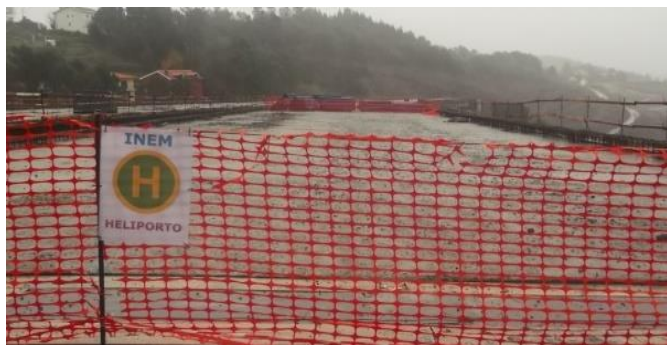


Figura 14 – Local reservado para heliporto (fonte: autores)

Como forma de testar e avaliar a implementação do Plano de Emergência Interno (PEI) do TDM, houve lugar à realização de um simulacro de emergência, em que foi simulada uma explosão extemporânea junto à frente de escavação. Este exercício teve como principal objetivo conhecer a capacidade do Consórcio TD-EC/EPOS para gerir os meios de emergência internos e avaliar a capacidade de articulação desses mesmos meios com os meios externos. Contando com a participação dos Bombeiros Voluntários da Cruz Branca de Vila Real, o simulacro decorreu na Frente Nascente (Figura 15), permitindo constatar que os diversos intervenientes do PEI tinham o processo de atuação bem assimilado e atuando em conformidade com o mesmo.



Figura 15 - Simulacro de explosão extemporânea

Assim, considerando que a realização de simulacros permite garantir através de formação e treino, os conhecimentos adequados e a motivação de todos os colaboradores para fazer face a situações de emergência, consideram-se eficazes as ações de formação/sensibilização desenvolvidas em obra e que abordaram o tema em causa.

Foi igualmente possível confirmar a boa coordenação entre os diversos intervenientes internos do consórcio, tendo ficado patente o forte envolvimento e complementaridade entre os diversos intervenientes responsáveis e a articulação com os meios externos. O risco de ocorrência de incêndios é uma realidade sempre presente durante a realização de obras subterrâneas, e decorre essencialmente de situações como o funcionamento e operação de equipamentos de trabalho, instalações elétricas e presença, utilização e manipulação de substâncias inflamáveis. Tomando desde logo este risco como não tolerável, acresce ao mesmo o facto de os trabalhos subterrâneos se realizarem em ambiente fechado, o que pode aumentar exponencialmente a concentração excessiva de fumos tóxicos nos locais de trabalho.

Assim, com vista a minimizar a possibilidade de ocorrência e propagação de situações de incêndio, foi implementado um conjunto de medidas, entre as quais há a destacar:

- Ventilação adequada das frentes de trabalho;
- Distribuição de meios de extinção portátil em locais da obra considerados estratégicos, do ponto de vista do potencial para a ocorrência de incêndios, nomeadamente escritórios, oficinas, zonas sociais, zonas de armazenamento de substâncias perigosas, frentes de escavação, plataformas ou “carros” de andaime e moldes de betão para realização de atividades de revestimentos definitivos;
- Realização de ações de formação em contexto prático, em conjunto com os Bombeiros Voluntários de Amarante, para utilização de extintores portáteis, por parte de trabalhadores da obra (Figura 16);



Figura 16 – Ação de formação prática de utilização de extintor

- Obrigatoriedade de presença de extintores portáteis em equipamentos de trabalho móveis (Dumpers, Pás Carregadoras, etc.), assim como na proximidade de equipamentos estáticos (Geradores, etc.);
- Instalação de meios de autoextinção em alguns equipamentos de trabalho móveis;
- Disponibilização de extintores portáteis adequados junto de instalações elétricas como Postos de Transformação Elétrica e quadros elétricos de alimentação das frentes de escavação;
- Presença obrigatória de extintores portáteis na realização de trabalhos pontuais com possibilidade de produção de faísca ou geração de calor.

A preocupação com a organização, arrumação e limpeza dos locais de trabalho foi uma constante, eliminando desta forma os agentes inflamáveis supérfluos. Também foram adotadas regras de segurança preventivas como a proibição de fumar e queimar resíduos nos locais de trabalho.

## CONCLUSÕES

No caso em estudo, foram implementadas medidas preventivas cientificamente já estudadas bem como algumas novas abordagens aos riscos. A constatação de não terem ocorrido acidentes de trabalho mortais durante a escavação e revestimento definitivo revela que as soluções aplicadas foram adequadas para o efeito. O

sucesso comprovado de algumas das medidas preventivas, embora já identificadas em literatura mas não constantes do quadro normativo e legal, poderá vir a ser um reforço para que este quadro seja atualizado.

Face aos condicionalismos existentes e originados pela suspensão de trabalhos durante três anos, verificou-se que as fragilidades do revestimento primário obrigaram – numa abordagem integrada entre segurança estrutural e segurança ocupacional e num trabalho conjunto entre CSO, ATO, Direção de Obra e Geologia – a duas abordagens preventivas: o reforço de zonas já escavadas (segurança estrutural) e a restrição de circulação, acompanhada de monitorização do maciço (segurança ocupacional). Estas abordagens permitiram monitorizar adequadamente o maciço e detetar situações de risco em tempo útil.

Na circulação de equipamentos entre emboquilhamento e vazadouro, foi diminuído o risco de rolamento e capotamento, tornando menos provável a ocorrência de um acidente similar ao ocorrido na 1ª fase de obra. Importa aferir se esta medida preventiva deve, no futuro, passar a constar do quadro legal.

Em termos de atitude dos trabalhadores, verificou-se que o número de horas de formação ministradas permitiu aos trabalhadores acolherem melhor as regras de segurança e terem uma atitude pró-ativa quanto a situações de risco. Apesar de alguns países já terem tomado esta opção, Portugal carece de uma abordagem mais sistemática sobre o assunto.

Quanto a riscos de atropelamento, verificou-se que a conjugação de sistemas de vídeo no equipamento com a formação tutorial permitiu uma melhor abordagem do risco por parte dos manobrados. Qualquer um destes critérios deveria futuramente passar a constar como requisito essencial das boas práticas.

O risco de inalação de fumos perigosos foi drasticamente reduzido, permitindo ter frentes de escavação e suporte primário a decorrer com alguma proximidade a zonas de revestimento definitivo. A utilização gradual de explosivos com fumos menos tóxicos poderá futuramente ajudar a reduzir este risco.

O risco de explosão extemporânea, pela abordagem em termos de produtos utilizados e em termos formativos, permitiu a realização

dos trabalhos de um modo seguro. A utilização de detonadores tecnologicamente mais evoluídos deverá constar das prioridades dos Donos de Obra.

Quanto a riscos de queda de torrões de betão fresco, verificou-se que, com a medida organizacional proposta, se diminuiu a exposição dos trabalhadores ao risco. Não estando esta medida ainda sistematizada internacionalmente, abre-se uma boa oportunidade para o fazer.

## REFERÊNCIAS

ARUP (2012). Southern Nevada Water Authority Contract Lake Mead intake shafts and tunnel Project.

Chapman, D. e Metje, N.(2010). *Introduction to Tunnel Construction*, Spons Architecture Price Book, Londres.

Health and Safety Executive (1996). *Safety of New Austrian Tunneling Method (NATM) Tunnels*, HSE, Londres.

Lamont, D. (2002). Keynote Lecture - Overview of health and Safety in Tunnel Construction. *World Tunneling Congress 2002*, Sidney.

Stipek, W. e Galler, R. (2012). *50 years of NATM-experience reports*, ITA, Áustria.

Tender, M. e Couto, J. (2015). Prevention in underground construction with Sequential Excavation Method. *Occupation Safety and Hygiene III*, pp. 421-424. Taylor & Francis. Londres

Velasco, J. e Herrero, T. (2010). Metodología de diseño, observación y cálculo de redes geodésicas exteriores para túneles de gran longitud. *Informes de la Construcción*, Vol. 66, pp. 010.

Vogel, M. e Kunz-Vondracek, I. (2013). Safety and health in long deep tunneling-lessons learned in Swiss transalpine tunnel projects. *World Tunnel Congress 2013*, Genebra.

# **Túnel de Águas Santas - interação ACT / empreiteiro**

*Fátima Moreira<sup>1</sup>, Andreia Silva<sup>2</sup>*

[1] Inspetora, ACT

[2] Gestora de Segurança, Consórcio RRC/Conduril/ECAC

## **1. INTRODUÇÃO**

No presente artigo são apresentados em resumo, os procedimentos da gestão da segurança inerentes à execução dos trabalhos de escavação e suporte primário do novo túnel de águas santas, maciço ZG1 / ZG2, da Empreitada de Conceção / Construção do Novo Túnel de Águas Santas, no sublanço Águas Santas / Ermesinde.

## **2. ENQUADRAMENTO DA OBRA**

A obra de construção do novo Túnel de Águas Santas situa-se na Autoestrada A4, no sentido Amarante – Porto, está a cargo do Consórcio Ramalho Rosa Cobetar, Conduril e Amândio de Carvalho, tendo um prazo de execução de 22 meses.

Trata-se de um túnel urbano com riscos geotécnicos acrescidos, associada à fenomenologia envolvente dos túneis rodoviários adjacentes e pela zona habitacional onde se encontra inserido.

O túnel, na fase de utilização, terá um *gabarit* rodoviário, de 16,65 x 5,25 (L x H), uma extensão de 350 m e permitirá albergar 4 vias com 3,5 m, berma direita com 2,0 m e berma esquerda com 0,65 m.

## **3. CARACTERÍSTICAS DA OBRA**

### **3.1. Aspetos geológico-geotécnicos**

O túnel de Águas Santas localiza-se exclusivamente em terrenos do denominado “Granito do Porto”. Trata-se de um maciço de idade hercínica, constituído por um granito alcalino, leucocrata, de grão essencialmente médio a grosseiro, de duas micas, apresentando textura não porfiróide.

Foram definidas essencialmente 3 zonas geotécnicas, ZG3, ZG2 e ZG1.

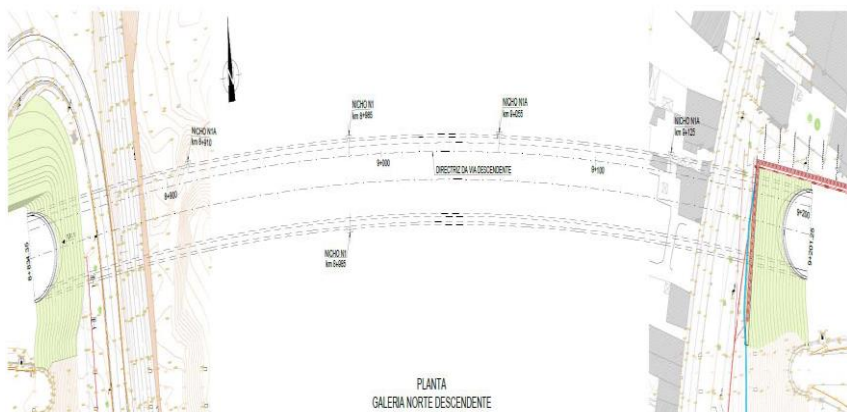


Figura 3 – Planta do novo Túnel de Águas Santas (Fonte: Projeto de construção)

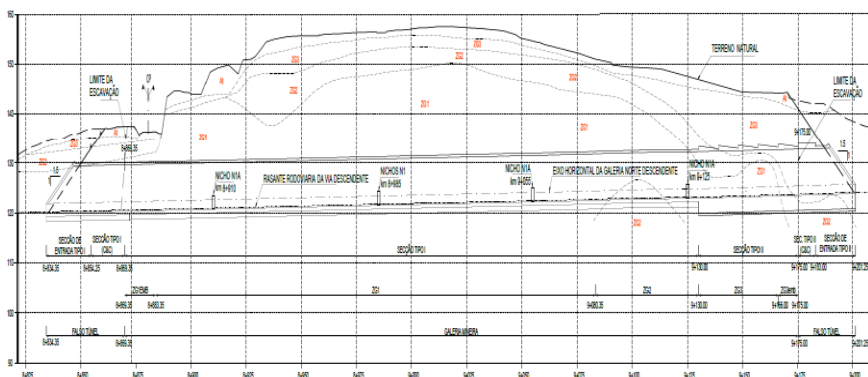


Figura 4 – Perfil longitudinal geológico – geotécnico (Fonte: Projeto de construção)

### 3.2. Principais Condicionaismos

- Infraestruturas existentes
- Rede Rodoviária (Autoestrada A4 e estradas municipais)
- Rede Ferroviária (Linha de concordância de S. Gemil.

### 3.3. Mão-de-Obra

Cada equipa de trabalho é devidamente planeada pela Direção de Obra em função do trabalho a realizar, estando presentes nesta atividade as seguintes categorias profissionais:



Tabela 4 – Mão-de-obra

<b>ENGENHEIROS</b>	<b>ENCARREGADO / CHEFE DE</b>
<b>MECÂNICO</b>	<b>TÉCNICOS DE SEGURANÇA</b>
<b>MANOBRADORES</b>	<b>TOPOGRAFO E PORTA MIRAS</b>
<b>TÉCNICO DE INSTRUMENTAÇÃO</b>	<b>GEÓLOGO</b>
<b>OPERADOR DE EXPLOSIVOS</b>	<b>SERVENTES</b>

### 3.4. Equipamentos

Na execução desta atividade estão envolvidos os seguintes tipos de equipamentos:

Tabela 5 – Equipamentos

<b>JUMBO DE FURAÇÃO E ROCK</b>	<b>ACESSÓRIOS DE FURAÇÃO</b>
<b>MULTIFUNÇÕES + CESTA</b>	ROBOT PARA BETÃO PROJETADO
<b>CAMião GRUA</b>	EQUIPAMENTO TOPOGRÁFICO
<b>GIRATÓRIA COM MARTELO</b>	RETROESCAVADORA COM
<b>COMPRESSOR</b>	CENTRAL DE INJEÇÃO
<b>BOMBA SWELLEX</b>	PÁ CARREGADORA
<b>GERADOR</b>	PEQUENAS FERRAMENTAS
<b>CAMião</b>	CONSOLA PARA DETONAÇÃO DA

## 4. DESCRIÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO NO ÂMBITO DA SEGURANÇA

A execução do túnel em ZG1 / ZG2 contempla duas fases principais distintas, a escavação da calote superior na totalidade do seu comprimento, 250 m, e posteriormente a escavação da destroça.

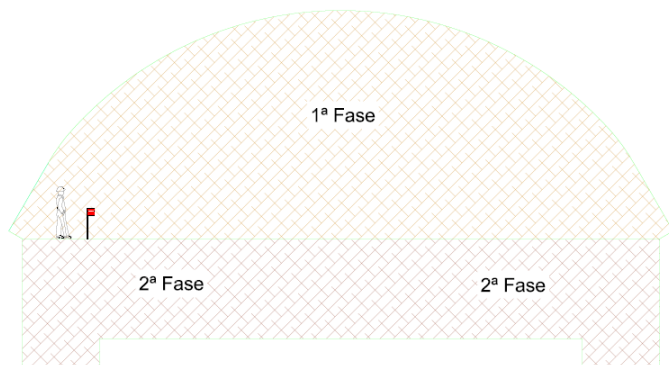


Figura 5 – Faseamento da escavação geral ZG1 / ZG2 (Fonte: Consórcio)



Figura 6 – Escavação do rebaixo em toda a largura do túnel (aprox. 20m)  
(Fonte: Consórcio)

Durante a escavação do túnel foi criado um corredor de circulação pedonal do lado esquerdo do hasteal, este caminho está delimitado / sinalizado com balizas de alinhamento, com afastamento entre si não superior a 2 m e, sinal de informação de “CAMINHO DE CIRCULAÇÃO PEDONAL” afixado junto da entrada do túnel.



Figura 7 – Corredor de circulação pedonal (Fonte: Consórcio)

Todos os trabalhos com risco de queda em altura são realizados com recurso a multifunções com plataforma elevatória acoplada, no cumprimento do DL 103/2008 de 24 de Junho. A sua utilização é feita sobre piso nivelado e com competência para a sua estabilização.

#### 4.1. Escavação com recurso a meios mecânicos

Em zonas de material brando utiliza-se uma giratória munida com balde, *ripoer* e/ou martelo demolidor. Os avanços são definidos de acordo com o estabelecido no projeto de execução, aferidos pela equipa de geologia em estreita articulação com a equipa de Fiscalização.

O escombro é carregado com auxílio da pá carregadora para os camiões, os quais transportam o material para o destino final autorizado.

Os equipamentos automotores que laboram no interior do túnel possuem catalisador, FOPS e complementarmente grelha frontal de proteção contra projeção de material homologada.

O saneamento e o reperfilamento da frente de escavação nestes casos, é garantido com a própria forma de escavação, uma vez que o contorno terá de estar estável e geometricamente correto, antes da aplicação do suporte primário.

Não é permitido a permanência de trabalhadores na zona de risco de queda de blocos, exceto os responsáveis pela frente (Encarregado, Geólogo, Responsáveis de Produção) que têm de se deslocar à frente de escavação para verificar as medidas/estabilidade da escavação e dar indicações ao operador da máquina de saneamento (giratória).

Nenhum trabalhador pode estar no raio de ação dos equipamentos em laboração, no entanto, quando surge a necessidade se deslocar para o raio de ação dos equipamentos, este faz-se anunciar aos manobreadores e só avança quando tem a certeza que foi avistado, e só quando os equipamentos se imobilizam.

#### **4.2. Escavação com explosivos**

A execução do túnel caracteriza-se por uma sequência de operações que visam a escavação com meios mecânicos e explosivos.

A sequência de escavação com recurso a explosivos é composta pelas seguintes operações:

- [1] Marcação da pega
- [2] Perfuração
- [3] Carregamento dos furos
- [4] Detonação dos furos
- [5] Ventilação de zona escavada
- [6] Remoção de escombros para vazadouro
- [7] Saneamento, mecânico e/ou manual
- [8] Suporte primário

#### **Marcação da pega**

A marcação da furação é feita com apoio de um laser instalado no hasteal do túnel que dará o alinhamento ao Jumbo, sendo a pega programada no computador do equipamento. Desta forma consegue-se uma maior rapidez na marcação sem exposição de trabalhadores

ao risco de queda em altura.

## Perfuração

A perfuração consiste na abertura dos furos para posterior colocação do explosivo e é realizada com um Jumbo de três braços da marca a Atlas Copco Roket Boomer XL3C.

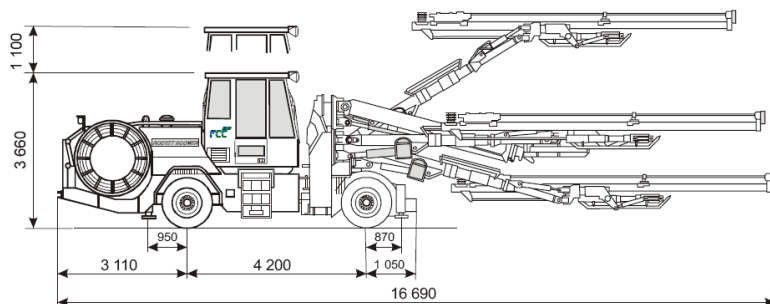


Figura 6 – Jumbo de três braços (Fonte: Manual do equipamento FCC)

O diagrama de fogo é ajustado durante o decorrer da obra, em função dos resultados dos ensaios, estudos de vibrações e tendo em conta o comportamento do maciço rochoso.

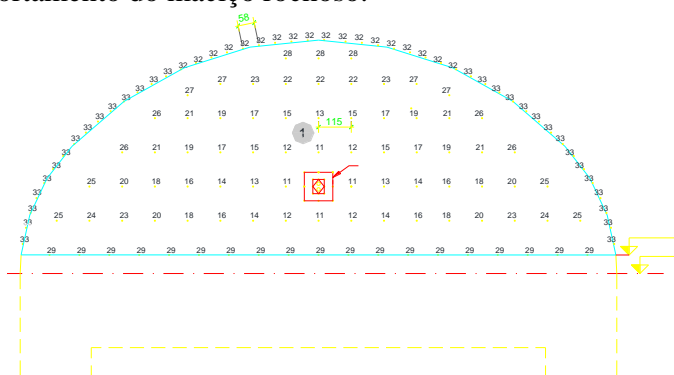


Figura 7 – Plano de fogo ZG1 – Calote superior (Fonte: Consórcio)

## Emprego de explosivos

Com base no Plano de Fogo específico é efetuada a requisição de material necessário.

O transporte dos explosivos é realizado diariamente para a obra pela empresa fornecedora, de acordo com as normas de segurança e

legislação vigente. Sempre que existem sobras diárias de explosivos, estas serão retomadas à fábrica antes do final do dia pelo fornecedor de explosivos, não sendo autorizado o armazenamento de explosivos no estaleiro.

Na seleção do explosivo e acessórios foram tidos em consideração o tipo de maciço, a proximidade de infraestruturas existentes e vibrações, tendo-se selecionado explosivo do tipo emulsão encartuchada Gemulit, cordão detonante apenas para os tiros de contorno e detonadores eletrónicos e não elétricos.

Durante a manipulação de produtos explosivos não será permitido fumar ou foguear.

Todas as tarefas associadas ao manuseamento de explosivos são realizadas por trabalhadores portadores de cédula de operador de explosivos.

Previamente à aplicação de explosivos, a frente de trabalhos é alvo da implementação de delimitação e sinalização informando do risco de explosão e interditando a zona a pessoas não autorizadas.

### **Ligação dos detonadores e detonação dos furos carregados**

A ligação dos detonadores será realizada apenas pelo técnico responsável pela pega de fogo, o mais próximo possível da hora de detonação.

#### Medidas que antecedem a detonação:

Suspensão temporária da via férrea;

Colocação da tela de proteção frontal do túnel;

Plano operacional de corte da A4;

Avisos sonoros;

Perímetro de segurança de trabalhadores e equipamentos;

Corte da estrada municipal circundante.



Figura 8 - Utilização de sistema anti-queda do tipo retrátil (JRG e arnês de segurança) para auxílio na colocação das telas de proteção do túnel (Fonte: Consórcio)

### **Ventilação e inspeção pós detonação**

Após a detonação, o ventilador, é ligado de forma a renovar o ar e fazer com que as poeiras resultantes da detonação sejam expelidas para o exterior.

Decorrido o tempo de ventilação estimado, para que o ar no interior do túnel seja respirável, o técnico responsável pelas pegas de fogo dá entrada no túnel para aferir visualmente da existência ou não de tiros falhados.

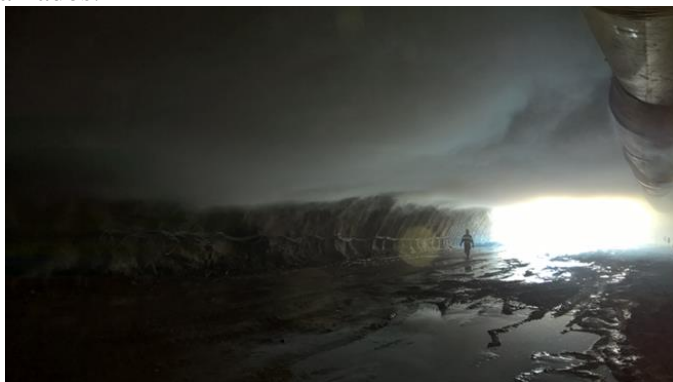


Figura 9 - Ventilação do túnel após detonação da pega de fogo (Fonte: Consórcio)

### **Remoção de escombros para vazadouro**

O escombro será carregado com auxílio da giratória de rastos e/ou pá carregadora para os caminhões, os quais transportam o material para o destino final autorizado. Os caminhões dentro do túnel circularão sempre de frente realizando a inversão de marcha junto da zona de trabalhos.



Figura 10 - Atividade de remoção de escombro (Fonte: Consórcio)

### **Saneamento, mecânico ou manual**

É feita uma inspeção visual da frente a sanear, para verificar as necessidades de reperfilamento da frente e identificação de zonas estáveis e instáveis com o risco de queda de blocos. O saneamento da abóbada e hasteias é exclusivamente mecânico, com recurso a giratória com martelo. A cabine da giratória estará sempre posicionada por baixo da zona “segura”, com suporte primário, em que apenas o seu braço se encontrará sob a zona a reperfilhar /sanear.



Figura 11 – Saneamento mecânico (Fonte: Consórcio)

## Suporte primário

O suporte primário é constituído por: aplicação de betão projetado, execução de swellex e colocação de cambotas.



Figura 82 – Aplicação de betão projetado (Fonte: Consórcio)



Figura 93 – Execução de Swellex (Fonte: Consórcio)



Figura 104 – Colocação de cambota (Fonte: Consórcio)

## 5. CONTROLO DE ACESSOS AO INTERIOR DO TÚNEL

Com o objetivo de garantir o efetivo controlo de entradas e saídas do túnel, junto da entrada do túnel foi colocado um placard dividido em duas secções: “FORA” e “DENTRO” com suporte para a colocação do cartão de identificação de cada trabalhador (figura seguinte).

Antes de entrar no túnel, o trabalhador retira seu cartão de identificação da zona de “FORA” e coloca-o na zona de “DENTRO”. Ao sair do túnel fará o processo inverso.



Figura 15 – Placard colocado junto da entrada do túnel para controlo de acessos



## 6. ANÁLISE E HIERARQUIZAÇÃO DOS RISCOS

A avaliação de riscos foi efetuada utilizando o método de William Fine definido no DEPSS.

Foi efetuada uma avaliação de riscos na origem antes da implementação das medidas preventivas, tendo sido posteriormente efetuada a reavaliação dos Riscos com Classificação Alto, Muito Alto, tendo o resultado da nova avaliação de riscos sido alterada para valores aceitáveis conforme seguidamente se apresenta:

Tabela 6 – Avaliação de riscos tendo em conta as medidas de segurança

ACTIVIDADE: ESCAVAÇÃO E SUPORTE PRIMÁRIO		AVALIAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS RISCOS PARA A FASE DE OBRA TENDO EM CONTA AS MEDIDAS DE SEGURANÇA PRECONIZADAS				
IDENTIFICAÇÃO DA ACTIVIDADE	IDENTIFICAÇÃO DO RISCO	Gravidade	Exposição	Probabilidade	Grau de Perigosidade	Classificação
Escavação com meios mecânicos	ATROPELAMENTO	25	6	0,5	75	Baixo
	CAPOTAMENTO DE EQUIPAMENTOS	25	6	0,5	75	Baixo
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	10	0,5	5	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	QUEDA DE OBJECTOS POR DESABAMENTO OU DESMORONAMENTO	15	6	0,5	45	Baixo
	INALAÇÃO DE POEIRAS	1	6	0,5	3	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	10	0,5	75	Baixo
Marcação topográfica com multifunções	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
	ATROPELAMENTO	50	6	0,5	150	Médio
	CAPOTAMENTO DE EQUIPAMENTOS	25	6	0,5	75	Baixo
	ENTALÃO OU ESMAGAMENTO POR OU ENTRE OBJECTOS	15	3	0,5	22,5	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
Perfuração	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	10	0,5	125	Médio
	ATROPELAMENTO	25	6	0,5	75	Baixo
	ELECTROCUSSÃO	25	6	0,5	75	Baixo
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	6	0,5	3	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	PANCADAS E CORTES : OBJECTOS OU FERRAMENTAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	1	6	3	18	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	6	0,5	45	Baixo
	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	3	0,5	7,5	Baixo
Preparação de cargas explosivas, carregamento, ligação dos detonadores e detonação	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
	EXPLOÇÃO	50	10	0,1	50	Baixo
	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	10	0,1	5	Baixo

ACTIVIDADE: ESCAVAÇÃO E SUPORTE PRIMÁRIO		AVALIAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS RISCOS PARA A FASE DE OBRA TENDO EM CONTA AS MEDIDAS DE SEGURANÇA PRECONIZADAS				
IDENTIFICAÇÃO DA ACTIVIDADE	IDENTIFICAÇÃO DO RISCO	Gravidade	Exposição	Probabilidade	Grau de Perigosidade	Classificação
Colocação e remoção da cortina de proteção	ATROPELAMENTO	50	6	0,5	150	Médio
	ENTALÃO OU ESMAGAMENTO POR OU ENTRE OBJECTOS	15	6	0,5	45	Baixo
	ENVENENAMENTOS OU INTOXICAÇÕES	15	6	1,5	135	Médio
	QUEDA DE OBJECTOS/ MATERIAIS EM MANIPULAÇÃO	25	6	0,5	75	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	6	0,5	75	Baixo
Ventilação, inspecção carregamento de escombros	ATROPELAMENTO	25	3	0,5	37,5	Baixo
	ENTALÃO OU ESMAGAMENTO POR OU ENTRE OBJECTOS	15	3	0,5	22,5	Baixo
	INALAÇÃO DE POEIRAS	1	6	0,5	3	Baixo
	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
Saneamento mecânico ou manual	ATROPELAMENTO	50	6	0,5	150	Médio
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	6	0,5	3	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	QUEDA DE OBJECTOS DESPRENDIDOS	15	6	0,5	45	Baixo
	INALAÇÃO DE POEIRAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	5	3	0,5	7,5	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	3	0,5	37,5	Baixo
	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
Aplicação de betão projetado	ATROPELAMENTO	25	3	0,5	37,5	Baixo
	ENVENENAMENTOS OU INTOXICAÇÕES	5	3	0,5	7,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	QUEIMADURAS POR CONTACTO C/ SUB. QUÍMICAS	1	2	0,5	1	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	10	0,5	75	Baixo
	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
Execução de pregagens swellex (perfuração, colocação do swellex e ensaio de arrancamento)	ATROPELAMENTO	25	3	0,5	37,5	Baixo
	ELECTROCUSSÃO	25	6	0,5	75	Baixo
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	6	0,5	3	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	PANICADAS E CORTES: OBJECTOS OU FERRAMENTAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	1	6	3	18	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	6	0,5	45	Baixo
	QUEDA DE OBJECTOS/ MATERIAIS EM MANIPULAÇÃO	15	3	0,5	22,5	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	6	0,5	75	Baixo
	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	3	0,5	7,5	Baixo
	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo

ACTIVIDADE: ESCAVAÇÃO E SUPORTE PRIMÁRIO		AVALIAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS RISCOS PARA A FASE DE OBRA TENDO EM CONTA AS MEDIDAS DE SEGURANÇA PRECONIZADAS				
IDENTIFICAÇÃO DA ACTIVIDADE	IDENTIFICAÇÃO DO RISCO	Gravidade	Exposição	Probabilidade	Grau de Perigosidade	Classificação
Execução de micro-estacas de chapéu e pé das cambotas (perfuração, colocação do tubo de aço e injeção de calda)	ATROPELAMENTO	25	3	0,5	37,5	Baixo
	ELECTROCUSSÃO	25	3	0,5	37,5	Baixo
	ENTALÃO OU ESMAGAMENTO POR OU ENTRE OBJECTOS	15	6	0,5	45	Baixo
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	6	0,5	3	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	INALAÇÃO DE POEIRAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PANÇADAS E CORTES : OBJECTOS OU FERRAMENTAS	15	3	0,5	22,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	1	6	3	18	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	6	0,5	75	Baixo
	QUEDA DE OBJECTOS/ MATERIAIS EM MANIPULAÇÃO	15	3	0,5	22,5	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	6	0,5	45	Baixo
	QUEIMADURAS POR CONTACTO C/ SUB. QUÍMICAS	1	6	1,5	9	Baixo
Colocação de cambotas	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	3	0,5	7,5	Baixo
	ATROPELAMENTO	50	3	0,5	75	Baixo
	ELECTROCUSSÃO	25	6	0,5	75	Baixo
	ENTALÃO OU ESMAGAMENTO POR OU ENTRE OBJECTOS	15	6	0,5	45	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	PANÇADAS E CORTES : OBJECTOS OU FERRAMENTAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	5	6	3	90	Médio
	QUEDA DE OBJECTOS/ MATERIAIS EM MANIPULAÇÃO	15	3	0,5	22,5	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	6	0,5	75	Baixo
	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	3	0,5	7,5	Baixo
Execução de geodrenos (furação e colocação de drenos)	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo
	ATROPELAMENTO	50	3	0,5	75	Baixo
	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	1	6	0,5	3	Baixo
	INCÊNDIO	15	6	0,5	45	Baixo
	INALAÇÃO DE POEIRAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PANÇADAS E CORTES : OBJECTOS OU FERRAMENTAS	1	3	0,5	1,5	Baixo
	PROJECCÃO DE FRAGMENTOS OU PARTÍCULAS	1	6	3	18	Baixo
	QUEDA DE PESSOAS EM ALTURA > 2m	25	6	0,5	75	Baixo
	QUEDA DE OBJECTOS/ MATERIAIS EM MANIPULAÇÃO	15	3	0,5	22,5	Baixo
	ROTURA DE MANGUEIRAS / COMPONENTES DO EQ.	15	6	0,5	45	Baixo
	SOBRE-ESFORÇOS FÍSICOS	5	3	0,5	7,5	Baixo
	SOTERRAMENTO	50	10	0,1	50	Baixo

## 7. MEDIDAS DE PREVENÇÃO DESTINADAS AO CONTROLO DO RISCO

Tabela 7 – Equipamentos de proteção coletiva

<b>PROTECÇÃO COLECTIVA</b>	<b>RISCOS</b>	<b>LOCAIS DE APLICAÇÃO</b>
Sinalização temporária	Atropelamento	Vias rodoviárias ativas
Proteção plástica para varões de aço (cogumelos)	Corte e perfuração	Extremidades dos varões de aço
Disjuntor diferencial de alta sensibilidade, inferior a 30mA	Eletrização	Geradores e qualquer instalação elétrica
Guarda-corpos	Queda em altura Queda ao mesmo nível	Extremidades dos taludes com inclinações $>30^\circ$ ou altura $\geq 2\text{m}$ , onde existam trabalhadores;
Dispositivos de sinalização do tipo ET4	Capotamento de equipamentos	Afastados da bordadura dos taludes de 1 m e entre si de 2m.
Proteções nos taludes da zona dos emboquilhamentos do túnel norte	Risco de queda de materiais sobre o emboquilhamento do túnel norte existente	Risco de queda de materiais sobre o emboquilhamento do túnel norte existente
Sinalização c/ ET4 afastados entre si de 2 m	Atropelamento Esmagamento	Caminhos de circulação pedonal
Sinalização acústica (marcha-atrás,acionamento da pega de fogo) e luminosa	Atropelamento Colisão, explosão, projeção material	Equipamentos automotores No exterior do túnel
Cortina de proteção do túnel	Projeção de material	Na boca do túnel
Extintor de pó químico	Incêndio	Máquinas, quadros elétricos e interior do túnel de 50 em 50 m

Tabela 8 – Equipamentos de proteção individual de uso eventual (E) ou permanente (P)

Tarefas	EPI			
	Perfuração	Fabrico e injeção de calda	Micro-estacas	Marcação da pega
	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	E	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	<b>P</b>			E
		<b>P</b>		
	E		E	
		<b>P</b>		
	E	E		
		<b>P</b>		<b>P</b>
			E	



## **REFERÊNCIAS**

Consortio (2016), Desenvolvimento do Plano de Segurança e Saúde da Obra;

GEODATA (2015), Projeto de execução da empreitada.

# **Explosivos e detonadores – o estado da arte**

*Pedro Bernardo<sup>1</sup>*

[1] Diretor Técnico, ORICA

## **1. INTRODUÇÃO**

É objetivo deste artigo fornecer um conjunto de definições e procedimentos conducentes à boa execução técnica de diagramas de fogo, para escavação de maciços rochosos.

Torna-se importante procurar uma definição concisa e abrangente para o conceito de “diagrama de fogo”. Assim, pode dizer-se que o conceito de “diagrama de fogo” é entendido como o conjunto de trabalhos a realizar nas frentes de desmonte, com o intuito de proceder à escavação de uma rocha dura (a que não permite, em tempo útil e a custo aceitável, o desmonte mecânico), e compreende o conjunto de furos apropriadamente dispostos no volume a desmontar, preenchidos com determinados tipos e quantidades de explosivo de desmonte, e com uma adequada sequência de disparo (em que se enquadram os sistemas de iniciação), dimensionada para funcionar como um conjunto, visando as desejadas otimizações a nível da fragmentação ou da redução de vibrações decorrentes do desmonte.

## **2. ANÁLISE COMPARATIVA DAS SUBSTÂNCIAS EXPLOSIVAS**

A fragmentação de rochas com recurso a explosivos é praticada desde o século XVII, quando a pólvora começou a ser utilizada em minas, tornando-se rapidamente num dos métodos mais usados. A pólvora ordinária, ou pólvora negra, conserva, ainda, sensivelmente, a mesma composição da data em que começou a ser utilizada, ou seja, uma mistura de carvão de madeira, enxofre e nitrato de potássio, finamente moídos.

A primeira revolução deu-se em 1846, quando Sobrero descobriu a nitroglicerina, que consiste numa mistura de glicerina e glicol com uma mistura de ácidos, durante a qual a temperatura deve ser cuidadosamente controlada. Em termos físicos, trata-se de um líquido viscoso que congela num explosivo sólido muito sensível a



13,2°C, sendo, em ambos os estados da matéria, demasiado sensível para ser manuseado. Mais tarde, em 1875, Alfred Nobel desenvolveu a utilização da nitroglicerina à escala comercial, com a invenção da dinamite, o que veio expandir a aplicação dos explosivos nos desmontes.

Os explosivos são caracterizados por diversas propriedades que determinam as suas aplicações em Engenharia, sendo essencial caracterizá-los de modo quantitativo para executar adequadamente a escavação dos maciços rochosos. As propriedades mais importantes dos explosivos são: energia específica, velocidade de detonação, densidade, resistência à água, tipo de gases, pressão de detonação, sensibilidade ao detonador, entre outras. A investigação tem sido orientada no sentido de se obterem misturas explosivas cada vez mais seguras e estáveis, que libertem mais energia, para uma grande variedade de utilizações, na minimização de custos e no controle dos efeitos ambientais provocados pelos ruídos e movimentos dos terrenos.

Do ponto de vista de aplicação industrial, uma das propriedades mais importantes dos explosivos é a energia disponível para produzir efeitos mecânicos, erradamente designada por “força” ou potência”. A energia total libertada por um explosivo pode ser dividida em duas componentes: a energia da onda de choque (designada por fase dinâmica) e a energia dos gases em expansão (designada por fase quase-estática). A componente de choque da energia é produzida pela elevada pressão da frente de detonação, à medida que esta progride ao longo da carga explosiva e se transmite para o maciço através das paredes do furo. A sua magnitude é proporcional à densidade da carga explosiva e à velocidade de detonação. Esta componente é a que primeiro contribui para a rotura do maciço. A energia dos gases é a outra componente da energia total libertada, definindo-se como a energia a alta pressão e temperatura existente após a passagem da onda de choque. Esta componente exerce também uma forte pressão nas paredes do furo, já fraturado pela ação da onda de choque, originando o deslocamento do material rochoso. Para obter bons resultados de fragmentação e combinar adequadamente os explosivos (cargas de fundo e de coluna), a rocha em presença e a geometria do diagrama,

é importante conhecer: o processo de rotura da rocha, a composição da energia do explosivo (energia de choque / energia de deslocamento) e a interação explosivo-rocha.

Quando um explosivo detona, é libertada, de um modo instantâneo, uma intensa pressão, sob a forma de onda de choque, que se faz sentir em todos os locais circundantes. A pressão de detonação define-se como a máxima pressão teórica existente na zona de reação, medida no plano Chapman-Jouget (plano C-J), plano onde a reação química é completa, assumindo-se uma detonação ideal. A equação que define este parâmetro é:

$$P_d = (\rho_e \times V_d^2) / 4$$

em que:  $P_d$  – pressão de detonação (Pa),  $\rho_e$  – massa específica do explosivo ( $\text{kg/m}^3$ ) e  $V_d$  – velocidade de detonação (m/s).

A sensibilidade de um explosivo, definida como a apetência deste em ser iniciado, pode ser vista em termos de sensibilidade do explosivo a detonações acidentais e facilidade com que este pode ser detonado intencionalmente. A realização de testes de sensibilidade, à fricção (teste do pêndulo), ao impacto (queda de uma massa normalizada sobre o explosivo) e ao calor, permite determinar a apetência à iniciação por meio acidental e, assim, conhecer o grau de segurança no manuseamento do mesmo. A segurança no manuseamento é bastante importante, sendo um requisito obrigatório para qualquer explosivo, para que este possa ser transportado, armazenado e manuseado em condições normais, sem qualquer risco para o operador, ou pessoas próximas.

A resistência de um explosivo à água é determinada pela capacidade que um explosivo tem em se manter inalterável quando exposto à água, sem que se manifestem perdas de potência ou de capacidade de detonação. A resistência varia bastante com a composição do explosivo, sendo geralmente expressa em termos de número de horas a que pode estar submerso em água e detonar com segurança. Os explosivos têm diferentes aptidões de resistir à penetração da água.

## **Tipos de explosivos**

Os explosivos podem ser classificados como deflagrantes ou detonantes (dividindo-se estes últimos em primários e secundários):

-Os explosivos deflagrantes (as pólvoras) foram os primeiros a serem desenvolvidos, sendo caracterizados por a detonação se dar por meio de uma combustão dos seus constituintes, que, embora aparentemente muito rápida, se processa a uma velocidade inferior à velocidade de propagação da onda no meio em análise (o próprio explosivo).

-Os explosivos detonantes, dependendo da sua composição, decompõem-se a velocidades bem superiores, entre 2000 a 7000 m/s, produzindo um grande volume de gases, a temperaturas elevadas e pressões extremamente elevadas. Este tipo de explosivos pode ser dividido em primários ou secundários, consoante a sua aptidão ao uso industrial.

Os explosivos primários são caracterizados pela sua sensibilidade ao choque, faísca ou chama, que podem originar a detonação do explosivo. Este tipo de explosivos, como o fulminato de mercúrio, é utilizado como cargas iniciadoras em dispositivos como os detonadores.

Os explosivos secundários detonam apenas quando submetidos a uma onda de choque, normalmente criada pela detonação de um explosivo primário. Exemplos deste tipo são os explosivos militares, como o TNT (Tri-Nitro-Tolueno), e explosivos industriais, como as gelatinas e algumas emulsões. Alguns tipos de explosivos, denominados agentes explosivos, necessitam de outro explosivo detonante para serem iniciados, como é o caso do ANFO e algumas emulsões.

Quanto à composição química que caracteriza os explosivos industriais, podemos hoje encontrar no mercado fundamentalmente 3 classes: explosivos gelatinosos, granulados e emulsões.

Os explosivos gelatinosos caracterizam-se essencialmente por terem como base a Nitroglicerina. Normalmente têm altas velocidades de detonação, densidades e resistência à água. Geraem baixos volumes de gases. Apresentam elevada sensibilidade e podem tornar-se perigosos com o tempo de armazenamento, devido ao fenómeno da exsudação.

Os explosivos granulados, de entre os quais se destaca o ANFO, que consiste numa mistura de nitrato de amónio (NA – também utilizado como fertilizante) com hidrocarbonetos líquidos (nomeadamente gasóleo - FO), numa relação de peso de aproximadamente 94/6 (embora a energia máxima seja obtida quando o gasóleo representa 5,5% do peso total). Quando é adicionado gasóleo em excesso, a energia decresce, formando-se monóxido de carbono (CO). Quando a quantidade é reduzida, a energia também decai, formando-se vários óxidos de nitrato (NOx). Já foi o explosivo mais comum, dado o seu baixo custo e simplicidade de obtenção. Inicialmente ensaiados a céu aberto, rapidamente estenderam o seu campo de aplicação às minas subterrâneas, com resultados satisfatórios, embora possam fácil e significativamente degradar a qualidade do ambiente subterrâneo e das águas do maciço com que contactam. A massa específica do ANFO a granel é da ordem dos 0,80 g/cm<sup>3</sup>, dado o volume de vazios existente entre os grãos, mas a massa específica dentro do furo pode variar entre 0,85 e 1 g/cm<sup>3</sup> (diâmetro crítico entre os 50 e os 100 mm, depende da densidade de carregamento). A velocidade de detonação e energia específica aumentam com o grau de confinamento da carga. O ANFO pode atingir uma velocidade de detonação superior a 3500 m/s quando usado em furos de grande diâmetro. No entanto, a energia específica não aumenta com o diâmetro do furo, pois a sensibilidade de iniciação do ANFO decresce com o aumento do diâmetro do furo. Apresenta grandes limitações no que concerne à presença de água, podendo contudo ser utilizado embalado em cartuchos impermeáveis (aumentando assim o seu custo). Estas misturas atuam como explosivos detonantes, com um custo inferior ao dos gelatinosos, mas tendem a ser substituídos pelas emulsões.

Os constantes desenvolvimentos na produção de explosivos culminaram, no final do século passado, com o aparecimento das emulsões explosivas. Estas têm-se desenvolvido significativamente, designadamente quanto a três propriedades importantes: a segurança que proporcionam, a energia específica e a resistência à água. As emulsões são um sistema bifásico onde a fase interna ou dispersa, constituída por pequenas gotas de nitrato de amónio, se encontra dispersa numa fase exterior ou contínua,

gasóleo, por intermédio da ação de agentes emulsionantes. A boa mistura entre a fase oxidante e a fase oleosa resulta numa maior eficiência de reação quando comparado com outros sistemas. A estabilidade da estrutura água/óleo depende do emulsionante e a sua sensibilidade da quantidade de ar através ou das microesferas adicionadas para garantir a estabilidade adequada. A redução da dimensão destas partículas é importante, pois um maior contacto entre o oxidante e o combustível resulta num aumento do grau e eficiência das reações, obtendo-se maiores velocidades de detonação. As emulsões apresentam algumas vantagens, resumidas em seguida: baixo custo, excelente resistência à água; possibilidade de obter produtos com densidades entre 0,9 e 1,45, elevadas velocidades de detonação (entre 4500 e 6000 m/s - não variando significativamente com o diâmetro da carga), elevada segurança na produção e manuseamento, possibilidade de realizar carregamentos mecânicos e misturas com o ANFO. Como desvantagens, podem referir-se: a precisão necessária para a sua preparação, a sua alterabilidade a baixas temperaturas, a contaminação em carregamentos a granel ou quando o seu tempo de transporte ou armazenamento é elevado.

### **Seleção do explosivo**

No passado, apenas um reduzido número de produtos explosivos e com propriedades muito similares, se encontravam disponíveis para as aplicações de engenharia, visando a realização de desmontes de maciços rochosos. Atualmente, com a evolução considerável das técnicas de iniciação e tempos disponíveis, associada à criação de inúmeros explosivos, existe a possibilidade de utilizar vários tipos no mesmo furo, variando por conseguinte as propriedades ao longo do furo, e detoná-los em tempos precisos. Assim, hoje existem inúmeras possibilidades ao dispor, sendo um desafio a eficiência das soluções técnicas que sejam simultaneamente seguras, económicas e ambientalmente aceitáveis.

Ao pretender escolher um determinado explosivo, para uma dada rocha, muitas serão as considerações a fazer, baseadas quer nas propriedades do explosivo, quer nas características do maciço

rochoso que se pretende desmontar, no sentido de o adequar à aplicação em causa.

Dado existirem diferentes tipos de explosivos disponíveis no mercado, é importante compará-los, de modo a que a sua seleção, qualitativa e quantitativa, seja feita com base na sua aptidão para atingir os objetivos delineados. Os explosivos pertencem ao grupo de fatores que podem ser controlados no dimensionamento de uma operação de desmonte, podendo determinar o sucesso ou insucesso da operação. Resumidamente, apresentam-se os fatores a considerar no processo de seleção de um dado explosivo, que podem ser divididos em seis grupos:

- Fatores económicos (custo do explosivo, custo de perfuração, custo de fragmentação secundária, transporte e britagem)

- Características da rocha e maciço rochoso (propriedades geomecânicas da rocha, grau de fracturação do maciço)

- Tipo de explosivo (magnitude e modo de libertação de energia, impedância característica, sensibilidade e condições de armazenamento)

- Condições existentes (diâmetro de carga, presença de água, temperatura da rocha no furo)

- Resultados pretendidos (grau de fragmentação a obter, volume de rocha a desmontar)

- Restrições ambientais (vibrações do terreno, onda sonora, projeção de blocos, contaminantes (físicos – poeiras e químicos – gases, com particular interesse: tóxicos e/ou inflamáveis), sobrefraturação do maciço remanescente)

O custo do explosivo é um critério importante, devendo-se escolher o explosivo mais barato, desde que este garanta a realização das operações dentro dos resultados pretendidos, quer do ponto de vista técnico quer ambiental. Mas o processo de seleção do tipo de explosivo para determinado desmonte não deve ser visto apenas do ponto de vista económico. Muitas vezes, o explosivo mais barato não é o que conduz a resultados de desmontes mais económicos. À partida, o ANFO é sempre uma opção interessante, dado o seu baixo custo e simplicidade de obtenção, mas oferece uma resistência à água quase nula.

Do ponto de vista técnico, deverá ser escolhido o explosivo do qual resulte o melhor encontro de impedâncias (*impedance matching*). Isto é, o explosivo comercial que apresentar a impedância (produto da velocidade de detonação pela densidade do explosivo) mais próxima da impedância da rocha (produto da velocidade de propagação de ondas sísmicas pela densidade da rocha), de modo a reduzir a influência da interface explosivo/rocha e assim tirar o máximo partido da energia do produto explosivo empregue. Os explosivos gelatinosos, caracterizados por apresentarem as maiores densidades e velocidades de detonação, apresentam impedâncias típicas mais elevadas. As emulsões têm impedâncias típicas ligeiramente inferiores, mas facilmente adaptáveis, nomeadamente através das misturas entre cargas de fundo e de coluna.

### **3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE INICIAÇÃO**

Os sistemas de iniciação incluem os detonadores, e podem classificar-se, em linhas muito gerais, por: pirotécnicos (em desuso, compreendendo o conjunto detonador e rastilho), elétricos (instantâneos, microrretardados ou retardados), não-elétricos (que compreendem, geralmente, o conjunto detonador e ligador de superfície) ou eletrónicos (só recentemente disponibilizados, mas agora ao alcance de qualquer trabalho de escavação).

Em seguida, procede-se a uma comparação expedita dos diversos sistemas de iniciação hoje disponíveis no mercado através das suas singularidades.

A análise do custo relativo destes sistemas de iniciação, e respetiva imputação a nível dos custos totais dos desmontes, é muitas vezes complexa e, sobretudo, intangível (quando se consideram melhorias a nível de segurança ou de controlo de impactes ambientais, por exemplo: vibrações). De facto, quando usados estes novos sistemas de iniciação, na ótica do controlo de vibrações, introduzem-se reduções da amplitude (e/ou controlo da frequência) impossíveis de obter com outros sistemas de iniciação. Por outro lado, quando usados na ótica da maior eficiência da fragmentação, permitem, através do sucessivo incremento das malhas do diagrama de fogo (começando pelo espaçamento entre furos), a redução do custo total,

pelo incremento do volume desmontado, para a mesma quantidade de furação e materiais explosivos aplicados, isto sem comprometer os resultados da fragmentação. De facto, está demonstrado que os detonadores eletrónicos, através do domínio inequívoco das temporizações e respetivo controlo dos volumes de influência de cada furo no volume total do desmonte, permitem equilibrar os resultados de fragmentação decorrentes do desmonte como um todo, tornando mais equilibradas as curvas granulométricas do mesmo, entre as diversas classes de calibres consideradas, reduzindo a importância dos finos (perdas) e o peso dos blocos (sujeitos a fragmentação secundária posterior, com os custos e impactos ambientais agravados, que tais operações acarretam). Ou seja, comparados os preços unitários (de referência) no mercado dos diversos sistemas, podemos organizá-los por ordem crescente do custo em: pirotécnicos, elétricos, não elétricos e eletrónicos. Mas comparados os resultados, incluindo na análise não só a eficiência (fragmentação e/ou deslocamento) mas também os aspetos ambientais (vibrações e/ou projeções) e ocupacionais (segurança do operador no local de trabalho), entre outros, passam a estar organizados na forma precisamente inversa, como aliás geralmente acontece com as novas tecnologias, que são hoje usadas no dia-a-dia de quase todos e das quais já poucos abdicam.

Em termos gerais, pode dizer-se que, em média, os detonadores eletrónicos permitem reduções no custo total de desmonte (incluindo furação) que facilmente atingem os 15%, embora, quando comparadas as tabelas de preços unitários, se possam considerar, à partida, acréscimos de custo total de desmonte na ordem dos 6%, devidos à alteração direta do sistema de iniciação.

Quanto ao acionamento, os detonadores eletrónicos funcionam apenas quando solicitados por um binómio: Energia e (leia-se: mais) Informação, sendo a primeira baseada em energia elétrica e a última baseada num número de série único do detonador, recolhido (*scanarizado* ou automaticamente reconhecido, de acordo com o modelo usado) pelo sistema de equipamentos que o suportam e programado, em termos de temporização a atribuir, em função dessa identificação única. Pelo contrário, todos os sistemas anteriores se baseiam apenas em Energia (térmica, elétrica ou transmitida por



uma onda de choque que circula dentro de um tubo), situação que reduz a segurança e a capacidade de o operador garantir que não ocorrem detonações extemporâneas, que o possam afetar ou a terceiros.

A garantia da temporização (precisa) nos detonadores eletrónicos é dada por um *chip*, que está ligado a um sistema unívoco em todo o desmorte (o explosor eletrónico) e a um condensador (por detonador) que garante a sua alimentação, mesmo se cortado o fio, pelo facto de o volume sujeito a desmorte não ser simultâneo. Todos os sistemas anteriores funcionam com base em misturas pirotécnicas. Nos detonadores elétricos e não elétricos, estas misturas são designadas por “elementos de atraso” ou “pasta retardadora” e nos pirotécnicos, dependem do comprimento de rastilho apenso ao detonador (selecionado/cortado pelo operador, sem precisão). Verifica-se que tais misturas pirotécnicas não são precisas, no que diz respeito à temporização que introduzem no sistema, devido às variações que naturalmente ocorrem na velocidade de combustão destas misturas (no desmorte como um todo) e às variações destas velocidades entre detonadores da mesma pega, devido a fatores exógenos e não controláveis. Cumulativamente, tais variações introduzem desvios (erros) na temporização do desmorte, que podem facilmente atingir os 5%, nos sistemas de iniciação convencionais (antigos: elétricos e não elétricos), quando os detonadores eletrónicos já garantem uma precisão de aproximadamente 0,01% face à temporização programada. Tais erros (desvios à temporização) podem introduzir num detonador não elétrico utilizado numa carga de fundo (geralmente com temporizações na ordem dos 500 ms) erros de 25 ms (5% de 500 ms), que não são atingidos nem para os detonadores eletrónicos de maior temporização hoje disponíveis (15.000 ms que, com um erro de 0,01% desviarão no máximo 1,5 ms). Em termos práticos, a precisão das temporizações, antes referida e contextualizada, permite controlar com absoluto rigor a sequência de disparo, garantindo que não ocorrem trocas ou sobreposições entre furos que é suposto detonarem sequencialmente, pelo facto de a diferença de tempos entre detonadores ser, muitas vezes, inferior ao intervalo de tempo

necessário a que o erro possível do sistema obrigaria. Este aspeto é particularmente grave, no sistema não elétrico, pelo facto de ser caracterizado por um detonador de fundo de furo de grande atraso (em que um qualquer erro, definido em termos relativos, se propaga de forma mais importante, uma vez convertido em termos absolutos), visando o acionamento, prévio ao desmonte, de todos os ligadores de superfície. Este aspeto é ainda mais importante em desmontes complexos (leia-se: com diversas fiadas), onde são mais usados e onde é mais frequente repetir (ou trocar) tempos, nas fiadas traseiras, de acordo com os sistemas de ligação mais usados e mais seguros (a designada ligação "em espinha"). Assim, ao controlar, efetivamente, estas temporizações e a sequência mais apropriada de disparo, garantem-se as faces livres necessárias a cada furo e, conseqüentemente, os seus volumes de influência, com benefícios em termos da fragmentação (em termos de dimensão dos blocos resultantes e distribuição das classes de calibres).

Ademais, sabe-se que a proximidade entre as temporizações de furos sequentes é fundamental, quando se pretende maximizar os efeitos de colisão interna (parte do processo de desmonte que, ao ser maximizado, permite reduzir os consumos específicos), de modo a reduzir o tamanho máximo dos blocos. Tal situação só é possível (e segura) com os detonadores eletrónicos e, por essa razão, pode-se aumentar a dimensão da malha, com as conseqüentes reduções de custo, quando estes são usados.

Ao contrário, quando se pretende controlar as vibrações (no domínio da amplitude), é necessário aumentar os intervalos entre as temporizações, de modo a aumentar a gama de distâncias a que se darão os habituais efeitos de sobreposição nos terrenos vizinhos do desmonte, devido aos efeitos de filtragem que estes promovem, para um domínio onde a atenuação imposta pelos maciços atravessados, anulando o risco de incumprimento dos limites legalmente estabelecidos. Porém, se a gama de distâncias entre os pontos de disparo e monitorização for suficientemente reduzida, podem ser procuradas otimizações a nível do controlo da frequência, através do intervalo das temporizações, que atua no domínio do tempo como o Período (intervalo entre picos sucessivos, de um fenómeno quase-harmónico de vibração). Em qualquer dos casos descritos, a

precisão com que se trabalha é fundamental (ver um resumo dessas características na Tabela 1), ainda mais quando se atua no domínio dos microrretardados, habituais e hoje necessários em desmontes, particularmente a céu-aberto.

Tabela 1. Precisão (com implicações ambientais) dos sistemas de iniciação disponíveis. *Fonte: ORICA*

<b>Sistema</b>	<b>Pirotécnico</b>	<b>Elétrico</b>	<b>Não elétrico</b>	<b>Eletrónico</b>
<b>Características</b>	Ineficaz – não permite verificar atrasos entre furos de forma previsível (muito menos nos intervalos de tempo necessários, na ordem dos milissegundos). Em Portugal só se podem usar 5 detonadores deste tipo no mesmo desmonte	Constituiu um avanço relativamente ao último, pois permite trabalhar com atrasos a nível de milissegundos, embora com erros associados ao elemento retardador pirotécnico e limitação do número de atrasos por desmonte (geralmente 20)	Constituiu um avanço relativamente aos últimos, pois também permite trabalhar com atrasos a nível de milissegundos, embora com erros associados ao elemento retardador pirotécnico e sem limitação do número de atrasos por desmonte (infinitos atrasos)	Resolve o problema dos erros associados ao elemento retardador, que deixa de ser pirotécnico e passa a ser controlado (o atraso) por um CHIP, sem limitação do número de atrasos por desmonte (infinitos atrasos) e sem o utilizador se sujeitar a atrasos <i>standard</i> (25 ms no sistema elétrico ou 17, 25, 42 ou 67 ms no não elétrico). O utilizador pode escolher qualquer atraso (em intervalos de 1 ms) para evitar quaisquer problemas com a frequência das vibrações e reduzindo as amplitudes

No domínio estrito da segurança, quer ocupacional (*safety*), quer pública (*security*), só os detonadores eletrónicos garantem padrões compatíveis com os níveis atualmente desejáveis e exigíveis. Em

termos ocupacionais, de facto, sendo insensíveis a correntes espúrias (campos eletromagnéticos erráticos, de qualquer espécie, designadamente os decorrentes da utilização generalizada de aparelhos de comunicação móvel, os telemóveis), evitam as preocupações sempre presentes quando se utiliza um sistema elétrico. Já no que diz respeito a uma comparação com o sistema não elétrico, salienta-se o facto de se ultrapassar uma deficiência (grave) deste sistema, que passa pela impossibilidade de confirmar a pertinente conexão dos ligadores de superfície, senão dependendo da atenção e experiência do operador (sujeita, portanto, a erro humano). Ao garantir, por esta via, que não existe qualquer furo fora do circuito, mitiga-se a possibilidade de ocorrência de tiros falhados, com benefícios inequívocos a nível da segurança nas operações de limpeza posteriores ao desmonte. Note-se que os aparelhos de programação dos detonadores eletrónicos (a usar na frente de trabalho, com ou sem o apoio de um *logger*, capaz de transmitir automaticamente um diagrama de fogo otimizado previamente num *software* específico), são intrinsecamente seguros, pois trabalham abaixo das correntes mínimas de disparo, permitindo interagir com o *chip*, ao ponto de recolher/confirmar a sua identificação única e recebendo informação acerca da integridade da ligação, mas não possuindo a energia suficiente para o fazer disparar (para esse feito, utilizam-se explosores específicos). Finalmente, há que salientar a possibilidade que estes sistemas eletrónicos trazem relativamente à iniciação remota, quer a céu-aberto, quer em ambiente subterrâneo, o que permite afastar o operador que promove o disparo para uma distância absolutamente segura (máximo de 2 km, a céu aberto e sem limite em subterrâneo, baseado num qualquer sistema *wireless* existente (*leaky feeder* ou WLAN), sem que esteja sujeito a um qualquer fio ou tubo de ligação. Ademais, a possibilidade de se distanciar oferece ao operador a possibilidade de observar (de frente) o desmonte, situação que permite a perceção de erros cometidos (por exemplo: projeção de blocos) com origem, quer na disposição dos furos, quer no carregamento com explosivo dos mesmos, que tendencialmente podem ser corrigidas, aquando dos próximos disparos (Tabela 2).

Tabela 2. Segurança ocupacional (relativa aos *blasters*) dos sistemas de iniciação. Fonte: ORICA

<b>Sistema</b>	<b>Pirotécnico</b>	<b>Elétrico</b>	<b>Não elétrico</b>	<b>Eletrônico</b>
<b>Características</b>	Muito baixa, devido ao atraso do rastilho que tem de ser iniciado presencialmente (por uma pessoa) e nem sempre apresenta a mesma velocidade de combustão	Melhora relativamente ao anterior, mas são sensíveis a correntes espúrias (erráticas) que podem iniciar de forma extemporânea o desmonte, provocando acidentes	Melhora muito em relação ao anterior, é mais robusto (tubo mais resistente que o fio elétrico) mas não permite a verificação prévia e inequívoca do estado de funcionamento das ligações e detonadores	Melhora totalmente e é intrinsecamente seguro, pois são insensíveis a correntes espúrias e o sistema é defendido por um chip que só pode ser acionado por uma determinada BLAST BOX, que recebe informação de um determinado LOGGER ou SCANNER. Além disso permite disparos remotos (à distância), até 2 km, defendendo a pessoa que procede ao disparo ( <i>blaster</i> ) de eventuais projeções de blocos

Em termos da segurança pública, o sistema eletrónico é também o único sistema intrinsecamente seguro, pois o desvio de um acessório não permite facilmente a sua iniciação, dadas as

especificidades dos aparelhos necessários para os programar e disparar e respetivas chaves digitais (*dongles*), os quais não são facilmente adquiridos e, por serem totalmente encriptados, são impossíveis de reproduzir ou substituir (Tabela 3). Ademais, constituem o único sistema verdadeiramente eficaz no cenário imediato da Rastreabilidade, que se coloca, mediante obrigatoriedade legal imposta por diretiva Europeia, na medida em que a identificação do sistema é intrínseca (está dentro, no *chip*) e não numa qualquer etiqueta exterior que pode ser facilmente removida.

Tabela 3. Segurança pública associada aos diferentes sistemas de iniciação.

*Fonte: ORICA*

<b>Sistema</b>	<b>Pirotécnico</b>	<b>Elétrico</b>	<b>Não elétrico</b>	<b>Eletrónico</b>
<b>Características</b>	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha uma fonte de calor (por exemplo, 1 cigarro aceso ou um fósforo)	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha uma bateria ajustada ao tipo de detonador (por exemplo 1 pilha de 9 V, para os mais sensíveis)	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha acesso a um dos detonadores anteriores, sem os quais se torna muito difícil iniciar este sistema	Só pode ser usado por quem possua um LOGGER ou SCANNER específico, para a programação do detonador, e uma BLAST BOX (com uma chave digital única, em cada BLAST BOX) para o disparo, ambos específicos da série de detonadores que se pretende iniciar (das várias existentes. Por exemplo, só na ORICA há 3: i-kon, UNITRONIC ou eDev)

## CONCLUSÕES

Em resumo, relativamente aos domínios (preferenciais) de aplicação, poder-se-á dizer que é de evitar a utilização de detonadores pirotécnicos ou elétricos, embora os primeiros (pirotécnicos) possam ser, eventualmente, usados em taqueios (de preferência apenas com um único bloco) ou para a iniciação de detonadores não elétricos (sendo possível garantir, em absoluto, a total interdição da área de desmonte e contígua a esta) e os segundos, eventualmente, em pequenos desmontes e sem problemas de vibrações na envolvente. São de recomendar, técnica e sistematicamente, os restantes sistemas, designadamente os detonadores não-elétricos, que poderão ser usados se não existirem requisitos especiais de fragmentação e/ou problemas de vibrações na envolvente, e os detonadores eletrónicos, que devem ser usados em grandes desmontes ou nos que envolverem requisitos especiais de fragmentação e/ou se se depararem com problemas de vibrações na envolvente.

Sabe-se que a otimização dos desmontes com explosivo, passando pela redução das vibrações transmitidas aos maciços rochosos adjacentes, pode ser conseguida através de um conjunto de técnicas, entendidas como medidas de minimização, de modo a garantir o cumprimento dos limites legalmente exigíveis, sem comprometer o resultado dos desmontes. Essas técnicas, que visam legitimar os eventos vibratórios devidos aos desmontes, podem hoje contar com a utilização de:

- detonadores eletrónicos (de modo a anular os erros devidos aos atrasos pirotécnicos e controlar as temporizações),
- explosivos de reduzida densidade e, consequentemente, reduzida carga linear aplicada nos furos,
- iniciação múltipla (mais do que um detonador por furo) e
- da técnica de pré-corte (de modo a introduzir uma barreira física à propagação de vibrações).

Podem classificar-se essas técnicas em dois grupos distintos:

- as técnicas consideradas de aplicação sistemática, as quais não prejudicam o normal avanço dos trabalhos (no dia-a-dia), antes pelo contrário, melhorando-os e reduzindo o seu custo (por exemplo: os detonadores eletrónicos e/ou os explosivos de reduzida densidade);

e as técnicas consideradas de aplicação esporádica, que correspondem a técnicas específicas para ultrapassar situações mais exigentes, em termos de enquadramento físico das atividades de escavação e que são caracterizadas por procedimentos (por exemplo: a iniciação múltipla) e/ou trabalhos prévios que se sabe que interferem com o normal avanço dos trabalhos (por exemplo: a técnica de pré-corte).

Com base nesta análise, nas considerações tecidas e no princípio, entendido como regra, atual da exploração de minas, a “atualização tecnológica”, é obrigação do Engenheiro de Minas testar e conhecer as potencialidades desta nova ferramenta, ao dispor dos seus trabalhos.



# **Tipificação de acidentes de trabalho e doenças profissionais mais habituais nas obras subterrâneas realizadas em Portugal**

*Manuel Tender<sup>1</sup>, João Pedro Couto<sup>2</sup>*

[1] Doutorando, Universidade do Minho

[2] Professor Auxiliar, Universidade do Minho

## **1. INTRODUÇÃO**

A análise de acidentes de trabalho (AT) e Doenças Profissionais (DP) é abordada em diversos estudos na área da construção civil em geral (CC), mas nenhum específico sobre as obras subterrâneas (OS). Este estudo pretende colmatar esta tão relevante lacuna.

Conhecer as condições em que aconteceu um AT ou surgiu uma DP, embora medindo um indicador negativo, apresenta diversas vantagens: providencia uma base importante para monitorizar e priorizar as ações preventivas (European Commission - Eurostat, 2000); diminui a probabilidade de se tomarem decisões erradas (Araújo, 2011); ajuda as empresas a cumprir o legalmente exigido no que se refere à avaliação de riscos, e a rentabilizar melhor as suas decisões e os seus custos (Hale et al., 2007); e permite uma aprendizagem através dos erros cometidos (Reis, 2007).

## **2. METODOLOGIA**

Pretende-se que a metodologia a utilizar permita caracterizar o mais objetivamente possível as circunstâncias de ocorrência de um AT e de DP.

Para permitir uma comparação entre CC e OS, foi realizado o levantamento estatístico de cada uma.

A metodologia escolhida para a análise de AT foram as Estatísticas Europeias de Acidentes de Trabalho (EEAT), promovidas pelo Eurostat. As variáveis a analisar serão: “Função”; “idade”; “número de horas trabalhadas”; “local onde ocorreu o AT”; “atividade física específica”; “desvio”; “agente material - modalidade da lesão”; “contacto - modalidade da lesão”; “tipo de lesão”; “parte do corpo atingida”; “número de dias de baixa”. Para uma implementação adequada à realidade das OS, foram feitas algumas alterações às

possibilidades de respostas das variáveis “Função” e “Local onde ocorreu o AT”.

Os dados considerados dizem respeito aos dados fornecidos pelo GEP, dado serem provenientes de dados de seguradoras e cumprirem as diretrizes europeias, tornando-os mais fiáveis (C. M. d. Reis, 2007). Os dados relativos a CC (relativos ao ano de 2013), foram obtidos através de consulta direta no *website* do GEP. Os relativos a OS foram provenientes de uma consulta específica ao GEP realizada pelos autores, tendo sido obtidos dados estatísticos de 84 AT.

Em relação às DP, será também utilizada a metodologia proposta pelo Eurostat e baseada no European Occupational Diseases Statistics. Para o presente estudo, foram escolhidas as variáveis “Função”, “Idade” e “Diagnóstico”, pois considera-se que são aquelas que permitem caracterizar minimamente a DP. Foram analisados os dados fornecidos pelo Instituto da Segurança Social, a pedido do autor: CC - 1615 DP certificadas entre 2000 e 2016; OS - 42 DP certificadas entre 2001 e 2015.

Em algumas das variáveis, não foi possível, devido ao facto de as possibilidades de respostas não se adequarem ao levantamento pretendido, obter dados específicos relativos a CC, pelo que se adotou a observação “sem dados disponíveis para análise”.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Acidentes de trabalho**

##### ***Função do sinistrado***

CC – sem dados disponíveis para análise;

OS– “Condutores/manobradores/motoristas” (19,8%),  
“Mineiro/marteleteiro (13,5%).

A elevada percentagem de “Condutores/manobradores/motoristas” acidentados pode ser explicada pela especificidade da OS, que obriga à utilização massiva de condutores manobradores e motoristas, seja para a furação, transporte de terras e betonagens, no caso do MEC, seja para o equipamento de apoio a obra, no caso do MET. No tocante à relevância da ocorrência de AT em “Mineiro/marteleteiro”, esta pode ser explicada pela elevada

exposição a riscos como a queda de blocos de frente de escavação ou o atropelamento.

### ***Idade do sinistrado***

CC – “Entre 35 e 44” e “Entre 45 e 54 anos”, com uma média de 42 anos.

OS – “Entre 35 e 44 anos” (33,3%) e “Entre 45 e 54 anos” (36,2%), com média de 39,7 anos.

Em OS, verifica-se uma média de idade mais baixa, que pode ser explicada por vários fatores: o facto de assumirem mais riscos, talvez para se afirmarem em frente a pares ou adultos (Organização Internacional do Trabalho, 2011); menor experiência (Reis, 2007), com consequente maior incapacidade de identificar riscos (Ling, Liu, & Woo, 2009); menor grau de formação em segurança (Chau et al., 2002); desatenção, falta de responsabilidades familiares (Jeong, 1998); menos cuidado (Chi, Chang, & Ting, 2005) e falta de maturidade física e psicológica. O grupo etário “Entre os 55 e 64 anos” apresenta percentagens de acidentes menores em OS do que em CC. Tal facto pode dever-se aos grupos etários mais velhos terem geralmente uma grande experiência neste tipo de trabalho, quer em túneis quer em minas.

### ***Hora***

CC – “Das 14h às 17h” e “Das 10h às 12h”

OS – “Das 10 às 12” (18,9%) e “Das 14 às 17h” (16,2%). Conjugando os dois períodos, “Das 17h às 20h” e “Das 20h às 08h”, a percentagem obtida torna-se relevante (28,8%).

Enquanto, em CC, o período horário em que ocorrem mais AT corresponde ao período intermédio da manhã e da tarde, em OS o período em que ocorrem mais AT é no período tradicionalmente considerado como suplementar ou noturno (entre as 17h e as 20h e entre as 20h e as 8h), facto que pode ocorrer, por ex., devido ao cansaço ou às implicações, no corpo humano, do sistema de trabalhos em regime de turnos.

### ***Local onde ocorreu o AT***

CC – sem dados disponíveis para análise

OS – “Zona de cofragem e betonagem” (22,5%), “Entre escavação e rebaixo para sapata” (18,0%) e “Frente de escavação” (13,5%).

Os valores obtidos para as OS podem ser explicados pela elevada concentração de trabalhadores em determinadas zonas, para realizar os revestimentos definitivos no túnel, quer com o MEC (na utilização de equipamentos móveis para impermeabilização, montagem de armaduras e cofragem/betonagem), quer com o MET (na montagem de aduelas pré-fabricadas).

### ***Atividade específica que desenvolvia***

CC – “Trabalho com ferramentas de mão”, “Transporte manual”.

OS – “Trabalho com ferramentas de mão” (39,3%) e “Movimento” (20,2%).

Verifica-se que a atividade em que ocorrem mais AT, quer em CC, quer em OS, é no “Trabalho com ferramentas de mão”. A percentagem mais elevada de AT em OS ocorridos com “Trabalho com ferramentas de mão” pode explicar-se com a utilização de ferramentas para apoio a montagem de dispositivos de estabilização (no MEC) e peças fabricadas (no MET), bem como para a manutenção de equipamentos, em que, geralmente, os trabalhadores se encontram bastante tempo com ferramentas de mão. Em CC, a segunda causa é “Transporte Manual”, que tem uma percentagem reduzida de AT em OS, facto que se poderá explicar pelo quase inexistente transporte manual de peças ou materiais (habitualmente transportados, por ex., por multicarregadoras ou outros equipamentos). Por sua vez, a segunda causa em OS é “Movimento”. Os AT ocorridos em “Movimento” podem ser explicados por atropelamentos por equipamentos móveis ou quedas, ao mesmo nível ou em altura.

### ***Desvio que deu origem ao AT***

CC – “Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (lesão interna)”, “Perda, total ou parcial, de controlo de máquina ou equipamento”, “Escorregamento ou hesitação com queda em altura”, “Escorregamento ou hesitação ao mesmo nível”.

OS – “Escorregamento ou hesitação com queda em altura/ao mesmo nível” (33,3%) e “Movimento do corpo sujeito a constrangimento

físico (lesão interna)” (27,4%), assumindo os dois conjuntamente uma percentagem bastante relevante da totalidade (60,7%).

Nesta variável, verifica-se que existe uma discrepância de relevância entre CC e OS. A elevada percentagem de “Escorregamento ou hesitação com queda em altura/ao mesmo nível” em OS pode ser explicado pela irregularidade ou humidade dos pavimentos térreos, pelos trabalhos de montagem de estruturas (por ex., para aplicação de revestimentos definitivos) ou equipamentos de trabalho como a tuneladora. O valor elevado de “Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico (lesão interna)” pode ser explicado pelo manuseamento/contacto com ferramentas ou objetos, estando o corpo sujeito a força física durante esse manuseamento/contacto.

### ***Agente material do contacto - modalidade de lesão***

CC – “Objetos, componentes de máquina, estilhaços, poeiras, partículas incandescentes”

OS – “Objetos, componentes de máquina, estilhaços, poeiras, partículas incandescentes” (39,6%) e “Equipamentos portáteis ou móveis” (18,9%).

Nesta variável, verifica-se que existe uma coincidência de respostas entre CC e OS. Saliente-se a percentagem de 58,5%, que os dois principais agentes materiais representam na totalidade. Os “Objetos, componentes de máquina, estilhaços, poeiras, partículas incandescentes, betão” englobam uma variedade grande de elementos, muitos deles com acentuada presença em OS (por exemplo, blocos rochosos, betão projetado, cofragens, etc). No entanto, dado que é uma miscelânea de elementos, torna-se difícil a análise individual. Quanto aos “Equipamentos portáteis ou móveis”, diversos autores, que afirmam que estes elementos são das maiores causas de AT (Waris, Liew, Khamidi, & Idrus, 2014) e que os acidentes com pás carregadoras e *dumpers* por colisão com peões contribuem em 41,0% e 28,0%, respetivamente, para os AT (Gomes, 2008).

### ***Contacto – modalidade da lesão***

CC – “Esmagamento em movimento vertical ou horizontal contra um objeto imóvel” seguido de “Pancada por objeto em movimento”.

OS – “Esmagamento em movimento vertical ou horizontal contra um objeto imóvel” (34,5%) e “Constrangimento físico ou psíquico do corpo, constrangimento psíquico” (27,4%).

O “Esmagamento em movimento vertical ou horizontal contra um objeto imóvel” apresenta-se como a maior causa de contacto - modalidade da lesão, quer em CC quer em OS. Isto pode relacionar-se com o elevado número de quedas, que configuram um esmagamento contra algo imóvel, como o solo. Pode relacionar-se este tipo de contacto com a maior causa de desvio encontrada, que está relacionada com quedas ao mesmo nível e em altura. Em Segundo lugar, em CC, aparece “Pancada por objeto em movimento”, e em OS aparece “Constrangimento físico ou psíquico do corpo”. A percentagem de “Pancada por objeto em movimento” pode ser relacionada com queda de objetos ou materiais, designadamente blocos de face de escavação ou hasteais ou abóbada.

### ***Tipo de lesão***

CC – “Feridas e lesões superficiais”, “Deslocações, entorses e distensões”, “Concussões e lesões internas”

OS – “Feridas” (59,5%) e “Deslocações, distensões e entorses” (19,0%)

Os valores de OS são similares aos de CC. De salientar que as fraturas aparecem mais em OS do que no setor da construção. O valor elevado para “Feridas” pode ter a ver com o elevado manuseamento de peças e cargas a que este tipo de obra obriga. As “Deslocações, distensões e entorses” podem ser relacionadas com as quedas ao mesmo nível, identificadas como um dos maiores desvios.

### ***Parte do corpo atingida***

CC – “Extremidades superiores” e “Extremidades inferiores”.

OS – “Extremidades inferiores” (33,33%) e “Extremidades superiores” (31,0%). Em CC, a parte do corpo mais atingida são as

“Extremidades superiores”, ao passo que em OS, a parte mais atingida são as “Extremidades inferiores”. Saliente-se a elevada percentagem que as duas principais partes do corpo atingidas representam nas OS. O facto de as partes do corpo mais atingidas serem “Extremidades inferiores ” pode ser relacionado com quedas de objetos ou entorses, designadamente no MEC, numa situação de quedas de blocos ou em circulação num terreno que, geralmente, é irregular. No caso das “Extremidades superiores”, pode justificar-se com o elevado trabalho com ferramentas de mão que poderá propiciar este tipo de AT. Salienta-se a elevada manipulação de cargas, quer no MEC (designadamente no tocante a dispositivos de estabilização), quer no MET (no caso, por ex., de peças de tuneladoras durante montagem e desmontagem ou aduelas pré-fabricadas durante o seu posicionamento e montagem), que propicia, por quedas ou contacto direto, o contacto com mãos, braços, pernas e pés.

### ***Número de dias de baixa***

CC – “Entre 7 e 13 dias” e “Entre 30 e 90 dias”, sendo a média de 26,1 dias

OS – “Entre 30 a 90”(29,7%) e “Entre 90 e 180 dias” (14,4%), com média de 43,1 dias

Verifica-se que OS apresenta um número médio de dias de baixa superior a construção. Este facto poderá ser justificado por uma maior gravidade das “Feridas e lesões superficiais” (hematomas, lacerações ou feridas abertas), que provocam um elevado número de dias de baixa.

### ***Doenças profissionais***

#### ***Função do sinistrado***

CC – sem dados disponíveis para análise

OS – “Mineiro/pedreiro/marteleiro” (47,6%), seguido de “Impermeabilizador” (21,4%) e “Carpinteiro de cofragem” (11,9%)  
Saliente-se que as duas primeiras funções atingidas correspondem à elevada percentagem de 69,0% da totalidade. Relativamente aos mineiros/pedreiros/marteleiros, saliente-se o elevado contacto com as frentes de escavação, que muitas vezes poderão ser de rocha, com

elevado teor de sílica. Saliente-se também a exposição a fumos de detonação de explosivos, poeiras do betão projetado, névoas de óleos (para, por exemplo, proteção de superfícies de robôs de projeção de betão), e gases de escape presentes no espaço confinado da frente de escavação. No que se refere aos impermeabilizadores, de mencionar a provável exposição a produtos químicos, designadamente na forma de vapores, por exemplo, de produtos de aquecimento de revestimentos para impermeabilização. No caso de “Carpinteiros de cofragem”, salienta-se a exposição a cimento e óleos de descofragem.

### ***Idade do doente***

CC – “Entre 50 e 59 anos”

OS – “Entre 50 e 59 anos” (42,9%)

Verificou-se que, nas duas atividades, existe um crescendo de incidência de DP consoante a idade, evolução normal, quer no setor mineiro (Matos & Ramos, 2010), quer neste tipo de obra. Esta constatação poderá ser justificada designadamente pelo aumento de DP em trabalhadores com condições mais crónicas e que necessitam de tratamento prolongado e com recuperação mais demorada (Marica, Irimie, & Baleanu, 2015).

### ***Diagnóstico***

CC – “Perturbações auditivas”, “Problemas musculoesqueléticos” e “Perturbações respiratórias/pulmonares”

OS – “Perturbações respiratórias/pulmonares” (45,2%) e “Perturbações de audição” (26,2%)

Enquanto em CC as “Perturbações de audição” e “Afeções musculoesqueléticas” aparecem nos lugares cimeiros, em OS o primeiro lugar é ocupado por “Perturbações respiratórias/pulmonares”, seguidas por “perturbações de audição”. Saliente-se o valor total de 71,4% que os dois diagnósticos mais prevalentes representam. A prevalência de doenças pulmonares pode ser explicada pela elevada exposição a agentes perturbadores das vias respiratórias, designadamente poeiras do maciço rochoso (nomeadamente com relevante teor de sílica, neste caso tradicionalmente associadas a silicose), poeiras de betão projetado,



aerossóis derivados de óleos, utilizados para proteção de equipamentos contra salpicos e deposição de betão, a fumos de explosivos ou incêndio e partículas e gases de combustão de equipamentos (Oliver & Miracle-McMahill, 2006), neste último caso frequentemente associada a asma e bronquite crónica (Oliver & Miracle-McMahill, 2006). Por exemplo, está comprovado que o pó do cimento, utilizado no betão projetado, pode contribuir para o agravamento da asma, o que se traduz na redução da função pulmonar dos operadores de robô de projeção de betão (Bakke, Stewart, Ulvestad, & Eduard, 2001). Relativamente à surdez profissional, verifica-se que 17% dos casos internacionais ocorrem no setor da construção (Karjalainen & Niederlaender, 2004). Pode-se estabelecer aqui uma diferença entre a obra subterrânea e a mineração, já que a DP mais típica na mineração é a surdez profissional (Matos & Ramos, 2010).

## CONCLUSÕES

Das informações expostas, pode-se concluir que:

- O acidente de trabalho típico em obras subterrâneas ocorre com operadores de equipamentos móveis, com idade média de 39,7 anos, entre as 17h e 8h, na zona de cofragem e betonagem, durante trabalho com ferramentas de mão, por queda em altura ou ao mesmo nível contra um alvo imóvel, por contacto com objetos ou componentes de máquina, provocando feridas e lesões superficiais na pernas ou pés e cerca de 43 dias de baixa.
- A doença profissional típica em obras subterrâneas surge nos mineiros, pedreiros e marteleiros, com idade entre 50 e 59 anos, sendo perturbações respiratórias/pulmonares.

## REFERÊNCIAS

- Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (2015). Campanha "Locais de Trabalho Seguros e Saudáveis". <https://osha.europa.eu/pt/campaigns>
- Araújo, J. (2011). *Análise dos acidentes de trabalho do tipo quedas em altura na indústria da construção*. (Mestrado em Engenharia Humana), Universidade do Minho.

ARUP. (2012). Southern Nevada Water Authority Contract 070F 01 C1 Lake Mead intake shafts and tunnel Project.

Bakke, B., Stewart, P., Ulvestad, B., & Eduard, W. (2001). Dust and gas exposure in tunnel construction work. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 62(4), 457-465.

British Standard 6164 - Code of practice for health and safety in tunnelling in the construction industry, (2011).

Chapman, D., Metje, N., & Stark, A. (2010). *Introduction to Tunnel Construction* (CRC Press Ed.). Londres, Inglaterra: Spons Architecture Price Book.

Chau, N., Mur, J.-M., Benamghar, L., Siegfried, C., Dangelzer, J.-L., Français, M., Sourdot, A. (2002). Relationships between some individual characteristics and occupational accidents in the construction industry: a case-control study on 880 victims of accidents occurred during a two-year period. *Journal of Occupational Health*, 44, 131-139.

Chi, C.-F., Chang, T.-C., & Ting, H.-I. (2005). Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 36, 391-400.

European Commission - Eurostat. (2000). *European Occupational Diseases Statistics - Phase I Methodology*

Furuseth, K., Meraker, E., Hansen, T., Myran, T., & Brustad, G. (2013). Recent studies of health effects in tunnel construction work in Norway In Norwegian Tunneling Society (Ed.), *Publication 13-Health and safety* (pp. 65-68). Oslo, Norway: Norwegian Tunnelling Society.

Gomes, E. (2008). *Machinery accidents at work: Consequences of the adoption and implementation of European Community legislation concerning the integration of safety in the design of machinery and the use of work equipment*. (MSc Thesis in Human Engineering), University of Minho - School of Engineering.

Hale, A., Ale, B., Goossens, L., Heijer, T., Bellamy, L., Mud, M., Oh, J. (2007). Modeling accidents for prioritizing prevention. *Reliability Engineering and System Safety*, 92, 1701-1715. doi:10.1016/j.ress.2006.09.025

- Health and Safety Executive. (1996). *Safety of New Austrian Tunneling Method (NATM) Tunnels* (Health and Safety Executive Ed.). Londres, Inglaterra: Health and Safety Executive.
- Höfler, J., Schlumpf, J., & Jahn, M. (2011). *Sika Sprayed Concrete Handbook* (Sika Services AG/Putzmeister AG Ed.). Zurique: SIKA Services AG.
- Jeong, B. (1998). Occupational deaths and injuries in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 29(5), 355-360.
- Jodl, H., & Resch, D. (2011). NATM and TBM – comparison with regard to construction operation. *Geomechanics and Tunnelling*(4), 337-345. doi:10.1002/geot.201100019
- Karjalainen, A., & Niederlaender, E. (2004). Statistics in Focus - 15/2004 - Occupational Diseases in Europe in 2001. Eurostat (Ed.).
- Lamont, D. (2002). *Health and Safety in Tunnel Construction - Keynote Lecture*. World Tunnelling Congress, Sidney.
- Lamont, D. (2002, 2002, 02 March). *Keynote Lecture - Overview of health and Safety in Tunnel Construction*. World Tunneling Congress, Sidney, Austrália.
- Lamont, D. (2010). *Occupational Health and Welfare in Tunneling*. British Tunneling Society YM, Inglaterra.
- Ling, F., Liu, M., & Woo, Y. (2009). Construction fatalities in Singapore. *International Journal of Project Management*, 27, 717-726. doi:10.1016/j.ijproman.2008.11.002
- Marica, L., Irimie, S., & Baleanu, V. (2015). Aspects of occupational morbidity in the mining sector. *Procedia Economics and Finance*, 23, 146-151. doi:10.1016/S2212-5671(15)00368-8
- Matos, M., & Ramos, F. (2010). Indústria extractiva : análise de riscos ocupacionais e doenças profissionais. Arezes et al (Ed.), *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene-Proceedings book* (pp. 339-343). Guimarães, Portugal: SPOSHO.
- Nord, G. (2006, March 2006). *TBM versus Drill and Blast, the choice of tunneling method*. . International Conference and Exhibition on Tunnelling and Trenchless Technology, Subang, Malásia.
- Oliver, L., & Miracle-McMahill, H. (2006). Airway disease in highway and tunnel construction workers exposed to silica.

*American Journal of Industrial Medicine*, 49, 983-996.  
doi:10.1002/ajim.20406

Organização Internacional do Trabalho. (2011). *Global Trends and Challenges on Occupational Safety and Health*. Istambul: Organização Internacional do Trabalho.

Reis, C. (2007). *Melhoria da eficácia dos planos de segurança na redução dos acidentes na construção*. (Tese de Doutoramento em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Singh, P., & Zoldy, D. (2014). Drilling dilemmas. *Tunnels and Tunneling*, October 2014, 46-51.

Skawina, B. (2013). *Comparison of mechanical excavation and drilling*. (Tese de Mestrado em Engenharia Civil), Luleå University of Technology, Lulea, Suécia.

Stipek, W., Galler, R., & Bauer, M. (2012). *50 years of NATM-experience reports* (International Tunnelling Association Ed.). Áustria: International Tunnelling Association.

Tender, M. (2014). *Guia orientativo para a prevenção de acidentes de trabalho e doenças profissionais em obras subterrâneas realizadas com o Método de Escavação Sequencial* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Tender, M., Couto, J., & Ferreira, T. (2015). Prevention in underground construction with Sequential Excavation Method. Arezes et al (Ed.), *Occupation Safety and Hygiene III* (pp. 421-424). Londres, Inglaterra: Taylor & Francis.

Tender, M., Couto, J., & Gomes, A. (2015). Portuguese strengths and fragilities on Safety and Health practices. D. Kolic (Ed.), *SEE Tunnel - Promoting tunneling in SSE Region* (pp. 194-195). Dubrovnik, Croácia: Hubitg.

Velasco, J., Herrero, T., & Prieto, J. (2010). Metodología de diseño, observación y cálculo de redes geodésicas exteriores para túneles de gran longitud. *Informes de la Construcción*, 66(533), 1-10.  
doi:<http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.007>

Vogel, M., & Kunz-Vondracek, I. (2013, 31 de Maio de 2013). *Safety and health in long deep tunneling-lessons learned in Swiss transalpine tunnel projects*. World Tunnel Congress, Genebra.

Vogel, M., & Rast, H. (2001). Alptransit-Safety in Construction as a challenge. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 15(4), 481-484.

Waris, M., Liew, S., Khamidi, F., & Idrus, A. (2014). Criteria for the selection of sustainable onsite construction equipment. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3, 96-110. doi:10.1016/j.ijbsbe.2014.06.002

# **Gestão de segurança em empreendimentos hidroelétricos**

*João Aragão<sup>1</sup>*

[1] Coordenador de Segurança, Consulgal

## **1. A GESTÃO DE SEGURANÇA**

O objetivo da Gestão da Segurança é implementar os mecanismos, procedimentos e técnicas preventivas, estabelecidos para a gestão da segurança e saúde dos trabalhos, de acordo com a especificidade da mesma e com base em: Cláusulas Gerais do Caderno de Encargos; Plano de Segurança e Saúde; Compilação Técnica; Legislação em vigor; Normas Portuguesas.

## **2. O MÉTODO CONSTRUTIVO**

O método construtivo utilizado durante a escavação dos túneis da empreitada de Reforço de Potência do Aproveitamento Hidroelétrico de Venda Nova III é designado por NATM (New Austrian Tunnelling Method). O procedimento rege-se por vários princípios, de entre os quais aqui destacamos um, que consiste em assumir que a principal componente da estrutura de suporte de um túnel advém da competência resistente inerente ao próprio maciço. Deve-se portanto permitir a deformação do maciço após a escavação, a fim de se conseguir mobilizar a sua máxima resistência possível. Tal processo de maximização terá que passar pela conservação das características resistentes inicialmente exibidas pelo maciço envolvente. Para isso, é necessário executar a escavação de modo a perturbá-lo o mínimo possível. Deve-se ainda aplicar, logo após a escavação da frente e tão cedo quanto possível, um suporte primário. Para o processo de escavação, a técnica escolhida foi a “Drill and Blast”, que utiliza explosivos para o desmonte da rocha. Esta técnica consiste na perfuração da frente de desmonte, com a finalidade de abrir os furos onde irão ser introduzidos os explosivos. A furação será efetuada de acordo com o diagrama de fogo, sendo que o mesmo inclui o número e a orientação dos furos, os tipos e quantidade de explosivos, e o número e sequências de retardos. A operação de furação em subterrâneo, para avanço em túnel, será realizada por equipamentos

hidráulicos automatizados (Jumbos), com 1, 2 ou 3 braços perfuradores.

Relativamente ao explosivo empregue, salienta-se que esta obra empregou como explosivo uma emulsão a granel, ao invés das tradicionais velas de dinamite ou de emulsões, na execução dos túneis. Esta emulsão é transportada para obra num veículo cisterna e, posteriormente, é injetada no furo com uma mangueira. Depois de carregados os furos com a emulsão, procede-se à detonação dos mesmos, de acordo com uma sequência pré-definida. A reação explosiva gera energia em forma de pressão de gases e energia de vibração capaz de quebrar a rocha.

Realça-se ainda a segurança acrescida que representa o uso de emulsões a granel misturadas na frente de trabalho, contra a manipulação de velas de explosivo, no que concerne à sua manipulação, guarda e armazenamento. Estes aspetos são muito relevantes.

### 3. EXEMPLOS DE BOAS PRÁTICAS

O objetivo deste ponto é apresentar alguns exemplos sobre como foi implementada a Prevenção e a Segurança do Trabalho, e algumas das boas práticas durante os trabalhos de execução da Escavação Subterrânea.

De forma a enquadrar aqueles exemplos, apresentamos no quadro seguinte os principais problemas identificados em matéria de Segurança e Higiene do Trabalho.

Tabela 1 – Problemas identificados

<b>Principais problemas identificados</b>
Queda de blocos
Organização das pegas de fogo
Uso de explosivos
Circulação intensa de veículos
Sistema de ventilação
Contaminantes - poeiras respiráveis e sílica

Estes exemplos foram selecionados de forma a demonstrar que as soluções aplicadas facilitaram a execução dos trabalhos e

eliminaram alguns dos seus aspetos mais perigosos.

### **Soleira em betão**

Uma das principais mais-valias desta empreitada foi a execução de uma soleira em betão nos túneis de acesso e ataque às frentes de obra.

A existência desta soleira permite que a circulação dentro dos túneis se processe de uma forma rápida e eficiente, não acusando as condicionantes naturais da circulação de veículos no piso enlameado, prática habitual nas empreitadas deste tipo. Note-se que o perfil desta soleira prevê igualmente um sistema longitudinal de drenagem de águas, constituído por duas valetas. Outra mais-valia clara das soleiras é permitirem que os meios de emergência acedam mais rapidamente ao local.

### **Sistema de alerta de pegas de fogo**

Esta empreitada prevê a execução de diversos túneis de acesso e ataque às frentes de obra e do circuito hidráulico. A extensão total destes túneis é de cerca de 10.000 metros, onde concorrem diversos trabalhos. Uma das dificuldades encontradas no procedimento de pega de fogo foi precisamente a informação dos presentes no interior do túnel para a ocorrência da mesma. Com o objetivo de ultrapassar a dificuldade atrás referida, foi instalado em obra um sistema de alerta, constituído por uma sirene e um pirilampo. Este sistema foi estrategicamente localizado na entrada dos túneis, nos cruzamentos e na Câmara dos Grupos.

### **Cortinas / ventilação aspirante**

Com o desenvolvimento dos trabalhos, nomeadamente com o aumento da extensão dos túneis, um dos principais problemas foi o progressivo incremento do tempo necessário à limpeza das frentes após uma pega de fogo. Esta situação prendia-se essencialmente com dois aspetos. O primeiro está associado à redução do caudal da ventilação insuflante, pelo acumular de perdas de carga ao longo da extensão das mangas de ventilação e das diversas peças empregues. O outro aspeto prendia-se com a reduzida eficiência da ventilação aspirante, provocada pela relação entre a pequena dimensão da



secção do ventilador aspirante e a maior secção dos túneis. Com o objetivo de aumentar a eficiência da ventilação aspirante, promoveu-se a instalação de uma cortina associada ao ventilador aspirante. Esta cortina, ao constituir-se como um obstáculo à passagem dos contaminantes (gases e poeiras) resultantes da pega de fogo, permitia reduzir consideravelmente a secção do túnel e, assim, permitir uma melhor ação do ventilador.

A sua implementação não só reduziu o tempo de limpeza das frentes, como também impediu a contaminação do restante túnel imediatamente atrás da cortina e, consequentemente, permitia que todos os trabalhos que aí decorriam pudessem continuar sem qualquer impedimento do ponto de vista da qualidade do ar.

### **Contenção Definitiva das Chaminés de Equilíbrio Superiores**

Esta atividade consiste na colocação das pregagens de aço em varão e do betão projetado com fibras. No betão projetado será usado um equipamento de projeção (ALIVA). As pregagens serão realizadas com o auxílio de um martelo ligeiro com coluna.

Principais condicionantes identificadas:

- O local onde os trabalhos se iriam realizar (2 poços com cerca de 380 m de profundidade);
- O equipamento a usar;
- Transporte dos trabalhadores;
- Ruído e poeiras;
- Situações de emergência;
- Risco de queda de objetos / materiais.

O equipamento utilizado para estes trabalhos foi uma plataforma de trabalho suspensa, com um elevador para o transporte de trabalhadores. Esta plataforma era suportada por um pórtico munido dos respetivos guinchos.

Esta solução foi desenvolvida pelos departamentos de engenharia da Somague e da MSF com o apoio do ISQ.

As principais medidas de segurança implementadas foram as seguintes:

- Proibição de elevação de cargas no interior do poço com trabalhadores na plataforma de trabalho;

- A máquina de projeção era alimentada por uma linha de bombagem fixa à parede e prolongada à medida dos avanços da contenção;
- Foram utilizados macacos de cremalheira, para permitir a aproximação à parede do poço e a imobilização da plataforma;
- Iluminação de emergência;
- Comunicação assegurada por rádios e telefone com fios;
- Equipamentos adequados de proteção contra ruído e projeção de partículas.

## **CONCLUSÕES**

Pretendeu-se, com este artigo, apresentar algumas das boas práticas implementadas na empreitada de Reforço de Potência do Aproveitamento Hidroelétrico de Venda Nova III.

Os objetivos da Gestão de Segurança nesta empreitada foram os de proporcionar a todos os trabalhadores da obra as condições de segurança e saúde adequadas, aumentar a eficiência da produção decorrente de boas condições de trabalho, minimizar os índices de sinistralidade laboral e minimizar os custos sociais e económicos resultantes de acidentes de trabalho e doenças profissionais.

Resumindo, o trabalho da Gestão de Segurança comporta três grandes vertentes:

1. Preparação prévia dos trabalhos a realizar e implementação de novos métodos ou meios de prevenção e difundir a sua correta utilização em obra;
2. Formação e sensibilização dos trabalhadores;
3. Acompanhamento contínuo à obra e, em particular, aos trabalhos de maior risco, no sentido de contribuir para um efetivo cumprimento das normas e procedimentos previamente estabelecidos.