

A CONQUISTA DO ESPAÇO SUBTERRÂNEO

The conquest of Underground Space

Raúl Sarra Pistone^{a,b}, João Gouveia^{a,c}, Nadir Plasencia^{a,d}, José Nuno Figueiredo^{a,d},
Gonçalo Diniz Vieira^{a,e}

^a Comissão Portuguesa de Túneis e do Espaço Subterrâneo, Portugal

^b COBA, Portugal

^c MAQUINTER, Portugal

^d EDP Produção, Portugal

^e CML - EPPGDL, Portugal

RESUMO – Neste documento agrega-se a informação partilhada na sessão de comemoração dos 50 anos da SPG e 75 anos do LNEC. Nesse evento pretendeu-se divulgar a organização da Comissão Portuguesa de Túneis e Espaço Subterrâneo (CPT), assim como os principais objetivos, atividades realizadas e constituição dos Grupos de Trabalho. Os coordenadores dos Grupos de Trabalho expuseram a situação das atividades em desenvolvimento em cada grupo – i) GT6 (Metodologias Construtivas: Métodos Convencional e Mecanizado nas Obras Subterrâneas); ii) GT5 (Investigação e Desenvolvimento – Ciclo de Vida das Obras); iii) GT4 (BIM e Gestão da Informação nos Túneis e nas Obras Subterrâneas) e iv) GT2 (Engenharia e Legislação: Práticas Contratuais).

ABSTRACT – This document aggregates the information shared in the session celebrating the 50 years of the SPG and 75 years of the LNEC. In this event it was intended to publicize the organization of the Portuguese Commission of Tunnels and Underground Space (CPT), as well as the main objectives, activities and composition of the Working Groups. The coordinators of the Working Groups presented the situation of the activities under development in each group; i) GT6 (Construction Methodologies: Conventional and Mechanized Methods in Underground Works); ii) GT5 (Research and Development – Life Cycle of Works); iii) GT4 (BIM and Information Management in Tunnels and Underground Works) and iv) GT2 (Engineering and Legislation: Contractual Practices)

Palavras Chave – túneis, espaço subterrâneo, CPT.

Keywords – tunnels, underground space, CPT.

1 – INTRODUÇÃO

Faz-se uso do espaço subterrâneo desde tempos imemorráveis, mas a utilização planificada, eficiente e respeitosa desse espaço é uma atividade atual, em pleno desenvolvimento.

Sobre esta matéria, há pelo menos duas questões cujas respostas têm merecido muita atenção dos vários setores envolvidos na problemática da utilização do subsolo: “O Porquê?” e “O Como?”. Ambas questões são objeto de interesse e empenho da CPT.

Os túneis aproximam pessoas, encurtam distâncias, transpõem obstáculos, poupam vidas tornando as estradas e as vias férreas mais seguras, facilitam os transportes públicos nos grandes núcleos urbanos.

E-mails: r.pistone@cobagroup.com (R. Pistone), jgouveia@maqpor.pt (J. Gouveia), nadir.plasencia@edp.com (N. Plasencia), josenuo.figueiredo@edp.com (J. Figueiredo), goncalo.diniz.vieira@cm-lisboa.pt (G. Vieira)

Os túneis rodoviários e os ferroviários contribuem para resolver problemas de traçado e de atravessamento de relevos montanhosos, contribuindo para a economia, a segurança e o conforto do transporte. Os túneis também são uma opção importante nas travessias de rios, estreitos e zonas portuárias, como deverá acontecer, mais tarde ou mais cedo, com as novas travessias do estuário do Tejo, por exemplo.

São amigos do ambiente e melhoram a qualidade de vida das cidades, distribuem água potável e recolhem as águas sujas, potenciam o aproveitamento da energia hídrica. Uma razão muito importante para usar o espaço subterrâneo prende-se com a necessidade de criar espaços com um alto nível de isolamento. O terreno é maciço e opaco e oferece diversas vantagens em termos de isolamento, proteção e contenção relativamente a fenómenos climáticos, desastres naturais e terremotos.

Particularmente nas cidades modernas, são muito fortes as razões sociais para recorrer ao espaço subterrâneo, cada vez mais utilizado para instalar sistemas de transporte urbano seguros, ambientalmente corretos, rápidos e discretos. Os túneis de tráfego urbano, ao retirarem tráfego das ruas, reduzem o ruído, permitem uma melhor gestão da poluição do ar e as áreas das ruas possibilitam serem parcialmente ou totalmente utilizadas para outros fins socialmente mais nobres. O caso paradigmático do Túnel do Marquês constitui um exemplo em relação ao qual é consensual a vantagem ambiental decorrente da sua existência.

Muitas cidades, incluindo Lisboa, já decidiram executar túneis para mitigar o risco de cheias e inundações. Uma vez que as áreas de absorção das águas pluviais foram ficando reduzidas devido ao avanço da urbanização, as bacias hidrográficas devem ser convenientemente drenadas, nestes casos com recurso a túneis de drenagem.

2 – COMISSÃO PORTUGUESA DE TÚNEIS E DO ESPAÇO SUBTERRÂNEO (CPT)

2.1 – Objetivo

A Comissão Portuguesa de Túneis e do Espaço Subterrâneo (CPT) é um agrupamento de profissionais e empresas ligadas ao setor das obras subterrâneas, integrado na Sociedade Portuguesa de Geotecnia (SPG). Constitui o grupo nacional que representa Portugal, por delegação da SPG, como País membro da *International Tunnelling and Underground Space Association* (ITA-AITES).

Com a criação da Comissão Portuguesa de Túneis em 2006, a necessidade de realizar um cadastro de túneis e obras subterrâneas em Portugal foi identificada, desde o início, como um objetivo fundamental. Esta ideia mereceu o melhor apoio do Conselho Diretivo da ITA, reunido em Lisboa em junho do mesmo ano.

A CPT, trabalhou arduamente neste projeto durante vários anos, para apresentar à comunidade nacional e internacional as atividades de construção de túneis e desenvolvimento do espaço subterrâneo no país.

2.2 – Grupos de Trabalho

O trabalho técnico-científico da CPT é desenvolvido nos Grupos de Trabalho. Na atualidade são sete os GTs em funcionamento e está em preparação um grupo sobre Projeto Sustentável de Obras Subterrâneas. No total, colaboram cerca de meia centena de colegas experientes e interessados no desenvolvimento das diferentes matérias abordadas nos GTs, consideradas cruciais para a consolidação da tecnologia especializada no país. Estes grupos constituem também o elo de ligação que permite a circulação da informação em ambos sentidos com os grupos homónimos da ITA e do foro europeu *European Underground & Tunnel Forum* (EUTF).

Os Grupos de Trabalho atualmente existentes são os seguintes:

- GT1 - Registo de Túneis e Obras Subterrâneas realizadas em Portugal | Coordenador: Raul Pistone

- GT2 - Engenharia e Legislação: Práticas Contratuais | Coordenador: Gonçalo Diniz Vieira | Espelho do WG3 da ITA (Contractual Practices)
- GT3 - Segurança e Saúde | Coordenador: Manuel Tender | Espelho do WG5 da ITA (Health and Safety in Works)
- GT4 - BIM e Gestão da Informação nos Túneis e nas Obras Subterrâneas | Coordenador: José Nuno Figueiredo | Tutor: Gonçalo Diniz Vieira | Espelho do WG22 da ITA (Information Modelling in Tunnelling)
- GT5 - Investigação e Desenvolvimento – Ciclo de Vida das Obras | Espelho do WG2 (Research) e do WG 21 (Life Cycle Asset Management) da ITA | Coordenador: Nadir Plasencia | Consultores: Jorge Almeida e Sousa e Raúl Pistone
- GT6 - Metodologias Construtivas: Métodos Convencional e Mecanizado nas Obras Subterrâneas | Espelho do WG19 (Conventional Tunnelling), do WG14 (Mechanized Tunnelling), e do WG 23 (Design and Construction of Shafts) da ITA | Coordenador: João Gouveia | Tutor: Raúl Pistone
- CPT - Young Members | Espelho do grupo YM da ITA | Coordenador: Luís Miranda

2.3 – Publicações

A CPT produziu muitas publicações tanto como entidade coletiva quanto como contribuição individual de seus membros.

Túneis em Portugal. Pelo trabalho conjunto empenhado no seu desenvolvimento, bem como pelo impacto na comunidade profissional nacional e internacional, cita-se o livro *Túneis em Portugal*, editado por Raúl Sarra Pistone e António Pinto da Cunha em 2014 (Figura 1). O livro está disponível em versão papel com capa dura, para coleção de biblioteca, podendo também ser consultado na íntegra na página web da CPT (Pistone e Pinto da Cunha, 2014).



Fig. 1 – Publicações da CPT: Capas das edições do livro “Túneis em Portugal”, do “Guia de Boas Práticas de Segurança e Saúde para a Fase de Construção de Obras Subterrâneas” e do “Guia de Boas Práticas para a Contratação de Obras Geotécnicas Complexas” (Pistone e Pinto da Cunha, 2014; CPT, 2022; OE-CPT-APPC, 2020)

Guia de Boas Práticas de Segurança e Saúde para a Fase de Construção de Obras Subterrâneas, elaborado pelo Grupo de Trabalho 3 – Segurança e Saúde nas Obras Subterrâneas, publicação que visa o enquadramento legislativo sobre segurança e saúde em obras subterrâneas

(Figura 1). Publicado em fevereiro de 2022 e cuja versão integral pode ser consultada na página web da CPT (CPT, 2022).

Guia de Boas Práticas para a Contratação de Obras Geotécnicas Complexas. No seguimento da Jornada de Estudos CPT sobre Contratação de Obras Geotécnicas Complexas (OGC), ocorrida em fevereiro de 2018 no LNEC, foi constituído o grupo de trabalho responsável pela elaboração deste Guia de Boas Práticas, integrado pela CPT, a Associação Portuguesa de Projectistas e Consultores (APPC) e a Ordem dos Engenheiros (OE) Este grupo teve por objetivo propor uma metodologia de contratação de obras geotécnicas complexas à luz da redação atual do Código dos Contratos Públicos, da qual resultou o presente documento (Figura 1), publicado pelo Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção (IMPIC) em 2021 como Manual de Boas Práticas. Pode ser consultado na página web do IMPIC assim como na página da CPT (OE-CPT-APPC, 2020).

2.4 – Organização de eventos técnicos

Desde a sua fundação, o CPT organizou muitos e variados eventos de divulgação e formação, como seminários nacionais e internacionais, reuniões de especialidade, conferências sobre temas específicos. Nos últimos anos, podem-se mencionar:

Os webinars sobre *Projeto de Obras Geotécnicas Complexas*, em julho de 2021, e sobre *Betão projetado nas Obras Subterrâneas*, evento, organizado pelo GT6 da CPT, em setembro de 2021, ambos disponíveis no canal YouTube da SPG.

Espaço Subterrâneo: Conversas e Experiências no Feminino, com a participação de colegas das várias entidades do ensino e da indústria das Obras Subterrâneas, realizado no dia 7 de março de 2022.

Curso de Introdução à Prática em Obras Subterrâneas. Módulo 1 – Métodos Mecanizados na Construção de Obras Subterrâneas, em junho de 2022, organizado com o apoio da FUNDEC.

2.5 – Forum Europeu de Túneis e Obras Subterrâneas – EUTF

Das atividades de integração com os países vizinhos realizadas pela CPT, merece especial destaque a participação no *European Underground & Tunnelling Forum EUTF* (Figura 2). Este fórum foi criado na reunião de Lisboa de outubro de 2019, integrado pelos oito países presentes: Bélgica, Espanha, França, Itália, Portugal, Suíça, Alemanha e Áustria. Ainda no ano de 2019 foi admitida a associação holandesa de túneis (TTOW/KIVI), completando o grupo de nove países integrantes. Os representantes da CPT na direção do EUTF são os Eng^{os} Raúl Sarra Pistone e João Bilé Serra. O Eng^o Luís Miranda representa a CPT no *Young Members Group*. No *Steering Committee BIM* a CPT está representada pelos Eng^{os}. Gonçalo Diniz Vieira e José Nuno Figueiredo. No grupo de trabalho *Predictive Maintenance and Refurbishment* a representação está a cargo da Dra. Nadir Plasencia.



Fig. 2 – Mesa redonda do EUTF organizada pela Associação Francesa – AFTES, 2021.

2.6 – Visitas Técnicas

Entre as visitas técnicas mais memoráveis organizadas pela CPT citam-se as mais recentes realizadas aos túneis de Águas Santas e Marão (Figuras 3 e 4), em 2017, e às obras hidroelétricas do Alto Tâmega, em 2019 (Figura 5).



Fig. 3 - Visita aos Túneis de Águas Santas – A4.



Fig. 4 - Visita ao Túnel do Marão.

OBRAS DO SISTEMA ELETRÓDUTOR DO TÂMEGA
Visita Técnica CPT | 22 de maio de 2019

PROGRAMA

07:00 Saída de Lisboa, Estação Oriente (CPT, comboio AP 131)
09:00 Parada de autocarro, Estação de Casimiro
11:30 Apresentação geral da obra (Bardade)
12:30 Visita panorâmica do projeto desde a diâmetro de aquisição de Gavões
13:00 Almoço
14:30 Visita técnica à obra em construção (Bardade) realizada em sala, avarias de Gavões, Barragem de Diabro)
16:00 Regresso a autocarro, estação Estação de Casimiro
20:00 Regresso a Lisboa, comboio AP 131

INSCRIÇÃO

Por convite/diretório para a sociedade de SPG

Entidade	Preço
Sociedade SPG/Member CPT	€ 6.000
Sociedade não associada	€ 8.000
Estudante	€ 3.000

*No caso de não incluir o bilhete de comboio o valor de inscrição será reduzido em 25€

SECRETARIADO

Comissão Local
SPG-A-LNEC
Av. do Brasil 101 - 1700-060 Lisboa - PT
tel. 21 444 80 90 e-mail: ggg@spg.pt
IBAN: PT60 0315 2107 0000 4777 0300 1

Fig. 5 - Visita às obras do Alto Tâmega.

3 – OBRAS EM CURSO

3.1 – Projetos em Curso

Atualmente, à data de redação do presente artigo, existem cinco projetos subterrâneos urbanos em curso, localizados nas cidades de Lisboa e do Porto. Estes projetos são os seguintes: a) dois projetos integrados no Plano de Expansão da rede do Metropolitano de Lisboa para o prolongamento

das linhas Amarela e Verde – Rato/Cais do Sodré, dividido em dois Lotes: Lote 1: Rato – Santos e Lote 2: Santos - Cais do Sodré (Figura 6); b) dois projetos integrados no Plano de Expansão da rede de Metro do Porto (Figura 7): Construção da Linha Circular (Linha Rosa), Aliados/Praça da Liberdade – Casa da Música/Boavista e Prolongamento da Linha Amarela (Santo Ovídio - Vila D’Este); e c) o Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL), da Câmara Municipal de Lisboa (Figura 8).



Fig. 6 – Plano de Expansão da rede do Metropolitano de Lisboa.



Fig. 7 – Plano de Expansão da rede de Metro do Porto.



Fig. 8 – Plano Geral de Drenagem de Lisboa.

3.2 – Plano de Expansão da rede do Metropolitano de Lisboa para o prolongamento das linhas Amarela e Verde – Rato/Cais do Sodré

O Plano de Expansão da rede do Metropolitano de Lisboa para o prolongamento das linhas Amarela e Verde desenvolve-se entre a Estação do Rato e a Estação do Cais do Sodré (Figura 9). Está dividida em dois lotes, o primeiro entre a Estação do Rato e o início da Estação de Santos, incluindo a construção de dois poços de ventilação (PV208 e PV213) e a estação da Estrela, e o segundo com início na Estação de Santos (incluindo a sua construção) e fim na Estação do Cais do Sodré. Os túneis construídos em NATM-Método Convencional e a céu aberto terão um comprimento de cerca de 2 km.

Apresentam-se alguns dados contratuais sobre os dois lotes:

- O Lote 1 consiste na Empreitada de projeto e construção dos toscos, respeitante à construção entre o término da estação Rato e a estação Santos. O contrato foi celebrado em maio de 2020 com a ZAGOPE, pelo valor de 48,6 milhões de euros.
- O Lote 2 engloba a empreitada de projeto e construção dos toscos entre a estação Santos e o término da estação Cais do Sodré. Este contrato foi assinado em setembro de 2020 com o agrupamento constituído pelas sociedades Mota Engil, Engenharia e Construção, S.A. e SPIE Batignolles International. O projeto tem o valor de 73,5 milhões de euros.

3.3 – Plano de Expansão da rede do Metro do Porto

3.3.1 – Construção da Linha Circular (Linha Rosa), Aliados/Praça da Liberdade – Casa da Música/Boavista

A Linha Circular (Linha Rosa) desenvolve-se entre a Estação da Casa da Música/Boavista e a Estação dos Aliados/Praça da Liberdade, ao longo de 3,2 km de extensão e inclui a construção de quatro estações subterrâneas (Liberdade/S.Bento, Hospital de St. António, Galiza e Boavista/Casa da Música), três poços de ventilação (PEV1, PEV2 e PEV3) e o desvio do Rio de Vila (Figura 10).

Esta empreitada, para a construção da Linha Rosa, entre S. Bento e a Casa da Música, no Porto, foi adjudicada ao consórcio Ferrovia/ACA pelo valor de 189 milhões de euros em novembro 2020.



Fig. 9 – Obras iniciadas no Metropolitano de Lisboa.

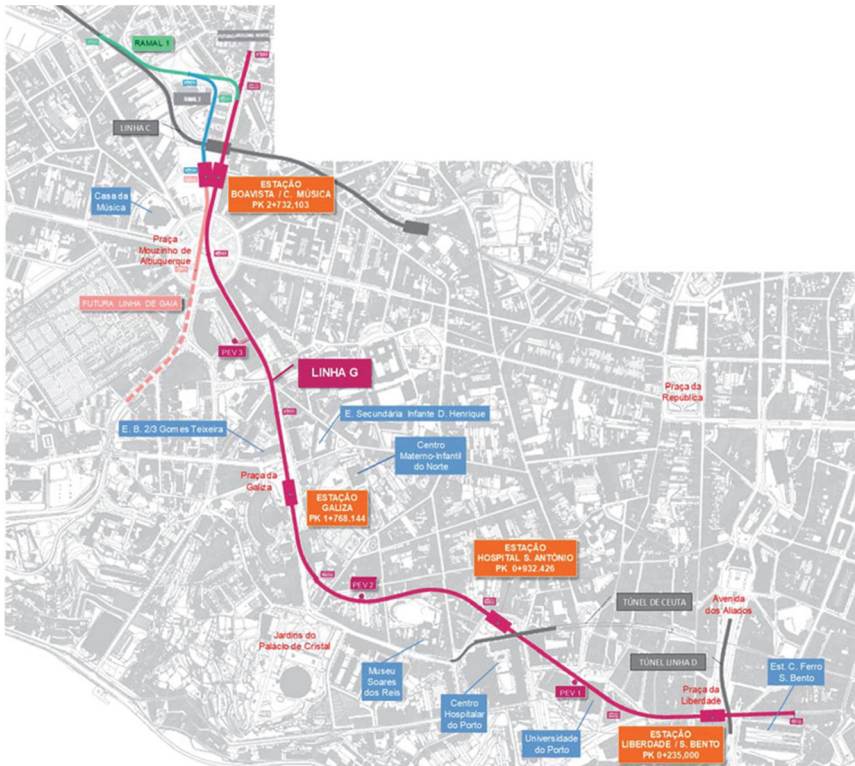


Fig. 10 – Traçado da Linha Rosa do Metro do Porto.

3.3.2 – Construção da Prolongamento da Linha Amarela (Santo Ovídio - Vila D’Este)

A Construção do Prolongamento da Linha Amarela entre as estações de Santo Ovídio e Vila D’Este inclui uma extensão de 3,2 km em Via Dupla, um canal misto de desenvolvimento aéreo, enterrado e em superfície, três novas estações – Manuel Leão / Hospital Santos Silva e Vila D’Este, um Poço de Ventilação e Emergência (PVE) e um Parque de Material junto ao término em Vila D’Este.

O Metro do Porto adjudicou este projeto, o prolongamento da linha Amarela entre Santo Ovídeo a Vila d’ Este, em Vila Nova de Gaia, ao consórcio Ferrovia/ACA em novembro de 2020 pelo valor de 98,9 milhões de euros. Nas Figuras 11 e 12 podem ser observadas fotos das obras em curso.

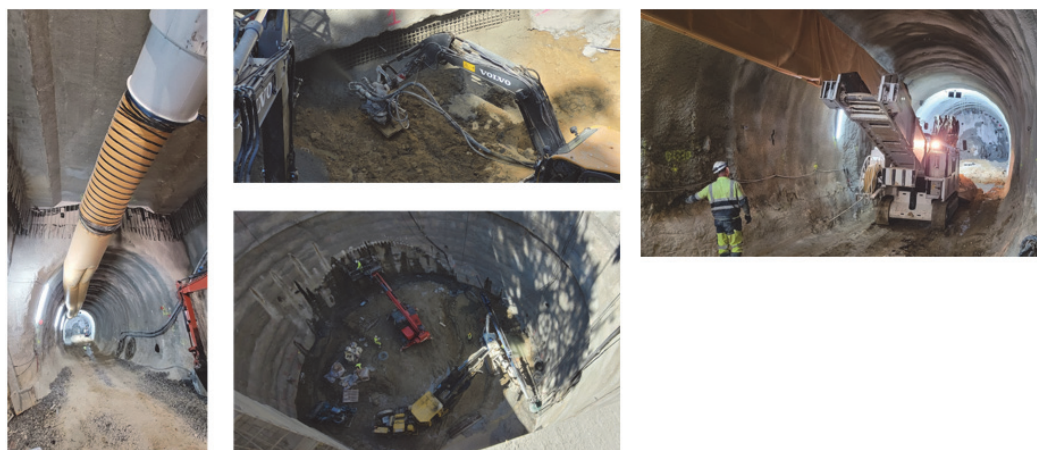


Fig. 11 – Obras no Metro do Porto.



Fig. 12 – Prolongamento da Linha Amarela (Santo Ovídeo - Linha D’Este).

3.4 – PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa, da Camara Municipal de Lisboa

O PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa inclui a construção de dois túneis com 5,5 m de diâmetro interno. O primeiro será o túnel Monsanto-Santa Apolónia (TMSA) e o segundo o túnel Chelas-Beato (TCB). O túnel Monsanto-Santa Apolónia tem cerca de 5 km de extensão e o túnel Chelas-Beato cerca de 1 km. A escavação destes túneis será realizada por uma Tuneladora TBM

EPB construída pela CREG-WIRTH com um diâmetro de corte de 6410 mm e batizada por H2Oli (Figura 13).

O Contrato deste projeto foi celebrado entre a Câmara Municipal de Lisboa e o consórcio Mota Engil / SPIE Batignolles Internacional em 28 abril 2021 pelo valor de 132.900.000€ e um prazo de 1.140 dias (cerca de 3 anos e meio).

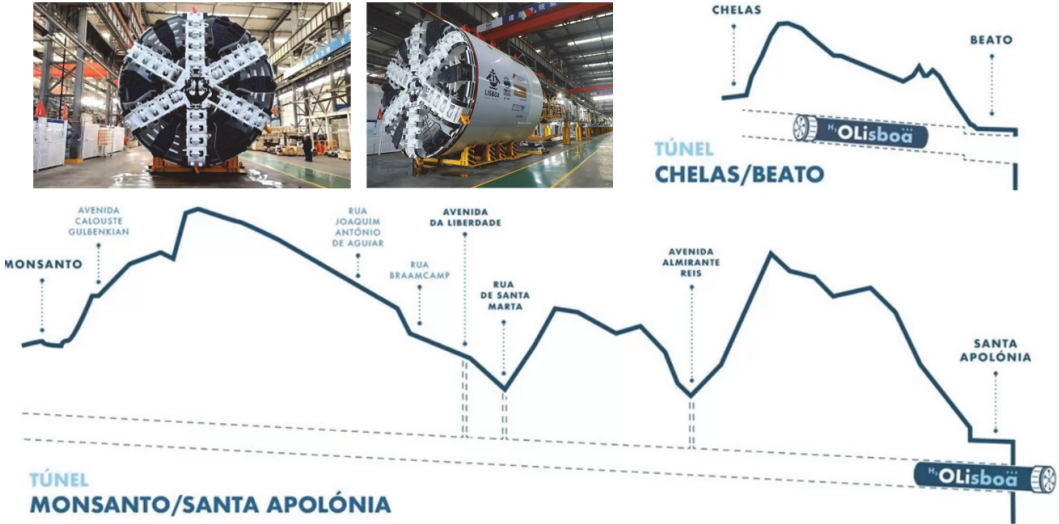


Fig. 13 – TBM para o PGDL.

4 – CICLO DE VIDA – GESTÃO DE ATIVOS

4.1 – Manutenção Preventiva de Túneis

A CPT tem vindo a participar em 3 grupos de trabalho internacionais onde se endereçam temas de investigação, inspeção, manutenção e reparação numa ótica de gestão de ativos. Esses grupos de trabalho, integrados na ITA- *International Tunneling Association*, designam-se por *WG2-Research*, *WG6- Maintenance and Repair*, *WG21-Life Span Asset Management*.

Com a criação da EUTF – *European Underground and Tunnel Forum* (em 2019), cujo objetivo principal é a partilha de conhecimento europeu sobre espaços subterrâneos, surgiu a proposta da

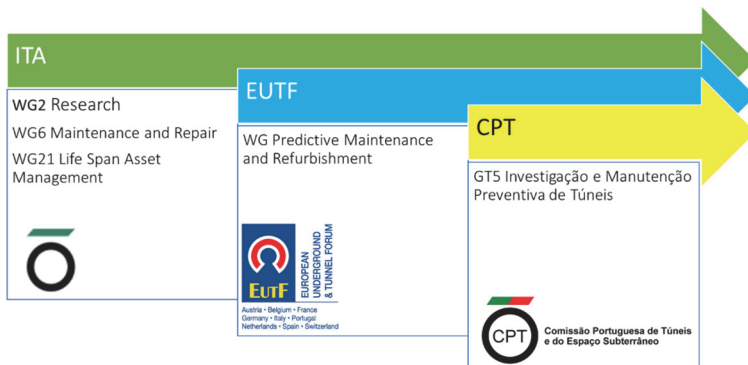


Fig. 14– Relação entre os grupos de trabalho da ITA, EUTF e CPT

criação de grupos de trabalhos. Em 2021 era criado o *WG-Predictive Maintenance and Refurbishment*, em paralelo com a criação do grupo BIM.

Em Portugal, integrado na Comissão Portuguesa de Túneis e Espaço Subterrâneo, está a ser dinamizado o Grupo de Trabalho 5 – Investigação e Manutenção Preventiva de Túneis.

A Figura 14 representa a interligação dos diversos grupos de trabalho da ITA, EUTF e CPT.

Até ao momento, têm colaborado no GT5 da CPT representantes da Brisa, EDP, Infraestruturas de Portugal e Metro do Porto. Este grupo tem a expectativa de que se venham a juntar representantes do Metropolitano de Lisboa e Túneis da Madeira. Os representantes destas empresas têm acesso a toda a informação partilhada pelo *WG Predictive Maintenance and Refurbishment* da EUTF.

4.2 – Objetivos do *WG Predictive Maintenance and Refurbishment*

Partindo duma situação europeia com um conjunto significativo de ativos subterrâneos envelhecidos (Figura 15) e a necessitar de intervenções, a criação deste grupo de trabalho foi alicerçada num conjunto fundamental de objetivos:

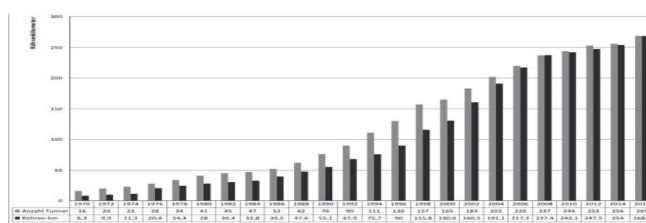
- Partilha de conhecimentos sobre projetos de reabilitação
- Partilha de experiências sobre investigação e desenvolvimentos na área da manutenção preventiva e reabilitação
- Ser inspirado pelas experiências dos outros
- Preocupação: manter operacionais os túneis antigos
- Os túneis devem ser estruturas fiáveis

Entretanto, a discussão no seio do grupo permitiu verificar que, globalmente, os diversos países partilham a mesma perspetiva sobre os desafios no campo da manutenção preventiva e reabilitação, concluindo-se, genericamente, que a construção de túneis pela Europa foi relativamente rápida (Figura16), que nesses túneis o trânsito, nomeadamente de pesados, se foi intensificando

- European countries have an increasing network of aging tunnels



Fig. 15 – Envelhecimento dos espaços subterrâneos europeus tem evidenciado a necessidade de definir planos de manutenção



Source of graphics: Presentation of Germany STUVA-Sachstandsbericht 2017 – Instandsetzungsstrategien von Verkehrstunneln

Fig. 16 – Evolução do investimento na construção de túneis de 1970 a 2016 na Alemanha.

gradualmente, acelerando o envelhecimento das estruturas, sendo exigente e urgente a sua manutenção.

4.3 – Inspeção e manutenção de túneis na Europa

As diversas reuniões de trabalho levaram o grupo a diversas constatações. Verifica-se, por exemplo, que dificilmente os gestores destes ativos alocam verbas anuais fundamentadas para a manutenção estrutural dos túneis. Efetivamente nem todos os países da Europa têm orçamentos específicos para manutenção dos túneis. Uma das questões que se coloca é se a gestão inadequada destes ativos tem levado ao fecho de algumas destas estruturas.

Do ponto de vista das metodologias de inspeção tem-se verificado o recurso à DIN 1076, utilizada para outras estruturas de engenharia civil, mais ou menos adaptada a estruturas subterrâneas (Figura 17).

Inspection code "		DIN 1076" every 2 yr				
Condition grade	Area/zone	Condition assessment	load capacity	usability	durability	damage
1	1.0-1.4	very good condition	+	+	+	none to small
	1.5-1.9	good condition				none to small
2	2.0-2.4	satisfactory condition	+	+	0	none to small
	2.5-2.9	sufficient condition				none to small
3-4	3.0-3.4	not sufficient condition	+	0	0	medium - serious
	3.5-4.0	inadequate condition	-	-	-	very serious

Fig. 17 – Classificação para inspeção de infraestruturas (DIN 1076); a realizar a cada 2 anos.

Será que esta é a abordagem adequada para estas estruturas subterrâneas? Será que se está a conseguir realçar adequadamente a evolução das patologias destas estruturas? Classificar e hierarquizar os túneis em termos de necessidade de intervenção? Será que para essa sistematização, orçamento de intervenções e definição de estratégia de gestão está a ser considerada uma inspeção sistemática?



Fig. 18 – Critérios de manutenção preventiva.

Frequentemente, para túneis muito longos, verifica-se que tem sido implementada, após construção, uma gestão de manutenção preventiva corrente. No entanto, isso não tem evitado a necessidade de, ao fim de certo período, o túnel ser sujeito a um projeto de reabilitação. A manutenção preventiva será a solução? Como tem sido implementada nos diversos países? Como estarão a ser implementados os planos de inspeção na manutenção? (Figura 18)

4.4 – Planos de Inspeção na Manutenção: Desenvolvimentos e Inovação

Uma das conclusões do WG é que um plano de inspeção dos túneis é fundamental para a manutenção preventiva sendo que existem desafios técnicos comuns a outras estruturas, tais como:

- Deterioração de betões, carbonatação, penetração de cloretos, corrosão de armaduras,
- Gestão e prevenção de infiltrações,
- Colmatação de drenagem.

Mas também desafios específicos (Figura 19):

- Selagem de juntas submersas,
- Deformações,
- Gestão e Prevenção de infiltrações em juntas seladas,
- Degradação do terreno envolvente.

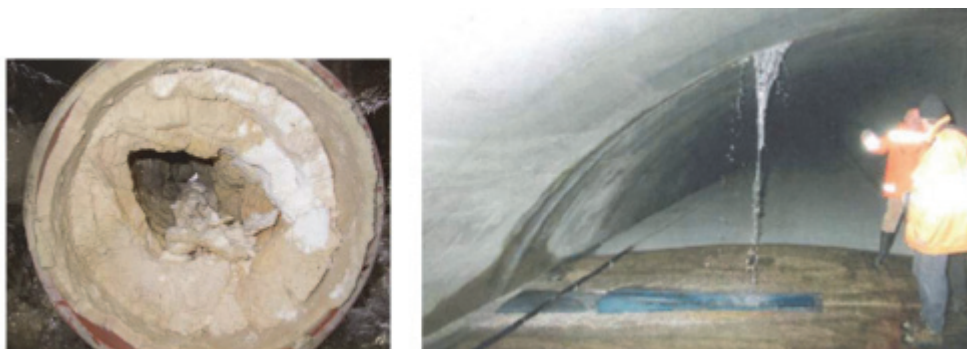


Fig. 19 – Patologias em obras subterrâneas.

O desenvolvimento de técnicas de inspeção, de reparação de betões, de técnicas de selagem, com pouco impacto na operação, assim como o desenvolvimento de materiais específicos para reparações, ou até os processos de digitalização (modelos 3D e gémeos digitais para operação), estão a ser acompanhados por este grupo de trabalho, pois considera-se que estes desenvolvimentos estão a contribuir também para o desenvolvimento de metodologias de inspeção para a manutenção preventiva das obras subterrâneas.

4.5 – Critérios de Inspeção e Registo: Guias e Standards

Tendo por base os procedimentos implementados nos diversos países da EUTF para inspeção de túneis, o WG tem o objetivo de elaborar um “Regulations/Guidelines for European tunnel structural inspections“. Representantes da Brisa, EDP, Infraestruturas de Portugal e Metro do Porto têm estado atualmente a juntar, num único documento, os procedimentos implementados em Portugal por estas empresas. O objetivo é a partilha desta informação com a EUTF, como procedimentos portugueses, de modo a garantir que os nossos procedimentos sejam considerados num guia europeu (Figura 20).

No âmbito do WG da EUTF foram partilhados documentos com os critérios de inspeção e registo de patologias utilizados em países europeus como Espanha e Suíça (Figura 21).

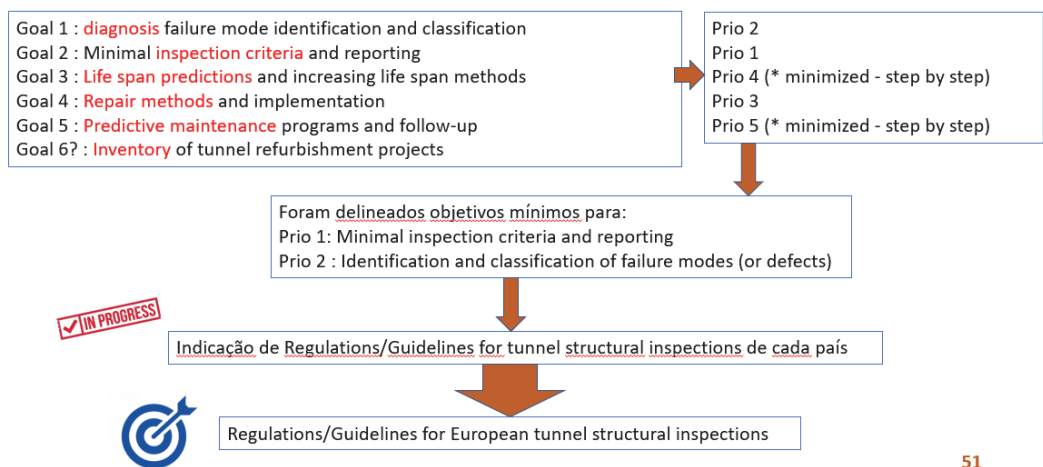


Fig. 20 – Definidos e priorizados os objetivos do WG da EUTF. O papel do GT5 da CPT.

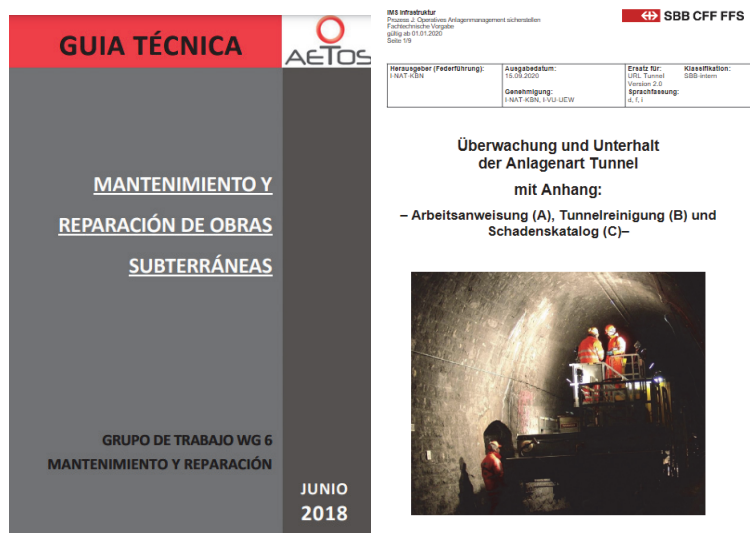


Fig. 21 – Regulations/Guidelines para inspeção estrutural de túneis em Espanha e na Suíça.

5 – BIM (BUILDING INFORMATION MODELLING) NAS OBRAS SUBTERRÂNEAS

5.1 – Alguns aspetos gerais do BIM

O BIM é um conjunto de metodologias, tecnologias e normas que permitem projetar, construir e operar um ativo de maneira colaborativa num espaço virtual.

Visa contribuir para uma transição de uma forma de trabalho tradicional, mais individual e fragmentada, a qual exige um esforço elevado para garantir a devida coordenação, para um modelo mais colaborativo, com melhor gestão da informação e da comunicação entre os diversos intervenientes.

As tecnologias envolvidas, como por exemplo o *hardware*, *software* e plataformas *cloud-based*, permitem gerar e gerir informações, mediante modelos, ao longo do ciclo de vida de um ativo, desde a conceção ao descomissionamento, enquanto as metodologias, baseadas em normas, permitem garantir que a partilha destas informações é feita de maneira estruturada.

Nesse sentido, o BIM não é apenas um conjunto de modelos tridimensionais a partir dos quais se extraem as tradicionais peças desenhadas. Existe todo um enquadramento processual e normativo e uma lógica de rentabilidade do esforço e tempo despendido, o qual, por comparação com métodos de trabalho mais tradicionais, se pretende que seja investido com maior intensidade em fases precoces de projeto, nas quais é possível impactar positivamente a solução final com um custo inferior (Figura 22).

A interoperabilidade entre diferentes ferramentas BIM é um aspeto bastante relevante tendo em vista facilitar a vertente marcadamente colaborativa da metodologia. Esta interoperabilidade é dificultada pelo facto de, em regra, os *software* disponíveis no mercado terem formatos de ficheiro proprietários. Desta tensão entre a propriedade intelectual de quem desenvolve as ferramentas BIM e a necessidade de permitir a colaboração entre intervenientes surge o conceito de *openBIM*, que têm sido muito impulsionada pela BuildingSMART, entre outras entidades, a qual criou e continua a desenvolver o formato IFC (*Industry Foundation Classes*), uma chave mestra do BIM (Figura 23)

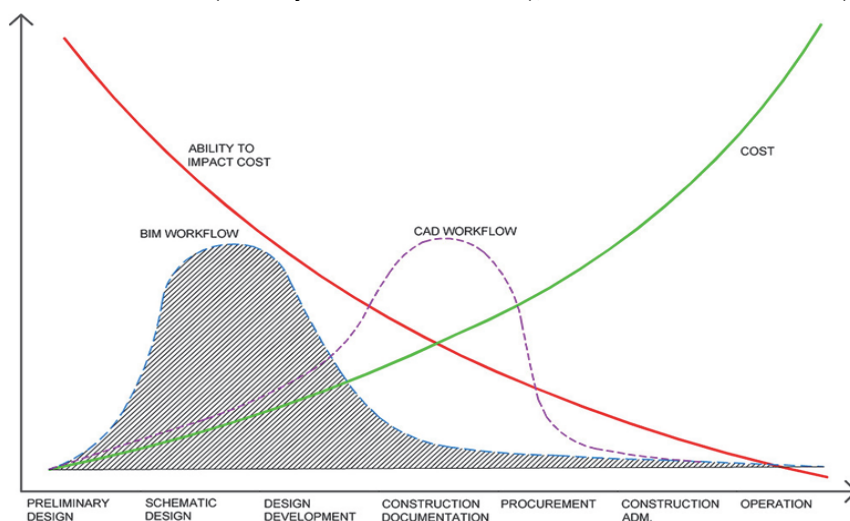


Fig. 22 – Curva de MacLeamy – taxa de esforço ao longo do ciclo de vida (CURT, 2004).



Fig. 23 – IFC e openBIM (Fonte: bimcorner.com).

5.2 – Particularidades do BIM aplicado às obras subterrâneas

Como é sabido, as obras subterrâneas têm algumas particularidades face às demais:

- Lidam com elevadas incertezas durante as fases de Projeto e Construção;
- Implicam mão-de-obra altamente especializada nas várias fases do ciclo de vida;
- Estão frequentemente associadas a investimentos iniciais avultados;
- Em regra, são desenhadas para uma vida útil de muitas décadas, dando uma importância acrescida às atividades de Operação e Manutenção.

Neste contexto, o BIM pode ser particularmente útil:

- Na gestão do elevado volume de informação a produzir e a considerar pelos vários intervenientes;
- Na integração da modelação do terreno e respetivo zonamento geotécnico com modelos de outras especialidades;
- Auxiliando a produção de modelos de cálculo geotécnicos e estruturais;
- Facilitando a boa perceção das estruturas a executar e sua relação com as estruturas existentes;
- Na implementação ágil de alterações de projeto;
- Na transição entre fases: projeto / construção / operação / descomissionamento (Figura 24).

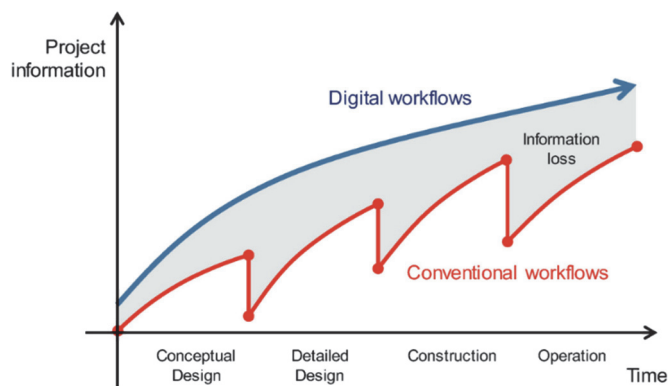


Fig. 24 – Minimização de perdas de informação na transição entre fases.

Mas o BIM nas obras subterrâneas tem também os seus desafios:

- É um mercado mais reduzido e específico, resultando numa baixa maturidade e disponibilidade de soluções geotécnicas nativas em *software* comercial corrente;
- Os *software* específicos disponíveis são relativamente dispendiosos;
- A interoperabilidade entre *software* é ainda um processo em curso.

Frequentemente é necessário, portanto, desenvolver internamente soluções viáveis, como por exemplo para modelação geométrica do terreno natural e superfícies escavadas, de elementos construtivos subterrâneos e de soluções de contenção a aplicar. Mesmo para capturar as mais valias de cada *software* disponível, por vezes é também essencial desenvolver e aplicar *workflows* específicos, não raras vezes fazendo uso de alguma criatividade (Figura 25).

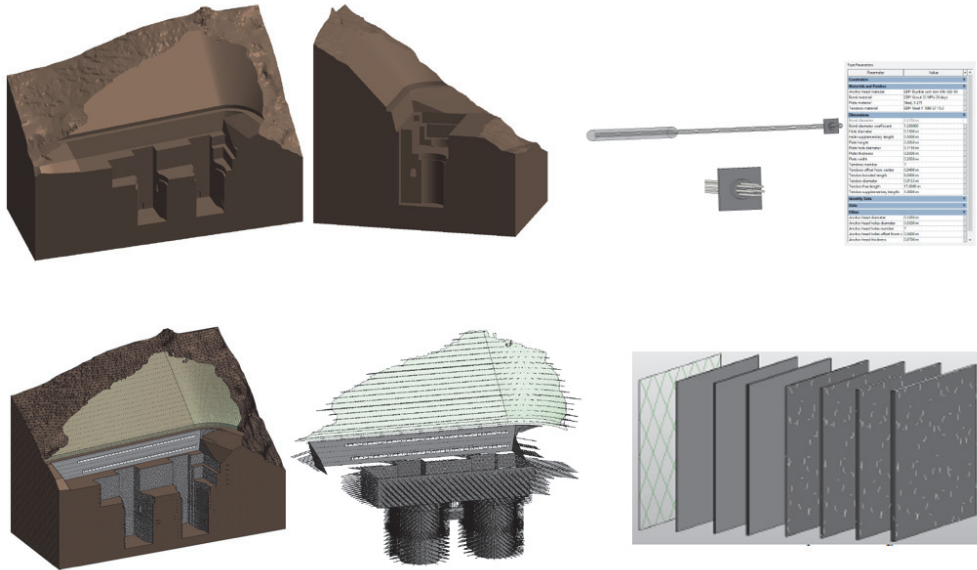


Fig. 25 – Exemplos de soluções geotécnicas tipicamente não disponíveis nativamente em software comercial corrente.

5.3 – Trabalho desenvolvido pelo Grupo de Trabalho 4 (GT4) da Comissão Portuguesa de Túneis (CPT)

O GT4 da CPT, dedicado ao “BIM e Gestão da Informação em Obras Subterrâneas”, iniciou a sua atividade em janeiro de 2021 e integra um conjunto de membros com larga abrangência da cadeia de valor da indústria da Engenharia e Construção (Figura 26).

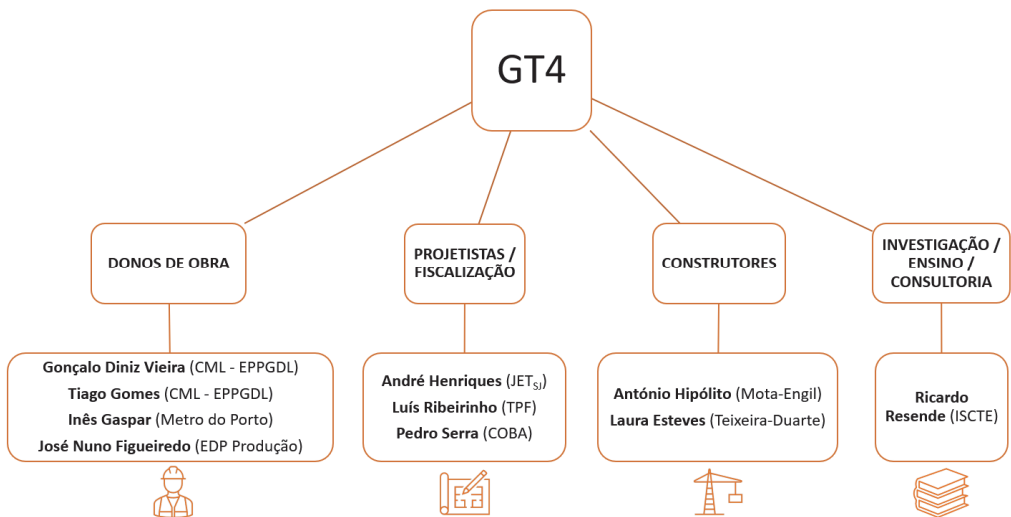


Fig. 26 – Membros do GT4 da CPT.

De entre os objetivos do GT4 destacam-se os seguintes:

- Promoção do know-how e da implementação do BIM junto da comunidade geotécnica portuguesa;
- Acompanhamento da evolução da metodologia participando em grupos BIM nacionais e internacionais;
- Troca de experiências e partilha de informação entre os membros;
- Contribuição ativa na elaboração e divulgação de normas e guias técnicos, com foco nas obras subterrâneas.

O GT4 procura ativamente articular-se com outros grupos e organizações congéneres, estando representado através de vários dos seus membros em diversos fóruns, como por exemplo na CT197-Normalização BIM, coordenada pelo BUILT CoLAB, e na *buildingSMART* Portugal, a nível nacional, ou no WG22 da *International Tunneling Association* (ITA), no *BIM Steering Committee da European Underground and Tunnel Forum* (EUTF) e na *buildingSMART International*, a nível internacional. Tem focado a sua atividade principalmente em temas como a divulgação da bibliografia BIM relevante junto da comunidade geotécnica portuguesa, a análise e divulgação das ferramentas BIM e formas de gestão da informação aplicáveis a obras subterrâneas, a elaboração de recomendações relativas à contratação BIM em obras do mesmo tipo e ainda a tradução para português de recomendações BIM internacionais.

5.4 – Alguns casos práticos de aplicação BIM às obras subterrâneas

O BIM apresenta-se com uma abordagem que favorece um modelo de trabalho mais colaborativo, o que no âmbito das obras subterrâneas pode ser particularmente útil, embora encerre também um conjunto de desafios específicos, que exigem algum esforço adicional. A indústria da construção e a comunidade geotécnica portuguesas têm abraçado estes desafios e já acumulam experiência relevante, a qual se exemplifica nas Figuras 27 a 30.

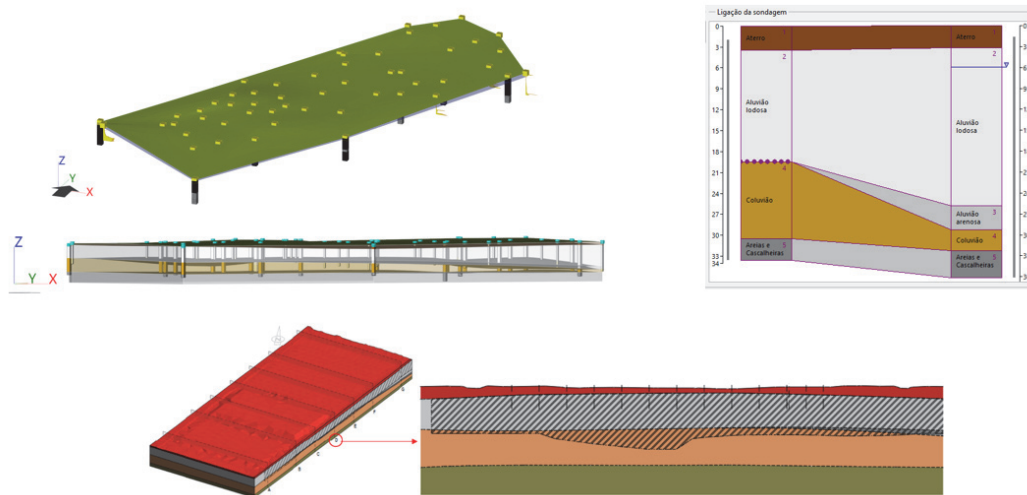


Fig. 27 – Plataforma Logística Lisboa Norte – Modelação do terreno e informação geológico-geotécnica (imagens cedidas pela TPF Consultores).

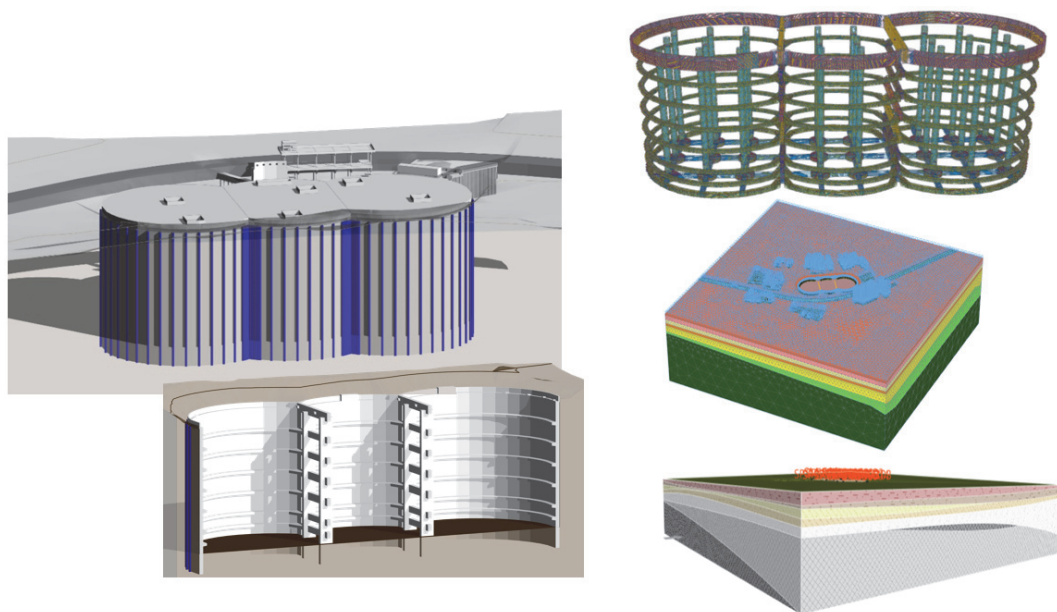


Fig. 28 – Reservatório profundo para controlo cheias (Brasil) – Modelação do terreno, estruturas e respetivas armaduras (imagens cedidas pela JetSJ).

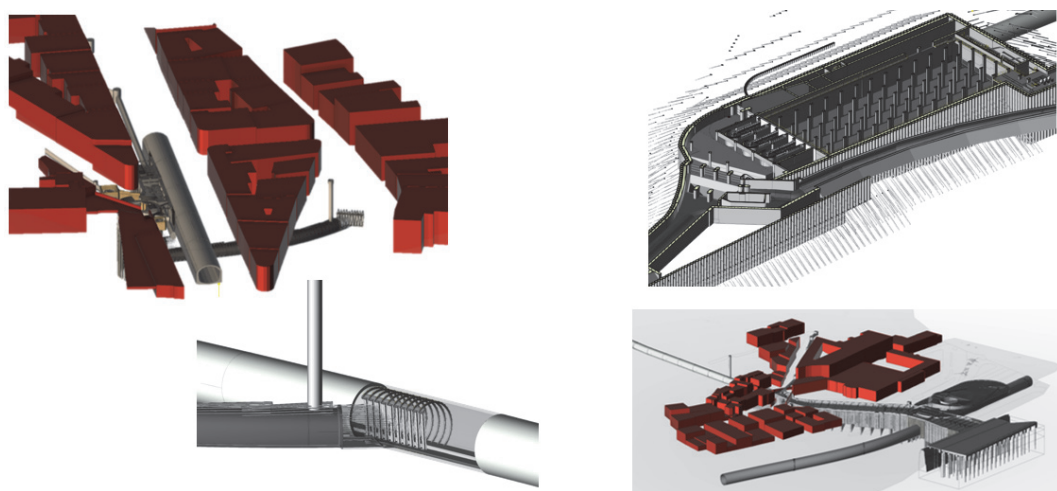


Fig. 29 – Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Modelo BIM desenvolvido no âmbito do contrato conceção-construção dos túneis de drenagem (imagens cedidas pela CML - EPPGDL).

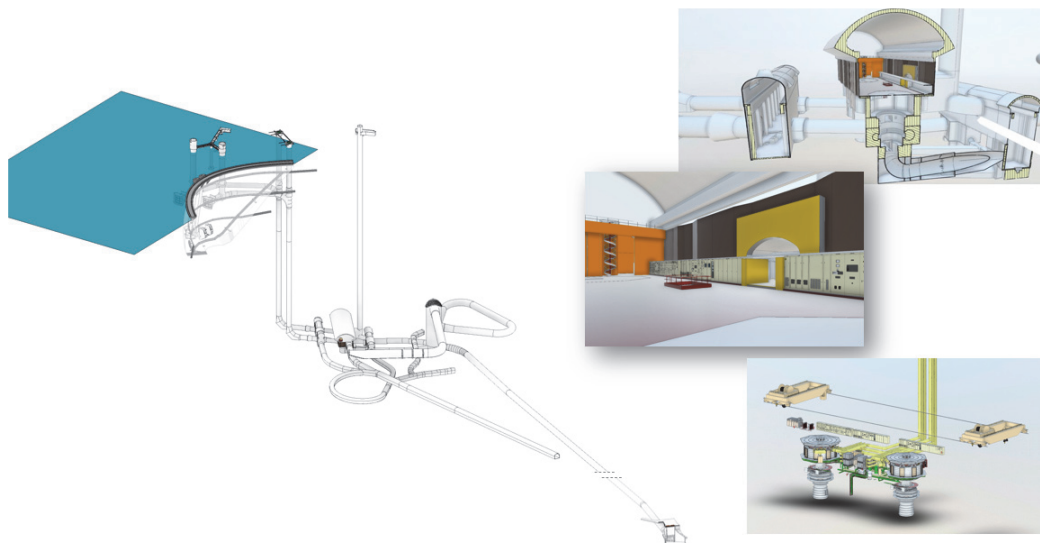


Fig. 30 – Aproveitamento hidroelétrico do Alto Lindoso – Modelo BIM para apoio a atividades de Operação & Manutenção (imagens cedidas pela EDP Produção).

6 – CONTRATAÇÃO DE OBRAS GEOTÉCNICAS COMPLEXAS

6.1 – Porque se fala em contratação (pública) numa Comissão Técnica de Túneis e Geotecnia?

As grandes obras em Portugal são, normalmente, financiadas por dinheiros públicos. Assim, a sua concretização passa, indubitavelmente, pela execução de contratos que se regem pelas regras da contratação pública, que tem vindo a ser alterada nos últimos anos. Uma das alterações mais importantes ocorreu em 2018, com a publicação do Código dos Contratos Públicos revisto em resultado da existência das diretivas comunitárias de 2014, que obrigaram à transposição para a legislação nacional de regras em matéria de contratação pública. E como para as utilizar é necessário conhecer, foi criado um grupo específico no seio da CPT que lida com “Engenharia e Legislação – melhores práticas contratuais”.

Este GT2 iniciou o seu trabalho em 2015 e tem vindo a produzir recomendações e Guias que apoiam os engenheiros e gestores na execução destas obras geotécnicas complexas, dentro da lei.

Assim surgiu o Guia de Boas Práticas para a Contratação de Obras Geotécnicas Complexas (OGC), que foi elaborado pelo GT2 da CPT em conjunto com diferentes entidades como a OE e a APPC e, recentemente, foi publicado pelo IMPIC, tendo sido inserido no leque de **Guias recomendados para aplicação prática em áreas específicas da contratação pública em Portugal**

Neste Guia OGC são apresentadas as recomendações mais relevantes, tendo em conta as melhores práticas contratuais, nacionais e internacionais, que têm em atenção a recente alteração da Legislação Portuguesa de Contratação Pública à luz das novas Diretivas Europeias

O Guia teve como objetivo inicial responder às questões (problemas) contratuais nas Obras Geotécnicas Complexas, em particular os túneis. Mas logo se percebeu que as recomendações que daí resultam podem ser estendidas, em grande medida, à contratação pública de outro tipo de obras mais abrangentes, que lidam com situações previsivelmente incertas.

No fundo, pretende-se responder à questão:

Quando é certa a incerteza, o que é certo fazer?

A pergunta surge pela dificuldade de previsão do comportamento dos terrenos e da imprevisibilidade das condições inerentes aos projetos de Obras Geotécnicas Complexas, em especial as obras subterrâneas, que conduzem a **riscos únicos em termos da construção destas obras**. Com efeito, a construção subterrânea é muito diferente de qualquer outro tipo de construção “à vista”, pois as propriedades do material de construção – as condições dos terrenos – não podem ser conhecidas com precisão a priori. As condições imprevistas, a dependência dos meios e dos métodos construtivos, o acompanhamento e análise dos resultados da monitorização e os inevitáveis riscos de construção são fatores típicos da construção subterrânea em geral, e que ganham particular relevo na construção de túneis.

Dada a incerteza inerente aos trabalhos que são condicionados pela natureza geológica e geotécnica do terreno (por ex. os trabalhos de escavação e suporte de um túnel) e a impossibilidade de utilização do regime de série de preços (conforme é recomendado pelos melhores modelos internacionais de contratação da Federação Internacional de Consultores de Engenharia - FIDIC, entre outros) ao abrigo do Código dos Contratos Públicos (CCP), os modelos contratuais usualmente utilizados de uma forma rígida sem atender às especificidades destas obras são inadequados quando aplicados aos projetos de OGC.

A elaboração do Guia justifica-se porque as formas “tradicionais” de contratação não tratam de forma adequada as particularidades das OGC. Com a metodologia nele definida aumenta-se a possibilidade de serem atingidos, com sucesso, os objetivos do empreendimento/ projeto/ construção por parte de todos os seus intervenientes.

6.2 – Definição de Obra Geotécnica Complexa

Entende-se por OGC uma obra complexa do ponto de vista geotécnico, em que o desempenho da estrutura, o seu processo construtivo, a durabilidade da obra e a estabilidade das construções e infraestruturas vizinhas podem ser significativamente prejudicados pela imprevisibilidade das condições geotécnicas do local da obra.

Como exemplos:

- i. Túneis e obras subterrâneas,
- ii. Fundações especiais profundas,
- iii. Fundações de barragens,
- iv. Fundações de obras portuárias,
- v. Obras de escavação com profundidade significativa (em geral >15m prof.)
- vi. Estabilização de taludes;
- vii. Outras obras geotécnicas com elevada incerteza associada.

6.3 – Recomendações mais relevantes

As recomendações do Guia respeitam a atual legislação de contratação pública, seguindo uma metodologia que se considera como a mais adequada para a contratação de empreitadas de obras geotécnicas complexas, como é o caso paradigmático dos túneis (mas não só). Esta metodologia conjuga o carácter particular das obras geotécnicas complexas, com as novas possibilidades contratuais criadas com a entrada em vigor da atual versão do CCP, nomeadamente no que se refere à modificação objetiva dos contratos e resolução alternativa de conflitos.

O risco numa obra deste tipo assume diversas variáveis, desde o risco geotécnico, ao arqueológico, ou mesmo o risco do desconhecimento da exata localização das interferências à superfície ou a pequena profundidade (das infraestruturas concessionadas quando a obra decorre em meio urbano), mas em qualquer situação existe um princípio que deve ser sempre cumprido: o risco deve ser partilhado e alocado à parte que melhor o gere, mas não pode, nunca, ser menosprezado ou esquecido. É, pois, de fundamental importância que no contrato estejam claramente identificadas as obrigações e responsabilidades de cada parte. É também muito importante que os mecanismos para

lidar com os desacordos e incertezas que necessariamente irão ocorrer, de tempo a tempo, entre as partes, estejam explicitamente indicados.

As recomendações do Guia são baseadas nas melhores práticas contratuais internacionais (ITA / FIDIC) que, entre outras situações, recomendam a alocação equilibrada do risco:

- O risco deve ser partilhado e assumido pela parte que melhor o gere, pelo que quando está relacionado com o terreno (variações significativas) deve ser assumido pelo Dono de Obra, mas quando está relacionado com o desempenho, então deve ser assumido pelo Empreiteiro (Figura 31).

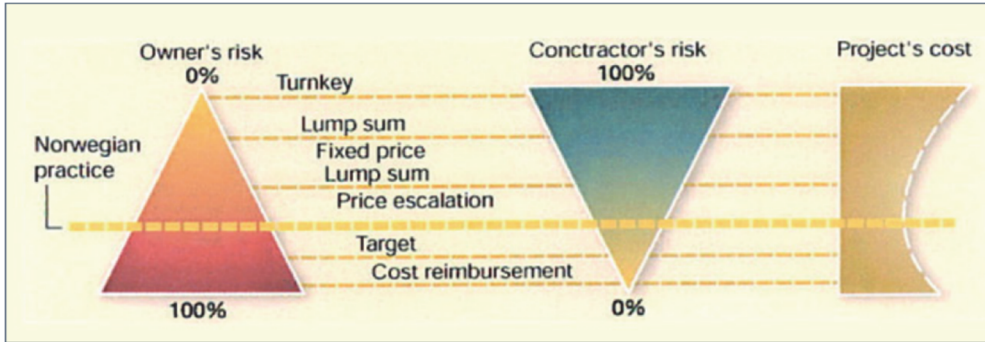


Fig. 31 – Partilha contratual equilibrada do risco.

Uma outra recomendação muito relevante prende-se com a **disponibilização de toda a informação geológica e geotécnica** possível, através dos **Relatórios Geotécnicos de Referência (GBRs)**, que deve ser incentivada para promover a transparência e repartição equitativa dos riscos e facilitar a resolução de conflitos.

Existem diversas outras recomendações no Guia, que se resumem e nomeiam no esquema da Figura 32, e podem ser detalhadamente descritas com uma leitura do Guia que está disponível de forma gratuita:

✓ **Projeto por cenários OGC + MOC**

Duplo envelope

✓ **CLPQ** para serviços de engenharia (projeto e fiscalização)

✓ Proposta economicamente + vantajosa (nunca "preço + baixo" !)

✓ **Revisão de Projeto** e Assistência Técnica Especial do projetista em todas as OGC

✓ Quando se tratar de Concursos Concessão-Construção (art.43º, n.º3 CCP):

- Preparar bem o concurso, com GBR e Programa Preliminar Robusto (idealmente **Estudo Prévio**, ainda que a lei indique a designação de **prog. preliminar**.)

Remuneração das melhores propostas técnicas, 1%PB para os 2º, 3º e 4º classificados com boa nota técnica

✓ Correta definição do Preço Base

✓ **CREC** para resolução expedita de conflitos

Maior flexibilidade contratual exige um maior rigor na preparação!

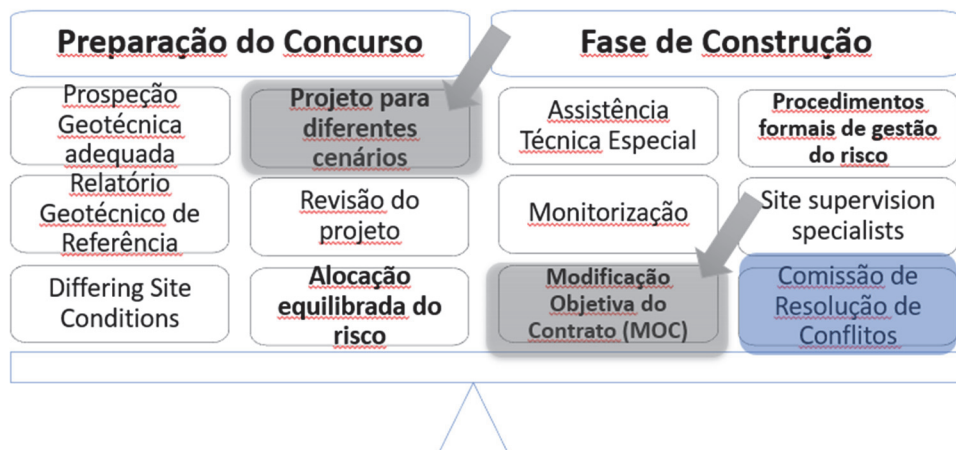


Fig. 32 – Resumo das recomendações do Guia.

As melhores práticas contratuais em países com grande tradição neste tipo de obras geotécnicas complexas promovem a **adequação dos métodos construtivos inicialmente previstos às condições reais encontradas em obra** (através da utilização do método observacional, conforme estabelecido no capítulo 2.7 da Norma Europeia de Projeto Geotécnico – EC7: Parte 1 Regras Gerais).

O documento dirige-se não só às entidades adjudicantes que já decidiram avançar com a opção de construção de uma Obra Geotécnica Complexa mas também a todos os intervenientes no processo de elaboração do projeto, de preparação do procedimento concursal e das peças procedimentais e que depois vão também acompanhar a obra durante a sua construção. No fundo, todos os *stakeholders* envolvidos no processo de preparação, financiamento, construção, fiscalização e manutenção ao longo do seu ciclo de vida.

As aplicações das recomendações do Guia apontam para a utilização de soluções legislativas adaptadas a esta realidade, que acompanhem as melhores práticas construtivas, permitam uma **melhor gestão do risco geotécnico e conduzam a uma maior economia e segurança** na globalidade destas obras.

As recomendações inscritas do Guia podem ser estendidas, na sua maioria, à contratação pública de outro tipo de **obras que também lidam com situações previsivelmente incertas** (obras com forte componente arqueológica, de restauro ou recuperação de estruturas existentes, etc.). Agora que as recomendações estão consolidadas (revistas pelo IMPIC) é altura de passar à fase seguinte: implementação. Nessa aplicação todos somos importantes, para tentar trazer as melhores práticas contratuais para Portugal.

7 – AGRADECIMENTOS

A CPT agradece à SPG pelo convite formulado para realizar esta apresentação, aos colegas que colaboram empenhadamente nos grupos de trabalho para produzir material atualizado, aos donos de ativos, promotores, construtores, projetistas e fornecedores de equipamentos pela disponibilização da informação aqui partilhada.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CURT (2004). *Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*. Architectural/Engineering Productivity Committee of The Construction Users Roundtable (CURT), p 4.
<https://kcuc.org/wp-content/uploads/2013/11/Collaboration-Integrated-Information-and-the-Project-Lifecycle.pdf>
- CPT (2022). *Guia de boas práticas de segurança e saúde para a fase de construção de obras subterrâneas*. Comissão Portuguesa de Túneis e do Espaço Subterrâneo, Sociedade Portuguesa de Geotecnia. ISBN 978-989-33-2368-7
<https://spgeotecnia.pt/wp-content/uploads/2024/02/cpt-guia-de-sh-nas-obras-subterraneas-v-final.pdf>
- OE-CPT-APPC (2020). *Guia de boas práticas para a contratação de obras geotécnicas complexas*. Ordem dos Engenheiros, Comissão Portuguesa de Túneis da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Associação Portuguesa de Projectistas e Consultores.
<https://spgeotecnia.pt/wp-content/uploads/2022/10/guia-contratacao-ogc-2020.pdf>
- Pistone, R. S. e Pinto da Cunha, eds. (2014). *Túneis em Portugal / Tunnels in Portugal*. Comissão Portuguesa de Túneis, Sociedade Portuguesa de Geotecnia e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, ISBN 978-972-98781-9-0
<https://spgeotecnia.pt/wp-content/uploads/2022/10/livro-de-tuneis-em-portugal-completo-compactado-compressed.pdf>