

Desenvolvimentos BIM no Plano Geral de Drenagem de Lisboa: Comunicação, acompanhamento e controlo

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.164.46>

**Tiago Andrade Gomes¹, Gonçalo Diniz Vieira¹,
Luís Ribeirinho², Ricardo Pontes Resende³,
António Hipólito⁴, Catarina Feio⁴,
Sebastien Roux⁵, Paulo Gordinho¹**

¹ *Equipa de projeto para o Plano Geral de Drenagem de Lisboa/Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa*

² *TPF – Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A., Lisboa, <https://orcid.org/0000-0002-3486-6326>*

³ *ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, <https://orcid.org/0000-0002-2155-5625>*

⁴ *Mota-Engil SA, Lisboa, <https://orcid.org/0000-0002-9662-1308>*

⁵ *Limsen Consulting, Lisboa*

Resumo

Desde a publicação –no PTBIM 2022 – de um artigo sobre os desafios da implementação do BIM no Plano Geral de Drenagem de Lisboa, registou-se uma notável evolução neste projeto. Com efeito, para além da conclusão do projeto e arranque da obra, com entrada em funcionamento da tuneladora no troço Campolide – Santa Apolónia, procedeu-se ao desenvolvimento, implementação e exploração de várias ferramentas e técnicas BIM alinhadas com as necessidades e desafios específicos da obra, que se descrevem em dois trabalhos apresentados neste congresso. Neste trabalho descrevem-se quatro aspetos. Em primeiro lugar, descreve-se o uso dos modelos BIM na comunicação com stakeholders internos e externos, particulares, empresariais e institucionais. Em segundo lugar, destaca-se o uso das capacidades de comunicação Autodesk Construction Cloud para a comunicação interna do projeto, através dos *Issues*, aumentados com desenvolvimentos internos. Depois, e seguindo a obra um contrato de Concepção-Construção, a produção das peças de projeto pelos vários projetistas é acompanhada pela produção dos modelos pelo Adjudicatário. Da sua análise conjunta, frequentemente resulta a introdução de melhorias e adaptações no projeto, continuando esta dinâmica no decorrer da obra, com a adaptação dos modelos e introdução da informação de obra relevante. O projeto contém, portanto, várias dezenas de modelos federados com mudanças frequentes, cuja qualidade tem de

ser acompanhada. A análise dos parâmetros destes modelos é feita através da integração com o PowerBI, que proporciona insights valiosos sobre os dados do projeto. Finalmente, a comparação entre fotografias 360° da obra e os modelos tornou-se possível através da integração com a plataforma *DroneDeploy*, permitindo detetar problemas em obra e obter imagem e vídeo de qualidade e de forma económica. Este artigo partilha, pois, os avanços e aprendizagens destes dois anos, sublinhando a relevância da evolução contínua e adaptabilidade na implementação do BIM em projetos de grande escala.

1. Introdução

Em alguns países da Europa, a implementação do BIM, iniciou-se nas obras públicas de infraestruturas, por imposição do Estado. É o caso, por exemplo, da Alemanha [1]. Nos últimos anos, a implementação da metodologia Building Information Modeling (BIM) em grandes projetos de infraestrutura tem-se tornado cada vez mais comum no cenário global da engenharia e construção. Esta tendência reflete não só uma evolução tecnológica, mas também uma mudança paradigmática na forma como projetos complexos são concebidos, planeados e executados. No nosso país, na ausência de um mandato, a implementação iniciou-se em projetistas e alguns – poucos – empreiteiros, e o BIM foi aplicado principalmente à construção nova de edifícios, tendo essa experiência passado para projetos de grande escala, na busca de maior eficiência, precisão e sustentabilidade.

As mudanças climáticas podem levar a um aumento na frequência e intensidade de eventos extremos, como chuvas torrenciais e inundações, fenômenos que sobrecarregam os sistemas de drenagem existentes e causam impactos significativos nas cidades. O outro lado da moeda é a previsível maior escassez de água na cidade, que pode ser mitigada pelo tratamento e reutilização de água de qualidade suficiente para rega e lavagem de ruas. O plano Geral de Drenagem de Lisboa é uma obra estratégica, com repercussões nas próximas décadas, que visa proteger Lisboa contra inundações e cheias associadas a fenômenos extremos de precipitação [2].

Foi tendo em conta a complexidade da obra e a sua longevidade que a Câmara Municipal de Lisboa impôs a utilização do BIM no concurso da empreitada de construção do Plano Geral de Drenagem de Lisboa, que segue a modalidade Concepção-Construção. A aposta revelou-se acertada pois, apesar das dificuldades técnicas no desenvolvimento e na aplicação da metodologia a um projeto desta amplitude, duração e complexidade técnica, as vantagens sentidas já durante a obra são já mais que suficientes.

O presente artigo propõe-se a explorar e detalhar a implementação e os desenvolvimentos do BIM no contexto específico do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL), um projeto ambicioso e de grande importância para a infraestrutura urbana da capital de Portugal. Através desta análise, pretendemos demonstrar como o BIM, mais do que um recurso tecnológico, representa uma abordagem integrada e colaborativa, crucial para o sucesso de empreendimentos de grande envergadura e complexidade técnica.

2. Enquadramento

O PGDL é um marco na inovação e sustentabilidade urbana, respondendo aos desafios das alterações climáticas e da urbanização acelerada da cidade de Lisboa. Este plano abrangente, que inclui a construção de dois grandes túneis de drenagem (um com cerca de 5 km e outro com aproximadamente 1 km, ambos com um diâmetro

interno de 5,5 m), visa não só mitigar o risco de inundações, mas também incorporar um sistema de distribuição de água reciclada. Complementando este esforço, será construída uma bacia antipoluição com um reservatório de 16.500 m³ e três poços de vórtice distribuídos na cidade [3]. O projeto, que se destaca como a maior obra lançada pelo município, conta com sete estaleiros ativos em pontos estratégicos de Lisboa, incluindo Campolide, Av. da Liberdade, Rua de Santa Marta, Av. Almirante Reis, Santa Apolónia, Chelas e Beato, reforçando o compromisso de Lisboa com a economia circular e a eficiência hídrica.

Desde o artigo apresentado no ptBIM 2022 (DESAFIOS BIM NA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO GERAL DE DRENAGEM DE LISBOA), a implementação da metodologia BIM no PGDL tem evoluído significativamente. O BIM tem sido uma ferramenta crucial durante a fase de projeto e construção, melhorando a gestão da informação e a comunicação entre as entidades envolvidas, e é esperado que tenha um papel fundamental na fase de manutenção e gestão do sistema.

A execução dos túneis de drenagem ilustra o valor da abordagem BIM, onde a tecnologia de escavação mecanizada é complementada pelo uso intensivo do BIM, minimizando os impactos superficiais e garantindo a segurança durante a construção num ambiente urbano e denso como o de Lisboa.

Este trabalho descreve e reflete sobre quatro aplicações, e regista um avanço significativo em diversos aspetos:

- Na Comunicação e Divulgação: A utilização do BIM como ferramenta de comunicação com diversos *stakeholders* com e sem competências em construção tem-se aprimorado, facilitando o diálogo e a transparência do projeto.
- Na Comunicação entre os intervenientes internos : adaptou-se uma metodologia de acompanhamento da obra da plataforma Autodesk Construction Cloud, facilitando a comunicação entre a frente de obra, Projetistas, Dono de Obra e Fiscalização.
- Na Análise da Qualidade dos Modelos com recurso a ferramentas de *Business Intelligence*: A integração com o PowerBI tem enriquecido a análise da informação dos modelos.
- No acompanhamento de Obra, a utilização de ferramentas de *Reality-Capture*: A integração com o *DroneDeploy* (<https://www.dronedeploy.com/>) tem enriquecido a visualização comparativa entre os modelos BIM e a realidade, oferecendo perceções valiosas para a tomada de decisões e uma base documental objetiva.

O PGDL, aliado à metodologia BIM, estabelece Lisboa como um exemplo de cidade Inteligente, Resiliente e Sustentável. A utilização desta metodologia não só otimiza a fase de projeto e construção, mas também antevê uma gestão eficiente da infraestrutura a longo prazo, estabelecendo um modelo para futuras obras urbanas que combinam tecnologia avançada, planeamento detalhado e colaboração interdepartamental.

3. Comunicação e divulgação

A metodologia BIM tem provado ser uma ferramenta valiosa, não só para a comunicação técnica, mas também para o diálogo com um espectro mais amplo de *stakeholders* no PGDL.

Na comunicação do PGDL com o público, a metodologia BIM é enriquecida com a integração de ferramentas visuais inovadoras.

O software Enscape, um sistema avançado de renderização a partir de modelos BIM, que se destaca pela sua capacidade de representar o projeto de forma realista, melhora significativamente a compreensão do público sobre a infraestrutura planeada. Esta ferramenta tem sido essencial em reuniões com os munícipes, proporcionando uma apresentação clara e interativa do projeto, destacando seus impactos e benefícios para as comunidades.

A implementação estratégica de *QR codes* em pontos da obra representa uma inovação em acessibilidade informativa. Estes códigos, quando lidos pelos visitantes, revelam visualizações renderizadas pelo Enscape (exemplo na Figura 1), permitindo-lhes ver à escala real o design preciso da infraestrutura no contexto exato do local da construção num telemóvel, tablet, computador ou em realidade virtual. Esta estratégia interativa não só aumenta o envolvimento do público, mas também enriquece a sua perceção sobre como o projeto influenciará o ambiente urbano.



Figura 1
Exemplo de visualização 360° gerada com o Enscape no interior da obra. Visualização completa em <https://api2.enscape3d.com/v3/view/link/84785551-55ee-4529-b44e-6dbd3daf5b42/5e0b56d0-b0d3-4acf-b842-69cd725f36a7>.

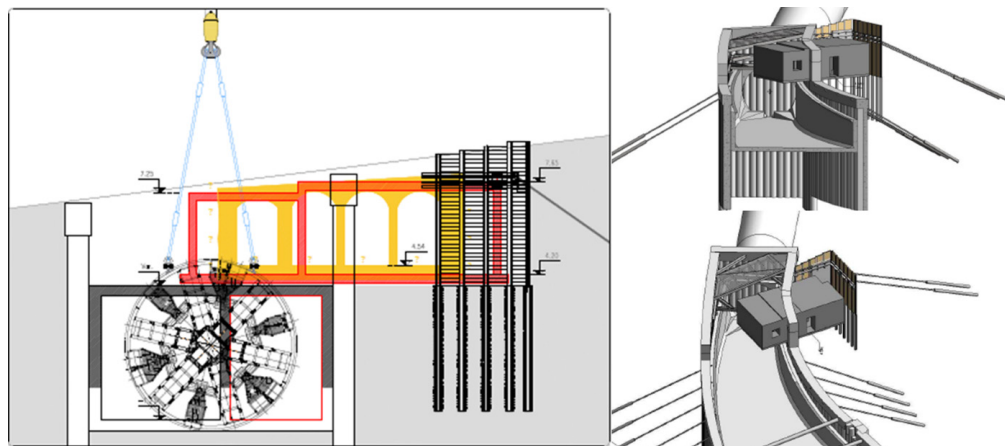
A interação com entidades técnicas tem sido um dos pontos fortes da aplicação da metodologia BIM no PGDL. Um exemplo ilustrativo dessa interação foi na Av. Almirante Reis, onde a apresentação de um modelo tridimensional à Direção Geral

do Património Cultural (DGPC) demonstrou a inviabilidade de preservar um coletor histórico do século XVII. Este tipo de visualização detalhada foi crucial para a decisão da gestão patrimonial.

Em Santa Apolónia, o uso do BIM facilitou a apresentação do conflito entre o túnel TMSA e a muralha Fernandina, assim como a colisão entre o túnel e a antiga esquadra da PSP (Figura 2), à DGPC. Estes modelos tridimensionais ofereceram uma compreensão clara das implicações patrimoniais e estruturais dos projetos propostos, como demonstrado nestes casos, bem como em diversos outros.

Além disso, a colaboração com a Empresa Municipal de Mobilidade e Estacionamento de Lisboa (EMEL) e a Direção Municipal de Mobilidade foi reforçada pela apresentação de modelos tridimensionais de todos os estaleiros. Isso facilitou a adaptação e a rápida aprovação dos mesmos, demonstrando a eficácia do BIM como uma ferramenta de comunicação técnica e de gestão de projeto.

Figura 2
Interseção do túnel
TMSA com o Bar da PSP,
em Sta Apolónia.



A utilização da metodologia BIM tem-se ainda revelado fundamental na comunicação do PGDL com o poder executivo, incluindo com a Vereação e com o Gabinete Presidencial. O BIM oferece um entendimento rápido e holístico dos projetos propostos, permitindo que os decisores políticos tenham uma visão abrangente e detalhada. Esta abordagem resulta em decisões mais rápidas, informadas e eficazes, assegurando que as escolhas feitas estejam alinhadas com os melhores interesses da cidade e dos seus cidadãos.

4. Acompanhamento BIM em obra

Para a gestão eficaz dos Pedidos de Esclarecimento de Projeto (PEP) e Pedidos de Alteração de Projeto (PAP) em obra, foi adotada uma metodologia inovadora usando a funcionalidade *Issues* do Autodesk Construction Cloud (ACC) DOCS, o *Common Data Environment* (CDE) adotado no projeto. Esta abordagem permitiu que o CDE assumisse um papel ainda mais ativo no projeto, indo além de uma plataforma de gestão e versionamento de modelos e documentos.

Para além da unificação de plataformas, facilidade de comunicação e controlo do estado de cada pedido, com os contributos de cada interveniente, os pedidos podem referenciar diretamente os desenhos, modelos ou documentos relevantes, assim como outras informações, desenhos ou esquemas adicionados pelos intervenientes.

Finalmente, a funcionalidade *Insight* permite gerar relatórios dos Pedidos, filtrando-os segundo parâmetros como Tipo, Estado ou Criador. A partir destes relatórios é automaticamente gerado, para cada pedido, um documento em formato PDF. No entanto, surgiram desafios de compatibilidade com o sistema de qualidade da obra, uma vez que os relatórios gerados automaticamente pelo CDE não estavam alinhados com o formato padronizado de relatórios. Para resolver esta questão, recorreu-se à ferramenta "conector de dados" da plataforma para extrair todos os dados relacionados com o projeto em formato CSV, incluindo a informação dos *Issues*. Estes dados foram tratados com recurso ao Power Query e foram depois gerados documentos em formato PDF, usando a funcionalidade *Mail Merge* do Microsoft Word, criando relatórios no formato predefinido pelo sistema de qualidade e garantindo a conformidade e a satisfação da Política de Qualidade da Obra.

Esta capacidade de conjugar ferramentas para construir fluxos de trabalho que usam as melhores características de cada software ou plataforma emerge da experiência e riqueza da equipa e da adaptabilidade dos responsáveis e é uma das características que se realçam neste projeto.

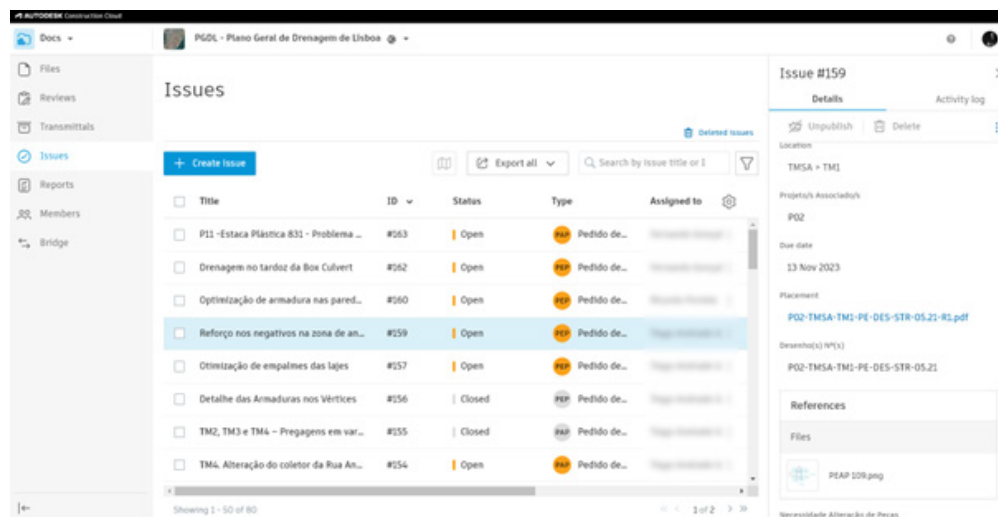


Figura 3
Funcionalidade *Issues*
do Autodesk
Construction Cloud.

5. Análise da qualidade dos modelos BIM

As obras de infraestrutura assumem geralmente grandes dimensões e esta não é exceção. Os dois túneis e as diferentes obras associadas estão divididos em 45 modelos. Cada um destes modelos tem naturalmente várias entidades com vários atributos cada, o que se traduz numa quantidade massiva de dados que terá de ser gerida. Entre janeiro 2022 e dezembro 2023 foram processadas mais de 300.000 instâncias.

A única forma de assegurar que será possível trabalhar com esses dados e extrair alguma informação é definir regras para a gestão dos modelos e, dentro dos modelos, para a modelação geométrica e para a gestão da informação. Essas regras foram definidas no BEP por todas as entidades. De seguida é necessário garantir que essas regras são cumpridas, cabendo esse papel à Fiscalização. Como o número de objetos é elevado, optou-se por recorrer a ferramentas de *Business Intelligence*, como a linguagem DAX – Data Analysis Expressions [4]. Esta linguagem é usada no Power BI e permite cálculos avançados e consultas em modelos de dados tabulares. É criado um relatório com uma página para cada regra verificável (Figura 4). Nesse relatório apresentam-se apenas as não-conformidades, sendo possível filtrar por modelo, tipo de erro ou categoria Revit. Alguns exemplos dessas regras são:

- Nomenclatura de objetos;
- Atribuição de classificação;
- Consistência da classificação com a categoria do Revit;
- Atribuição de materiais;
- Preenchimento dos parâmetros obrigatórios.

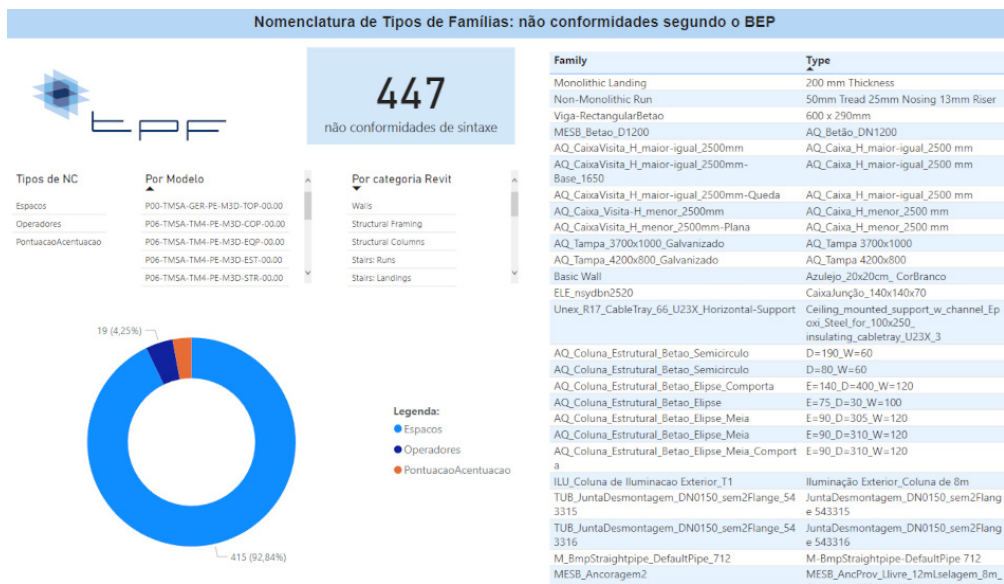


Figura 4 Relatório em PowerBI para análise de não-conformidades dos modelos.

Importa salientar que esta ferramenta é usada em complemento com outras ferramentas e técnicas, uma vez que é muito eficiente a indicar se um parâmetro está atribuído, ou não, mas tem dificuldade em avaliar se a atribuição está correta. Ainda assim, dividimos as não-conformidades em automáticas, que resultam da aplicação direta de regras escritas com a linguagem DAX, e semiautomáticas, que dependem da análise do utilizador para comparar informação redundante e que deve ser consistente. Note-se que não se colocou para já a hipótese de utilizar o standard IDS – Information Delivery Specification da buildingSmart [5], para fazer este tipo de verificações, uma vez que as trocas de informação ainda são em formatos proprietários, apesar de estar prevista a entrega de formatos abertos no final do projeto.

A recolha da informação dos modelos é realizada nos modelos submetidos, e não nos partilhados, uma vez que esse processo tem alguns passos, que, à data, são manuais. Os diferentes modelos que se pretendem analisar são ligados (*linked*) a um *template* de Revit vazio com uma tabela multicategoria predefinida que é usada para exportar os dados para CSV, sendo este o formato ligado ao PowerBI. Existem no mercado outras soluções para ligar a informação dos modelos ao PowerBI, como o Speckle, ou o Vcad, cuja exploração já se iniciou, mas que ainda não passaram para a produção. No caso desta obra, em que a informação em análise é apenas alfanumérica, não antecipamos que haja grandes mais valias nestas alternativas, uma vez que a estrutura dos dados é mais complexa e requer maior manipulação, quando comparada com o CSV da solução adotada.

Este relatório é partilhado com todos os intervenientes neste processo, sendo consensual que esta ferramenta contribuiu para a obtenção de melhores modelos. Não só permite comunicar de forma mais eficiente a extensa lista de não-conformidades, expectável em projetos desta dimensão em fases preliminares, mas em particular no caso da partilha com o Consórcio Projetista-Construtor permitiu ainda reduzir o número de iterações até à obtenção de modelos conformes.

6. Captura da realidade

Para além da análise da qualidade dos modelos BIM, está ainda no âmbito da Fiscalização o registo fotográfico. Também aqui se optou por tirar partido de novas tecnologias, nomeadamente de câmaras 360°. Estas câmaras permitem gravar vídeos que depois de processados na plataforma DroneDeploy se transformam em percursos com seqüências de fotos 360° georreferenciados e associados à data da captura.

Esta forma de captura da realidade é muito mais eficiente do que a captura de fotografias tradicionais, uma vez que é muito mais rápida na aquisição e na consulta.

Para além disso, o DroneDeploy permite ainda de forma expedita a comparação lado-a-lado de fotos obtidas em diferentes datas (Figura 5) e a comparação com o modelo BIM (Figura 6).

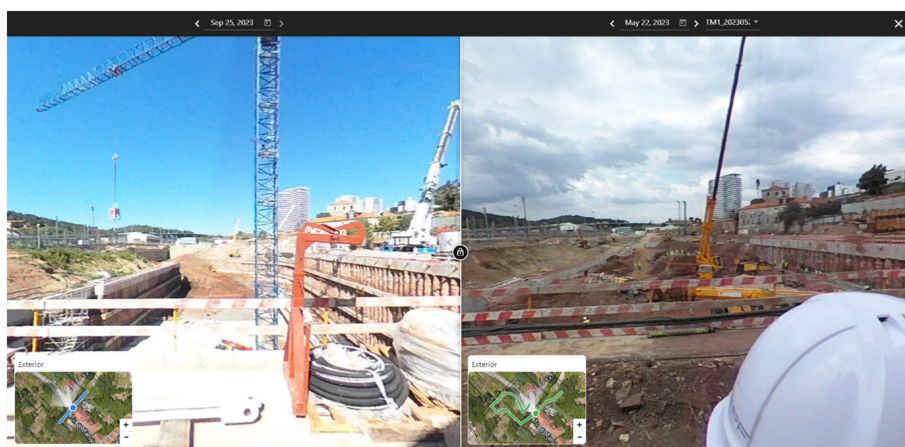
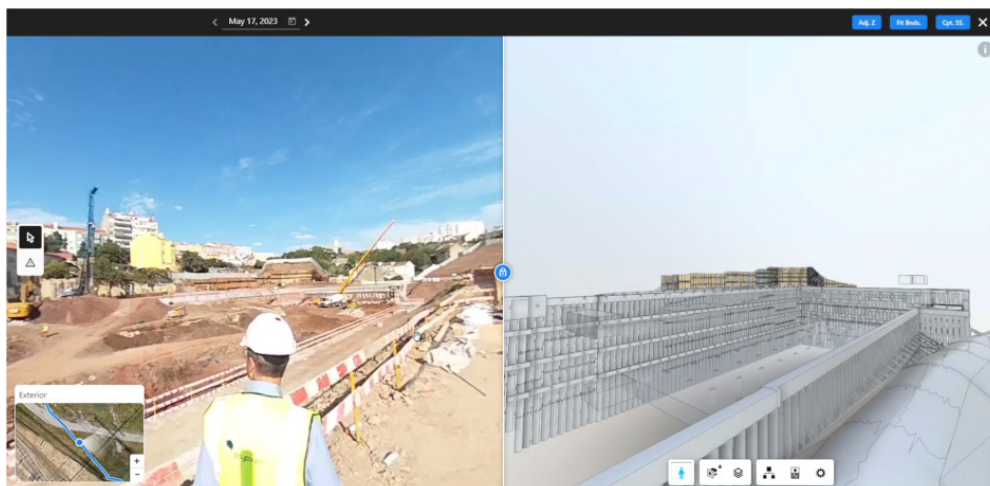


Figura 5
Comparação de duas fotografias 360° obtidas em Setembro (esq.) e Maio (dir.) de 2023.

Figura 6

Comparação de uma fotografia 360° com o modelo BIM no mesmo local.



O DroneDeploy permite ainda criar *issues* diretamente nas fotografias 360°. Esta funcionalidade não está à data deste artigo implementada em obra, mas acreditamos que poderá facilitar a comunicação entre os diferentes atores.

Ainda no âmbito da captura da realidade, foram instaladas duas câmaras fixas que tiram uma fotografia a cada hora, que permitirão gerar um *timelapse* da execução da obra. Essas câmaras permitem acesso remoto, o que facilita a aquisição das fotos para arquivo e processamento (Figura 7).

Figura 7

Vista das câmaras de *timelapse*.



7. Conclusões

Este artigo reflete a evolução significativa do Plano Geral de Drenagem de Lisboa, destacando como a metodologia BIM transformou a comunicação, o acompanhamento e o controlo do projeto. A integração de ferramentas como o Enscape e QR codes melhorou a interação com o público e os *stakeholders*, tornando a informação mais acessível e compreensível. A utilização inovadora do Autodesk Construction Cloud Docs para a gestão de pedidos de esclarecimento e alterações reflete a eficiência e a organização aprimoradas no acompanhamento de obra. A análise dos modelos BIM através do PowerBI e do DroneDeploy, juntamente com o uso de câmaras 360° para a captura da realidade, elevou o padrão de qualidade e precisão. Este artigo demonstra claramente que a adoção do BIM no PGDL não é apenas uma melhoria

técnica, mas uma revolução na forma como os grandes projetos de infraestrutura são geridos, comunicados e controlados, estabelecendo Lisboa como líder em inovação urbana e sustentabilidade.

8. Referências

- [1] BIM-Monitor 2022/23: is Germany ready for digitization in construction? <https://www.dreso.com/de/en/news/details/bim-monitor-2022-23-is-germany-ready-for-digitization-in-construction>. Consultado em 2024/02/12
- [2] Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030. https://planodrenagem.lisboa.pt/fileadmin/pgdl/_ficheiros/PlanoGeralDrenagem_2016_2030.pdf. Consultado em 2024/02/12
- [3] Matos, J. S., Monteiro, A., Santos, A., Ferreira, F., Guimarães, J., Leboeuf, Y., Gama, C. (Julho de 2019). OBRAS DE DESVIO, INTERCEÇÃO E DE DESCARGA DOS TÚNEIS DE MONSANTO – STA. APOLÓNIA E DE CHELAS-BEATO.
- [4] Microsoft. Guia de Introdução: Noções Básicas sobre a linguagem DAX em 30 Minutos. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/guia-de-introdu%C3%A7%C3%A3o-no%C3%A7%C3%B5es-b%C3%A1sicas-sobre-a-linguagem-dax-em-30-minutos-51744643-c2a5-436a-bdf6-c895762bec1a> . Acesso em: 27 dez. 2023.
- [5] buildingSMART Technical. Information Delivery Specification IDS. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/>. Acesso em: 27 dez. 2023.