

DA NUVEM DE PONTOS AO MODELO COORDENADO: GESTÃO DE UM PROJECTO DE REABILITAÇÃO EM LISBOA

Mónica Santos ⁽¹⁾, Joana França ⁽¹⁾, Sébastien Roux ⁽²⁾, Filipe Lima ⁽²⁾, Rita Lisboa ⁽¹⁾

(1) Openbook, Lisboa

(2) Limsen Consulting, Lisboa

Resumo

O presente artigo apresenta a aplicação integrada de metodologias Building Information Modeling (BIM) num projeto de reabilitação e alteração para Cat-A de dois edifícios contíguos na rotunda do Marquês de Pombal, em Lisboa, com 21 580,00 m². Perante a complexidade morfológica e técnica do existente, executou-se um levantamento tridimensional através de laser scanning (TLS - Terrestrial Laser Scanning), cuja nuvem de pontos colorida forneceu uma base geométrica rigorosa para a modelação BIM e para a coordenação.

A colaboração entre as empresas 33Grados e Openbook foi operacionalizada na Autodesk Construction Cloud (ACC) como Ambiente Comum de Dados (CDE), com controlo de versões, partilha de modelos e rastreabilidade por *issues*. A 33Grados desenvolveu e atualizou o modelo dos edifícios existentes, integrando a nuvem de pontos colorida. A Openbook assumiu BIM Management e Coordenação BIM (standards, nomenclaturas, federação de modelos e validações QA/QC), gerindo não conformidades associadas a conflitos típicos de reabilitação (pé-direito reduzido, condicionantes estruturais a manter e geometrias irregulares típicas de edifícios da década de 1960).

O Autodesk Navisworks suportou verificação geométrica, deteção de incompatibilidades e extração de quantidades. O uso de ficheiros nativos Autodesk mitigou perdas de interoperabilidade, reduziu reprocessamentos, encurtou prazos de validação e antecipou riscos do estudo prévio ao projeto de execução, reforçando a consistência documental.

1. Introdução

A metodologia Building Information Modeling (BIM) tem vindo a assumir um papel central na transformação dos processos de conceção, coordenação e gestão de projetos no setor da arquitetura, engenharia e construção (AEC) [1]. A integração de geometria, propriedades e informação num modelo digital tridimensional, permite superar as limitações dos métodos tradicionais baseados no desenho bidimensional, promovendo maior rigor técnico, eficiência e fiabilidade ao longo do ciclo de vida do projeto.

Em intervenções de reabilitação, estas vantagens assumem particular relevância [2]. A ação sobre edifícios existentes é frequentemente condicionada por documentação incompleta ou desatualizada, pela presença de geometrias irregulares e por constrangimentos estruturais difíceis de antecipar. Neste contexto, a ausência de informação fidedigna potencia conflitos entre especialidades, muitas vezes apenas identificados em fase de obra, com impacto significativo nos custos, prazos e qualidade final.

O caso de estudo apresentado incide sobre a reabilitação de dois edifícios localizados na Rua Camilo Castelo Branco, n.º 43 e 45, junto à rotunda do Marquês de Pombal, em Lisboa. A intervenção teve como objetivo a conversão dos edifícios para escritórios de Cat-A, garantindo elevados padrões de desempenho funcional, energético e ambiental, alinhados com requisitos de certificação LEED, sem comprometer a preservação dos elementos arquitetónicos relevantes.

O presente artigo tem como objetivo demonstrar, através de um caso real, a forma como a aplicação integrada de metodologias BIM - desde o levantamento através de laser scanning até à coordenação multidisciplinar na fase de projeto de execução - permite mitigar riscos, antecipar conflitos e apoiar a tomada de decisão em projetos de reabilitação urbana de elevada complexidade.

2. Metodologia

A abordagem metodológica adotada no projeto baseou-se, desde o início, na utilização de um modelo BIM desenvolvido a partir de um levantamento tridimensional através de tecnologia laser scanning. A documentação bidimensional disponibilizada inicialmente foi utilizada apenas como referência preliminar, não tendo servido de base ao desenvolvimento do projeto, por se ter revelado incompleta e parcialmente desatualizada face à realidade construída.

Embora a opção pelo BIM e pelo levantamento por laser scanning tenha sido clara desde as fases iniciais, a estruturação dos processos de gestão da informação e de coordenação BIM foi sendo progressivamente afinada ao longo do projeto, em resposta à complexidade do edificado existente e às crescentes exigências de coordenação multidisciplinar.

Importa referir que, nas fases iniciais, não existiam requisitos BIM formalmente contratados pelo Dono de Obra (DO). Assim, a definição de procedimentos, níveis de informação, critérios de coordenação e regras de gestão documental foi sendo estruturada e reforçada pela Openbook ao longo do desenvolvimento, em função das necessidades do processo e das exigências crescentes de coordenação. Esta maturação metodológica gerou uma base operacional e uma inércia organizacional que, já na fase de consulta de empreitada, conduziu o DO a formalizar requisitos (EIR) e a adotar gestão BIM também para a fase de empreitada, assegurando continuidade e coerência da informação e dos fluxos de trabalho.

A Openbook assumiu o papel de entidade coordenadora BIM, sendo responsável pela definição e consolidação da estratégia metodológica, pela normalização dos procedimentos e pela validação da informação produzida pelas diferentes especialidades. A gestão da informação foi suportada por um Common Data Environment (CDE), tendo sido selecionada a plataforma Autodesk Construction Cloud (ACC), que assegurou o controlo de versões, a rastreabilidade da informação e a gestão estruturada de *issues* [3].

O BIM Execution Plan (BEP) foi desenvolvido e consolidado de forma progressiva, acompanhando a evolução do projeto. Este documento estabeleceu os objetivos BIM, os níveis

de desenvolvimento da informação (LOD), as responsabilidades disciplinares, as regras de modelação e a nomenclatura dos ficheiros, contribuindo de forma decisiva para a redução de ambiguidades e retrabalho nas fases de coordenação e projeto de execução [3].

A utilização da ACC enquanto CDE permitiu operacionalizar a gestão de *issues* como mecanismo central de coordenação, promovendo a rastreabilidade das interferências detetadas (*clashes*), a atribuição de responsáveis e o controlo de prazos. Na Figura 1 apresenta-se a comparação entre dois projetos de reabilitação com coordenação BIM, analisando-se o volume mensal de *issues*, o tempo médio de resolução e a respetiva variabilidade.



Figura 1: Comparação de indicadores de gestão de *issues* em dois projetos de reabilitação com coordenação BIM: volume mensal de *issues* e tempo médio de resolução (com variabilidade associada) no caso de estudo (esquerda) e num projeto de referência (direita).

3. Caso de Estudo - Descrição do Projeto

O conjunto edificado está localizado numa zona central e *premium* da cidade de Lisboa, beneficiando de excelente acessibilidade e de um forte enquadramento urbano. A área bruta total de construção é de 21.580,00 m², dos quais cerca de 15.000,00 m² correspondem à área bruta locável. A organização funcional distribui-se por dois pisos enterrados, um piso térreo, uma sobreloja e oito pisos acima da cota de soleira, mantendo-se o uso terciário em todo o edifício.

Apesar do razoável estado de conservação, a adaptação do edifício aos atuais padrões contemporâneos de eficiência energética, conforto e funcionalidade implicou uma intervenção profunda, que incluiu a renovação das infraestruturas técnicas, a reorganização dos espaços interiores e a melhoria do desempenho térmico do edificado.



Figura 2: Fotografias atuais do edifício existente. Gaveto da Rua Camilo Castelo Branco com a Av. Duque de Loulé (esquerda); fachada da Rua Camilo Castelo Branco (direita).

4. Desenvolvimento do Projeto BIM

O desenvolvimento do projeto decorreu de forma faseada, acompanhando o aumento progressivo do nível de definição e a integração dos contributos das diferentes especialidades. Em cada fase, o modelo BIM foi utilizado como suporte ao desenvolvimento das soluções técnicas, permitindo analisar, testar e validar opções antes da sua consolidação.

As subseções seguintes descrevem a evolução do projeto ao longo das principais fases, destacando os desafios específicos de cada etapa e as soluções adotadas, sem prejuízo da coerência global do modelo e da informação nele contida.

4.1 Concept Design e Licenciamento

A fase de Concept Design partiu do modelo BIM desenvolvido com base na informação disponível à data, nomeadamente documentação bidimensional, utilizada como referência preliminar para a definição volumétrica e para a organização programática dos espaços. Apesar das limitações inerentes a esta informação, o desenvolvimento em ambiente BIM permitiu estruturar o projeto em três dimensões, facilitando a análise espacial e a evolução das soluções propostas.

Para comunicar o conceito arquitetónico e validar as opções junto do cliente, recorreu-se ao *software* Enscape, integrado no ambiente de modelação BIM. A utilização de visualizações imersivas em tempo real mostrou ser particularmente eficaz na transmissão da intenção do projeto, permitindo alinhar expectativas, apoiar a tomada de decisão e reduzir a ambiguidade frequentemente associada à interpretação da documentação técnica nas fases iniciais.

No decurso desta fase, a análise crítica da documentação existente evidenciou discrepâncias relevantes face à realidade construída e às telas finais aprovadas pela Câmara Municipal de Lisboa. Esta constatação reforçou a necessidade de aprofundar o conhecimento geométrico do edificado, tendo sido tomada a decisão de realizar um levantamento rigoroso através de laser scanning, que viria a sustentar as fases subsequentes do projeto.



Figura 3: Visualizações interiores do conceito desenvolvido, geradas através do motor de renderização Enscape.

4.2 Levantamento por Nuvem de Pontos e Modelação

O levantamento tridimensional por laser scanning permitiu captar, com elevada precisão, a geometria real do edifício, identificando irregularidades e desvios relevantes face à documentação histórica [4]. Para aquisição e controlo geométrico recorreu-se a um sistema integrado composto por laser scanner 3D (Faro Focus), GNSS, estação total e drone, assegurando redundância de medições e robustez na georreferenciação.

A metodologia baseou-se na definição de pontos de controlo georreferenciados por GNSS (arruamento e cobertura) e na sua densificação por estação total, implantados na fachada e no interior (logradouro e halls das três caixas de escadas), garantindo continuidade exterior–interior e ligação à cobertura. O laser scanner 3D foi aplicado com elevado detalhe nas caixas de escadas, usadas como eixo no registo das nuvens de pontos e validação entre pisos. O edifício foi assim georreferenciado com um erro médio aproximado de 1 cm, assegurando elevada fiabilidade na ligação entre os pisos contíguos.

Em termos de produção, a nuvem de pontos totalizou 1900 scans, >6000 alvos e cerca de 6×10^{10} pontos. O registo das nuvens de pontos foi realizado no software Faro Scene e, após limpeza e filtragem, obteve-se um volume final de dados de aproximadamente 1,5 TB.

O processo foi suportado por um fluxo de colaboração e controlo orientado, para garantir rastreabilidade e validação progressiva da informação antes da sua incorporação no modelo BIM. O arranque ocorreu com uma reunião inicial entre as equipas de levantamento, modelação e coordenação BIM, na qual se definiram o âmbito e prioridades de captura, critérios de aceitação (precisão e cobertura), procedimentos para georreferenciação (sistema de coordenadas, pontos de controlo e tolerâncias) e regras de entrega/validação de outputs intermédios. Ao longo da aquisição, registo e limpeza, realizaram-se reuniões quinzenais de verificação para controlo de qualidade (consistência exterior/interior e identificação de lacunas). As não conformidades e dúvidas de interpretação foram registadas no CDE (Autodesk Construction Cloud) sob a forma de *issues*, permitindo atribuição de responsabilidades, acompanhamento de prazos e validação de fecho. Este ciclo iterativo de verificação–correção–validação reduziu ambiguidades e reprocessamento na modelação, reforçando a consistência geométrica e semântica do modelo do existente, sobretudo em zonas de maior incerteza construtiva.

A nuvem de pontos colorida suportou o desenvolvimento do modelo BIM do existente, orientado por um RFP com requisitos técnicos rigorosos (incluindo LOD 300 e regras

específicas de modelação). Para complementar a interpretação construtiva e reduzir incertezas em áreas menos acessíveis, realizaram-se sondagens destrutivas em paredes e lajes e inspeções em zonas técnicas (coretes, poços de elevadores e tetos falsos), permitindo a extração de pontos-chave e uma leitura mais fiável da composição construtiva.



Figura 4: Nuvem de pontos do edifício e respetivo modelo BIM As-Is desenvolvido a partir do levantamento tridimensional.

Apesar da elevada qualidade global, foram identificadas incorreções pontuais e acompanhadas através da ACC. Um aspeto crítico foi a modelação de alguns pavimentos sem separação explícita entre camadas de enchimento e elementos estruturais, dificultando a leitura das espessuras construtivas e impactando a produção de desenhos de especialidade (p. ex., encarnados e amarelos), obrigando a revisão parcial do modelo.

Em síntese, os resultados reforçam a necessidade de alinhar, desde o início, critérios de levantamento, georreferenciação e modelação com os usos BIM previstos para as fases subsequentes, assegurando consistência geométrica e semântica e reduzindo reprocessamento nas etapas de produção e coordenação.

4.3 Projeto de Execução e Coordenação Multidisciplinar

Na fase de Projeto de Execução, verificou-se que a opção inicial de desenvolver, num único ficheiro, o modelo do levantamento do existente e o modelo da proposta, se revelou inviável. À medida que o nível de detalhe e o número de especialidades integradas aumentaram, o espaço de armazenamento ocupado pelo ficheiro tornou-se excessivamente elevado, levando à ocorrência constante de comportamentos incorretos por parte do *software Autodesk Revit*, comprometendo o desempenho, a estabilidade do modelo e a fiabilidade do processo de coordenação.

Perante esta limitação, a equipa de Arquitetura decidiu rever a estratégia adotada, procedendo à separação dos modelos em ficheiros distintos: um modelo dedicado ao levantamento do existente e outro ao projeto da proposta, assumindo este último o papel de ficheiro *host*. Esta reorganização melhorou significativamente a performance do modelo, facilitando a coordenação multidisciplinar e garantindo maior controlo sobre a evolução do projeto.

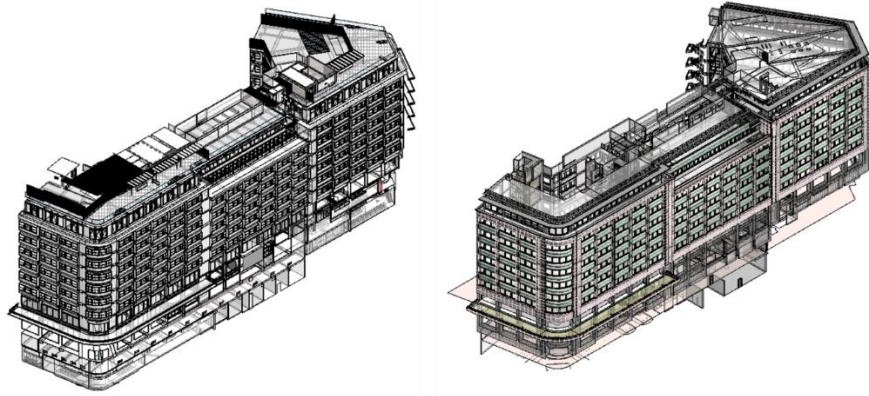


Figura 5: Esquema de separação dos modelos (existente vs proposta)

A integração das várias especialidades passou a ser realizada por referência ao modelo da proposta, sendo os modelos federados analisados no Autodesk Navisworks para deteção e resolução de incompatibilidades. As principais inconformidades identificadas estavam associadas à reduzida altura útil entre pisos e à coexistência de infraestruturas técnicas com estruturas pré-existentes, cuja resolução em fase de projeto permitiu reduzir o risco de alterações em obra.

Toda a documentação técnica associada aos elementos do projeto — incluindo informação de materiais, composições construtivas e parâmetros necessários à extração de quantidades — foi disponibilizada numa plataforma SharePoint dedicada. Este sistema permitiu que a Limsen tivesse acesso atualizado à informação em tempo real, assegurando consistência entre o modelo BIM e o processo de medições.

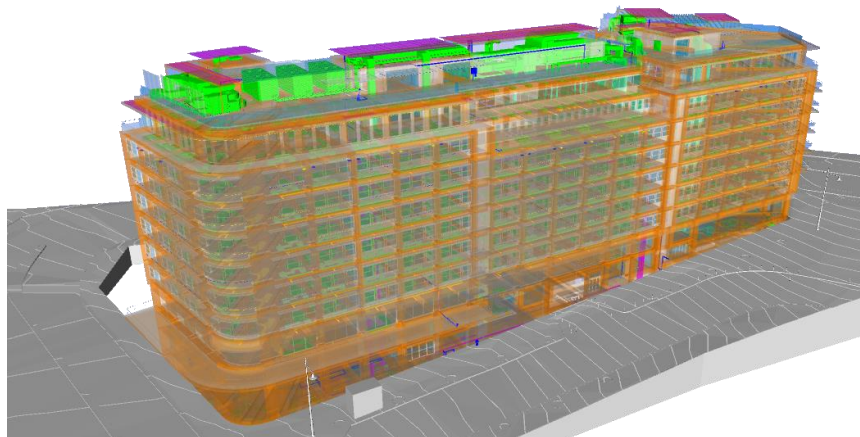


Figura 6: Modelo Federado (com todas as especialidades)

5. Monitorização e Usos BIM

A monitorização e controlo do processo BIM foi assegurada através de reuniões regulares entre todas as disciplinas intervenientes no projeto, nas quais eram analisados os modelos atualizados, discutidas as incompatibilidades identificadas e validadas as soluções propostas.

Estas reuniões permitiram alinhar decisões técnicas, clarificar responsabilidades e garantir que as alterações introduzidas em cada disciplina eram introduzidas de forma coerente nos modelos. O processo de deteção de incompatibilidades foi desenvolvido de forma progressiva e sistemática, acompanhando a evolução dos modelos ao longo das diferentes fases do projeto. Recorrendo ao Autodesk Navisworks para a análise do modelo federado, foram implementadas rotinas periódicas de clash detection, organizadas por pares de especialidades e por níveis de criticidade, permitindo priorizar a resolução de conflitos com maior impacto na solução global. Os conflitos identificados eram registados na Autodesk Construction Cloud (ACC) sob a forma de *issues*, assegurando a sua rastreabilidade, atribuição de responsabilidades e acompanhamento.

Paralelamente, foi implementado um processo de controlo de qualidade da informação BIM, que incluiu a verificação da conformidade com as regras definidas no BEP, a validação dos níveis de desenvolvimento da informação (LOD 300), a revisão de parâmetros e nomenclaturas, bem como a confirmação da consistência entre o modelo e a documentação extraída. Este controlo revelou-se particularmente relevante para garantir a fiabilidade das medições e quantidades obtidas a partir do modelo.

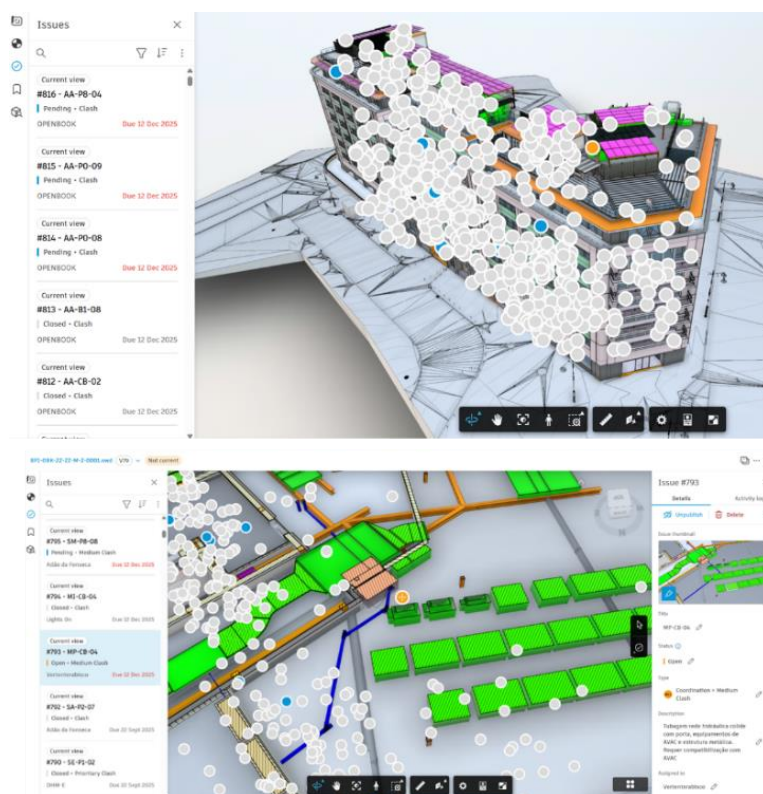


Figura 7: Deteção de conflitos e gestão de issues no modelo federado.

Tabela 1: Descrição dos Usos BIM

Usos BIM	Fase(s)	Objectivos	Ferramentas
Modelação 3D (Design Autoring)	Concept Design/ Execução	Desenvolver e consolidar a solução arquitetónica e técnica em 3D	Autodesk Revit
Visualização e Simulação Arquitetónica	Concept Design	Comunicar o conceito e suportar decisão do cliente	Enscape
Modelação BIM do existente a partir de nuvem de pontos (LOD 300)	Levantamento e Modelação	Obter base geométrica fiável do existente para reabilitação	Laser scanning / nuvem de pontos; Revit
Gestão de informação em CDE	Projeto / Projeto de Execução	Controlar versões, fluxos de aprovação e rastreabilidade de <i>issues</i>	Autodesk Construction Cloud (ACC)
Coordenação 3D com Clash Detection	Projeto de Execução	Identificar/resolver interferências entre especialidades antes da obra	Navisworks Manage; ACC (<i>issues</i>)
Controlo de qualidade BIM (BEP, LOD, nomenclaturas)	Projeto / Projeto de Execução	Garantir consistência do modelo e fiabilidade da informação extraída	Regras BEP; validações LOD; ACC
Extração de quantidades (QTO) e apoio a medições	Projeto de Execução	Suportar medições e consistência com documentação e parâmetros	Revit / Navisworks; (plataforma de partilha: SharePoint)

6. Principais Desafios e Superações

O projeto evidenciou desafios técnicos e metodológicos inerentes à reabilitação de edifícios existentes, cuja complexidade exige uma abordagem BIM particularmente rigorosa e adaptativa. A principal dificuldade prendeu-se com a necessidade de garantir fiabilidade da informação num contexto marcado por incerteza geométrica e construtiva, típica de edifícios com várias décadas de existência.

A consolidação de uma base geométrica rigorosa, aliada à utilização sistemática do modelo federado, permitiu enfrentar de modo gradual os constrangimentos relacionados com a compatibilização entre especialidades, nomeadamente em zonas com reduzida altura útil e elevada concentração de infraestruturas técnicas. A antecipação destes conflitos em fase de projeto revelou-se determinante para mitigar riscos associados à execução.

Adicionalmente, o desenvolvimento do projeto evidenciou que decisões relacionadas com a estruturação do modelo e com os critérios de modelação têm impacto direto na eficiência das fases subsequentes, influenciando a produção de documentação técnica e a fiabilidade das medições. Este aspeto reforçou a importância de alinhar, desde fases iniciais, os usos BIM previstos com os requisitos de informação necessários ao longo do processo.

No seu conjunto, os desafios enfrentados contribuíram para a maturação da metodologia adotada, reforçando a necessidade de processos de coordenação contínuos, verificação sistemática da informação e flexibilidade na adaptação dos fluxos de trabalho. A experiência obtida constitui um contributo relevante para projetos de reabilitação futura, nos quais o BIM assume um papel central na gestão do risco e no apoio à decisão.

7. Conclusão

O caso de estudo apresentado demonstra que a aplicação estruturada de metodologias BIM, suportada por levantamento através de laser scanning, gestão rigorosa da informação e coordenação multidisciplinar, constitui um fator crítico de sucesso em projetos de reabilitação urbana complexos [1]. A consolidação dos processos ao longo do projeto permitiu aumentar a fiabilidade da informação, reduzir iterações de correção e sustentar decisões técnicas de forma mais informada.

A utilização de modelos federados e de rotinas sistemáticas de deteção de incompatibilidades, possibilitou a identificação antecipada de conflitos e a mitigação de riscos em fases críticas do projeto. Em paralelo, o alinhamento progressivo dos critérios de modelação com os usos BIM previstos revelou-se determinante para garantir a consistência entre o modelo, a documentação técnica e o processo de medições. Importa salientar que o sucesso do processo esteve fortemente dependente do envolvimento e da colaboração ativa de todas as equipas, cuja participação consistente nas rotinas de coordenação e validação foi determinante para a eficácia da metodologia adotada.

Em síntese, este projeto evidencia que o BIM, quando aplicado de forma crítica e versátil em contextos de reabilitação, permite antecipar problemas, gerir o risco de forma mais eficaz e promover uma abordagem integrada do desenvolvimento dos projetos, sendo as práticas adotadas replicáveis noutros cenários de complexidade semelhante. Acresce que, com base na experiência da equipa em projetos de reabilitação comparáveis com coordenação BIM, a maturidade e sistematização destas rotinas tende a traduzir-se em ganhos adicionais de eficiência ao longo do ciclo do projeto, mantendo o nível de robustez técnica e de controlo da informação.

Referências

- [1] Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [2] Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38.
- [3] International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 19650-1:2018 — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles; e ISO 19650-2:2018 — Part 2: Delivery phase of the assets. ISSO
- [4] Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in Construction*