

PUBLICAÇÕES BIM

IV Pós-Graduação
em Coordenação BIM

ISEP INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DO PORTO

2025



[Página em Branco]

Publicações BIM

IV Pós-Graduação em Coordenação BIM

ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto

2025

Ficha Técnica

Editores: Diogo Ribeiro, Jorge Vieira Vaz, José Pinto-Faria, Ricardo Santos, Rui Gavina

Autores: Adriana Martins, Ana Monteiro, André Carvalho, Bruna Beppler Melo, Carolina Gavron Siqueira, Diogo Teixeira, Edson Gomes, Fábio Nunes, Hélder Barbosa, Luiza Assunção, Madalena Castro, Nuno Mota, Rui Vieira, Sara Cabral, Sara Marques

Design da capa: Lucas Assunção

Paginação e montagem: Sara Cabral

ISBN: 978-989-36167-1-0

DOI: 10.26537/e.ipp.138

© *Os autores. 2025*

© *Os editores. 2025*

© *Instituto Superior de Engenharia do Porto*
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431
4249-015 Porto

Texto elaborado a partir da reprodução direta dos originais preparados pelos autores. Apesar do cuidado na preparação desta publicação de forma a garantir a sua qualidade e integridade, os editores não assumem qualquer responsabilidade pelo seu conteúdo e por possíveis incorreções do texto.

Prefácio

Os trabalhos aqui compilados têm origem nos relatórios apresentados pelos autores — enquanto estudantes — na unidade curricular de Projeto Integrador, da quarta edição do Curso de Pós-Graduação “Coordenação BIM” (*Building Information Modelling*) promovido pelo ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), pela ESAP (Escola Superior Artística do Porto) e pela BIM Academy de Barcelona, em 2023.

Na sua génese, os relatórios foram o resultado de trabalhos de grupos, com a dotação temporal de cinco semanas, apresentados e defendidos publicamente, sobre temas relevantes escolhidos pelos próprios estudantes, no âmbito da Coordenação de Processos BIM.

A escolha livre dos temas, nesta última unidade curricular do curso, mostra-se muito diversificada, desde a aplicação sobre um *case-study*, e de um modo mais ou menos sincrético, das aprendizagens adquiridas nas anteriores unidades curriculares, até à exploração de temas muito concretos com origem nos interesses específicos dos estudantes, sejam eles de âmbito profissional, académico ou pessoal.

A organização deste livro reflete a organização sucessiva dos temas, tendo em conta a sua temática restrita, partindo dos elementos básicos de modelação, passando pela organização dos processos de coordenação e a sua aplicação em contextos específicos, como a eficiência energética ou a reabilitação do edificado, assim:

- O primeiro capítulo “**Biblioteca de Objetos BIM – Guia para a Coordenação**” debruça-se sobre a organização e estruturação de repositórios de objetos digitais de elevado conteúdo semântico que estão na base dos modelos BIM. Utilizando uma metáfora — o “cubo mágico” — que ilustra através de exemplo, os procedimentos e a garantia de qualidade na gestão da informação geométrica e não-geométrica embebida nos objetos;
- O segundo capítulo “**O BEP no contexto da adoção BIM em Portugal**” foca o papel fundamental do “Plano de Execução BIM” na gestão dos processos colaborativos ao longo do ciclo de vida de um ativo, os seus componentes críticos e as especificações de resposta aos requisitos de troca de informação;
- O terceiro capítulo “**Coordenação de Especialidades com o Uso da Metodologia BIM: Caso de Estudo**” aborda os processos de coordenação de modelos digitais no âmbito do BIM como essenciais para a gestão integrada de projetos, destacando as operações pragmáticas de coordenação, com o recurso a aplicações digitais dedicadas de inspeção e análise da qualidade dos modelos tridimensionais e as suas vantagens na deteção e antecipação de erros, omissões ou não conformidades em face dos requisitos pré-definidos;
- O quarto capítulo “**O papel do BIM na melhoria da eficiência energética na renovação urbana**” debruça-se sobre um caso de estudo concreto, com a exploração de um fluxo de trabalho multiplataforma interoperável, direcionado para a sustentabilidade na regeneração de áreas urbanas sob pressão imobiliária;
- O quinto capítulo “**BIM na Reabilitação: Estratégia e Metodologia**” aborda as questões específicas que uma operação de intervenção no ativo patrimonial levanta, em termos de quantidade e qualidade da informação de base, a sua granularidade e a adequação aos usos requeridos em várias categorias de extensividade de uma operação de reabilitação.

- O sexto capítulo “**O BIM na fase de execução de obras: caso de estudo de um edifício no Porto**” apresenta um caso de estudo sobre a federação dos vários projetos na fase de obra e a sua validação em termos de qualidade e robustez, a associação ao planeamento da obra e o recurso a tecnologias RA (Realidade Aumentada) para controlo da produção.

Existe, obviamente, uma diferença entre os trabalhos concretos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular — “relatórios”— e os que nesta publicação são apresentados — “artigos”— que, sendo evidente na forma, também impacta o seu conteúdo, para além da sempre necessária síntese que os últimos obrigam.

Por um lado, o processo de sintetização do conhecimento já é, por si, uma operação especializada. Esta ação é muito treinada por académicos ou por profissionais de I&D (Investigação e Desenvolvimento), habituados ao ordálio de sucessivas apresentações do seu trabalho, em conferências ou encontros científicos, mas não o é tanto por arquitetos ou engenheiros com atividade profissional pragmática no sector AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações), muitos sem experiência significativa na redação deste tipo de documento para a disseminação do seu conhecimento específico. Sabendo-se que não funciona a transladação direta de um relatório original para um artigo por mera transcrição, a sua “redução” levanta imensas questões de decisão sobre “o que não é essencial” de modo a só apresentar o que é “relevante”, o que é “necessário e suficiente”, para que se perceba inequivocamente a bondade do resultado alcançado.

Por outro lado, o documento do tipo “artigo” é normalmente utilizado para comunicar o andamento de um trabalho de investigação de longa duração, com possíveis e desejáveis evoluções futuras, o que não é aqui o caso pois, os trabalhos desenvolvidos foram de muito curta duração e, na sua maioria, extinguem-se com a sua própria apresentação. Isto não quer dizer que os trabalhos não possam ter continuidade, muito pelo contrário, os trabalhos merecem uma aplicação concreta e um desenvolvimento ao nível pragmático, com a operacionalização de “*pilots*” de modo a serem testados numa situação concreta, aprendendo-se com as inadequações e os lapsos sempre existentes na confrontação com a realidade.

A esmagadora maioria dos autores, quando realizaram os seus relatórios, tinham apenas cinco meses de contacto estruturado com o BIM, o tempo de duração da Pós-Graduação. Neste escasso período, os estudantes:

- tiveram de corrigir todas as ideias erróneas que traziam sobre o BIM, fruto de aprendizagens informais ou não-formais, muitas delas enviesadas e completamente erradas, disseminadas pela *vox populi* muito pouco informada;
 - compreender um largo conjunto de conceitos “novos”;
 - adquirir um léxico específico complexo e ainda não completamente estabilizado em português, recorrendo-se a uma nomenclatura bilingue também ela diversificada e, por vezes, não estruturada;
 - iniciar processos de trabalho colaborativo e não apenas cooperativo ou mesmo hierarquizado, como é normal nas estruturas produtivas do sector AECO;
 - conhecer processos digitais, estruturados, de coordenação de projeto, baseados em modelos digitais paramétricos orientados-a-objetos, de elevado conteúdo semântico;
- e, no final,
- propor uma ação, própria, no âmbito da Coordenação BIM, que apresentaram em relatório (a base dos trabalhos agora apresentados).

O esforço demonstrado nas ações de ensino-aprendizagem, por parte dos estudantes foi, de um modo geral, notável e profícuo para o grupo de trabalho do curso, mas isso não significa, por si só, que todos os estudantes tenham atingido a excelência e/ou que possam

uma proficiência extraordinária em BIM... São hoje profissionais que se podem movimentar sem dificuldade no âmbito do BIM, que podem operar sem graves erros nas estruturas produtivas do sector AECO que queiram adotar o BIM e que, também, podem ainda transmitir conhecimento nesta área; é aqui que se enquadra a atual publicação.

Não foi possível apresentar todos os trabalhos da unidade curricular de Projeto Integrador da quarta edição da Pós-Graduação. Os trabalhos aqui publicados foram tornados possíveis pelo meritório voluntarismo dos seus autores, que se disponibilizaram, com vivo interesse, para os desenvolver, adaptar e publicar.

Os editores:

Diogo Ribeiro
Jorge Vieira Vaz
José Pinto-Faria
Ricardo Santos
Rui Gavina

[Página em Branco]

ÍNDICE

Biblioteca de Objetos BIM - Guia para a Coordenação.....	4
<i>Adriana Martins, Ana Monteiro, Sara Marques</i>	
O BEP no contexto da adoção BIM em Portugal.....	19
<i>Edson Gomes, Madalena Castro</i>	
Coordenação de Especialidades com o Uso da Metodologia BIM: Caso de Estudo.....	41
<i>Fábio Nunes, Hélder Barbosa, Luiza Assunção</i>	
O papel do BIM na melhoria da eficiência energética na renovação urbana.....	59
<i>André Carvalho, Diogo Teixeira, Rui Vieira</i>	
BIM na Reabilitação: Estratégia e Metodologia.....	81
<i>Nuno Mota, Sara Cabral</i>	
O BIM na fase de execução de obras: caso de estudo de um edifício no Porto.....	95
<i>Bruna Beppler Melo, Carolina Gavron Siqueira</i>	

[Página em Branco]

Biblioteca de Objetos BIM - Guia para a Coordenação

Adriana Martins ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁸⁻⁷⁸⁸⁷⁻³⁹²⁴, Ana Monteiro ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁷⁻²⁶⁰⁹⁻⁷³²¹ e Sara Marques ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁷⁻²³¹⁷⁻⁵⁷¹⁸

Abstract. A BIM object library represents an organized digital repository of elements representing real or generic components used in Architecture, Engineering and Construction (AEC). Its development is based on a set of procedures that, when extrapolated, reflect the BIM methodology, which is essential for integrating people, processes and technology throughout the project lifecycle. This study proposes a clear guide for creating and managing a library of BIM objects, with guidelines that simplify implementation, promoting efficiency, collaboration, interoperability and operational effectiveness. Fundamental questions have been outlined, unfolding into sub-questions as the topic is explored in greater depth, covering everything from folder structuring to information management, both geometric and non-geometric. The Rubik's cube metaphor illustrates the importance of procedures and quality in implementation through practical examples. As a result, the guide establishes guidelines that simplify the application of the BIM methodology, promoting efficiency, collaboration and normative coherence throughout the lifecycle of the object library. This approach not only aims for operational practicality, but also ensures compliance with international standards, facilitating the effective adoption of BIM objects and enriching the debate on digital evolution in the AEC sector.

Resumo. Uma biblioteca de objetos BIM representa um repositório digital organizado de elementos que representam componentes reais ou genéricos utilizados na Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A sua elaboração baseia-se num conjunto de procedimentos que, quando extrapolados, refletem a metodologia BIM, essencial para integrar pessoas, processos e tecnologia ao longo do ciclo de vida dos projetos. Este estudo propõe um guia claro para criar e gerir uma biblioteca de objetos BIM, com diretrizes que simplificam a implementação, promovendo eficiência, colaboração, interoperabilidade e eficácia operacional. Questões fundamentais foram delineadas, desdobrando-se em subquestões à medida que se aprofunda o tema, abrangendo desde a estruturação de pastas até à gestão de informações, tanto geométricas quanto não geométricas. A metáfora do cubo de *Rubik* ilustra a importância dos procedimentos e da qualidade na implementação através de exemplos práticos. Como resultado, o guia estabelece diretrizes que simplificam a aplicação da metodologia BIM, promovendo eficiência, colaboração e coerência normativa ao longo do ciclo de vida da biblioteca de objetos. Esta abordagem não só visa a praticidade operacional, mas também garante a conformidade com padrões internacionais, facilitando a adoção eficaz de objetos BIM e enriquecendo o debate sobre a evolução digital no setor AEC.

Keywords: BIM, BIM Coordination, Object, Object Library.

1 Âmbito

Analogamente à metodologia BIM, identificam-se três pilares cruciais, sem os quais a criação, utilização, desenvolvimento e manutenção da biblioteca de objetos não seriam possíveis: pessoas, processos e tecnologia.

Considere-se como base de trabalho uma organização de projeto multidisciplinar, cuja equipa BIM é constituída pelos intervenientes ilustrados na Fig. 1.

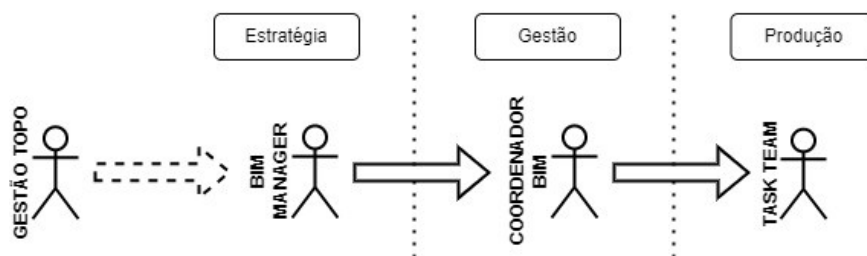


Fig. 1. Equipa BIM.

A colaboração eficaz entre cada um destes papéis é essencial para o sucesso global da implementação BIM numa organização e cada um desempenha funções vitais, desde o desenvolvimento de estratégias até a execução prática dos projetos. É, assim, fundamental a existência de fluxos e processos, que podem ser exponenciados pela tecnologia ao longo do ciclo de vida da biblioteca de objetos.

Para ilustrar a aplicabilidade do processo admita-se o quebra-cabeça internacionalmente conhecido: o Cubo de *Rubik*. Além de ser abrangente e genérico, dando corpo à geometria, materiais, tipos de peças e outras características práticas, permite estabelecer analogias com metodologia BIM. Embora seja uma metáfora simplificada, destaca a complexidade, interdependência, interoperabilidade e abordagem estratégica.

2 Biblioteca de objetos BIM

Uma biblioteca de objetos BIM é um repositório digital organizado de elementos que representam componentes reais ou genéricos usados na AEC. É uma parte indissociável do processo BIM, permitindo a reutilização de modelos e dados em projetos diversos e ao longo do ciclo de vida de um mesmo projeto. A sua construção deve ter por base padrões e normas da indústria para garantir a consistência, a integração e interoperabilidade entre diferentes *software* BIM e a equipa envolvida. Além disso, é fundamental manter as bibliotecas de objetos BIM atualizadas para refletir novos materiais, padrões ou tecnologias.

De forma a garantir a integração e interoperabilidade do processo de criação, revisão, consulta e manutenção dos objetos BIM, é importante definir onde a informação está armazenada.

Associam-se às faces do cubo de *Rubik* seis questões essenciais que constituem a base para a elaboração de um guia destinado à coordenação BIM de uma biblioteca de objetos. Provenientes destas, surgem subquestões que se pretendem respondidas no desenvolvimento da presente secção (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplos de questões essenciais sobre a biblioteca de objetos.

Faces	Questões Essenciais	Subquestões
	O quê?	O que é uma biblioteca de objetos? O que é um objeto BIM? O que existe no mercado da AEC, em termos de ferramentas, para apoiar no ciclo de vida da biblioteca dos objetos? O que se inclui na caracterização do objeto?
	Porquê?	Porque se definem as regras para uma biblioteca de objetos BIM? Porque se define o tipo de informação constituinte de um objeto BIM?
	Quem?	Quem é que cria a biblioteca de objetos BIM? Quem é que acede à biblioteca de objetos BIM? Quem desenvolve, altera ou atualiza a biblioteca de objetos BIM? Quem influencia o processo de criação dos objetos BIM?
	Como?	Como está estruturada a biblioteca de objetos BIM? Como a biblioteca BIM assegura a qualidade e consistência dos objetos? Como se incorpora objetos BIM de bibliotecas externas? Como se define o nível de informação do objeto? Como se define a informação não geométrica de um objeto? Como se define a informação geométrica de um objeto? Como se partilha a informação associada ao objeto?
	Quando?	Quando é que o objeto BIM muda de estado? Quando é que é feita a atualização dos objetos BIM? Quando é que o objeto BIM pode ser utilizado?
	Onde?	Onde posso aceder à biblioteca de objetos BIM? Onde posso aceder aos objetos BIM?

A escolha do CDE ou do servidor local está dependente das necessidades específicas da organização, das preferências da equipa e dos *software* já utilizados, sendo que esta decisão tem de ser alinhada com as estratégias de implementação BIM e os objetivos de colaboração da organização.

O envolvimento de toda a organização na tomada de decisão é importante, desde a equipa técnica até à gestão de topo, pois garante que as necessidades de todas as partes interessadas sejam consideradas e que haja aceitação e compreensão generalizadas.

O fluxograma da Fig. 2 apresenta o processo de escolha, envolvendo as partes interessadas.

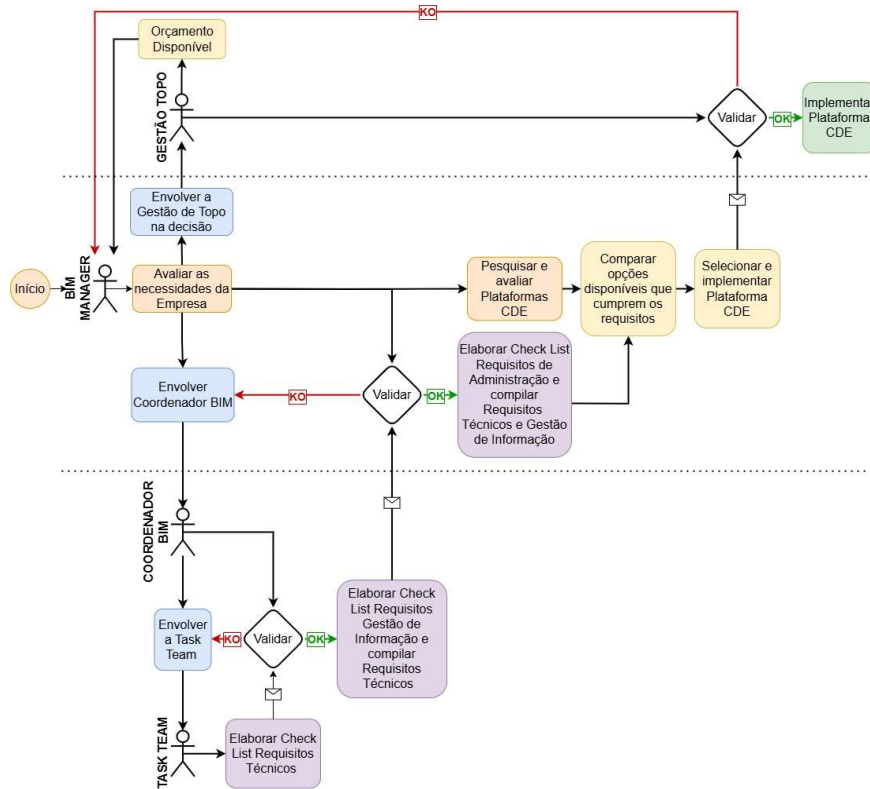


Fig. 2. Fluxograma do processo de escolha do CDE.

Independentemente da escolha da localização da biblioteca, sendo esta uma ferramenta de trabalho em constante desenvolvimento, sugere-se a adoção da estrutura de pastas com base na ISO 19650-1:2018 que garante o fluxo de trabalho intrinsecamente ligado aos estados: *Work in Progress*, *Shared*, *Published* e *Archive*.

Ao implementar pastas compartilhadas, é fundamental considerar a segurança da informação e garantir que as políticas de acesso e permissões sejam configuradas de maneira apropriada para proteger dados sensíveis. Além disso, é necessário implementar um *workflow* para tirar o máximo partido da boa utilização destas pastas (Fig. 3).

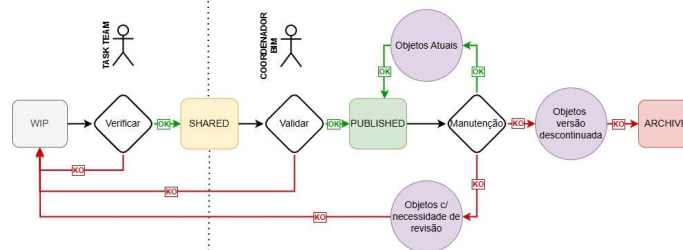


Fig. 3. Workflow das pastas da biblioteca de objetos.

Adotando os princípios expostos, é necessário categorizar a biblioteca de objetos BIM, dentro das pastas que representam os fluxos de trabalho da equipa. Esta categorização pode variar dependendo das necessidades específicas da organização, das especialidades ou disciplinas envolvidas e dos padrões adotados pela indústria ou pela organização. Identificam-se, a título de exemplo, alguns tipos comuns de categorização que podem ser utilizados em bibliotecas de objetos BIM: especialidades, fases de projeto, classe de objeto, nível de detalhe, utilização final, fabricante ou fornecedor, entre outros.

Para a escolha das categorias a utilizar na estruturação da biblioteca de objetos e a sua hierarquização, é importante definir se a biblioteca a criar é para ser utilizada numa organização, num projeto ou na fase de manutenção.

Admitindo o caso de uma empresa de projeto multidisciplinar, propõem-se a categorização de pastas da biblioteca de objetos apresentada na Fig. 4.

00-BIBLIOTECA	
00.01-WIP	00.03-PUBLISHED
00.01.WW-ESPECIALIDADE ^a	00.03.WW-ESPECIALIDADE ^a
00.01.WW.XX-CLASSE	00.03.WW.XX-CLASSE
00.01.WW.XX.YY-TIPO	00.03.WW.XX.YY-TIPO
00.01.WW.XX.YY.ZZ-LOD	00.03.WW.XX.YY.ZZ-LOD
00.02-SHARED	00.04-ARCHIVE
00.02.WW-ESPECIALIDADE ^a	00.04.WW-ESPECIALIDADE ^a
00.02.WW.XX-CLASSE	00.04.WW.XX-CLASSE
00.02.WW.XX.YY-TIPO	00.04.WW.XX.YY-TIPO
00.02.WW.XX.YY.ZZ-LOD	00.04.WW.XX.YY.ZZ-LOD
WW, XX, YY, ZZ – Campos numéricos sequenciais constituídos por dois dígitos, devendo iniciar em 01	
^a A especialidade será um campo alfabético composto por 3 caracteres maiúsculos	

Fig. 4. Estrutura de pastas biblioteca de objetos.

Na AEC, existe uma série de bibliotecas de objetos BIM que podem ser úteis para a utilização específica num projeto. Dependendo das circunstâncias, é vantajosa a sua utilização uma vez que pode acelerar significativamente o processo de projeto, facilita a colaboração entre as partes interessadas e muitas destas bibliotecas são desenvolvidas e atualizadas de acordo com padrões da indústria e regulamentações, garantindo consistência e conformidade com normas específicas.

Contudo, apesar das vantagens apresentadas, a utilização destas bibliotecas não pode ser cega, sendo importante avaliar a qualidade, a adequação e a flexibilidade dos objetos. A qualidade das bibliotecas BIM pode variar significativamente, podendo ser incompletas e conter dados imprecisos ou serem demasiado complexas e incluir mais detalhes do que o necessário, dificultando a gestão e a utilização do modelo BIM. Apesar de muitas das bibliotecas seguirem normas e padrões da indústria, a sua atualização e suporte está dependente de uma organização específica, que pode não atender às necessidades com a rapidez necessária, resultando em modelos desatualizados. Além disso, algumas das bibliotecas existentes são pagas e têm limitações de personalização, impossibilitando a edição do objeto para atender a requisitos específicos do projeto. Por fim, nem todas as bibliotecas são compatíveis com todos os *software* BIM. Se uma empresa mudar para um novo *software* ou se houver necessidade de interoperabilidade entre diferentes plataformas, a compatibilidade das bibliotecas pode tornar-se uma preocupação.

Ao usar bibliotecas BIM existentes, é importante avaliar cuidadosamente a qualidade, vantagens e desvantagens da biblioteca, considerando as necessidades e requisitos específicos do projeto ou organização. Neste processo deve ser adotado o fluxograma da Fig. 3.

3 Objetos BIM

No domínio do BIM, um "objeto" refere-se a uma entidade informativa que representa um componente físico, integrando tanto informações descritivas (dimensões, materiais e características físicas) quanto a sua geometria. A gestão de objetos BIM numa biblioteca envolve aspetos como classificação, interoperabilidade e níveis de informação, para garantir conformidade com padrões como as normas EN 17473:2020 e EN ISO 23386:2020. Em Portugal, o projeto SECClass foi importante para a normalização de objetos BIM, facilitando a partilha de dados e exportação para o formato IFC. Além disso, conceitos como LOD (*Level of Development*) e LOIN (*Level of Information Need*) (comparação de conceitos, na Tabela 2) ajudam a filtrar a informação, conforme as normas ISO 19650 e EN 17412-1, que regulam a gestão da informação ao longo do ciclo de vida dos objetos.

Tabela 2. Comparação entre os conceitos de LOD e LOIN.

	LOD	LOIN
Definição	Grau de detalhe e precisão geométrica dos objetos em diferentes fases do projeto.	Nível de detalhe e qualidade de informações necessárias para atender a objetivos específicos em diferentes fases do ciclo de vida.
Variação ao Longo do Tempo	Varia desde LOD 100 (conceitual) até LOD 500 (construção totalmente detalhada). Cada nível representa um aumento no detalhe e na precisão das informações dos objetos.	Varia ao longo do tempo, mas é mais orientado aos requisitos de informação em cada fase do projeto. Pode exigir diferentes níveis de detalhe, não apenas na geometria, mas em termos de informações associadas (ex.: especificações, documentação, etc.).
Objetivo	Enfoca a representação gráfica e geométrica dos objetos, permitindo entender a qualidade visual e a confiabilidade das informações no modelo.	Concentra-se nos requisitos de informação necessários para tomada de decisões em fases específicas do projeto ou do ciclo de vida do edifício, indo além da representação gráfica.

Embora o termo LOIN ainda seja menos usado que o LOD, espera-se que isso mude com a ampliação de sua definição em futuras normas EN e ISO 19650, que estabelecerão métricas específicas para medir a maturidade geométrica e o conteúdo alfanumérico dos modelos de informação. Até lá, os níveis de LOD continuarão sendo usados para caracterizar o detalhe dos objetos.

Para dar início à criação do objeto, sendo capaz de definir a informação geométrica e não geométrica apropriada da sua representação (“como?”) é necessário dar resposta a três perguntas fundamentais, para além da pergunta “o quê?” que é respondida pelo próprio objeto.

Quando? - Fase do Ciclo de vida: As fases do ciclo de vida do objeto BIM são fundamentais para aplicar o conceito de *Level of Information Need*. Isso assegura que a quantidade certa de informação seja mantida no modelo, conforme as necessidades dos intervenientes ao longo do projeto. A evolução do nível de informação acompanha essas fases, estabilizando no início da fase de utilização, conforme mostrado na Fig. 5 (com base na ISO 19650-1).

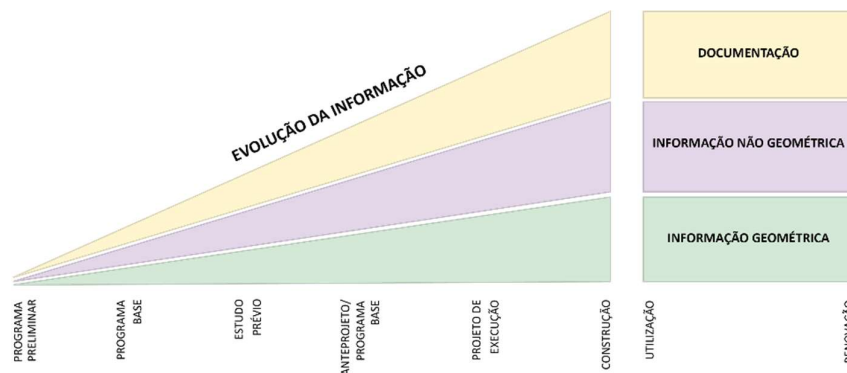


Fig. 5. Evolução da informação ao longo das fases do ciclo de vida do objeto BIM

Porquê? - Usos BIM: A definição do objetivo do objeto determina as informações mínimas necessárias para atender ao seu propósito. Os usos BIM, que podem variar ao longo do ciclo de vida do objeto, influenciam tanto a informação geométrica quanto a não geométrica, conforme ilustrado na Fig. 6.

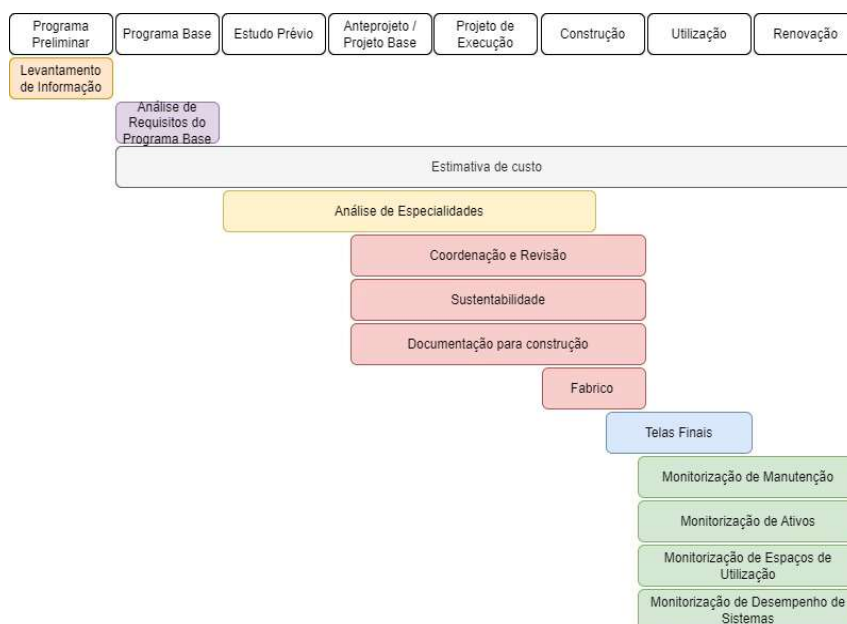


Fig. 6. Exemplo de usos BIM ao longo das fases do ciclo de vida, com base em Pennsylvania State University BIM Execution Planning Guide, version 3 (2017).

Quem? – Autor ou Recetor: O papel dos envolvidos na criação de objetos BIM é crucial para definir a informação geométrica e não geométrica. Cada especialidade traz uma perspetiva diferente, como um arquiteto que se foca nas propriedades materiais de uma parede, enquanto um engenheiro de

estruturas analisa a sua resistência. A definição dos usos BIM determina quais especialidades devem intervir e a informação necessária. Além disso, o uso BIM deve atender às necessidades do recetor da informação, sendo essencial uma colaboração eficaz entre os intervenientes para garantir que os objetos atendam às expectativas do projeto.

Como? - *Level of Information Need* é fundamental nos Usos BIM, desde a conceção até à manutenção do edifício. Dividido em informação geométrica, não geométrica e documentação, o esquema da Fig. 7 propõe os dados necessários em cada etapa, facilitando a gestão da informação pelas equipas envolvidas.

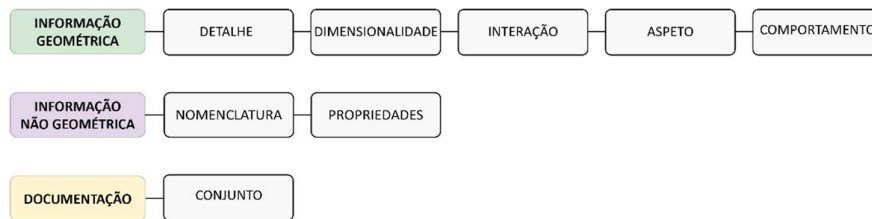


Fig. 7. *Level of Information Need* – Como?

3.1 Informação Não Geométrica

A informação não geométrica de um objeto BIM engloba dados que, embora não estejam diretamente relacionados com a sua forma física, são fundamentais para a sua descrição e funcionamento. Esta categoria de informação pode reunir múltiplas propriedades, tais como integração e interoperabilidade entre sistemas, materiais utilizados, eficiência energética, sustentabilidade, gestão e segurança dos dados, custos associados, prazos de execução e detalhes de manutenção, entre outros.

Os valores das propriedades nos objetos BIM devem ser geridos com o intuito de assegurar tanto a precisão como a facilidade de preenchimento de valores. Isso inclui a definição de tamanhos padrão, múltiplos e configurações adaptáveis à plataforma BIM seleccionada. Esses valores podem variar conforme diferentes propriedades do mesmo objeto, seguindo regras específicas para a sua definição, tais como valor único, lista ordenada, intervalo com valores mínimo e máximo, conjunto de valores pré-definidos, entre outros (Fig. 8).

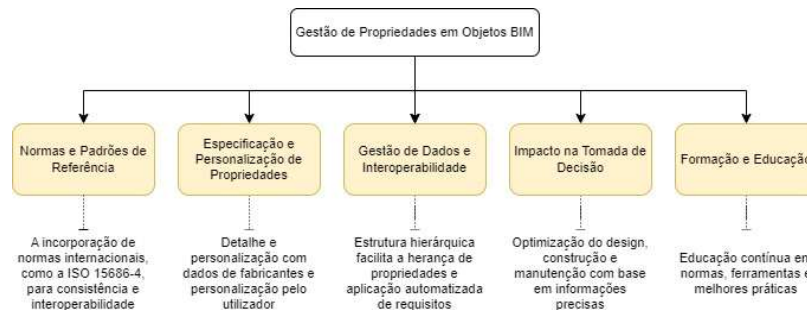


Fig. 8. Gestão de propriedades em objetos BIM.

A nomenclatura de objetos BIM é fundamental para garantir consistência e compreensão ao longo do ciclo de vida de uma biblioteca de objetos. A adoção de uma nomenclatura clara facilita a identificação, busca e utilização eficiente dos objetos.

Sugere-se que a nomenclatura seja constituída pelos campos de A a F, separados por *underscore* (_): A_B_C_D_E_F (Tabela 3).

Tabela 3. Nomenclatura de objetos (baseada no capítulo 4 da SECClass).

Campo	Definição	Observação
A	Organização ou Fonte ^a	Campo alfabético composto por 3 caracteres maiúsculos
B	Classe	Campo alfabético em Pascal ^b
C	Tipo	Campo alfanumérico ^c em Pascal ^b
D	Subtipo	Campo alfanumérico ^c em Pascal ^b
E	Diferenciador	Campo alfanumérico ^c
F	LOD	Campo numérico ^d composto por 3 dígitos

^aA designação atribuída depende se o objeto é criado pela *Task Team* da organização ou se pertence a fornecedor externo.

^bIniciar palavras com maiúscula sem espaços entre elas (conhecido como 'UpperCamelCase').

^cOs ficheiros devem ter uma descrição única e legível do objeto, incluindo informações dimensionais relevantes no campo <Diferenciador>, com a unidade de medida.

^dOs LOD devem ser associados ao nível de informação correspondente: 100, 200, 300, 350, 400

Requisitos gerais:

- Usar nomenclatura com até 75 caracteres.
- Não utilizar acentuação ou cedilhas.
- Utilizar ponto final (.) apenas para separar o nome do objeto da extensão do *software*.
- Não devem ser usados outros símbolos ou espaços entre os campos, e o uso do hífen (-) deve ser evitado devido a possíveis erros em fórmulas matemáticas.

Tabela 4. Nomenclatura Cubo Rubik.

A	B	C	D	E	F
ASA	CuboRubik	Plastico	6Faces	3x3	400
ASA_CuboRubik_Plastico_6Faces_3x3_400					

Além da nomenclatura, devem ser incorporadas nos objetos algumas propriedades gerais, como por exemplo, a classificação, o nome do objeto e o tipo de material. Estas propriedades são evolutivas e, mediante necessidade, o expectável é que se acrescentem informações. Por exemplo, para o Cubo *Rubik* aparecem campos como o “mecanismoRotacao” e “AnoProducao” (ver Tabela 5).

Tabela 5. Exemplo de propriedades gerais do Cubo Rubik.

Propriedade	Unidade	Descrição
Dados Gerais		
Nome	-	ASA_CuboRubik_Plastico_6Faces_3x3_400
Descricao	-	Quebra-cabeça tridimensional, versão 3x3x3, composta por 6 faces de 6 cores diferentes e 3 tipos de peças diferentes: centros, meios e esquinas, que contam com 1, 2 e 3 cores diferentes respectivamente. O cubo tem 6 centros, 12 meios e 8 esquinas, além de uma peça interna chamada de núcleo.
Dados Geométricos		
AlturaCubo	mm	55
ComprimentoCubo	mm	55
LarguraCubo	mm	55
AlturaCubo	mm	55
Dados Fabricante		
Fabricante	-	ASA
ReferenciaModelo	-	ASACRK111207
Categoria	-	Quebra-cabeças
AnoProducao	-	2024
Material	-	Plástico ABS de alta resistência
Acabamento	-	Autocolantes coloridos
TexturaSuperficie	-	Lisa
PesoLiquido	kg	0.090
PesoBruto	kg	0.120
CustoEstimado	EUR	21,24
ValorVenda	EUR	49,62
Cor	-	Amarelo, Azul, Branco, Laranja, Verde, Vermelho
Garantia	-	3 anos
Dados de Performance		
MecanismoRotacao	-	Esferas de alta precisão
AjusteTensao	-	Sistema de ajuste de parafusos
Dados de Sustentabilidade		
VidaUtilEsperada	-	60 anos

Antevê-se a necessidade de integração de propriedades adicionais nos objetos BIM, derivadas de diversas fontes. Esta morfologia evolutiva representa um desafio significativo na gestão de informações, pelo que se recomenda o constante acompanhamento de diretrizes estabelecidas pelas normas em vigor (por exemplo, a ISO 15686-4).

Designando requisitos a categorias gerais dentro da biblioteca de objetos, estes são herdados automaticamente por objetos na mesma hierarquia, racionalizando o processo de gestão e minimizando a duplicação de esforços na atribuição de informações (Eastman et al., 2011).

A definição adequada de propriedades conforme o padrão *Industry Foundation Classes* (IFC) assume um papel capital na garantia da interoperabilidade, compatibilidade e precisão das informações. A adesão à versão mais recente do IFC é essencial, pois tal compromisso promove a padronização e facilita a colaboração efetiva entre diferentes plataformas BIM, permitindo uma troca de dados transparente e eficiente sobre os objetos.

No contexto de uma biblioteca de objetos BIM, a correta classificação e designação IFC de cada objeto, através da inclusão das propriedades 'IfcExportAs' e 'IfcExportType', é uma etapa fundamental (ver Fig. 9 e Tabela 6).

'IfcExportAs' é utilizado para identificar a tipologia do objeto no contexto do IFC. Ele pode ser utilizado para garantir que o objeto seja corretamente interpretado e representado quando exportado para um arquivo IFC (por exemplo: IfcDoor).

'IfcExportType' geralmente é utilizado para especificar o nome que será utilizado para exportar o objeto para o formato IFC. Isso é útil quando o nome do objeto no modelo BIM é diferente do nome que deve ser usado no arquivo IFC (por exemplo: PortaVidro).

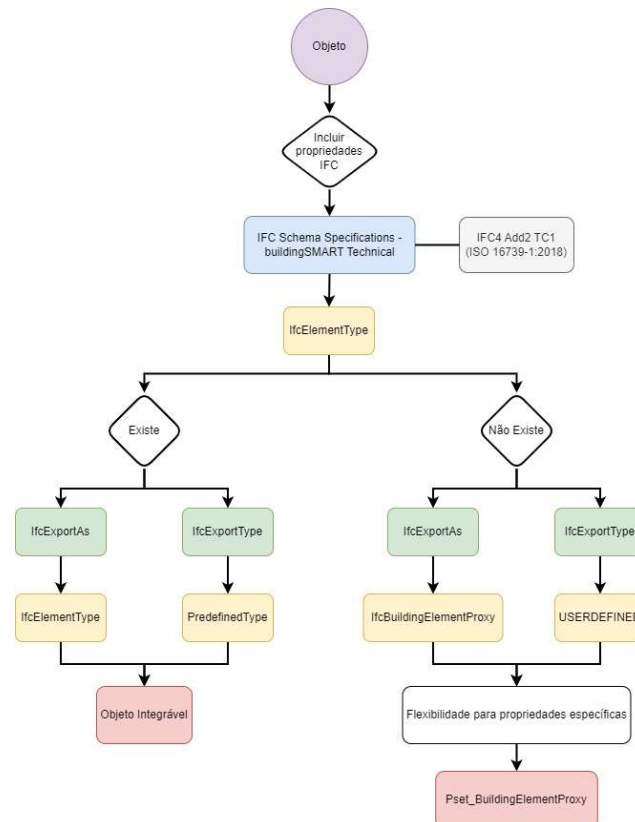


Fig. 9. Processo de designação IFC.

Deve, portanto, enfatizar-se a importância de uma metodologia rigorosa na atribuição de propriedades IFC aos objetos da biblioteca, garantindo que estes sejam não só tecnicamente compatíveis com as especificações do IFC, mas também que facilitem uma implementação eficiente e versátil em diversos contextos de projeto. Atingir este objetivo contribui significativamente para a otimização dos processos de projeto, construção e gestão de objetos assegurando que a biblioteca de objetos BIM sirva de forma eficaz as necessidades da equipa.

Tabela 6. Propriedades do IFC Cubo Rubik.

IfcExportAs	IfcExportType
IfcBuildingElementProxy	CuboRubik

3.2 Informação Geométrica

A representação geométrica em objetos BIM abrange aspetos como forma, tamanho, localização e conectividade dentro de um modelo tridimensional. De acordo com a norma EN ISO 16757-2, é requerido que a geometria dos objetos seja definida com precisão, incluindo elementos como formas, simbologia, e conexões, assegurando representações à escala 1:1 e a implementação de pontos de inserção e de origem.

A variação no detalhe das informações geométricas de objetos BIM, desde representações simplificadas a detalhadas, é essencialmente orientada pelo nível de informação necessário definido para o projeto onde se vai inserir. Uma metodologia eficaz para determinar o grau de detalhe apropriado pode ser a implementação de uma árvore de decisão (ver Fig. 10).

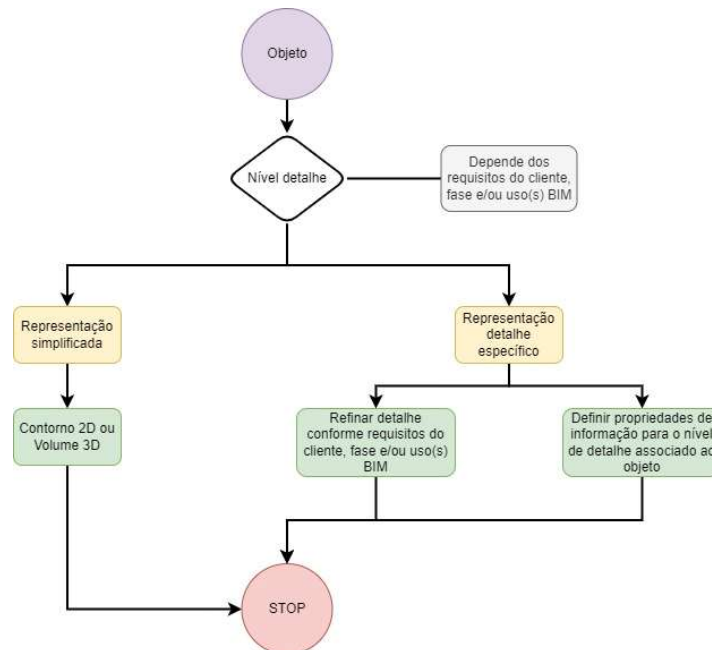


Fig. 10. Processo de definição do detalhe da informação geométrica.

Para a representação da "casca" externa de um objeto, a descrição deve começar por definir a forma ou limite do objeto, normalmente representado por um contorno 2D fechado ou um volume 3D. Esta representação é a base para diversas aplicações, incluindo coordenação, visualização, e avaliação de projetos. Por exemplo, uma escada, embora composta por diversos componentes (degraus, corrimão, patamar), pode ser representada inicialmente como uma única entidade para simplificar as fases preliminares de um projeto.

Quando a representação básica é insuficiente, torna-se necessário aprofundar o nível de detalhe, onde se pode seguir uma de duas direções: ou a forma da superfície externa é ajustada mantendo-se composta por uma única forma simplificada, ou a geometria do objeto requer a combinação de múltiplas formas para uma definição completa (ver Fig. 11).

Na segunda opção, pode ser imperativo segmentar o objeto em várias subformas, cada uma representando uma parte distinta com requisitos de informação específicos. Retomando o exemplo da escada, aqui o corrimão pode ser delineado como um objeto independente, dotado de características e variações próprias, dentro de uma estrutura organizacional comum.

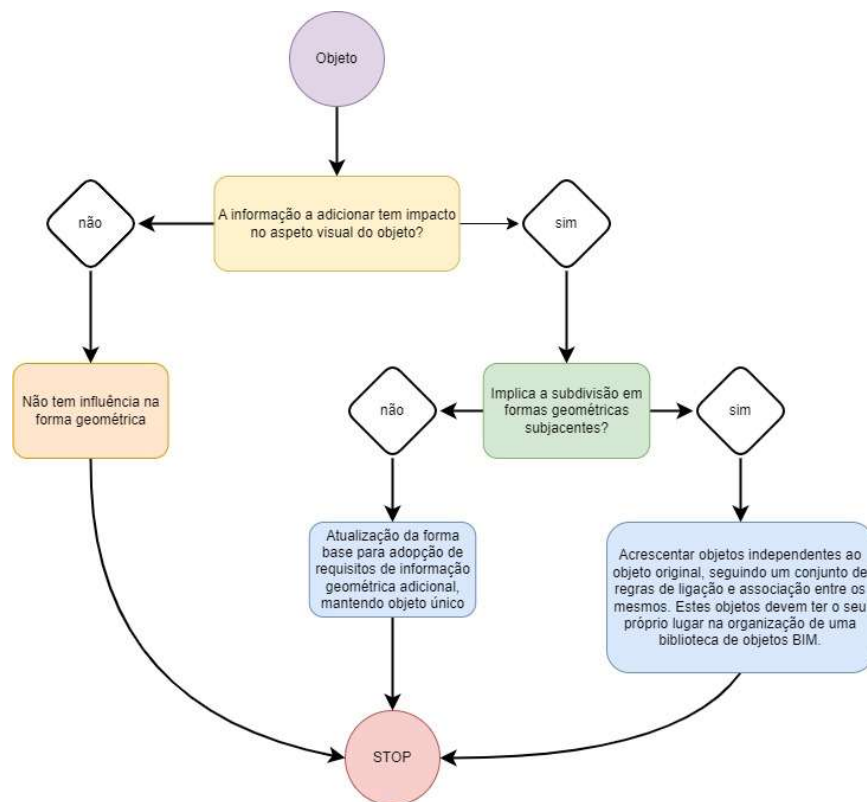


Fig. 11. Processo de decisão sobre a subdivisão de objetos.

Importa também verificar se existem as interações entre os mesmos, especialmente quando estão ligados entre si. A representação geométrica de um objeto pode necessitar de ajustes para garantir

uma correta colocação ou encaixe em relação aos objetos adjacentes. Por exemplo, enquanto alguns objetos são independentes e não requerem ligações na sua forma, outros podem exigir alterações na sua geometria para representar as conexões com objetos vizinhos. As ligações entre os objetos podem ainda dar origem à construção de objetos independentes (exemplo na Fig. 12).

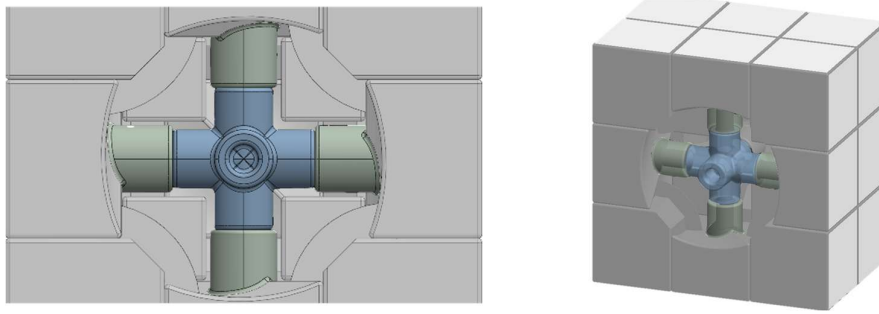


Fig. 12. Interação geométrica no Cubo *Rubik*.

As zonas de manobra e a geometria de funcionamento são elementos essenciais na modelação de objetos. Uma zona de manobra é a área envolvente que deve permanecer desimpedida para usar o objeto durante a operação e manutenção, como o acesso a um compartimento atrás de um painel. A geometria de funcionamento é o volume que deve permanecer desimpedido para o funcionamento diário do objeto, como o espaço necessário para a abertura de uma porta.

É recomendável identificar essas zonas separadamente para permitir uma distinção clara e especificar requisitos adicionais de informação (exemplo aplicado ao cubo de *Rubik* nas Fig. 13 e 14).



Fig. 13. - Zona de manobra.

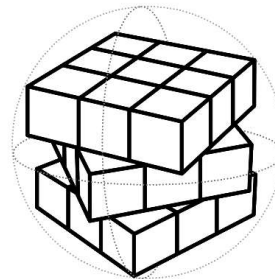


Fig. 14. - Zona de funcionamento.

A geometria interior pode ou não ser um requisito na formulação do objeto. Se não for necessária, pode ser completamente omitida, sendo que muitas vezes esta informação pode ser incorporada na informação alfanumérica ou na documentação. Por outro lado, se a geometria interior for necessária, como acessórios ou cavidades, deve ser especificada. Dependendo do propósito, a geometria interior pode ser inserida como um objeto dentro de outro objeto, cada um com os seus próprios requisitos de informação. Isso é frequentemente aplicável quando têm diferentes funções, materiais ou se relacionam de forma diferente com o seu contexto (exemplo aplicado ao cubo de *Rubik* na Fig. 15).

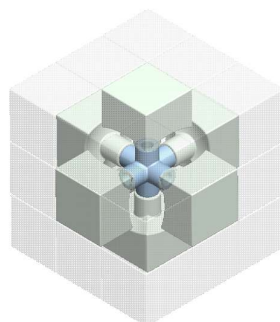
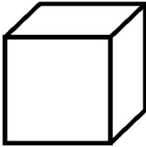


Fig. 15. Geometria interior do Cubo *Rubik*.

A dimensionalidade é uma medida utilizada para elementos que possuem de zero a três dimensões no espaço vetorial bidimensional ou tridimensional. Esta medida não determina a localização do elemento, pois tanto a localização quanto a dimensionalidade podem mudar posteriormente. Por exemplo, um símbolo de uma luminária pode ser representado como um ponto zero-dimensional, enquanto um modelo 3D da mesma luminária mantém a localização.

É importante entender as diferentes dimensões ao trabalhar com objetos BIM, pois isso influencia como os elementos são representados e interpretados. Por exemplo, ao solicitar informações sobre um objeto, é importante especificar a dimensionalidade necessária para garantir que as informações atendam ao que é pedido (exemplo aplicado ao cubo de *Rubik* na Tabela 7).

Tabela 7. Dimensionalidade aplicada ao Cubo *Rubik*.

0D - Zero dimensional	1D - Unidimensional	2D - Bidimensional	3D - Tridimensional
			

3.3 Controle de Qualidade

No contexto da verificação da qualidade de um objeto BIM, a finalidade é alcançar padrões elevados de qualidade, através, sobretudo, da evolução baseada na reutilização eficiente de conhecimentos e experiências adquiridas. O objetivo de indicar uma abordagem de controle de qualidade inerente ao objeto BIM é reduzir o risco de perda, contradição, má formulação, má formatação e/ou má interpretação das informações. Para este efeito, identificam-se os seguintes níveis de controle: garantia e controle de qualidade e controle da validação, ambos dependentes do fluxo de trabalho abordado na Fig. 3 e o controle de qualidade interno, semelhante a uma "auditoria interna", para a detecção de inconformidades e deficiências no processo de construção da biblioteca e do objeto, sobretudo do ponto de vista do BIM *Manager*/Coordenador BIM, muitas vezes complementados por uma *checklist*.

4 Considerações finais

Este Capítulo aborda os desafios inerentes à criação de uma biblioteca de objetos BIM, realçando as melhores práticas para a gestão eficiente destes recursos em projetos do sector AEC. Pretende traçar diretrizes claras para a construção de uma biblioteca, desde a sua conceção até à sua integração e utilização efetiva, através de uma análise rigorosa de vários aspetos, incluindo a estruturação e nomenclatura de pastas, integração com ferramentas BIM, e a gestão da informação geométrica e não geométrica dos objetos.

Ao elaborar um paralelismo com o Cubo de *Rubik* pretende-se demonstrar que, da mesma forma que resolver o Cubo de *Rubik* exige um entendimento da sua estrutura e uma estratégia para alinhar as cores, a criação e gestão de uma biblioteca de objetos BIM requer um conhecimento dos processos de modelação, coordenação entre especialidades, e uma metodologia para assegurar a qualidade, interoperabilidade, e eficácia ao longo do seu ciclo de vida.

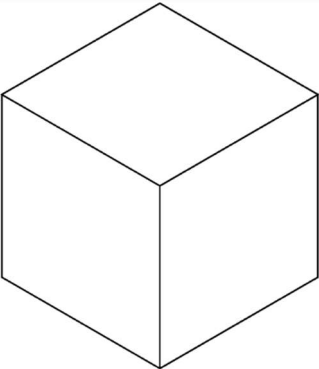
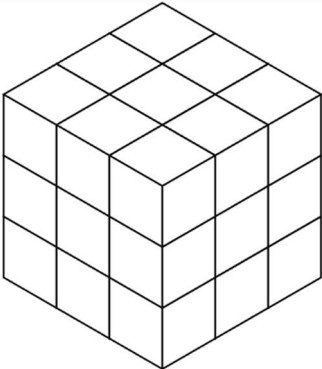
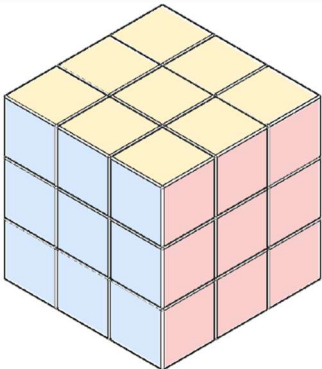
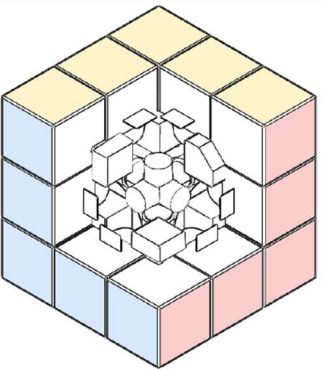
Em conclusão, o presente Capítulo pretende oferecer uma perspetiva única sobre a gestão de bibliotecas de objetos BIM, realçando a necessidade de abordagens inovadoras e colaborativas. A analogia com o Cubo de *Rubik* sublinha a complexidade do tema, enquanto fornece uma estrutura lúdica e acessível para explorar soluções eficazes, promovendo assim a eficiência, sustentabilidade, e inovação na indústria da construção, realçando o potencial do BIM para revolucionar os processos de trabalho, melhorar a tomada de decisão, e otimizar os resultados dos projetos.

Referências

1. **BIM Forum**. [online]. [Consult. 2 Mar. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://www.bimforum.org>>.
2. **buildingSMART International**. [online]. [Consult. 17 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://www.buildingsmart.org>>.
3. CATENDA. - **CDE comparison tool**. [online]. [Consult. 17 de Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:<https://catenda.com/bim-resources/common-data-environment-cde-comparison-tool/>>.
4. BIM COMMUNITY. - **Common Data Environments comparison tool**. [online]. [Consult. 20 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:<https://www.bimcommunity.com>>.
5. ITCON. - **Classification of BIM-based model checking concepts**. *Journal of Information Technology in Construction*. [online]. 2016. [Consult. 20 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:<https://www.itcon.org>>.
6. CT197 - MINISTÉRIO DA CONSTRUÇÃO E TECNOLOGIAS DE NORMALIZAÇÃO BIM. - SECCLasS Sustainability Enhanced Construction Classification System. **In: Regras de modelação de objetos BIM**, Lisboa, Portugal. 2021.
7. CEN - **EN 17473:2020**. Critérios para a Avaliação da Conformidade de Modelos de Dados de Produto. Bruxelas: Comité Europeu de Normalização, 2020.
8. CEN - **EN ISO 23386:2020**. Modelação da Informação da Construção e Outros Processos Digitais Utilizados na Construção - Metodologia para Descrever, Autorar e Manter Propriedades em Dicionários de Dados Ligados. Bruxelas: Comité Europeu de Normalização, 2020.
9. CEN - **EN 17412-1:2020**. Modelação da Informação da Construção - Nível de Necessidade de Informação - Parte 1: Conceitos e Princípios. Bruxelas: Comité Europeu de Normalização, 2020.
10. CEN - **EN ISO 16757-2**. Data structures for electronic product catalogues for building services. Bruxelas: Comité Europeu de Normalização, 2020.
11. SOFTWARE TESTING HELP. - **Difference between quality assurance and quality control (QA vs QC)**. [online]. [Consult. 20 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://www.softwaretestinghelp.com>>.

12. EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. - **BIM Handbook**. 2.^a ed. Hoboken: Wiley, 2011.
13. **NBS BIM Object Standard - Guia do Reino Unido**. [online]. [Consult. 22 de Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://www.thenbs.com>.
14. OLIVEIRA, J. P. C. - **Normalização BIM: Especificação do nível de desenvolvimento e modelação por objetivos**. Dissertação de Mestrado Integrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2016.
15. **MASTERSPEC - Open BIM Object Standard V1.0**. [online]. [Consult. 23 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://www.masterspec.com>.
16. ISO - **ISO 15686-4:2014. Building construction: Service life planning Part 4: Service life planning using building information modelling**. Genebra: International Organization for Standardization, 2014.
17. ISO - **ISO 12006-2:2015. Building construction: Organization of information about construction works Part 2: Framework for classification**. Genebra: International Organization for Standardization, 2015.
18. CEN; ISO - **EN ISO 16739:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema**. Bruxelas: Comité Européu de Normalização, 2018.
19. ISO - **ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles**. Genebra: International Organization for Standardization, 2018.
20. CEN; ISO - **EN ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets**. Bruxelas: Comité Européu de Normalização, 2018.
21. PINA, R. F. T. D. - **Análise e contextualização da informação técnica na construção em usos BIM**. Dissertação de Mestrado Integrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2019.
22. **SUSTAINABLE FUTURES REPORT 2022 | NBS. - Sustainable Futures Report 2022**. [online]. 2022.[Consult. 17 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL: https://www.thenbs.com>.
23. SUCCAR, B. (2009). Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. In **Automation in Construction**. [online]. vol. 18, n.º3 (2009), p.357-375. [Consult. 17 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580508001568>.
24. **BIM CORNER. - Ultimate BIM software list for BIM Coordinators**. [online]. [Consult. 17 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://www.bimcorner.com>.
25. UNDERWOOD, J. & ISIKDAG, U. - **Handbook of Research on Building Information Modelling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**. Hersjey, PA: IGI Global, 2009. ISBN: 9781605669281

Tabela 8. Exemplo de especificação do LOIN do Cubo de *Rubik*

ASA_CuboRubik_Plastico_6Faces_3x3_400					
Programa Base		Estudo Prévio	Anteprojeto / Projeto Base	Projeto de Execução	Construção
Análise Geométrica		Análise Geométrica Coordenação e Revisão Análise Estrutural	Análise Geométrica Análise Estrutural Coordenação e Revisão	Análise Estrutural Coordenação e Revisão Documentação para a construção	Coordenação e Revisão Documentação para a construção Fabrico
Task Team - ARQ		Task Team – ARQ, EST	Task Team – ARQ, EST	Task Team – ARQ, EST	Task Team – ARQ, EST Fabricante
					
Informação Geométrica	Detalhe	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
	Dimensionalidade	2D, 3D	2D, 3D	2D, 3D	2D, 3D
	Localização	Absoluta	Absoluta	Absoluta	Absoluta
	Aparência	Simbólica	Conceptual: Forma	Conceptual: Forma e Cor	Integrada
	Comportamento paramétrico	Geometria Paramétrica	Geometria Paramétrica	Geometria Paramétrica	Geometria Paramétrica
Informação não geométrica	GUID	ID objeto			
	IfcExportAs	IfcBuildingElementProxy			
	IfcExportType	CuboRubik			
	Dimensões gerais	altura x comprimento x largura (mm)			
	Categoria	Quebra-cabeças			
	Material	n/a	Plástico	Plástico Autocolantes coloridos	Plástico ABS de alta resistência Tipo Autocolantes coloridos Elementos de ligação
	Peso	n/a	n/a	Líquido Estimado	Líquido Estimado
	Custo	Estimado	Estimado	Estimado	Estimado
	Performance	n/a	n/a	Suavidade Rotação	Mecanismo Rotação Suavidade Rotação Ajuste Tensão
	Documentação	n/a	n/a	n/a	Análise DoP DoP EPD Garantia

O BEP no contexto da adoção BIM em Portugal

Edson Gomes ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁶⁻⁴⁵³⁶⁻⁵³⁷¹ e Madalena Castro ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁶⁻⁹⁸⁶¹⁻⁹⁵⁶⁶

Abstract. This study focuses on the pivotal role of the BIM Execution Plan (BEP) in the management of construction projects through Building Information Modeling (BIM), specifically within the context of the transition to BIM in the Portuguese Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry. As the BEP is a facilitating tool to improve coordination between interested parties, the objective of this work was to develop a methodology that facilitates and simplifies the structuring of the BEP, enhancing its role in streamlining interactions between all stakeholders involved. The research highlights the critical components of a BEP, including compliance with Exchange Information Requirements (EIR) and the use of Level of Development (LOD) specifications for detailed and precise modeling. It serves as a collaborative framework, enabling various stakeholders, such as the Lead Appointed Party and Appointed Parties, to effectively achieve project objectives. This study also addresses the unique challenges and opportunities presented by the adoption of BIM in Portugal, providing insights into local regulatory and industry practices during this period. Furthermore, the study illustrates the practical applications of a well-implemented BEP in improving project outcomes, such as reducing errors, better resource management, and streamlined workflows. By providing a comprehensive understanding of the BEP's capabilities within the BIM framework, this paper aims to showcase its value in facilitating effective communication, ensuring data integrity, and enhancing overall project performance from design to construction and final documentation stages. This research contributes to the growing body of knowledge on BIM, offering insights that can be applied across various construction sectors to promote innovation and efficiency.

Resumo. Este estudo destaca o papel essencial do Plano de Execução BIM (BEP) na gestão de projetos de construção dentro da metodologia *Building Information Modeling* (BIM), com foco na transição para o BIM na indústria portuguesa de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Como ferramenta facilitadora, o BEP aprimora a coordenação entre os envolvidos, e este trabalho propõe uma metodologia para estruturar e simplificar a sua aplicação, otimizando interações e fluxos de trabalho. A pesquisa analisa componentes críticos do BEP, como a conformidade com os *Exchange Information Requirements* (EIR) e o uso de especificações de *Level of Development* (LOD) para modelação detalhada. O BEP funciona como um modelo colaborativo que alinha equipas, incluindo o *Lead Appointed Party* e *Appointed Parties*, garantindo o cumprimento dos objetivos do projeto. Além de discutir desafios e oportunidades da adoção do BIM em Portugal, o estudo fornece diretrizes sobre regulamentações e práticas do setor. Também demonstra como um BEP bem implementado pode reduzir erros, otimizar a gestão de recursos e aprimorar a eficiência dos projetos. Ao aprofundar a compreensão sobre o BEP no contexto BIM, esta pesquisa reforça o seu valor na comunicação eficaz, integridade dos dados e desempenho global do projeto, da conceção à construção e documentação final.

Keywords: BEP, Portugal, BIM.

1 Introdução

1.1 Fundamentação

Inserido no âmbito da disciplina Projeto Integrador da edição 2023/2024 do curso de Pós-Graduação em Coordenação BIM do ISEP, este estudo dedica-se a analisar o impacto e a importância do BEP¹ (*BIM Execution Plan*) no contexto dos projetos de construção, explorando uma visão enquadrada no panorama português, num momento em que a discussão sobre a adoção do BIM se intensifica. Procura-se, assim, oferecer uma perspetiva atualizada sobre este tópico, alinhada com as tendências e necessidades do setor.

1.2 Objetivos do trabalho

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta adaptada ao contexto específico do cliente, aplicado ao caso de estudo, para facilitar a comunicação e a coordenação entre os diversos intervenientes do projeto, assegurando a definição de uma metodologia de trabalho consistente, a estipulação de padrões, métodos, procedimentos e requisitos técnicos para um fluxo de trabalho harmonizado e produtivo.

1.3 Estrutura do trabalho

De forma a atingir os objetivos propostos, o trabalho foi desenvolvido de acordo com a seguinte macroestrutura:

- **Estado de Arte**, com um enquadramento geral sobre o BIM e o BEP, procurando explorar e entender o enquadramento dessas temáticas no panorama português.
- **Metodologia**, com uma abordagem que pretende o desenvolvimento de uma metodologia de verificação/extração/definição da informação necessária para o desenvolvimento do BEP.
- **Caso Prático**, com o desenvolvimento de uma proposta de BEP para um caso concreto.

2 Estado da Arte

O conceito do BIM surgiu há mais de 30 anos por Charles Eastman, que foi pioneiro na tecnologia BIM e que criou o conceito BDS² (*Building Description System*).

O sistema BDS foi iniciado para mostrar que uma descrição baseada em computador de um edifício poderia replicar, ou melhorar, todos os pontos fortes de desenhos como um meio para a elaboração de projeto, construção e operação, bem como eliminar a maioria das suas fraquezas.

Contudo, a primeira utilização do termo BIM, surgiu em 1986 por Robert Aish, e definia o BIM como um processo criado para gestão de informação de projetos de construção sendo transversal a todo o seu ciclo de vida.

¹ NT Plano de Execução BIM ou PEB na forma abreviada

² NT Sistema de Descrição da Construção

Tratando-se de uma metodologia, o BIM é suportado por uma Norma de processo, a ISO 19650.³

O BIM está cada vez mais presente na indústria da construção em todo o mundo. A figura seguinte, publicada pela buildingSMART por volta de 2016/2017, pretendia traduzir o nível de implementação do BIM na altura.

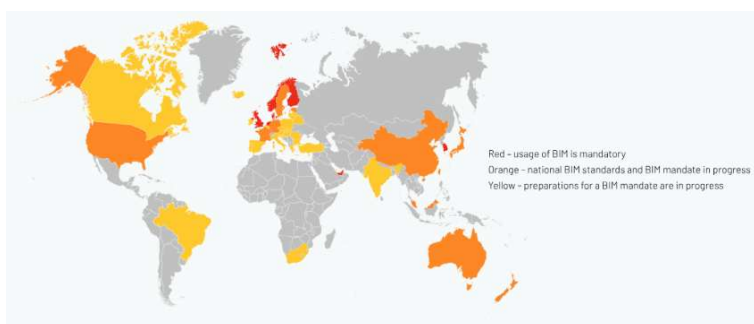


Fig. 1. Implementação internacional do BIM⁴.

As *Technical Committees*⁵ responsáveis pelo BIM nas entidades oficiais de normalização são ISO/TC59/SC13, CEN/TC442 e CT197, respetivamente a nível internacional, europeu e do território nacional português.

A principal entidade internacional que padroniza, especifica e guia o BIM para além das Instituições oficiais de normalização é a bSI – buildingSMART, entidade com assento no CEN e na ISO nas comissões que dizem respeito ao BIM.

Portugal faz parte da buildingSMART desde 2022⁶.

2.1 O BIM em Portugal

Em Portugal, a metodologia BIM tem vindo a despertar interesse numa grande parte dos intervenientes na indústria da AEC, tendo sido criados grupos de trabalho específicos para o estudo desta temática, da qual se destaca a criação da Comissão Técnica de Normalização BIM, a CT 197.

Esta comissão é coordenada pelo BuiltCOLAB, que é a entidade delegada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ) para o desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção.

Do trabalho desenvolvido pela CT 197 destaca-se o desenvolvimento dos Guias de Contratação BIM e do Plano de Execução BIM, assim como a transposição das normas EN ISO 19650.

³ A ISO 19650 define BIM, como sendo: “O uso de uma representação digital compartilhada de um ativo construído para facilitar os processos de design, construção e operação de modo a constituir uma base confiável para a tomada de decisão.” ISO 19650-1:2018/3.3.14

⁴ Fonte: <https://buildingsmart.pt/o-que-e/>

⁵ NT Comissões Técnicas

⁶ Portugal já tinha pertencido a esta entidade. Em 2005 entrou para a IAI (*International Alliance for Interoperability*) tendo-se mantido até 2010/11, acompanhando a transição da IAI em buildingSMART Internacional em 2006.

Até à presente data em Portugal não há qualquer imposição legal de implementação da metodologia BIM.

No que concerne a diplomas legais, só muito recentemente, em 2023, foi publicado documento que aborda ao de leve o tema BIM.

Trata-se da Portaria 255/2023 de 7 de agosto [1], que aprova o conteúdo obrigatório do Projeto de Execução no âmbito do CCP⁷, e faz a revisão da Portaria 701-H/2008 de 29 de julho, referente às Instruções para a Elaboração de Projetos de Obras.

O preâmbulo da nova Portaria refere o seguinte:

«...Conforme resulta do artigo 62.º do CCP [2,3] «na formação dos contratos de empreitada de obras públicas devem, sempre que possível, ser utilizados meios eletrónicos específicos de modelização eletrónica de dados de construção». A Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho, não fazia qualquer referência à modelação digital de dados de construção, não podendo os mesmos ser descurados, designadamente perante a evolução que os modelos paramétricos desenvolvidos segundo a metodologia Building Information Modelling (BIM) têm tido a nível internacional, e da legislação que já diversos países têm vindo a publicar, definindo, entre outros aspetos, o faseamento para a obrigatoriedade da adoção dos modelos BIM, os conteúdos e níveis de desenvolvimento mínimos a serem considerados e as atribuições e funções de novos intervenientes nos processos e a sua articulação com os intervenientes tradicionais.

Decidiu -se, assim, estabelecer na presente portaria as instruções para a elaboração de projetos de obras, tendo o trabalho desenvolvido sido norteado, em linhas gerais, pelas seguintes orientações:

[...]

Introduzir os modelos paramétricos desenvolvidos com recurso à metodologia BIM na elaboração dos projetos de obra pública.»

Na sequência do quadro SIMPLEX dos procedimentos administrativos e dos Licenciamentos, em 2024 foi publicada a Portaria 71-A/2024⁸ [4]. Esta Portaria aborda a Metodologia BIM e identifica duas datas chave:

No preâmbulo define a data de 5 de janeiro 2026.⁹

No Anexo II, referente às condições de apresentação dos elementos instrutórios, define a data de 1 de janeiro 2030.¹⁰

⁷ Código de Contratos Públicos

⁸ que faz alterações aos elementos instrutórios previstos no RJUE

⁹ “vi) futura submissão de pedidos em formato *Building Information Modelling* (BIM), com automatização da verificação do cumprimento dos planos aplicáveis. Esta plataforma será de utilização obrigatória para os municípios a partir de 5 de janeiro de 2026 e não será possível adotar passos procedimentais ou documentos que nela não se encontrem previstos.”

¹⁰ “A partir de 1 de janeiro de 2030, é obrigatória a submissão dos projetos de arquitetura modelados digital e parametricamente de acordo com a metodologia *Building Information Modelling* (BIM), num formato de dados abertos, na PEP, de acordo com as regras a definir por despacho dos membros do Governo responsáveis pela modernização administrativa, pela construção e pelas autarquias locais e ordenamento do território.”



Fig. 2. Fases de adoção do BIM em Portugal¹¹.

2.2 Sobre a ISO 19650 [5,6]

Terminologias introduzidas. A ISO 19650 vem acrescentar o uso de novas terminologias, com as quais nos iremos deparar, nomeadamente ao nível das partes envolvidas e respetivo interface, bem como ao nível das fases de atividade.

- A - Appointing Party¹²
- B - Lead Appointed Party¹³
- C - Appointed Party¹⁴
- 1 - Project Team¹⁵
- 2 - Delivery Team¹⁶
- 3 - Task Team¹⁷

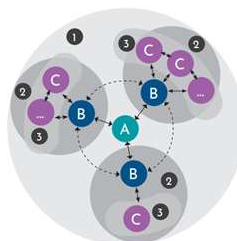


Fig. 3. Interface entre partes envolvidas e equipas¹⁸.

¹¹ Fonte: https://www.ordemdosarquitectos.org/noticias/noticia-decreto_lei_10_24_simplex_urbanistico

¹² NT Entidade que contrata. Promotor ou responsável pela promoção do projeto.

¹³ NT Entidade contratada. Responsável por liderar e coordenar o processo BIM.

¹⁴ NT Entidade contratada. Responsável pela execução de um ou mais modelos BIM de uma determinada especialidade, sob a supervisão do *Lead Appointed Party*.

¹⁵ NT Equipa de projeto. Engloba o *Appointing Party*, o *Lead Appointed Party*, bem como os diversos *Appointed Parties*.

¹⁶ NT Equipa entrega. Geralmente divididas por especialidade (Arquitetura, Estruturas, MEP, etc.) sendo de notar, que o *Appointing Party*, na qualidade de responsável pela coordenação e verificação dos *deliverables*, faz parte das diversas *Delivery Teams*.

¹⁷ NT Equipas de trabalho. São os diversos intervenientes responsáveis pela produção da informação, dentro das diversas *Delivery Teams*.

¹⁸ Fonte: Information management according to BS EN ISO 19650 Guidance Part 2: Processes for Project Delivery

Neste ponto a ISO 19650 introduz uma novidade. O Cliente surge como parte integrante da equipa de projeto na figura do *Appointing Party*.

Metodologia de Entrega do Projeto

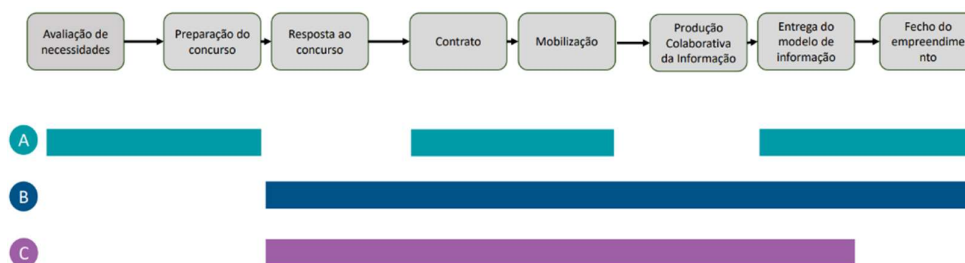


Fig. 4. *Processes for Project Delivery*¹⁹.

A ISO 19650 identifica oito etapas de atividade. A figura anterior traduz a intervenção das partes envolvidas em cada etapa.

2.3 Guia de Contratação BIM [7]

A aplicação da metodologia BIM deve ser decidida pela entidade contratante na fase inicial, devendo especificar nos documentos de concurso a sua intenção e exprimir claramente as suas necessidades e requisitos operacionais para o empreendimento em causa, bem como a estratégia BIM a implementar em cada fase de vida do empreendimento.

O Guia de Contratação BIM ajuda a clarificar o que muda a nível processual e sugere novos documentos ajustados à Metodologia BIM, a anexar quer às Peças de Procedimento como às Propostas dos Concorrentes, para além dos documentos tradicionais.

¹⁹ Fonte: Information management according to BS EN ISO 19650 Guidance Part 2

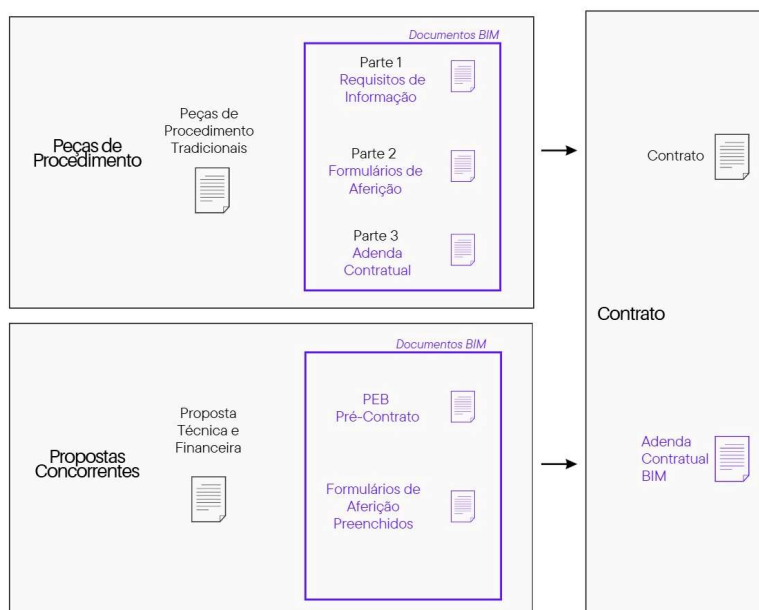


Fig. 5. Documentos processuais de apoio à contratação BIM²⁰.

Novos documentos a anexar às Peças de Procedimento:

- Requisitos de Informação – lista a estratégia de informação por parte da Entidade Contratante, indicando os requisitos relevantes para a criação, processamento, transmissão e organização da informação;
- Formulários de Aferição de Capacidades BIM – formulários que permitirão aferir as capacidades BIM dos concorrentes e, através de comparação, atribuir-lhes uma grelha de pontuação definida nos fatores de avaliação de propostas;
- Adenda Contratual BIM – definição das principais cláusulas aplicáveis à contratação da prestação de serviços BIM;

Novos documentos a anexar às Propostas dos Concorrentes:

- PEB Pré-Contrato – responde aos Requisitos de Informação da Entidade Contratante e consiste na descrição dos processos e da informação BIM que o concorrente propõe adotar;
- Formulário de Aferição de Capacidades BIM – preenchimento dos formulários em resposta às peças do procedimento específicas do BIM;

De acordo com a norma ISO 19650-2 [5,6], o BEP deve ser elaborado na fase de apresentação de proposta pelo *Prospective Lead Appointed Party*²¹ e apresentado em nome da *Delivery Team* para transmitir as informações de abordagem de gestão a que se propõe. O BEP surge para garantir a necessária coordenação de todos os processos e pretende descrever a forma como cada membro deverá produzir os serviços da sua responsabilidade, bem como os moldes nos quais a informação

²⁰ Fonte: Guia de Contratação BIM

²¹ NT Entidade concorrente ao processo de adjudicação BIM

será integrada e disponibilizada para os restantes membros, sendo um documento fundamental que define como o BIM será utilizado em determinado projeto.

Exemplos de Referência. Modelos e diretrizes para elaboração de Planos de Execução BIM poderão ser encontrados em publicações de várias entidades de referência, como por exemplo:

- buildingSMART International²².
- ISO 19650²³.
- UK BIM Framework²⁴.
- AIA (American Institute of Architects) - E202²⁵.
- National Institute of Building Sciences (NIBS).²⁶
- CADD Microsystems²⁷.
- BIM Forum²⁸.
- Autodesk Knowledge Network²⁹.
- Open BIM Library³⁰.

Trabalho desenvolvido pela CT197. A Task Force BEP da CT197 desenvolveu um *draft* para elaboração do BEP, documento que surge à imagem das recomendações feitas no “Guia de Contratação BIM” elaborado por esta mesma entidade, que aponta para a apresentação à Entidade Contratante de um plano de execução BIM detalhado dos serviços a prestar, após a adjudicação dos serviços pela Entidade Contratante, formando assim o denominado BEP Pós-Contrato.

Em qualquer fase do Plano de Execução BIM, a aplicação BIM deve estar alinhada com os EIR³¹ (*Exchange Information Requirements*) da Entidade Contratante.

²² Organização internacional que promove padrões abertos para a indústria da construção, incluindo BIM.

²³ Estabelece princípios e requisitos para a gestão de informações ao longo do ciclo de vida de um ativo construído usando BIM. Seguir esta norma pode ajudar na padronização e na implementação eficaz do BIM;

²⁴ O Reino Unido tem uma estrutura BIM robusta que inclui padrões e orientações detalhadas. O UK BIM Framework pode oferecer orientações valiosas para o desenvolvimento do BEP;

²⁵ Fornece uma série de documentos, incluindo o E202 - *Building Information Modeling Protocol Exhibit*, que descreve protocolos e processos para a execução bem-sucedida do BIM;

²⁶ O NIBS oferece uma série de recursos relacionados ao BIM, incluindo modelos e diretrizes para Planos de Execução BIM.

²⁷ Esta empresa oferece recursos e serviços relacionados ao BIM e pode ser uma fonte útil para modelos e diretrizes para Planos de Execução BIM.

²⁸ Comunidade de profissionais de AEC focada em promover a adoção e o uso eficaz do BIM. É uma fonte de recursos úteis, incluindo modelos para BEP.

²⁹ Para quem usa *software* da Autodesk, esta é uma fonte de modelos e recursos relacionados ao BIM, incluindo modelos de BEP.

³⁰ Esta é uma biblioteca online que oferece uma variedade de recursos BIM, incluindo modelos para BEP

³¹ NT Requisitos de Troca de Informação

Importância do BEP no processo de contratação BIM. O BEP pretende ser um plano que explica de forma sumária os aspetos de gestão da informação. Este documento será realizado pela equipa de trabalho, sendo uma diretriz que indica os fatores-chave para a equipa seguir durante o projeto, reconhecendo as restrições, os acordos e os requisitos das entidades, bem como os aspetos técnicos e de colaboração a considerar.

O desenvolvimento do BEP, tendo em mente o objetivo final, contribuirá para o sucesso da implementação BIM, trazendo para o projeto:

Melhoria da comunicação entre as partes interessadas:

- Criado em colaboração com os principais intervenientes da Equipa de Projeto;
- Deverá ser conciso e com informações úteis;
- Ir ao encontro dos requisitos do *Appointing Party*;
- Poderá ser criado para definir o que o será entregue, no caso de não haver especificações dos EIR;

Eficiência na entrega de projetos:

- Define a estratégia de utilização da tecnologia no projeto;
- Reduzirá o risco definindo funções e responsabilidades dos intervenientes;

Melhoria na qualidade do produto final:

- Economiza tempo, melhorando a precisão do modelo e evitando retrabalho;
- Melhora a qualidade do projeto e ajudará a equipa a manter-se no caminho certo.

Fases de Elaboração do BEP. De acordo com a ISO 19650, o BEP tem dois propósitos diferentes:

- Fase de concurso (**BEP Pré-Contrato**).
Documento a anexar à proposta do concorrente, tendo como objetivo dar resposta aos EIR da entidade Contratante.
A elaboração deste documento permitirá a cada prestador de serviços evidenciar a sua mais-valia em termos de aplicação BIM, ao nível da sua organização e ao nível da proposta apresentada em fase de concurso, devendo este ser um critério definido para avaliação das propostas.
Para maior facilidade na avaliação de propostas, poderá o *Appointing Party* juntar às Peças de Procedimento um modelo do BEP Pré-contrato a apresentar pelos Concorrentes.
- Fase de execução (**BEP Pós-Contrato**).
Desenvolvimento do BEP Pré-Contrato, com o objetivo de definir as expectativas do *Prospective Lead Appointed Party*, compatibilizadas com as do *Appointed Party*, que constará do Contrato, na Adenda Contratual BIM.

3 Metodologia

3.1 Caso de Estudo

O BEP objeto do caso de estudo é desenvolvido para a fase de Pré-Contrato, envolvendo uma entidade promotora que, se propõe a desenvolver um projeto de promoção imobiliária de edifícios de habitação coletiva.

3.2 Métodos a aplicar (como as tabelas podem ajudar)

De modo a facilitar a organização e estruturação da informação, foram criadas tabelas com o seguinte propósito:

Aferição de Necessidades. Num primeiro momento, julgamos ser fundamental efetuar uma análise aos EIR, fornecidos pelo *Appointing Party*, de forma a perceber se os mesmos são suficientemente clarificadores no que respeita à informação a ser produzida.

Levantamento de Dados. O sucesso de um projeto BIM depende substancialmente da qualidade e da precisão dos dados recolhidos. As tabelas/formulários desenvolvidos asseguram que todas as informações necessárias sejam capturadas, estabelecendo uma base sólida para o BEP.

Cada uma das tabelas contribuirá para a estruturação de um BEP claro e objetivo, fornecendo um quadro de referência para a coleta, gestão e aplicação de informações críticas ao longo do ciclo de vida do projeto. Elas são instrumentos fundamentais para garantir a conformidade, a qualidade e a eficiência do processo BIM, promovendo uma comunicação eficaz e minimizando o risco de desvios dos objetivos estabelecidos.

4 BEP

4.1 Considerações gerais sobre o BEP

De acordo com a Norma ISO 19650, o BEP deverá abordar sete questões essenciais em resposta aos EIR.

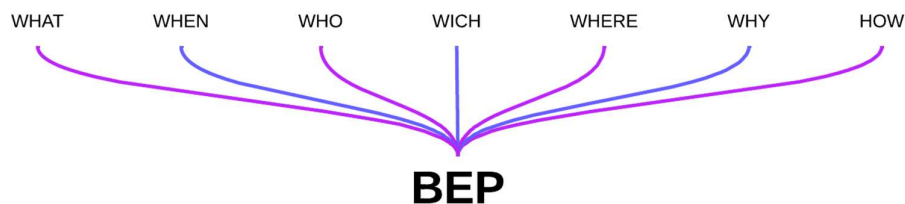


Fig. 6. Questões principais a abordar no BEP³².

³² *What*,^{NT} O Quê. Clarificação do propósito do projeto.

When^{NT} Quando. Balizamento temporal do projeto.

Who^{NT} Quem. Definição dos intervenientes no processo.

Which^{NT} Que. Entregáveis e requisitos de Informação

Where^{NT} Onde. Definição do local de armazenamento e troca de informação.

Why^{NT} Porquê. Usos propostos e expectativas de aplicação dos modelos.

How^{NT} Como. Definição das normas a adotar no projeto tais como Sistema de Classificação, Unidades, sistema de Georreferenciação, formatos de ficheiros, etc.

Introdução. Este documento reflete a resposta aos EIR definidos pelo *Appointing Party*³³, sumariando a resposta do *Lead Appointed Party*³⁴ aos requisitos específicos solicitados, com vista a uma implementação eficiente do BIM neste projeto.

Instruções de uso. O BEP define protocolos para o desenvolvimento, uso e troca de informação, clarificando e definindo expectativas em relação aos modelos durante as diferentes fases do projeto.

Iremos ao longo desta secção encontrar várias tabelas formuladas com objetivo de facilitar a recolha e consulta de informação por parte de todos os envolvidos, respondendo de forma direta e objetiva às sete (7) questões essenciais que devem ser abordadas pelo BEP.

Quando necessárias alterações, estas serão estabelecidas por consenso entre o *Lead Appointed Party* e o *Appointing Party*, sendo implementadas pelo *BIM Manager*³⁵. O BEP refletirá os últimos acordos aprovados.

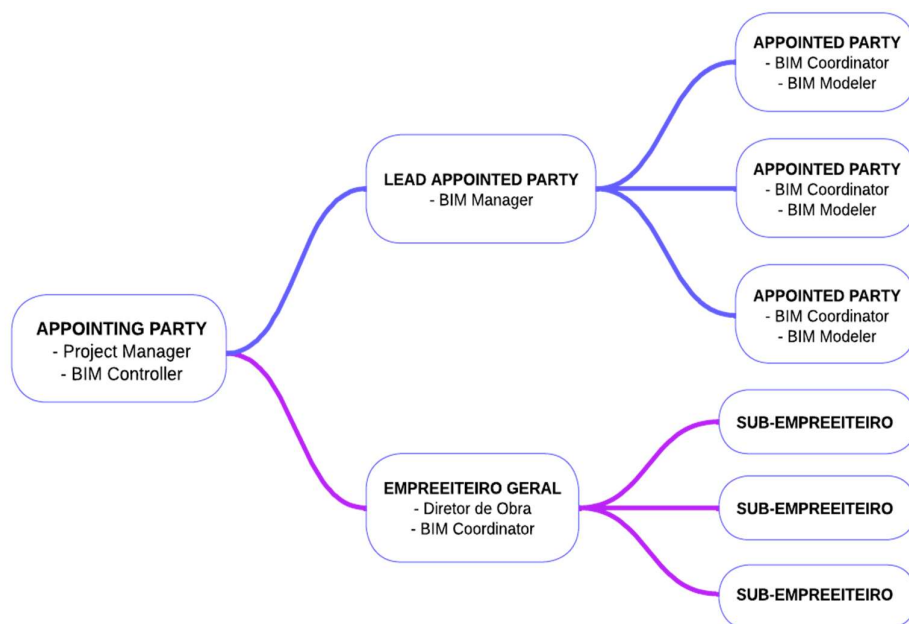


Fig. 7. Diagrama de relações entre os intervenientes no processo BIM.

³³ Domovilla Lda

³⁴ BIM Consult

³⁵ A ISO 19650, define o papel do Gestor de Informação (*Information Manager*). Essa função será (predominantemente) desempenhada pelo *BIM Manager* que será a interface principal para gestão dos fluxos de informação entre as diversas partes envolvidas.

4.2 O Quê?

Nesta secção definem-se informações básicas sobre o projeto, entidades envolvidas e macro etapas do projeto.

Informação de projeto

Tabela 1. Informações do Projeto.

Promotor	DOMOVILLA, Lda ...
Nome do Projeto	Quinta das Grades Verdes
Localização	41.06612041075385, -8.628594243702521
Morada	Arcozelo, Vila Nova de Gaia, Portugal
Código do Projeto	202401-DOM.QGV
Data de Início	15/11/2024
Tipologia de Projeto	Construção nova de edifício de habitação coletiva.
Descrição do Projeto	Complexo habitacional a ser implantado em terreno com 80000m2 de área.
Língua do Projeto	Português

Principais entidades envolvidas

Tabela 2. Principais Entidades envolvidas no processo BIM.

Função	Código	Empresa	Representante	Telefone	E-mail
Apoining Party	AP	Domovilla Lda	José Douteiro	0035191*****	jd@dmv.net
Lead Apointed Party	LAP	BIM consult	Madalena Castro	0035191*****	mc@bimconsult.net
Arquitetura	ARC	Arch+	Mark Miles	0035191*****	mm@arch+.net
Interiores	INT	Arch+	Mark Miles	0035191*****	mm@arch+.net
Estabilidade	STR	STR global	John Watts	0035191*****	jw@str.net
Mecânicas	MEC	EngWLD	Mike Jacob	0035191*****	jw@engwld.net
Elétricas	ELE	EngWLD	Tony Wilkins	0035191*****	jw@engwld.net
Águas	PLU	EngWLD	Andrej Moris	0035191*****	jw@engwld.net
Empreiteiro Geral	CON	Build Best	Matew Mackenzie	0035191*****	mm@bb.net

Etapas chave de projeto

Tabela 3. Etapas chave do projeto.

Etapa	Abreviatura	Início	Conclusão	Entidades Envolvidas	Objetivos e Observações
Levantamento	LE	15/01/2025	01/03/2025	Apoining Party Lead Apointed Party Arquitetura	Compreensão das condições físicas e enquadramento legal do local do projeto.
Estudo Prévio	EP	15/01/2025	01/03/2025	Apoining Party Lead Apointed Party Arquitetura	Pré Design Fornecer o Programa de Requisitos e todas as considerações espaciais para referência. Design inicial com base nos parâmetros conceptuais estabelecidos, garantindo cumprimento dos requisitos suburbanísticos, e estabelecendo um ponto de referência 3D para a coordenação BIM. Os levantamentos devem ser apresentados em formato eletrónico e deverão representar de forma clara as condições volumétricas e geográficas do local. Formulação de várias opções de volumetrias que serão utilizadas para informar as decisões de projeto em relação à volumetria geral e a caraterísticas técnicas como sistema estrutural. Design Esquemático Estabelecer o design espacial com base nas informações da fase de Pré Design. Definição inicial dos sistemas e atributos do edifício, incluindo os componentes arquitetónicos, estruturais e MEP. Identificar questões iniciais de coordenação entre os sistemas do edifício.
Design Development	DD	01/03/2025	15/04/2025	Apoining Party Lead Apointed Party Arquitetura Estabilidade Mecânicas Elétricas Águas	Licenciamento do edifício junto das entidades competentes. Entender o edifício em todos os seus aspetos gerais, tanto a nível urbanístico e Arquitetónico, como ao nível dos projetos de especialidades. Os projetos encontram-se compatibilizados naquilo que são os seus aspetos principais mas os elementos ainda não têm as dimensões e localizações finais definidas. Definidas as soluções construtivas a implementar. Extração de quantidades a partir do modelo.
Projeto de Execução	PE	15/04/2025	14/06/2025	Apoining Party Lead Apointed Party Arquitetura Estabilidade Mecânicas Elétricas Águas Interiores Empreiteiro Geral	Finalizar o design do edifício e de todos os seus sistemas. Compatibilização total entre especialidades. Elaboração de Mapas de Trabalhos e Quantidades a partir das informações extraídas dos modelos. Preparar a documentação para revisão.
Construção	CO	14/06/2025	13/08/2025	Apoining Party Lead Apointed Party Arquitetura Estabilidade Mecânicas Elétricas Águas Interiores Empreiteiro Geral	Construção Atualizar os modelos com base com base nas atividades em obra. A equipa de construção deverá submeter RFD's através de pasta própria para o efeito na CDE. Telas Finais Entregar os modelos "As Built" com base nas informações recolhidas durante o processo de construção, devendo o modelo final representar fielmente o edifício em todas as suas componentes.

4.3 Porquê?

Definição de Usos BIM³⁶, com orientação sobre como os modelos BIM serão executados e utilizados nas várias fases do projeto.

Tabela 4. Usos dos BIM.

Fase	Uso BIM	Objetivos	Exp.	Prioridade
LE	01.1_ Situação Existente	Compreensão da envolvente direta do edifício, com a definição das suas características urbanísticas e arquitetónicas.	ARC	A
			STR	M
			MEC	M
			ELE PLU	
EP	02.1_ Caracterização geral da proposta em termos Planimétricos. 02.2_ Caracterização geral da proposta em termos Volumétricos. 02.3_ Caracterização geral da proposta em termos Urbanísticos.	Oferecer uma visão geral para estudos iniciais de viabilidade e planeamento conceitual, permitindo estimativas preliminares de custo e análise do projeto em um nível macro.	ARC	A
EP	02.4_ Caracterização geral ao nível técnico	Oferecer uma visão geral para estudos iniciais de viabilidade e planeamento conceitual, permitindo estimativas preliminares de custo e análise do projeto em um nível macro.	STR	B
EP	03.2_ Visualização e compreensão material da proposta	Fornecer o layout final do edifício e dos seus sistemas; Resolver as principais questões de coordenação entre os sistemas do edifício; Assegurar a viabilidade técnica, económica, construtiva e regulamentar da proposta.	ARC	M
DD			ARC	A
PE			ARC	B
EP	03.1_ Verificação de conformidade com os regulamentos e normas aplicáveis	Fornecer o layout final do edifício e dos seus sistemas; Resolver as principais questões de coordenação entre os sistemas do edifício; Assegurar a viabilidade técnica, económica, construtiva e regulamentar da proposta.	STR	A
DD			MEC	A
PE			ILE	A
PE			PLU	A
CO	04.1_ Definição espacial exata do espaço;	Finalizar o design do edifício e de todos os seus sistemas;	Todas	A
PE	04.2_ Coordenação entre especialidades;	Assegurar a clarificação de todas as questões relacionadas com a construtibilidade, dos diferentes elementos; Coordenação e compatibilização total entre especialidades;	Todas	A
CO			Todas	
PE	04.3_ Quantificação e controlo de custos;	Os modelos de serão utilizados para execução do projeto;	Todas	A
CO	04.4_ Definição e especificação de métodos e sistemas construtivos;	Os modelos 3d serão usados para gerar os documentos entregáveis contratualizados; Os modelos devem permitir a execução de estimativas de custos (BIM4D), análise e sequenciamento construtivo (BIM5D).	Todas	A
CO			Todas	

4.4 Quando?

Nesta secção desenvolvemos o planeamento a cumprir para as diversas fases de projeto, bem como o balizamento de etapas intermédias durante a elaboração do mesmo. As entregas de informação deverão corresponder ao estipulado no PIDP³⁷ e MIDP.

³⁶ Os usos BIM são definidos por fase e por especialidade. Na definição dos Usos BIM é importante levar em consideração fatores como:

Especialidade (s) para as quais os referidos usos são importantes.

Objetivos do Uso BIM.

Level of Information Need, conceito que define especificamente os requisitos de informação necessários para cada Uso.

Fase(s) para a qual os Usos são importantes

Prioridade do USO associado às diferentes fases (Alto, Médio ou Baixo)

³⁷ O PIDP (*Project Information Delivery Plan*) estabelece o cronograma geral das grandes tarefas e etapas que compõem o projeto.

PIDP (Project Information Delivery Plan)

Tabela 5. Project Information Delivery Plan.

Fase	Responsável	Início de Processo	Entrega parcial	Entrega parcial	Entrega parcial	Entrega parcial	Entrega Final	Validação de modelos	Concluído
Estudo Pré-Bid	PM	Data 2024-11-15 Elemento EIRs Destinatário Lead Appointed Party	Validação do BEP Pré contrato 2024-12-05 Lead Appointed Party	Acompanhamento do desenvolvimento do projeto Interface com BIM Controller e BIM Manager					2025-04-02 Validação da informação. Fim de etapa Lead Appointed Party
	BC-AP	Data 2024-11-30	Validação do BEP Pré contrato 2024-12-16 Project Manager	-	2025-02-14 Validação de Modelo de Arquitetura Lead Appointed Party	2025-02-14 Participação de reunião de coordenação semanal	2025-03-24 Análise de modelos finais -	2025-03-29 Validação de modelos/ solicitação de correções Project Manager	-
	BM	Elemento BEP Pré contrato Destinatário Appointing Party	BEP 2024-12-31 Appointed Parties	BEP (R01) 2025-01-10 Appointed Parties	2025-02-16 Início de processo BIM para especialidades Appointed Parties	2025-02-14 Agendamento e condução de reuniões de coordenação Elaboração de relatórios de colídes Todos os Envolvidos	2025-03-23 Entrega de modelo federado e resúmenes entregáveis para validação.	-	-
	BC-ARC	Data 2024-12-31 Elemento TIDP (ARC) Destinatário Lead Appointed Party	2024-12-31 Entrega parcial 2 vezes por semana TIDP (ARC) De acordo com estrutura definida no TIDP. Lead Appointed Party	Entrega parcial 2 vezes por semana de acordo com estrutura definida no TIDP. Participação em reunião de coordenação semanal			2025-03-18 Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-STR	Data 2024-12-31 Elemento TIDP (STR) Destinatário Lead Appointed Party	2024-12-31 Entrega parcial 2 vezes por semana TIDP (STR) Lead Appointed Party				2025-03-18 Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-MEC	Data 2024-12-31 Elemento TIDP (MEC) Destinatário Lead Appointed Party	2024-12-31 Entrega parcial 2 vezes por semana TIDP (MEC) Lead Appointed Party				2025-03-18 Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-ELE	Data 2024-12-31 Elemento TIDP (ELE) Destinatário Lead Appointed Party	2024-12-31 Entrega parcial 2 vezes por semana TIDP (ELE) Lead Appointed Party				2025-03-18 Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-PLU	Data 2024-12-31 Elemento TIDP (PLU) Destinatário Lead Appointed Party	2024-12-31 Entrega parcial 2 vezes por semana TIDP (PLU) Lead Appointed Party				2025-03-18 Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	PM	Data 2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02	2025-04-02
	BC-AP	Elemento Início de nova fase de Projeto Destinatário Lead Appointed Party	Acompanhamento do desenvolvimento do projeto Interface com BIM Controller e BIM Manager					Validação da informação. Fim de etapa Lead Appointed Party	-
	BC-AP	Data 2025-04-03	Participação de reunião de coordenação semanal					2025-04-24 Análise de modelos finais -	2025-04-29 Validação de modelos/ solicitação de correções Project Manager
	BM	Data 2025-04-03	2025-04-28	2025-05-30	2025-05-28	2025-05-30	2025-05-30	2025-05-30	2025-05-30
	BC-ARC	Elemento Agendamento e condução de reuniões de coordenação semanais Execução de relatórios de colídes Destinatário Todos os Envolvidos	Submissão do projeto legal para aprovação e emissão de Licenças 2025-04-23 Entidade competente	Agendamento e condução de reuniões de coordenação semanais Execução de relatórios de colídes Todos os Envolvidos			Entrega de modelo federado e resúmenes entregáveis para validação.	-	-
	BC-STR	Elemento Entrega parcial 2 vezes por semana de acordo com estrutura definida no TIDP e MIDP. Destinatário MIDP	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party	Entrega parcial 2 vezes por semana de acordo com estrutura definida no TIDP e MIDP. Participação de reunião de coordenação semanal. Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.			Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-MEC	Elemento Participação de reunião de coordenação semanal. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-ELE	Elemento Desenvolvimento e atualização utilização de modelos. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-PLU	Elemento Desenvolvimento e atualização utilização de modelos. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
Projeto de Execução	PM	Data 2025-03-26	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11
	BC-AP	Elemento Início de nova fase de Projeto Destinatário Lead Appointed Party	Validação da informação 2025-03-27	Acompanhamento do desenvolvimento do projeto Interface com BIM Controller e BIM Manager					Validação da informação. Fim de etapa Lead Appointed Party
	BC-AP	Data 2025-03-27	Participação de reunião de coordenação semanal					2025-05-04 Análise de modelos de fase Validação de modelos/ solicitação de correções Project Manager	-
	BM	Data 2025-03-27	2025-05-28	2025-05-28	2025-05-28	2025-05-30	2025-05-30	2025-05-30	2025-05-30
	BC-ARC	Elemento Agendamento e condução de reuniões de coordenação semanais Execução de relatórios de colídes Destinatário Todos os Envolvidos	Submissão do projeto legal para aprovação e emissão de Licenças 2025-04-23 Entidade competente	Agendamento e condução de reuniões de coordenação semanais Execução de relatórios de colídes Todos os Envolvidos			Entrega de modelo federado e resúmenes entregáveis para validação.	-	-
	BC-STR	Elemento Entrega parcial 2 vezes por semana de acordo com estrutura definida no TIDP e MIDP. Destinatário MIDP	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party	Entrega parcial 2 vezes por semana de acordo com estrutura definida no TIDP e MIDP. Participação de reunião de coordenação semanal. Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.			Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-MEC	Elemento Participação de reunião de coordenação semanal. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-ELE	Elemento Desenvolvimento e atualização utilização de modelos. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-PLU	Elemento Desenvolvimento e atualização utilização de modelos. Destinatário Desenvolvimento e atualização utilização de modelos.	Entrega de Elementos para submissão de projeto Legal 2025-04-23 Lead Appointed Party				Entrega de final de Modelo BIM de Especialidade Lead Appointed Party	-	-
	BC-CON	Elemento Participação de reunião de coordenação semanal. Acompanhamento do desenvolvimento dos modelos. Elaboração de relatórios técnicos com as observações que forem consideradas importantes para a fase subsequente. Destinatário Lead Appointed Party e BIM Controller	2025-03-27	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11	2025-04-11

TIDP³⁸. Esta informação será desenvolvida pelas diferentes *Task Teams* em resposta aos EIR definidos, sendo integrada no BEP sob a forma de anexo após a sua validação.

MIDP³⁹. Esta informação será desenvolvida e integrada no BEP antes do início dos trabalhos de modelação, fazendo a compilação e coordenação de todos os entregáveis e trabalhos previstos nos TIDP das diversas *Task Teams*. Esta informação será atualizada com o desenrolar do projeto, devendo ser consultada com uma regularidade não inferior a 2 semanas.

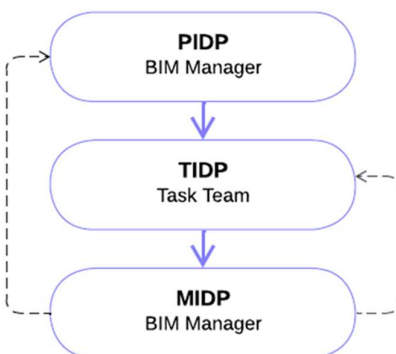


Fig. 8. Diagrama de produção de cronogramas de entrega de informação.

³⁸ Documento elaborado pelas diversas *Task Teams* a partir do EIR, definindo e consolidando os entregáveis específicos para cada equipa de trabalho. A informação é definida de forma granular incluindo:

- Modelos, desenhos, cronogramas ou outros elementos específicos a serem entregues pela equipa em questão.
- Formatos, normas e níveis de informação.
- Cronogramas e dependências.
- Pontos de coordenação com outras equipas.

³⁹ O MIDP (*Master Information Delivery Plan*) é elaborado pelo *BIM Manager*, fazendo a compilação e coordenação de todos os elementos e tarefas a serem desenvolvidas pelos diversos envolvidos no processo. Essa informação é integrada no BEP antes do início dos trabalhos de modelação, e atualizada consoante o desenrolar do projeto.

4.5 Quem?

Nesta secção clarificam-se papéis e responsabilidades de cada entidade envolvida no projeto, garantindo que todos os intervenientes estejam cientes das suas obrigações e como estas se interligam com as dos demais.

Tabela 6. Principais entidades envolvidas. Papeis e Responsabilidades.

Função	Cod. BIM	Empresa	Representante	Tel/fone	E-mail	Responsabilidade BIM	Observações
Appointing Party	AP	Domavilla Lda	José Douteiro	0035191*****	jd@domv.net		Dono de obra
Project Manager	PM	Domavilla Lda	José Douteiro	0035191*****	jd@domv.net	Supervisão	Cria e coordena a execução do projeto para garantir a execução do projeto dentro dos prazos e orçamentos definidos.
BIM Controller	BC-AP	Domavilla Lda	Edson Gomes	0035191*****	eg@domv.net	Revisão de modelos finais	Responsável pela análise e validação de modelos.
Lead Appointed Party	LAP	BIM consult	Madalena Castro	0035191*****	mc@bimconsult.net	Gestão e coordenação geral da execução dos modelos.	Entidade responsável pela coordenação da execução dos modelos BIM
BIM Manager	BM	BIM consult	Madalena Castro	0035191*****	mc@bimconsult.net	Supervisão Gestão de trocas de informação	Indivíduo designado pelo Lead Appointed Party para atuar como principal ponto de contacto entre as equipas para todas as questões relacionadas com o BIM. As responsabilidades incluem: - Garantir o desenvolvimento e conformidade dos modelos de acordo com o BEP; - Ser responsável pelo desenvolvimento, coordenação, publicação e verificação de que todas as normas e informações de modelação foram implementadas; - Coordenar a formação em software e a gestão de ficheiros; - Coordenar a configuração do CDE; - Escutar a federação e análise de modelos para reuniões de coordenação; - Estimar o uso de modelos federados em reuniões de coordenação e fornecer relatórios de incompatibilidades; - Garantir que os cumprem os Usos estabelecidos; - Assumir a responsabilidade pela classificação adequada de todos os espaços e equipamentos no modelo para garantir uma comparação direta com o Programa definido; - Integrar com os Coordenadores BIM das equipas envolvidas para garantir que o software está instalado e a funcionar corretamente; - Determinar o ponto de partilha de modelos, estratégias de georreferenciação e federação, e garantir que todos os modelos técnicos estejam corretamente referenciados; - Garantir que os entregáveis contratualizados sejam fornecidos de acordo com os formatos especificados; - Garantir que as informações derivadas do BIM em 2D estejam em conformidade com os Padrões para impressão em papel, conforme necessário; - Coordenar com o Coordenador BIM da Equipa de Construção para assegurar a criação de entregáveis finais adequados.
Arquitetura	ARC	Arch+	Mark Miles	0035191*****	mm@arch+.net	Faseção de modelos BIM para a especialidade	Entidade responsável pela execução dos modelos BIM da disciplina de Arquitetura
BIM Coordinator	BC-ARC	Arch+	Will Johnson	0035191*****	wj@arch+.net		Responsabilidades: - Coordenar o desenvolvimento de modelos, os padrões, os requisitos de dados, etc., conforme necessário, em colaboração com o BIM Manager; - Liderar os requisitos técnicos necessários para a documentação e análise BIM na sua disciplina; - Coordenar atividades de deteção e resolução de incompatibilidades (clash detection); - Coordenar formação em BIM, tanto interna como externa, conforme necessário.
Estabilidade	STR	STR global	John Watts	0035191*****	jw@str.net	Faseção de modelos BIM para a especialidade	Entidade responsável pela execução dos modelos BIM da disciplina de Estruturas
BIM Coordinator	BC-STR	STR global	André Antunes	0035191*****	aa@str.net	Desenvolvimento de modelos BIM Análise e troca de informação	Responsabilidades: - Coordenar o desenvolvimento de modelos, os padrões, os requisitos de dados, etc., conforme necessário, em colaboração com o BIM Manager; - Liderar os requisitos técnicos necessários para a documentação e análise BIM na sua disciplina; - Coordenar atividades de deteção e resolução de incompatibilidades (clash detection); - Coordenar formação em BIM, tanto interna como externa, conforme necessário.
Mecânicas Elétricas Águas	MEC ELE PLU	EngWLD	Mike Jacob	0035191*****	mw@engwld.net	Execução de modelos BIM para a especialidade	Entidade responsável pela execução dos modelos BIM das disciplinas de MEP
BIM Coordinator	BC-MEC	EngWLD	Mike Jacob	0035191*****	mw@engwld.net	Desenvolvimento de modelos BIM para as disciplinas de AVAC e Instalações mecânicas. Análise e troca de informação	Responsabilidades: - Coordenar o desenvolvimento de modelos, os padrões, os requisitos de dados, etc., conforme necessário, em colaboração com o BIM Manager; - Liderar os requisitos técnicos necessários para a documentação e análise BIM na sua disciplina; - Coordenar atividades de deteção e resolução de incompatibilidades (clash detection); - Coordenar formação em BIM, tanto interna como externa, conforme necessário.
BIM Coordinator	BC-ELE	EngWLD	Tommy Wilkins	0035191*****	tw@engwld.net	Desenvolvimento de modelos BIM para a disciplina de Instalações Elétricas. Análise e troca de informação	Responsabilidades: - Coordenar o desenvolvimento de modelos, os padrões, os requisitos de dados, etc., conforme necessário, em colaboração com o BIM Manager; - Liderar os requisitos técnicos necessários para a documentação e análise BIM na sua disciplina; - Coordenar atividades de deteção e resolução de incompatibilidades (clash detection); - Coordenar formação em BIM, tanto interna como externa, conforme necessário.
BIM Coordinator	BC-PLU	EngWLD	Andrey Muris	0035191*****	am@engwld.net	Desenvolvimento de modelos BIM para a disciplina de Hidráulica Análise e troca de informação	Responsabilidades: - Coordenar o desenvolvimento de modelos, os padrões, os requisitos de dados, etc., conforme necessário, em colaboração com o BIM Manager; - Liderar os requisitos técnicos necessários para a documentação e análise BIM na sua disciplina; - Coordenar atividades de deteção e resolução de incompatibilidades (clash detection); - Coordenar formação em BIM, tanto interna como externa, conforme necessário.
Empreiteiro Geral	CON	Build Best	Matew MacKenzie	0035191*****	mm@bb.net	Desenvolvimento de modelos BIM Análise e troca de informação	Empreiteiro geral.
Diretor de Obra	DO	Build Best	Matew MacKenzie	0035191*****	mm@bb.net	Utilizador/Revisor de modelos	Entidade responsável pela execução da empreitada de acordo com as informações constantes dos modelos BIM.
BIM Coordinator	BC-CON	Build Best	André Andrade	0035191*****	aa@bb.net	Utilizador/Revisor/Integrador de modelos	Indivíduo designado para atuar como o principal ponto de contacto da Equipa de Construção para questões relacionadas com o BIM. As responsabilidades incluem: - Responsabilidade pela execução das atividades de obra, assegurando o cumprimento dos prazos e das condições contratualizadas; - Responsabilidade geral pelos modelos BIM da Equipa de Construção, coordenando a criação e as informações desenvolvidas durante a construção; - Coordenar a formação em software e estabelecer os protocolos de software para a Equipa de Construção, assegurando uma entrega eficiente da construção; - Atuar como principal ponto de contacto para questões relacionadas com o BIM entre a Equipa de Construção, subempreiteiros a Equipas de Projeto e outros, conforme necessário; - Garantir que a Equipa de Construção tenha o hardware e o software BIM necessários devidamente instalados e acessíveis para uso no projeto; - Coordenar o sequenciamento e o agendamento da construção, com base nas informações dos modelos; - Promover o uso de modelos federados nas reuniões de coordenação e fornecer relatórios de incompatibilidades identificando e resolvendo todas as colisões; - Comunicar-se com a Equipa de Projeto e coordenar os conjuntos de extração de dados necessários para as especialidades de construção e garantir que esses pedidos sejam atendidos; - Coordenar para que as alterações ao projeto feitas em obra sejam documentadas e atualizadas nos modelos; - Trabalhar, antes da aprovação e instalação, com os dos fornecedores de equipamentos e sistemas para integrar os modelos 3D de fabricação nos modelos de projeto atualizados, garantindo a conformidade com a intenção do design.

4.6 O Quê?

Nesta secção são definidos os entregáveis que deverão ser produzidos, bem como os critérios de produção e entrega dos mesmos em função das diferentes fases do ciclo de vida do edifício.

Tabela 7. Entregáveis (Deliverables).

Fase	Especialidade	Entregável	Uso BIM	Form. Nativo	Form. Entrega	Descrição (Level of Information Need)
Levantamento	ARC	Descrição 2D Planta de levantamento	01.1_Situação Existente	<*.rvt>	<*.dwg> <*.pdf>	Informações Gráficas: Volumetria geral dos edifícios envolventes e definição da sua relação com a via pública. Todos os elementos deverão apresentar um desvio igual ou inferior a 2 cm face à sua localização e dimensões reais. Localização e dimensões e cotas altimétricas dos seguintes elementos: - Ramais de abastecimento; - Condutas Saneamento; - Tampas de Esgoto; - Limbo de Alto-Traçado.
	ARC	Modelos 3D Modelo 3D de Estado Atual		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	ARC			<*.rvt>	<*.rvt>	
	ELE PLU			<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
Estado Prévio	ARC	Descrição 2D Planta de Implantação Plantas de pavimento de todos os pisos 2 cortes (pelo menos) 4 alçados por cada volume	02.1_Caracterização geral da proposta	<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	Informação Gráfica: Os elementos devem estar otimizados para impressão à escala 1:200, extraídos diretamente a partir dos modelos BIM. Representação conceptual dos elementos do projeto. Informações gerais e indicativas, fornecendo apenas a localização aproximada, dimensões gerais e formas básicas dos componentes. Não há detalhes específicos ou informações precisas sobre materiais, métodos de construção ou detalhes técnicos. Informação não gráfica Tabelas com indicação dos principais parâmetros urbanísticos associados à proposta Tabela com a listagem de todos os espaços (divisões, áreas de circulação, área técnicas etc).
		Modelos 3D Modelos 3d (Massas) Modelos 3d (Espaciais) Modelos 3d (Zonas) Modelos 3d (Conceptual)		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
		Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta;		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
		Modelos 3D Modelos 3d (Massas)		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	STR PLU			<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
				<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
Design Development	ARC	Descrição 2D Planta de Implantação (1:100) Plantas de pavimento (1:100) 2 cortes (pelo menos) (1:100) 4 alçados por volume (1:100) Perimeter Construtivo dos principais pontos singulares (1:50)	03.1_Verificação de conformidade com os regulamentos e normas aplicáveis 03.2_Developement de Projeto 03.3_Coordenação entre Especialidades 03.1_Definição espacial exata do espaço; 03.4_Definição e especificação de métodos e sistemas construtivos;	<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	Nível de Detalhe Geométrico: Elementos modelados com precisão suficiente para representar fielmente o projeto arquitetónico proposto, permitindo extração de plantas, cortes e alçados nas escalas legalmente exigidas. O modelo 3d deve possibilitar a análise completa do projeto pelo exterior, indicando materiais de acabamento e a relação entre os diferentes elementos do edifício e a sua envolvente imediata. Informação Não Gráfica: Tabelas com indicação dos principais parâmetros urbanísticos associados à proposta Tabela com a listagem de todos os espaços (divisões, áreas de circulação, área técnicas etc). Informações que comprovem o cumprimento das normas urbanísticas, técnicas e legais. Metadados associados aos elementos do modelo, como áreas, espaços (Rooms), volumes, materiais e usos.
		Modelos 3D Modelos 3d (Conceptual) Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	ARC	Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta; - Estimativa de Quantidades e custos;		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
	STR MEC ELE PLU	Descrição 2D Planta de Implantação (1:100) Plantas de pavimento (1:100) 2 cortes (pelo menos) (1:100) Perimeter Construtivo dos principais pontos singulares (1:50)		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
		Modelos 3D Modelos 3d (Conceptual) Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	STR MEC ELE PLU	Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta; - Estimativa de Quantidades e custos;		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
		Modelos 3D Modelos 3d (Conceptual) Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	Coordenação	Modelos 3D Modelo federado		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
	ARC	Descrição 2D Planta de Implantação (1:100) Plantas de pavimento (1:50) 2 cortes (pelo menos) (1:50) 4 alçados por volume (1:50) Perimeter Construtivo dos principais pontos singulares (1:20) Mapas de vãos (1:25) Mapas de mobiliário (1:25) Mapas de acabamentos (1:50) Plantas de tetos (1:25) Desenvolvimento de Casas de Banho com planta e alçados de todos os paredes (1:25)		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
	ARC	Modelos 3D Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
Projeto de Execução	ARC	Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta; - Estimativa de Quantidades e custos;	03.1_Verificação de conformidade com os regulamentos e normas aplicáveis 03.2_Developement de Projeto 03.3_Coordenação entre Especialidades 03.3_Quantificação e controlo de custos; 03.1_Definição espacial exata do espaço; 03.4_Definição e especificação de métodos e sistemas construtivos; 06.1_Ccontrolo de desvios e alterações em obra	<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	Informação Gráfica: - Todos os elementos, como paredes, pisos, tetos, portas, janelas, escadas, rampas, guardas e mobiliário fixo, devem ser modelados com precisão geométrica e posicionados corretamente. - Detalhes Construtivos: Representação detalhada de juntas, perfis, molduras, elementos decorativos e acabamentos. - Plantas, Cortes e Alçados à escala 1:50, com todas as cotas necessárias para a execução; - Detalhes Construtivos Específicos em escalas maiores (1:20), para elementos como assentos de materiais, revestimentos especiais, detalhes de caixilharias, etc; - Indicação de Cota e Níveis: Cotas dimensionais precisas, níveis altimétricos, referências e coordenadas; Informação Não Gráfica: - Descrição detalhada: Materiais e acabamentos (tipo, marca, modelo, cor, textura) dos materiais utilizados em cada elemento; - Métodos Construtivos: Orientações sobre técnicas de execução, seqüências construtivas e procedimentos especiais; - Tolerâncias e Qualidade: Especificação de tolerâncias permitidas e requisitos de controle de qualidade; - Interface com Outras Disciplinas: Indicação de pontos de interação com estruturas, instalações hidráulicas, elétricas e mecânicas;
		Modelos 3D Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	ARC	Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta; - Estimativa de Quantidades e custos;		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
	STR MEC ELE PLU INT	Descrição 2D Planta de Implantação (1:100) Plantas de pavimento (1:100) 2 cortes (pelo menos) (1:100) Perimeter Construtivo dos principais pontos singulares (1:25)		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
		Modelos 3D Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares; Modelo Geral da proposta;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	STR MEC ELE PLU INT	Peças Externas - Memória Descritiva; - Índices Urbanísticos da Proposta; - Estimativa de Quantidades e custos;		<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt> <*.rvt>	
		Modelos 3D Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt> <*.rvt>	<*.rvt> <*.rvt>	
	Coordenação	Modelos 3D Modelo federado		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
	ARC	Descrição 2D Planta de Implantação (1:100) Plantas de pavimento (1:50) 2 cortes (pelo menos) (1:50) 4 alçados por volume (1:50) Perimeter Construtivo dos principais pontos singulares (1:20) Mapas de vãos (1:25) Mapas de mobiliário (1:25) Mapas de acabamentos (1:50) Plantas de tetos (1:25) Desenvolvimento de Casas de Banho com planta e alçados de todos os paredes (1:25)		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	
	ARC	Modelos 3D Modelos parciais com detalhamento das zonas singulares;		<*.rvt>	<*.rvt> <*.dwg> <*.pdf>	

4.7 Como?

Nesta secção encontram-se descritos os métodos, formatos e padrões aprovados para produção e troca de informação.

Classificação, Nomenclatura e Georreferenciação⁴⁰. A tabela seguinte define o sistema de classificação de elementos a adotar no projeto, estratégia de nomenclatura de ficheiros e estratégia de georreferenciação de arquivos.

Tabela 8. Classificação, Nomenclatura e Georreferenciação.

Elemento	Sistema	Notas
Classificação	Uniclass 2015	
Nomenclatura	"ESTADO"."CODIGO"."ESPECIALIDADE"."EDIFICIO"."ANDAR"."FASE"."REVISÃO"	ex. 01-202401-DOM.OGV-ARC-01-03-DD-02
Georreferenciação	41.06612041075385, -8.628594243702521 0°	Coordenadas do Project Base Point Rotação relativa ao Norte real

Formatos de ficheiros⁴¹. A tabela seguinte define os formatos de ficheiros aprovados para uso neste projeto, bem como as versões associadas a cada formato e/ou *software*.

Tabela 9. Formatos de ficheiros aprovados.

Formato de ficheiros aprovados	Função	Versão	Notas
<*.dwg>	Formato de edição.	Versão 2018 ou inferior	Quando o modelo a partilhar tenha ligação (link) a outros modelos para a sua correta interpretação (peças desenhadas no modelo com referência a arquitetura, por exemplo), os mesmos devem ser partilhados separadamente. Os ficheiros dos modelos individuais não deverão ter mais que 200 MB.
<*.rvt>	Formato de edição.	Revit2024	
<*.nwd>	Formato de edição.	Navisworks Manage2024	
<*.skp>	Formato de edição.	Sketchup 2023	
<*.3dm>	Formato de edição.	RhinoCeros 6	n/a
<*.csv>	Formato de edição e partilha.	n/a	
<*.doc>	Formato de edição e partilha.	n/a	
<*.ifc>	Formato de partilha.	IFC 4.3	
<*.pdf/a>	Formato de partilha.	n/a	

Controlo de Qualidade⁴². A tabela seguinte define os processos de controlo de qualidade a adotar, bem como os responsáveis pela execução dos processos.

⁴⁰ Classificação: Foi eleito o sistema Uniclass 2015 pela sua flexibilidade e compatibilidade com a ISO 19650. Nomenclatura: O “Estado” do ficheiro é sempre um dos quatro definidos na secção relativa à CDE, ordenados sequencialmente de 01 a 04. O “CODIGO” do projeto é o DIM.QGV. A “ESPECIALIDADE” é identificada pela abreviatura definida na secção da equipa de projeto. No caso de existirem vários edifícios, os mesmos deverão ser numerados. Todas as contagens começam em “01”.

⁴¹ Não devem ser utilizados outros formatos que não os convencionados de forma a garantir a interoperabilidade. Novos formatos e/ou alteração de versões/atualizações de *software* deverão ser colocados à consideração do BIM *manager* e são apenas considerados como válidos após a sua inclusão no BEP. Sem prejuízo dos *software* nativos definidos e aprovados, todas as peças escritas e desenhadas deverão ser entregues nos formatos abertos protocolados (<.IFC>, <.dwg>, <.csv>, <.doc>) proporcionando uma abordagem *Open BIM* ao projeto.

⁴² O material de apoio ao controlo de qualidade como Normas Gráficas, Matriz de deteção de Interferências (*Clash detection Matrix*) e outros *guidelines* processuais deverão ser anexados ao BEP.

5 Considerações finais

Este estudo evidenciou a importância do Plano de Execução BIM como instrumento-chave na gestão de projetos AEC, posicionando o BEP como um instrumento chave para a transição digital do setor da construção em Portugal, em alinhamento com a norma ISO 19650.

A adoção de requisitos de informação bem definidos, fluxos de trabalho colaborativos e procedimentos padronizados mostrou-se fundamental para mitigar riscos e otimizar recursos, promovendo maior qualidade nos resultados.

Ademais, a integração de iniciativas de normalização técnica e o acompanhamento de exigências legais emergentes contribuem para acelerar a maturidade digital do setor. Espera-se que este trabalho incentive a adoção prática do BEP como instrumento prático de gestão de projeto, contribuindo para a eliminação ou redução ao mínimo possível das ineficiências e dos pontos de fricção.

Sugestões para aprimorar a aplicação da ferramenta:

Para que a digitalização da indústria e adoção do BIM se tornem uma realidade, é essencial promover a formação e capacitação implementando programas de formação baseados em diretrizes reconhecidas como a ISO 19650 para todos os intervenientes nos processos e construção, possibilitando desta forma retirar o maior benefício possível desta ferramenta.

É fundamental que se busquem estratégias que visem a adoção de métricas de desempenho claras⁴³, definindo indicadores quantitativos e qualitativos para avaliar a eficiência e a qualidade do BEP em diferentes fases do projeto.

Por fim, é fundamental que se estabeleçam e fortaleçam políticas de normalização, incorporando e adaptando as melhores práticas internacionais ao contexto regulatório português, garantindo desta forma um ambiente propício à colaboração intersectorial e à evolução tecnológica.

Referências

1. RÉPUBLICA PORTUGUESA - **Portaria n.º 255/2023**, de 7 de agosto. Diário da República, 1.ª série, n.º152, 2023. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/255-2023-216770690>>.
2. RÉPUBLICA PORTUGUESA - **Decreto-Lei n.º 10/2024**, de 08 de janeiro. Diário da República, 1.ª série, n.º5, 2024. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/10-2024-836222484>>.
3. RÉPUBLICA PORTUGUESA - **Decreto-Lei n.º 18/2008**, de 29 de janeiro. Código dos Contratos Públicos. Diário da República, 1.ª série, n.º20, 2008. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/18-2008-248178>>.
4. RÉPUBLICA PORTUGUESA - **Decreto-Lei n.º 111-B/2017**, de 31 de agosto. Nona alteração ao Código dos Contratos Públicos. Diário da República, 1.ª série, n.º168, 2017. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/111-b-2017-108086621>>.
5. RÉPUBLICA PORTUGUESA - **Portaria n.º 71-A/2024**, de 23 de fevereiro. Diário da República, 1.ª série, n.º 20, 2024. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/71-a-2024-853867971>>.
6. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **EN ISO 19650-1: Information Management using Building Information Modeling – Part 1: Concepts and Principles**. Genebra: ISO. 2018.

⁴³ A título exemplificativo, o rastreamento da quantidade de colisões detetadas nos *Clash Detection Tests* ao longo do tempo pode ser um indicador importante da eficiência geral do processo de coordenação.

7. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **EN ISO 19650-2: Information Management using Building Information Modeling – Part 2: Delivery Phase of the Assets**. Geneva: ISO. 2018.
8. COMISSÃO TÉCNICA DE NORMALIZAÇÃO BIM – CT197 - **Guia da Contratação BIM**. Lisboa: CT197. 2023.
9. **buildingSMART International**. [online]. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://www.buildingsmart.org>>.
10. **BIM Forum**. [online]. [Consult. jan. 2024] Disponível na internet:<URL: <https://bimforum.org>. >
11. UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA - **BIM Project Execution Plan**. [online]. Tampa, FL: University of South Florida. 2018. [Consult. jan. 2024]. Disponível na internet:<URL: <https://www.usf.edu>. >

Coordenação de Especialidades com o Uso da Metodologia BIM: Caso de Estudo

Fábio Nunes ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰²⁻⁷⁶¹²⁻⁷⁰¹⁹, Hélder Barbosa ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁸⁻⁸²⁸¹⁻⁰⁷¹⁵ e Luiza Assunção ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰¹⁻⁵¹¹²⁻⁸⁸²⁷

Abstract. The Architecture, Engineering, Construction, and Operations (AECO) industry faces challenges in coordinating its various disciplines, which are often managed using traditional and manual methods prone to errors and delays. The Building Information Modelling (BIM) methodology has played a crucial role in transforming this reality, establishing itself as an essential approach for integrated project management in construction. BIM facilitates communication, discipline integration and clash detection, ultimately leading to greater efficiency and cost reduction. This chapter is based on the final project of the Postgraduate Program in BIM Coordination at the Instituto Superior de Engenharia do Porto and examines the coordination of a building design models using BIM, with particular emphasis on specialized *software* for automatic detection of collisions. The study is organized into several stages: reviewing and analyzing the quality of the models, identifying potential conflicts among disciplines, and systematically presenting the collected data. Emphasis is placed on anticipating and resolving issues during the modelling and coordination period minimize onsite conflicts and streamline project workflows. The *software* tools employed in this study include Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, Model Checker and Interference Check, while Microsoft Power BI was used to visualize the data.

Resumo. A indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) enfrenta desafios na coordenação entre múltiplas especialidades, frequentemente geridas através de métodos manuais propensos a erros e atrasos. A metodologia *Building Information Modelling* (BIM) tem desempenhado um papel crucial na transformação desta realidade, consolidando-se como uma abordagem essencial para a gestão integrada de projetos na construção. O BIM facilita a comunicação, a integração das especialidades, da informação, e a deteção de conflitos, resultando em maior eficiência e redução de custos. O presente artigo, baseado no relatório de trabalho da Pós-Graduação em Coordenação BIM, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, explora a aplicação do BIM para a coordenação de modelos de projeto, destacando o uso de *software* especializado para a deteção automática de colisões. O estudo está estruturado em diversas etapas, incluindo a inspeção e análise crítica da qualidade dos modelos de um edifício, a identificação de possíveis incompatibilidades entre as diferentes especialidades, e a sistematização na apresentação dos dados recolhidos. Enfatiza-se a importância de antecipar e resolver problemas durante as fases de modelação e coordenação, minimizando conflitos durante a construção e otimizando os fluxos de trabalho do projeto. Os *software* utilizados foram o Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, bem como ferramentas *Model Checker* e *Interference Check*, enquanto o Microsoft Power BI foi utilizado para a apresentação e análise de dados.

Keywords: Coordination, Clash detection, Quality Control.

1 Introdução

1.1 Estado da Arte e Enquadramento

Na indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), o método tradicional de conceber um projeto é ineficiente do ponto de vista colaborativo e há uma grande complexidade em coordenar as diferentes especialidades, especialmente diante da crescente complexidade dos projetos. Estes métodos caracterizam-se por processos fragmentados, onde cada especialidade trabalha de forma isolada, dificultando a integração e a coordenação entre todas elas. Além disso, a partilha de informações ocorre, muitas vezes, de forma manual e pontual, o que significa que os dados não são registados, centralizados e não são facilmente acessíveis a todas as partes envolvidas. Essa abordagem fragmentada compromete o fluxo contínuo de informações entre as fases do ciclo de vida de um empreendimento, levando a erros, atrasos e retrabalho. [1]

Nos últimos anos, a metodologia BIM (*Building Information Modelling*) promoveu uma transformação digital nesta indústria. Esta metodologia permite a representação digital de um ativo, associando informação geométrica e não geométrica num modelo digital de forma a permitir simulações virtuais de modo a constituir uma base fiável para a tomada de decisão. [2] Possibilita a representação e a estruturação da informação, bem como a colaboração e a integração das especialidades. No âmbito mais específico da coordenação e *clash detection*, tema deste trabalho, possibilita detetar conflitos entre as especialidades recorrendo a *software* de deteção automática com a utilização de modelos tridimensionais de projeto. Deste modo, fornece muitos benefícios comparativamente à metodologia tradicional, o que simplifica os processos de conceção, a melhoria da qualidade, a redução dos custos, aumentando assim a produtividade dos projetos.

Em Portugal, o BIM já vinha a ser debatido, mas em 2015, a instituição de uma comissão técnica para a normalização BIM — a CT 197, no âmbito do Instituto Português da Qualidade — marcou a primeira formalização pública dos esforços de normalização do BIM no país. Em 2023, o BIM surge de forma mais definitiva, marcando presença na Portaria 255/2023, em que é assumido como uma metodologia que pode ser usada para o desenvolvimento do projeto e obra, e na Lei n.º 50/2023, que autoriza o Governo a proceder à reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito do urbanismo e ordenamento do território e indústria. Finalmente em 2024, foi promulgado o Decreto-Lei n.º 10/2024, que procede à reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito referido anteriormente, consagra a implementação obrigatória do BIM a partir de 2030 para licenciamento de projetos de arquitetura. [3]

1.2 Metodologia e Objetivos

Este estudo baseia-se no relatório de trabalho final da Pós-Graduação de Coordenação BIM do ISEP e tem como objetivo explorar a aplicação da metodologia BIM na coordenação dos modelos de projeto de um edifício, com foco na deteção automática de colisões e na melhoria da coordenação entre as especialidades.

O objetivo principal é demonstrar como a integração de ferramentas especializadas pode identificar problemas de coordenação de forma mais eficiente, minimizando conflitos durante a fase de construção.

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em duas etapas principais:

- Verificação da qualidade dos modelos: Inicialmente foi conduzida uma análise visual de cada modelo, complementada por uma verificação sistemática da qualidade de modelação. Essa etapa

envolveu o uso de uma lista de verificação para identificar potenciais problemas, como erros de modelação, falhas de nomenclatura e inconsistências geométricas, dentre outros.

- Detecção de incompatibilidades: Após a verificação inicial, os modelos foram integrados e foi feita a detecção de incompatibilidades.

Este trabalho foi feito com o uso de *software* como o Revit e o Navisworks. Também foram utilizadas ferramentas de apoio, como o *Model Checker* e o *Interference Check* do Revit. Além disso, o Power BI foi utilizado para apresentar os dados de forma visual e interativa, facilitando a análise e a tomada de decisões.

O objetivo final é evidenciar como a combinação dessas ferramentas e práticas pode otimizar a coordenação de projetos multidisciplinares, reduzindo erros e promovendo maior eficiência ao longo do ciclo de vida do projeto.

1.3 Descrição do Caso de Estudo

O caso em estudo (Fig. 1) é um edifício de habitação localizado no Porto, Portugal, e é constituído por uma cave, rés-do-chão com duas lojas e duas entradas para os pisos superiores, nos quatro pisos superiores desenvolvem-se 47 apartamentos de habitação.

Os seis modelos em estudo (Arquitetura, Estrutura, Abastecimento de Água, Águas Residuais, Águas Pluviais e Segurança contra Incêndio) foram fornecidos pela empresa Escaleno para ser objeto de estudo deste trabalho e foram utilizados durante a fase de licenciamento camarário do edifício. Cada uma das especialidades foi modelada com o uso do *software* Autodesk Revit e os modelos foram enviados em formato nativo do Revit. Neste caso, não houve um Plano de Execução BIM (PEB) ou uma convenção entre as partes para a modelação. Estes modelos foram utilizados principalmente para a produção de plantas e desenhos.

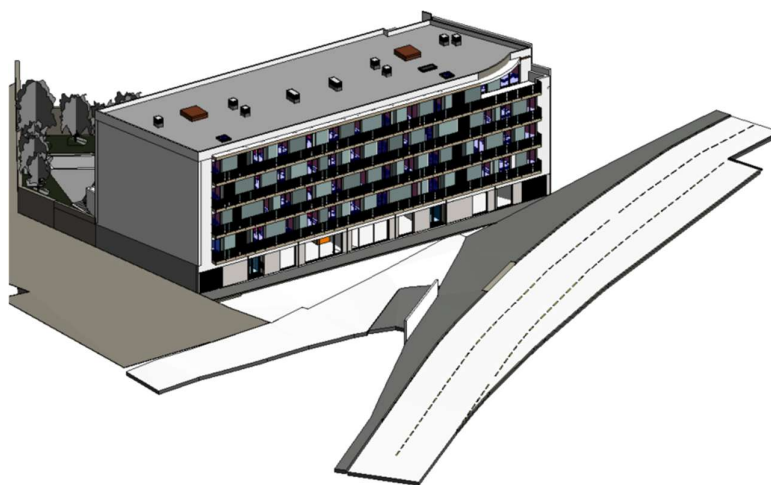


Fig. 1. Modelo de Arquitetura do Caso de Estudo.

2 Controle da Qualidade dos Modelos

2.1 Procedimentos

O controle da qualidade trata-se de validar e garantir a precisão dos modelos BIM, essa análise é essencial para garantir que os modelos estejam em conformidade com padrões mínimos de qualidade, ou seja, se estão conforme as regras e metas pré-estabelecidas entre as partes envolvidas ou se estão de acordo com padrões e protocolos específicos, como um Plano de Execução BIM, e aptos para posterior integração no modelo federado. Como foi dito anteriormente, neste caso não há um Plano de Execução BIM ou uma convenção ou regras pré-estabelecidas, então a análise passou por verificar a qualidade dos modelos com base nos conceitos e nas boas práticas de modelação que foram adquiridos ao longo da pós-graduação, por isso inicialmente foi elaborada uma lista de verificação ou *checklist*, com base em bibliografia [4], com vários critérios para a verificação da qualidade dos mesmos, relacionando: as definições do modelo, a própria modelação, a informação contida no modelo, os ficheiros vinculados, a performance do modelo e a coordenação. Os critérios encontram-se na Tabela 9 em anexo, e a lista completa, com justificações, está disponível *online* através do *link* fornecido na bibliografia [5].

Para uma primeira análise dos modelos, foi feita uma inspeção visual de cada um deles, em seguida foi feita uma verificação dos *warnings* do Revit, além da utilização do *Model Checker* e do *Interference Check*, ferramentas do Revit serão apresentadas em seguida. Assim foi possível detetar problemas e preencher a lista de verificação com mais facilidade.

Ao longo da modelação, o Revit produz avisos ou *warnings* que podem ser visualizados através do separador *Manage*. Estes são úteis para visualizar os principais problemas de modelação, como por exemplo: a duplicação ou sobreposição de elementos, a união de elementos, etc. A grande quantidade de *warnings* não resolvidos torna o modelo mais pesado, dificultando a sua manipulação, além de gerar problemas na coordenação com os outros modelos. Uma boa prática é a sua verificação e correção antes da partilha dos modelos com a equipa de coordenação para realização da *clash detection*.

O *Autodesk Model Checker* é uma ferramenta, que pertence ao *add-in BIM Interoperability Tools* do Revit, e que verifica automaticamente os modelos com base num conjunto de requisitos e gera um relatório, que pode ser exportado para o Excel ou em *HTML*. Possibilita a verificação de vários modelos ao mesmo tempo.

Esta ferramenta possui uma série de listas de verificações (*checksets*), mas também é possível criar e personalizar uma *checkset*. Neste trabalho, a *checkset* utilizada foi a “*Revit 2023 Best Practices*” (Fig. 2), porque a versão utilizada foi a de 2023 e porque esta lista contém vários requisitos relevantes, que estão contidos na lista de verificação feita anteriormente.

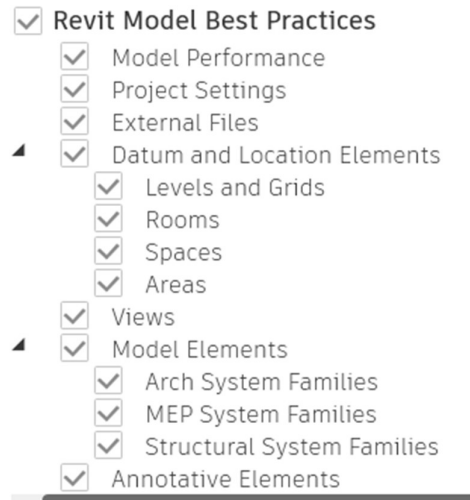


Fig. 2. *Model Checker*: Requisitos da Checkset do Revit Model Best Practices.

Após a análise feita pelo *Model Checker*, a ferramenta produz um *feedback* (Fig. 3), bem como um relatório detalhado com os resultados, que pode ser exportado para o Excel.

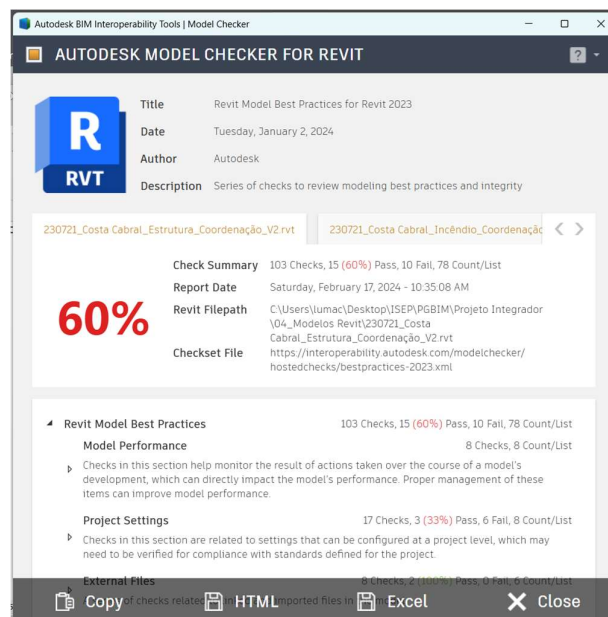


Fig. 3. *Model Checker*: Resumo dos resultados do modelo de Estrutura.

Uma vantagem do *Model Checker* é a possibilidade de encontrar problemas que não são detetados com outros recursos nativos e comuns do Revit, e a facilidade de criação, e leitura dos seus relatórios. Por exemplo, o modelo de Arquitetura possui muitos níveis, deste modo era preciso saber se a quantidade de níveis dos outros modelos era razoável, o que o relatório desta ferramenta evidencia conforme a Fig. 4 abaixo, e não é necessário abrir todos os modelos para fazer esta verificação.

Revit File	Name	Count
C:\Users\lumac\Desktop\ISEP\PG BIM\Projeto Integrador\04_Modelos Revit\230721_Costa Cabral_Residuais_Coordenação_V1.rvt	Levels	8
C:\Users\lumac\Desktop\ISEP\PG BIM\Projeto Integrador\04_Modelos Revit\230721_Costa Cabral_Abastecimento_Coordenação_V1.rvt	Levels	7
C:\Users\lumac\Desktop\ISEP\PG BIM\Projeto Integrador\04_Modelos Revit\230721_Costa Cabral_Estrutura_Coordenação_V2.rvt	Levels	8
C:\Users\lumac\Desktop\ISEP\PG BIM\Projeto Integrador\04_Modelos Revit\230721_Costa Cabral_Incêndio_Coordenação_V1.rvt	Levels	7
C:\Users\lumac\Desktop\ISEP\PG BIM\Projeto Integrador\04_Modelos Revit\230721_Costa Cabral_Pluviais_Coordenação_V1.rvt	Levels	8

Fig. 4. Relatório do *Model Checker* (Filtro de *Levels*).

O *Interference Check* é uma ferramenta localizada no separador *Collaborate* do Revit que permite a detecção de interferências entre as categorias dos elementos num modelo. Utilizar esta ferramenta é uma boa prática para visualizar e resolver os conflitos de uma especialidade, antes de enviar o modelo para a coordenação no Navisworks. Para cada um dos modelos, foram seleccionadas todas as categorias para a verificação das interferências entre cada uma delas. Depois de correr esta ferramenta é gerado um relatório de interferências (Fig. 5), que podem ser visualizadas no Revit. Este relatório pode ser exportado para *HTML*.

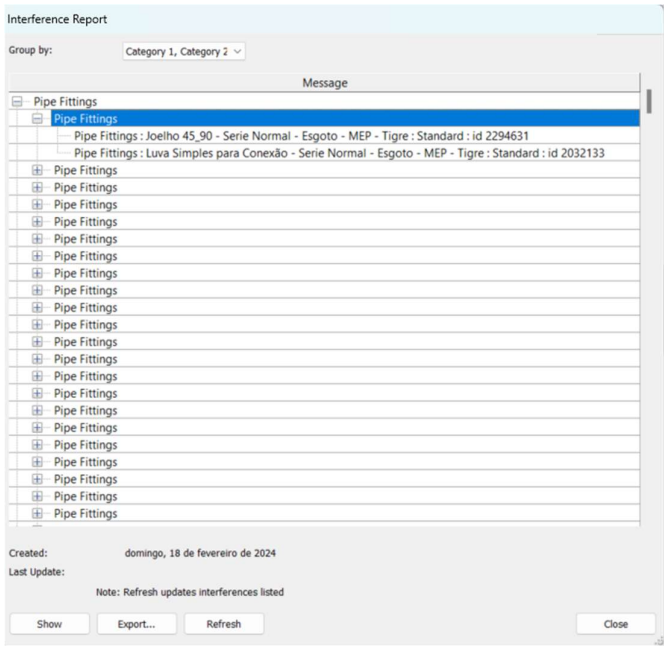


Fig. 5. *Interference Check*: Relatório de Interferências.

2.2 Resultados

Com a aplicação dos procedimentos referidos anteriormente, chegou-se a conclusão que:

- O modelo de Arquitetura é o modelo que contém mais problemas e mais avisos. Possui níveis duplicados e desnecessários, elementos duplicados, grupos de elementos, elementos que não foram unidos, etc.
- Os modelos de abastecimento de água e drenagem de águas residuais possuem problemas relacionados sobretudo com os sistemas e com as ligações, os tubos não estão ligados entre si ou aos equipamentos. Também há *warnings* relacionados com a impossibilidade do cálculo do caudal.
- Em todos os modelos foi utilizado o parâmetro *Mark* para atribuição de códigos, que permite códigos repetidos, mas dá um *warning* que deve ser evitado por implicar problemas de performance e qualidade dos modelos. O ideal é utilizar o *Type Mark*, que é um parâmetro de tipo, ou um parâmetro de instância ou tipo idealizado para tal.

Em seguida são apresentadas algumas imagens dos principais problemas dos modelos (Fig. 6 a 10):

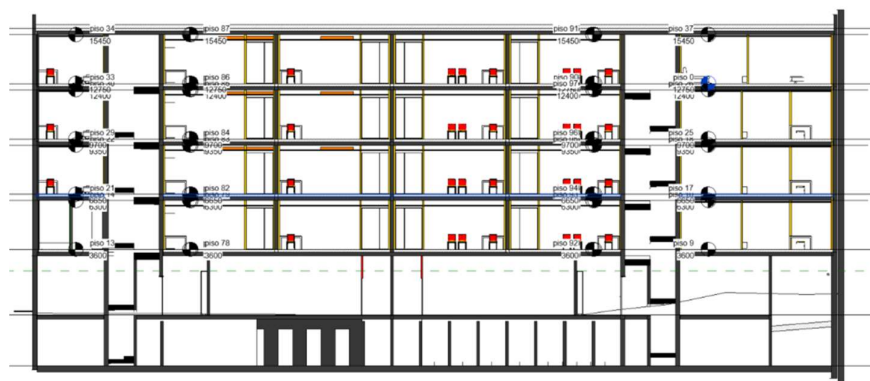


Fig. 6. Duplicação de níveis no Modelo de Arquitetura (detetado através da Inspeção Visual).

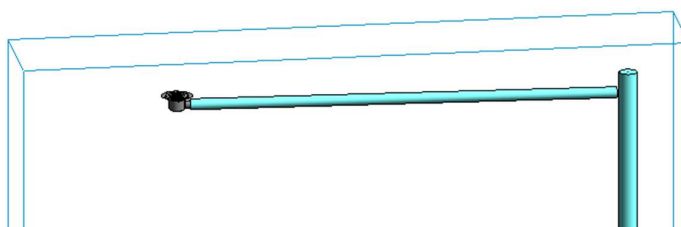


Fig. 7. Tubos sem ligação no Modelo de Pluviais (detetado através da Inspeção Visual).

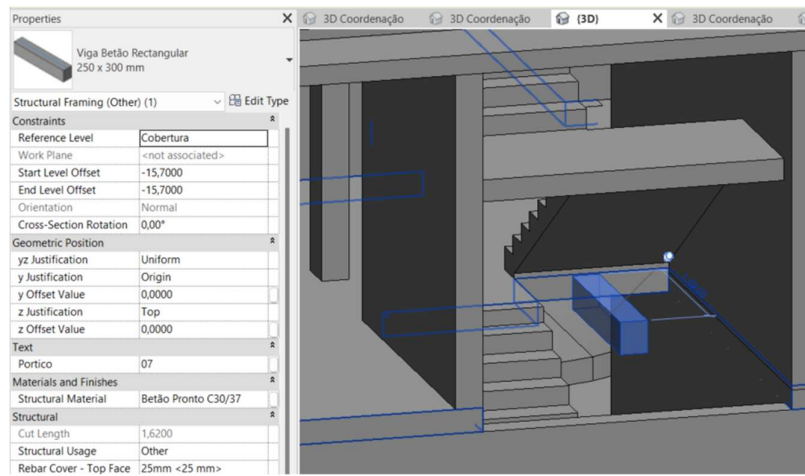


Fig. 8. Viga ao nível errado no Modelo de Estrutura (detetado através da Inspeção Visual).

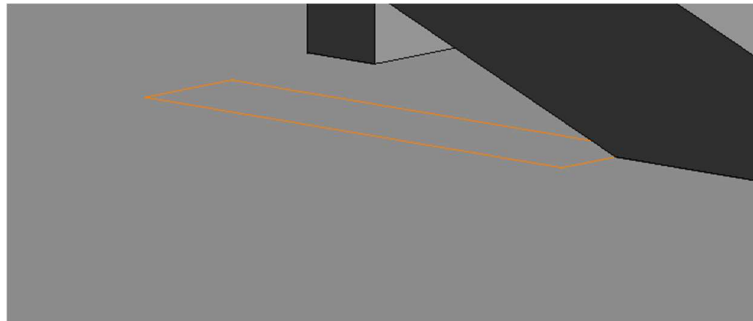


Fig. 9. Viga de fundação inserida na laje térrea (detetado através dos *Warnings*).

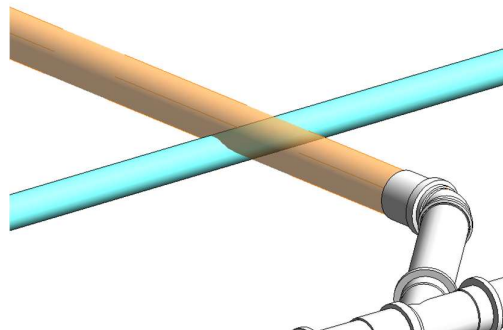


Fig. 10. Conflitos entre tubos (detetado através do *Interference Check*).

3 Detecção de Interferências no Navisworks

3.1 Exportação dos Modelos e Criação do Modelo Federado

Para a detecção de incompatibilidades com recurso ao programa Navisworks, primeiramente é necessário preparar uma vista nos modelos de Revit, que deve ser configurada de modo a ter visível apenas o que é desejável, garantindo a exportação dos elementos relevantes. Ao preparar esta vista, é preferível que os modelos de *MEP* e estruturas devam ter o nível de detalhe em “*Fine*”. Recomenda-se também que cada especialidade exporte apenas os elementos referentes ao seu modelo, para evitar duplicação de elementos.

A exportação dos modelos pode ser feita diretamente do Revit ou então, usar o Navisworks, o que é uma melhor prática.

Para a exportação com o uso do Revit, é necessário ter o *add-in* do Navisworks instalado, sendo assim a exportação pode ser feita pela opção *File* ou pelo separador *Add-in*. É aconselhável escolher as opções desejadas a exportar no Navisworks *Settings* e estar com a vista correta aberta para exportar a *Current View*. Assim, o Revit exporta ficheiros NWC de cada um dos modelos. Para obter um modelo federado é necessário inserir estes ficheiros pela opção *Append* do Navisworks, e por último é possível gravar um ficheiro em formato NWF, que se trata de um ficheiro de trabalho.

Para a exportação também é possível utilizar o Navisworks, utilizando o comando *Batch Utility* (Fig. 11) que exporta os modelos do Revit para ficheiros NWC e NWD. Antes disso, é necessário configurar uma vista no Revit (“vista Navisworks”), realizar alterações nas *Options Editor* do Navisworks e alterar as configurações do *File Reader* do Revit para personalizar a importação.

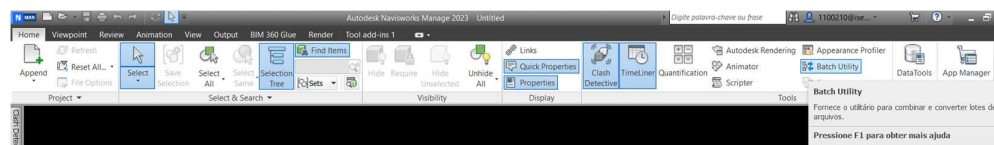


Fig. 11. Navisworks: *Batch Utility*.

Em seguida, é necessário selecionar os ficheiros Revit que se pretende utilizar, escolher um caminho para os ficheiros que serão gerados, escolher a opção *As Single File*, para que o Navisworks não crie um NWD de cada modelo. Por fim, são criados ficheiros NWC de cada um dos modelos, juntamente com um NWD.

3.2 Procedimentos

Assim como da forma tradicional, na metodologia BIM, há o início do projeto, em que o projeto de cada especialidade é elaborado, em seguida, em vez de se partilhar a informação de forma tradicional em formato DWG ou PDF para se realizar a compatibilização, esta informação pode ser partilhada em formato Navisworks, permitindo uma detecção automática das incompatibilidades, sua análise e realizar o seguimento das interferências até serem resolvidas. É possível que a interferência seja uma questão de modelação, neste caso é preciso solicitar ao modelador para realizar a sua correção, mas caso seja de projeto, tem de voltar à equipa projetista de forma a ser corrigida.

Assim volta-se à fase inicial do processo, onde após a resolução do conflito, o processo é repetido, terminando assim que todas as interferências estiverem resolvidas ou sejam neutras. Um exemplo

de uma interferência neutra é um pilar metálico que precisa de estar ligado por chumbadouros numa sapata.

Como uma boa prática para o início do processo de deteção de interferências, é necessária a elaboração de uma matriz de deteção de incompatibilidades, especificando os modelos, os testes executados e as tolerâncias a serem utilizadas para o *test clash*. Segue-se abaixo a matriz de incompatibilidades feita para este trabalho (Fig. 12). O modelo de Arquitetura não foi utilizado por possuir muitos problemas de modelação, conforme foi dito no item 2.2 acima.

Matriz de Deteção de Incompatibilidades										
Data:	24/02/2024									
	Tolerância: conforme a tabela abaixo									
Regras para Deteção de Conflitos	Arquitetura	Estrutura	MEP							
			Abastecimento de Água		Águas Residuais		Águas Pluviais		Rede de Incêndio	
Arquitetura										
Estrutura										
Abastecimento de Água		10								
Águas Residuais		10	1							
Águas Pluviais		10	1		1					
Rede de Incêndio		10	1		1			1		

* todas as tolerâncias estão em "mm"

Legenda

teste executado

teste não executado

teste não foi requisitado

sem clashes

Fig. 12. Matriz de Deteção de Incompatibilidades.

No Navisworks, com a opção *Clash Detective* inicia-se a deteção de interferências. Primeiramente, é necessário adicionar e dar um nome ao teste, escolher os modelos, seleccionar o tipo de teste com a tolerância pretendida e por fim realizar o teste, sendo assim o programa apresenta as interferências no separador *Results*. As interferências são apresentadas com duas cores diferentes, que é possível escolher: neste caso, vermelho para a seleção A e verde para a seleção B. Assim, o coordenador de projetos deve analisar os resultados das interferências, aferir se são de modelo ou de projeto, e sugerir as devidas alterações ou correções. Ainda no separador *Results*, há a informação do status da incompatibilidade (*New*, *Active*, *Reviewed*, *Approved* e *Resolved*) que podem ser alterados manualmente, mas o mais comum é permitir ao programa que faça esta gestão, sendo só alteradas as opções *Reviewed* e *Approved*.

Além destes status, pode ser pertinente definir outros tipos de classificação, como por exemplo: críticas e não críticas. Em projetos de grande escala, esta classificação pode ajudar a estabelecer o que é importante e urgente, definindo prioridades para o avanço dos trabalhos. Esta capacidade crítica será crucial para o sucesso do projeto.

Ainda no separador *Report*, o programa tem a opção de criar um relatório, onde se pode escolher o que incluir, como por exemplo um sumário do teste de interferências, a data em que foi realizado, etc. Este relatório pode ser exportado em diferentes formatos, permitindo a partilha de informação. As imagens dos conflitos também podem ser exportadas para *Viewpoints*, permitindo realizar uma apresentação mais fluida e estruturada, para ser utilizada numa reunião de coordenação, por exemplo.

3.3 Resultados

De uma forma geral, as interferências detetadas ao longo deste trabalho foram relacionadas com a modelação das redes de águas e com a sinalética do projeto de incêndio.

A rede de abastecimento de água nos vários pisos, está a uma altura que colide com a estrutura, sendo esta interferência resolvida baixando o nível das tubagens horizontais do edifício. As tubagens verticais, dos projetos de abastecimento de águas, saneamento e águas pluviais, intercetam as lajes da estrutura, sendo necessário realizar novas aberturas nas lajes e mover as tubagens para as aberturas já existentes, conforme as Fig. 13 e 14 abaixo.

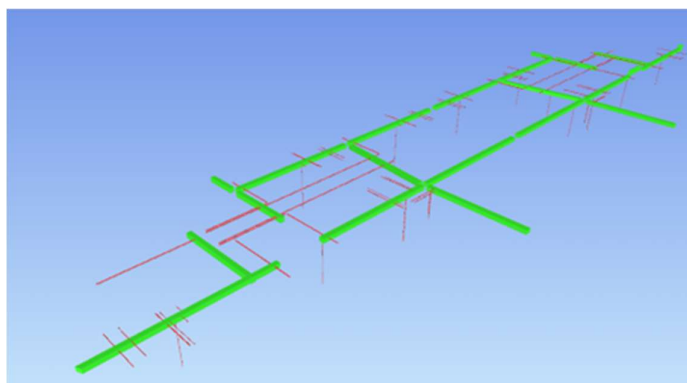


Fig. 13. Conflitos entre tubagens e vigas.

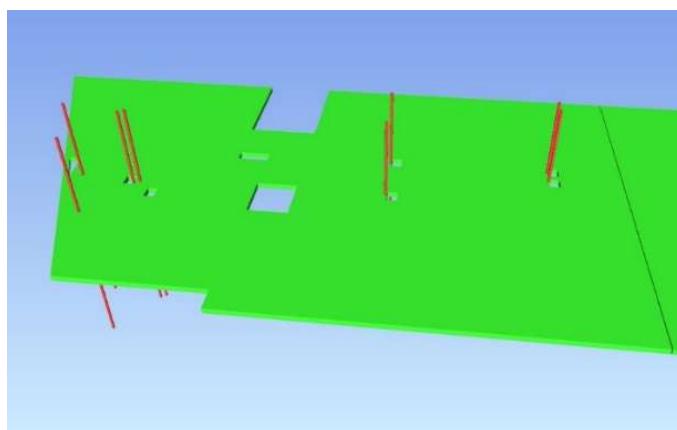


Fig. 14. Conflitos entre tubos de queda e laje.

Outra interferência detetada foi a duplicação dos depósitos de água, elemento comum a diferentes especialidades (Fig. 15). Este depósito deveria ter sido modelado em apenas um modelo ou, como foi explicado anteriormente, no momento da exportação do modelo para Navisworks, as vistas deveriam ter sido configuradas para exportar numa única especialidade.

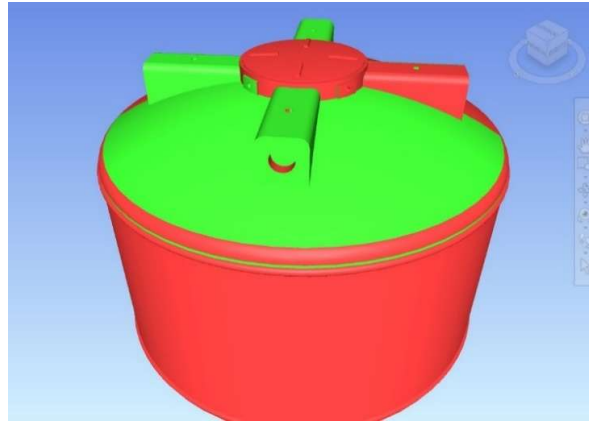


Fig. 15. Sobreposição de depósitos dos dois modelos diferentes.

4 Apresentação de Dados no Power BI

Existem diversos *software* para a análise de dados, como o Excel por exemplo, mas neste trabalho foi utilizado o Power BI, que é mais robusto e específico para isto. O Power BI é uma ferramenta de *Business Intelligence* (BI) da *Microsoft* que serve para visualizar, reportar e partilhar dados, permitindo a transformação destes em gráficos ou em *dashboards* atrativos e interativos. [6]

A ciência de dados na indústria AECO é um sector emergente com potencial para prevenir problemas de conceção ou de construção, analisar riscos e gerir ativos. Sendo assim, é importante utilizar fluxos de trabalho orientados por dados para facilitar tomadas de decisões. Os *software* BIM são recursos de dados que possibilitam análises múltiplas. [7] Na área de gestão de ativos, por exemplo, pode-se utilizar um *dashboard* como o que se encontra disponível no site do fórum do Power BI [8].

Para apresentar os dados, é necessário importar as tabelas do Excel desejadas para o Power BI, adicionar os gráficos, “alimentá-los”, especificando as colunas da tabela que serão utilizadas, e personalizá-los. Este *software* permite a exportação para PDF e permite que o *dashboard* seja publicado na *Web* para partilha.

Sendo assim, com o uso dos dados da tabela do *Model Checker*, foram feitos gráficos, como o da Fig. 16, que se trata de um gráfico de *Warnings*. A partir dele, é mais fácil visualizar a informação, bem como tirar conclusões sobre os modelos e compará-los.

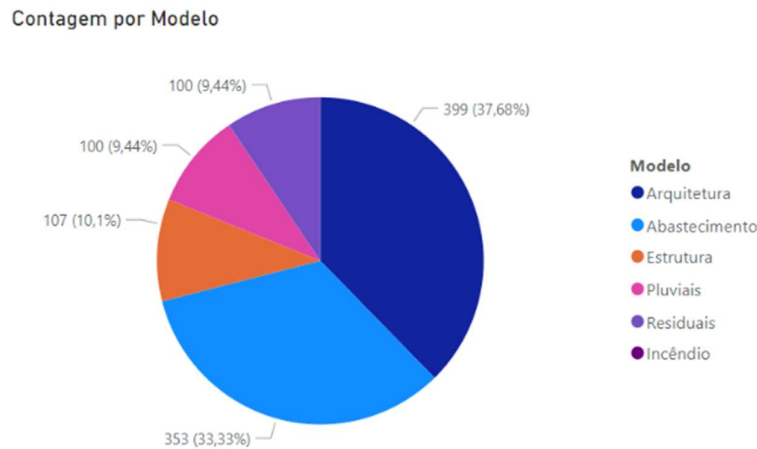


Fig. 16. Gráfico da quantidade de *Warnings* por Modelo.

Para além disso, também foi elaborado um *dashboard* com objetivo de apresentar a evolução das *clashes* no Navisworks para as reuniões de coordenação. A primeira página (Fig. 17) do *dashboard* apresenta um gráfico com a quantidade de *clashes* e seus *status* com o passar dos meses, nos quais foram feitos *tests clashes* no Navisworks. As cores dos *status* são as mesmas do Navisworks. Em fevereiro, é possível observar que todas as interferências são novas, foi a primeira vez que os testes foram feitos, em abril há uma redução significativa das interferências, depois há um aumento. Ao passar dos meses, os *status* vão sendo alterados e as interferências vão sendo resolvidas.

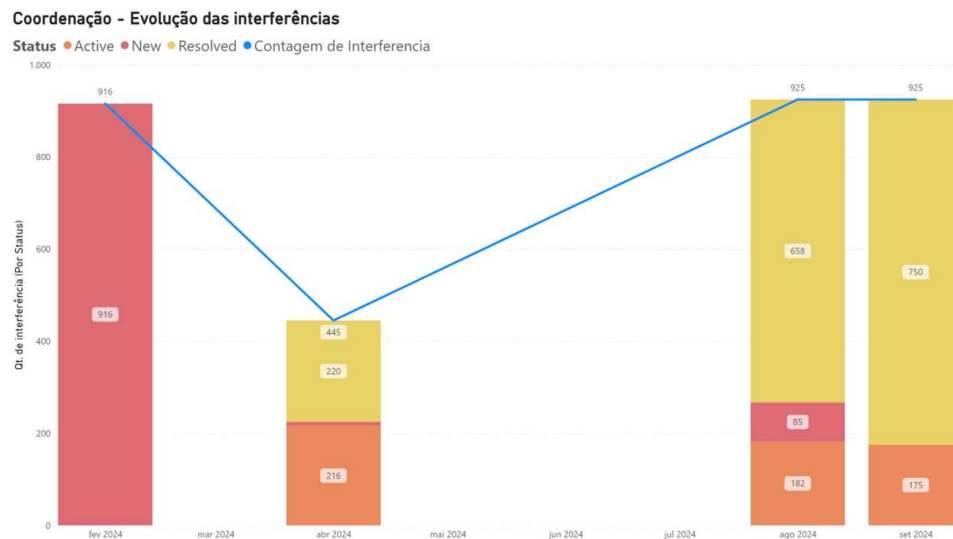


Fig. 17. Gráfico da evolução das interferências.

A segunda página do *dashboard* (Fig. 18) apresenta mais informações sobre as interferências: Há um gráfico para filtrar por data, um gráfico de barras para apresentar sua classificação (*hard* ou *soft*) e há um gráfico dos *status* por cada um dos *tests clashes*.

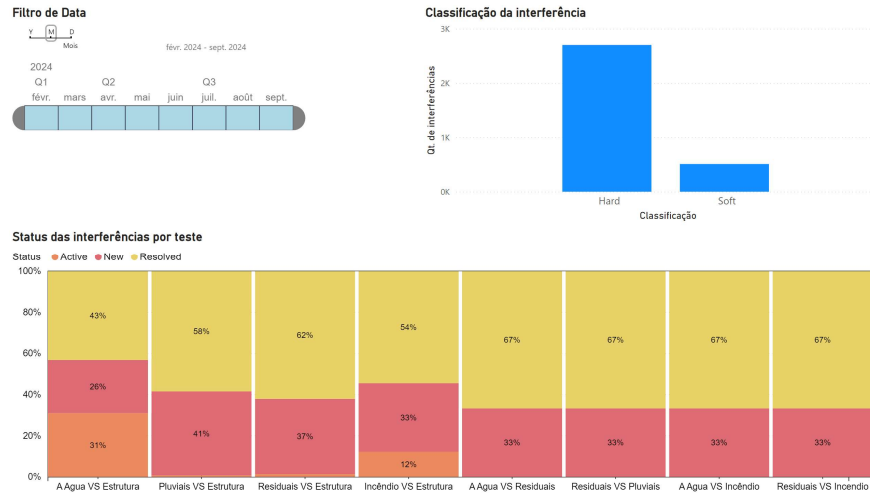


Fig. 18. *Dashboard* de interferências.

Através desta segunda página, é possível perceber o que aconteceu em cada mês. Por exemplo, na Fig. 17 acima, há um declínio de *clashes* no mês de abril. Na segunda página (Fig. 18), ao filtrar o mês para abril, é possível observar que aparece somente uma coluna no gráfico inferior da Fig. 19, ou seja, foi feito somente um *test clash* (A. Aguas VS Estrutura) naquele mês, enquanto nos outros meses foram feitos mais *test*, por isso há um declínio de *clashes* neste mês.

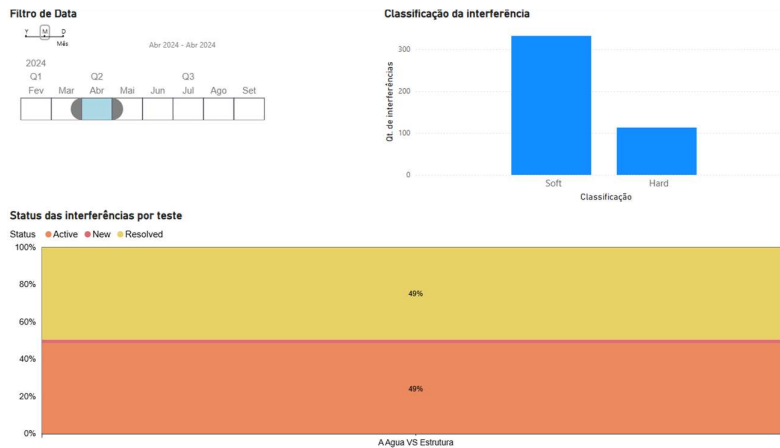


Fig. 19. *Dashboard* de interferências com filtro do mês.

O Power BI possui gráficos próprios, mas também é possível descarregar outros elementos visuais desenvolvidos por empresas, como o *Mekko Chart* e o *Timeline* que foram utilizados neste trabalho. Também é possível trazer o modelo BIM para o *dashboard*, utilizando programação ou aplicações, como o *Vcad* ou o *Tracer*.

5 Considerações Finais

Este estudo proporcionou uma investigação detalhada da metodologia BIM, destacando a sua importância para a coordenação eficaz entre as especialidades envolvidas nos projetos de construção. A aplicação prática demonstrou que a atenção ao desenvolvimento dos modelos tridimensionais é crucial para maximizar os benefícios do BIM. Além disso, a comunicação clara entre todos os participantes é essencial para garantir a integração e a precisão das informações nos modelos.

Antes da utilização do *software* de deteção automática de colisões, é fundamental executar uma auditoria de qualidade dos modelos para prevenir problemas de compatibilidade e assegurar uma visualização integrada eficiente. Esta auditoria pode ser auxiliada com uma *checklist* como base de trabalho, com orientações e verificações a serem realizadas em cada fase do projeto.

A metodologia BIM, ao integrar os modelos das especialidades e seus dados, bem como o uso de *software* de deteção de incompatibilidades, como Navisworks, são uma mais-valia para a coordenação de projetos face aos métodos tradicionais. Estes *software* automatizam o processo de deteção de interferências, detetam conflitos mais facilmente e atempadamente, permitindo assim economizar recursos, tempo, melhorar a qualidade e a eficiência dos projetos. Sendo assim, as equipas projetistas podem centrar-se em resolver os problemas identificados e avançar de forma mais eficaz no desenvolvimento dos projetos, evitando problemas durante a execução das obras.

Este estudo reforça a necessidade da implementação de regras de boas práticas e de processos bem estruturados ao utilizar o BIM, preferencialmente com base na normalização vigente, para alcançar resultados de qualidade em projetos de construção.

Referências

1. BIBLUS – **What is BIM coordination and why it is important** [online]. Editorial Team [Consult. 16 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://biblus.accasoftware.com/en/what-is-bim-coordination-and-why-it-is-important/>.
2. UK BIM Framework; UK BIM Alliance; CDBB; BSI – **Information management according to BS EN ISO 19650 - Guidance Part 1: Concepts** [online]. 2ª ed. Reino Unido, 2019. [Consult. 02 Fev. 2025]. Disponível na internet:<URL:https://www.ukbimframework.org/wp-content/uploads/2021/02/Guidance-Part-A_The-information-management-function-and-resources_Edition-2.pdf>.
3. DANTAS, R. – **Building Information Modeling, o futuro da construção em Portugal** [online]. [Consult. 01 Ago. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://www.sgs.com/pt-pt/noticias/2024/08/building-information-modeling-o-futuro-da-construcao-em-portugal>.
4. COSTA, J.; SANTOS, J.; GOMES, R. – **Relatório do Projeto Integrador da Pós-Graduação em Coordenação BIM**. Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2022.
5. **BIM Checklist – Controlo da Qualidade** [online]. [Consult. 05 Out. 2024]. Disponível na internet:<URL:<https://github.com/luassuncao94/Artigo_PGBIM.git>.

6. ASSUNÇÃO, L. – **Proposta de Metodologia Orientada para a Gestão da Informação Digital com Recurso ao BIM** [online]. [Consult. 02 Fev. 2025] Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2022. Tese de Mestrado. Disponível na internet: <URL:<https://recipp.ipp.pt/entities/publication/36aa85f9-9f90-40ce-9461-9f3b3fc55e99>>.
7. ROBERTI, F.; FERREIRA, D. – **Increasing Autodesk Revit Productivity for BIM Projects: A practical guide to using Revit workflows to improve productivity and efficiency in BIM projects**. 1ª ed. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2021. ISBN 978-1-80056-680-4.
8. POWER BI FORUM – **PowerBI and BIM model data** [online]. [Consult. 31 Ago. 2024] Disponível na internet: <URL:<https://community.fabric.microsoft.com/t5/Data-Stories-Gallery/PowerBi-and-Bim-model-data/m-p/696837#M2637>>.

Anexo

Tabela 1. Critérios da Lista de Verificação para Controlo da Qualidade do Modelo.

ITEM	CRITÉRIOS
1	CONFIGURAÇÕES GERAIS DO MODELO
1.1	Nomenclatura dos modelos Revit está conforme convencionado?
1.2	Modelo encontra-se georreferenciado?
1.3	Tamanho do modelo Revit é menor que 250MB?
2	REQUISITOS DE INFORMAÇÃO
2.1	Modelo encontra-se classificado?
2.2	Nomenclatura dos níveis coincidentes entre todos os modelos?
3	REQUISITOS DE MODELAÇÃO
3.1	Unidades coincidentes entre todos os modelos?
3.2	Elementos estão associados a seus níveis?
3.3	Há a duplicação de elementos em mais do que um modelo?
3.4	Há a sobreposição de elementos?
3.5	Há a duplicação de elementos?
3.6	Há a duplicação de níveis?
3.7	Há elementos que foram modelados como "Generic Model"?
3.8	As categorias dos elementos estão bem definidas?
3.9	Há grupos de elementos?
3.10	"Rooms" estão corretamente modelados e identificados?
3.11	Elementos foram corretamente unidos ("join")?
3.12	Foi dado "purge" nos modelos? ("purge unused")
4	REQUISITOS DOS LINKS
4.1	Ficheiros DWG que foram importados e não foram vinculados?
4.2	Todos os links estão com o "pin"?
5	REQUISITOS DE PERFORMANCE DO MODELO
5.1	Há "Warnings" no modelo?
5.2	Ficheiro contém erros?
6	REQUISITOS PARA A COORDENAÇÃO
6.1	As mesmas versões de software estão a ser utilizadas?
6.2	Foram checadas as interferências ("Interference check")?
6.3	Foi checado o modelo ("Model Checker" do BIT)?
6.4	Modelo com vistas tipo "Navisworks" bem definidas?

[Página em Branco]

O papel do BIM na melhoria da eficiência energética na renovação urbana

André Carvalho ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁵⁻⁶²³⁶⁻⁵¹⁵⁷, Diogo Teixeira ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁰⁻³⁷²⁸⁻⁸²⁹⁶ e Rui Vieira ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁵⁻⁶⁶¹⁴⁻⁴⁶⁶⁹

Abstract. This study showcases BIM's potential on urban renewal, particularly in enhancing buildings' energy efficiency, by leveraging it as a tool, mechanism, and catalyst. Its objective is to establish a workflow integrating various platforms, ensuring interoperability and data communication. The concerns addressed are the optimization of energy performance, the improvement of building quality, and infrastructure enhancement, while facilitating cost savings, productivity, and operational efficiencies. BIM's application in urban renewal is exemplified through a case study in Matosinhos, Portugal in an area undergoing significant redevelopment, by employing a workflow that begins with the input of data from QGIS into ENVI_met for environmental analysis. This determines the intervention zone. A nearby building is selected, detailed surveys are conducted, and accurate BIM models are generated. The used models incorporate Passivhaus standards, including optimal solar orientation, high-performance materials, thermal insulation, shading solutions and microgeneration systems. The authors use them to simulate various regeneration scenarios, focusing on energy efficiency and carbon footprint reduction. ENVI-met simulations identified heat island effect. Revit's lifecycle analysis pinpointed the product stage and end-of-life stage phases as the most significant contributors to carbon emissions. The authors underscore the efficacy of the BIM methodologies when applied to urban areas, aligning with SmartCity concepts. This research contributes to the discourse on urban renewal, providing a scalable methodology for energy-efficient and sustainable urban development.

Resumo. Este estudo demonstra o potencial do BIM na reabilitação urbana, nomeadamente na melhoria da eficiência energética dos edifícios, utilizando-o como ferramenta, mecanismo e catalisador. O objetivo é estabelecer um fluxo de trabalho que integre várias plataformas, assegurando a interoperabilidade e comunicação de dados. Visa otimizar o desempenho energético, melhorar a qualidade dos edifícios e das infraestruturas, facilitando redução de custos, produtividade e eficiência operacional. A aplicação do BIM na reabilitação urbana é exemplificada através de um estudo de caso em Matosinhos, Portugal, numa área em significativa renovação, utilizando um fluxo de trabalho que começa com a introdução de dados do QGIS no ENVI_met para análise ambiental. Este determina a zona de intervenção. Um edifício é selecionado, são realizados levantamentos e são gerados modelos BIM precisos. Os modelos aplicados incorporam as normas *Passivhaus*, incluindo orientação solar otimizada, materiais de construção de elevado desempenho, isolamento térmico, soluções de sombreamento e sistemas de microgeração. Utilizamo-los para simular vários cenários regenerativos, concentrando-nos na eficiência energética e na redução da pegada de carbono. As simulações em ENVI-met identificaram o efeito de ilha de calor. A análise do ciclo de vida em Revit identificou as fases de produto e de fim de vida como as principais fontes das emissões de carbono. Os autores destacam a eficácia dos métodos BIM quando aplicadas a áreas urbanas, alinhando-se com os conceitos de *SmartCity*. Esta investigação enriquece o debate sobre renovação urbana, fornecendo uma metodologia escalável para o desenvolvimento urbano energeticamente eficiente e sustentável.

Keywords: BIM, CIM, SmartCity.

1 Introdução

O presente trabalho é elaborado no âmbito da unidade curricular de Projeto Integrador da Pós-Graduação em Coordenação BIM do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Como o grupo de trabalho é composto por um Arquiteto, um Engenheiro Civil e um Engenheiro Geógrafo, o tema apresentado aproveita as competências educacionais e profissionais de cada membro nas respetivas áreas.

Optou-se por abordar um tema que, não sendo diretamente aplicável ao quotidiano profissional dos seus autores, pretende integrar as competências de cada um no âmbito da Coordenação em *Building Information Modelling* (BIM).

Pretende-se demonstrar o impacto do BIM no desenvolvimento de tecnologias de apoio à reabilitação urbana, (visando uma maior eficiência energética), em que este atua como ferramenta, mecanismo e “alavanca” no processo de renovação de edifícios e reconversão de áreas urbanas para a microgeração urbana.

O resultado pretendido é triplo: desenvolver uma metodologia para a identificação de áreas prioritárias, promover a renovação urbana e a transição energética e gerar gradualmente um gémeo digital das áreas urbanas para utilização posterior na gestão da cidade. Ou seja, pretende-se utilizar ferramentas BIM para gerar *City Information Modelling* (CIM) e, consequentemente, criar *SmartCities* (SC).

Esse gémeo digital pode ser utilizado para uma gestão e planeamento urbano mais amplo, combinando e interpretando dados de diversas fontes. Essa estrutura de dados informará e ajudará a definir políticas de gestão territorial e prioridades de intervenção, através da monitorização e recolha de dados, da deteção de anomalias, da programação da manutenção preventiva, entre outros.

Acredita-se que a implementação do BIM neste sector terá uma grande aceitação, pois de acordo com o Plano SET, “as tecnologias energéticas são indispensáveis para atingir os objetivos europeus para 2020 e 2050 [1] no que respeita ao combate às alterações climáticas, à segurança do aprovisionamento energético e à competitividade das empresas europeias” [2].

Este tema é amplo e ambicioso, e para efeitos do processo de implementação, após uma análise teórica, é efetuada uma aplicação concreta num caso de estudo. A estrutura do trabalho está dividida em cinco capítulos, sendo que o primeiro visa contextualizar o tema apresentando os objetivos e a estrutura.

O segundo e terceiro capítulos consistem numa análise bibliográfica relativa ao estado da arte (nas áreas da Sustentabilidade e da Tecnologia) e no quarto capítulo, é implementada uma aplicação concreta da metodologia desenvolvida num caso de estudo específico: um edifício antigo, na antiga zona industrial da cidade de Matosinhos.

No quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões da tentativa de implementação da metodologia e os resultados obtidos com as plataformas BIM utilizadas.

2 Sustentabilidade Urbana

A definição atual de sustentabilidade foi influenciada pelo relatório das Nações Unidas “O Nosso Futuro Comum”, elaborado pela Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento. Esse relatório define “desenvolvimento sustentável” como a capacidade de satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas necessidades. Salienta a necessidade não só de preservar os recursos naturais, mas também de assegurar a disponibilidade de recursos sociais e económicos, incluindo considerações de equidade social e desenvolvimento económico [3].

O relatório identifica várias medidas-chave no sector AECO, incluindo a redução do consumo de energia, a promoção de tecnologias baseadas em fontes de energia renováveis, a gestão da urbanização para evitar a expansão e a integração de áreas rurais e urbanas mais pequenas [3].

Nas tendências atuais da sustentabilidade na construção destacam-se três pilares: ecológico, económico e social. A sustentabilidade ecológica centra-se na proteção do ambiente para as gerações futuras, preservar a biodiversidade e combater as alterações climáticas. A sustentabilidade económica visa estabilizar as economias para manter o poder de compra, o bem-estar económico e os recursos económicos. A sustentabilidade social envolve a promoção de um desenvolvimento equitativo e inclusivo que beneficie todos os membros da sociedade.

2.1 Objetivos Internacionais

A Declaração do Milénio das Nações Unidas introduziu os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio que serviram de base para o desenvolvimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Representam “uma visão partilhada para a humanidade e um contrato social entre os líderes mundiais e os povos. São uma lista de tarefas em nome das pessoas e do planeta e um plano para o sucesso” [4].

Vários cientistas alertam para a inadequação dos sistemas naturais do planeta face ao ritmo de produção de poluição. As emissões de combustíveis fósseis e a desflorestação são apontadas como os principais fatores para as alterações climáticas, que ameaçam vários ecossistemas essenciais para a vida humana na Terra. No entanto, a procura de energia continua a aumentar, tendo duplicado nas últimas três décadas [5].

Este aumento do consumo absorve o que é produzido a partir de fontes renováveis, deixando o consumo de combustíveis fósseis praticamente inalterado. Com o aumento da procura e a diminuição das reservas, os preços da energia dispararam, e os estudos indicam que esta tendência vai continuar [5].

À medida que o atual ciclo chega ao fim, as suas consequências climáticas e o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis obrigam a sociedade, e o sector AECO, a reavaliar a necessidade de garantir a eficiência energética no ambiente construído. Com o advento das alterações climáticas, é necessário que os edifícios (no seu ciclo de vida) se tornem não só mais eficientes, mas também mais resistentes para responder a fenómenos climáticos mais frequentes e extremos, como picos térmicos, secas e inundações [6].

Estes desafios põem à prova os conhecimentos e metodologias atualmente implementados no sector, uma vez que a implementação de novas tecnologias e padrões de conceção obriga à revisão e atualização das suas normas e métodos.

2.2 Ilhas de Calor

Uma forma de avaliar os picos térmicos é através das ilhas de calor urbanas. Este fenómeno refere-se à distribuição do campo de temperatura (num determinado momento e local) sobre uma cidade, apresentando um pico térmico. A sua formação está ligada à atividade humana (edifícios e paisagens fortemente humanizadas) no território.

O modelo de cidade ocidental desenvolvido ao longo do século XX baseia-se numa geometria normalmente designada por canhão urbano, em que a parte superior é aberta, mas a proximidade entre edifícios limita a circulação lateral do ar. Esta relação geométrica permite a entrada de radiação solar mas reduz a saída dessa radiação, o que contribui para o aprisionamento de energia térmica nestas zonas.

A superfície de áreas fortemente urbanizadas tem tipicamente menor capacidade térmica, menor cobertura vegetal e maior impermeabilidade do solo, o que pode contribuir para variações significativas de temperatura numa determinada área [7]. Estas características, combinadas com a poluição atmosférica e as fontes de calor resultantes da atividade humana, agravam significativamente as ondas de calor, afetando os segmentos mais vulneráveis e empobrecidos da sociedade.

2.3 Análise de Ciclo de Vida

Os regulamentos de construção estabelecem requisitos mínimos para a sustentabilidade na construção em cada país, sendo que a maioria destes regulamentos está relacionada com o tempo de vida do edifício, o seu impacto ambiental e o seu consumo de energia. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) permite a avaliação e quantificação desses impactos associados a produtos, serviços ou processos, compilando as várias fases do ciclo de vida do elemento em análise [8].

Fornece ainda uma análise padronizada através da inventariação das entradas de energia e materiais relevantes, juntamente com as emissões resultantes de todas as fases do seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até à eliminação de resíduos.

São utilizadas diferentes categorias para organizar e categorizar estes aspetos:

- Produção: A1: Fornecimento de matérias-primas; A2: Transporte; A3: Fabrico.
- Construção A4: Transporte; A5: Processo de Construção/Instalação.
- Utilização: B1: Fase de Utilização (Uso); B2: Manutenção; B3: Reparação; B4: Substituição; B5: Remodelação; B6: Utilização operacional de energia; B7: Utilização operacional de água.
- Fim de vida: C1: Desconstrução/Demolição; C2: Transporte; C3: Processamento de Resíduos; C4: Eliminação.
- Benefícios e cargas para além dos limites do sistema: D: Potencial de recuperação, reutilização e reciclagem.

Com base nestas normas, foram desenvolvidas várias certificações ambientais para quantificar os impactos ambientais ao longo das seis fases de vida dos edifícios: Planeamento urbano; Produto; Transporte; Construção; Utilização; Fim de vida.

Estas certificações estabelecem critérios relacionados com vários aspetos da construção, no entanto, não são capazes de analisar o comportamento passivo, centrando-se principalmente no consumo de energia do edifício. Neste contexto, as normas de construção sustentável como a *Passivhaus* oferecem soluções específicas para atingir os objetivos de sustentabilidade e quantificar eficazmente os aspetos de sustentabilidade.

2.4 *Passivhaus*

Se os regulamentos de construção estabelecem requisitos mínimos nacionais, as certificações ambientais quantificam e monitorizam aspetos mais amplos. Embora os princípios de construção sustentável representem uma pequena parte do mercado da construção, refletem a tendência crescente na eficiência energética e na redução do impacto ambiental.

Nas últimas décadas, surgiram vários sistemas de certificação ambiental, algumas, como a *Passivhaus*, centram-se principalmente no controlo do consumo de energia durante a fase operacional de um edifício e dão ênfase à eficiência energética e ao conforto térmico, com o objetivo de minimizar a necessidade de aquecimento e arrefecimento [9].

A sua abordagem distingue-se por não depender de soluções padrão, mas de estratégias adaptadas às especificidades do território onde o edifício se insere. Mais do que se focar na materialização do edifício, a *Passivhaus* foca-se nos resultados obtidos pelas soluções aplicadas, considerando as condições climáticas locais, a orientação solar, os materiais disponíveis e as necessidades dos utilizadores [5].

Assenta em princípios fundamentais, incluindo o isolamento térmico eficiente, a minimização das pontes térmicas, a construção hermética, a ventilação mecânica com recuperação de calor, a orientação solar otimizada e a utilização de materiais de elevada qualidade. Para cumprir estes princípios, as paredes, os pavimentos, os tetos e as janelas devem ter níveis elevados de isolamento para evitar a transferência de calor [9].

As pontes térmicas (descontinuidades no isolamento), devem ser evitadas. A estanquidade ao ar é conseguida através de técnicas de construção meticolosas e da utilização de materiais adequados. Devem ser instalados sistemas de ventilação mecânica para fornecer ar fresco filtrado e recuperar o calor do ar de exaustão. A orientação solar deve ser considerada para maximizar o ganho de calor passivo no inverno e minimizá-lo no verão [5].

Além disso, deve ser utilizado equipamento de refrigeração, aquecimento e iluminação energeticamente eficiente para reduzir o consumo global de energia. A utilização de materiais renováveis, reutilizáveis ou recicláveis com longos períodos de vida é essencial para aumentar a durabilidade do edifício e minimizar as necessidades de manutenção.

Pretende-se dar resposta a critérios diretos (como o consumo de energia para várias funções) e indiretos (como o conforto térmico, a qualidade do ar, a eficiência energética do equipamento, a sustentabilidade dos materiais e a durabilidade do edifício).

O conforto térmico é conseguido através da manutenção de temperaturas interiores estáveis graças a um isolamento eficaz, a uma orientação solar otimizada e a sistemas eficientes. A qualidade do ar interior é melhorada através da redução dos poluentes com uma ventilação e filtragem adequadas, auxiliadas por sistemas mecânicos. A eficiência energética é maximizada através de sistemas de alto desempenho que reduzem o consumo de energia. A utilização de materiais sustentáveis minimiza o impacto ambiental através de opções ecológicas e recicláveis. Por último, a durabilidade e a baixa manutenção garantem a resiliência do edifício a longo prazo, contribuindo para a sustentabilidade económica e ambiental [5].

3 Conceitos Fundamentais

3.1 Modelação da Realidade – *Digital Twin*

O termo *Digital Twin* (DT) foi usado pela primeira vez por Michael Grieves em 2002, mas a definição mais aceite vem de Glaesegen e Stargel [10], que os descrevem como simulações multifísicas, multi-escala e probabilísticas de produtos complexos, utilizando os modelos e atualizações de sensores para espelhar o estado em tempo real das suas contrapartes físicas.

O aspeto mais transformador desta tecnologia é a aquisição de dados em tempo real. O conceito de emparelhamento digital tem vindo a ser adotado em vários sectores para representar os estados físicos e digitais, tanto em contextos atuais como futuros [11].

Uma das principais vantagens é a sua capacidade de responder aos desafios do sector em matéria de inovação tecnológica, permitindo testar novas ideias, configurações, conceitos e simulações num ambiente virtual. Num contexto BIM, melhoram a colaboração entre as partes interessadas e tomam o processo de construção mais inteligente, desde a conceção até à operação, onde os DT desempenham um papel fundamental digitalização do sector AECO, para além do processo de construção, incluindo as fases de Operação e Manutenção (O&M) [12].

Os DT permitem que as partes interessadas visualizem as alterações propostas (através de Realidade Virtual (RV) ou Realidade Aumentada (RA)) e compreendam os seus impactos sem a implementação no mundo real (Fig. 1). Ao oferecer uma representação exata do mundo físico, o DT aumenta a transparência e a eficiência da comunicação com as partes interessadas, fornecendo dados precisos e em tempo real [13].



Fig. 1. Sistema de realidade aumentada, obra do Centro de Arte Moderna da Gulbenkian.

Permite a criação partilhada entre localizações geográficas, possibilitando às partes interessadas tomar decisões com base em comentários em tempo real, tendo um impacto significativo no desempenho do sistema, especialmente durante as fases de utilização e manutenção. As simulações antecipadas de comportamentos futuros otimizam o fabrico, a operação, a inspeção e a gestão do ciclo de vida, reduzindo custos e desempenhando um papel fundamental na monitorização do desempenho dos edifícios [14].

Utilizando sensores e dispositivos *Internet of Things* (IoT), podem ser recolhidos dados em tempo real sobre o desempenho do edifício, permitindo a deteção precoce de problemas e a manutenção

preventiva. Os dados dos gémeos digitais podem identificar padrões de utilização, otimizar a eficiência energética, reduzir custos e melhorar o conforto dos ocupantes. As informações também apoiam decisões estratégicas sobre atualizações de edifícios e contribuem para melhorar futuros projetos e modelos [15].

3.2 CIM e as *SmartCities*

O conceito de CIM foi introduzido por Khemlani em 2007, expandindo a aplicação do BIM para a escala da cidade. O CIM é considerado uma extensão do BIM, integrando a infraestrutura urbana com informações geográficas usando estruturas de dados padronizadas como IFC e CityGML [16]. Existe um consenso sobre o objetivo e os tipos de dados do CIM, mas as perspectivas variam quanto à sua implementação e pormenorização. Alguns quadros propõem modelos CIM mais simples enquanto outros defendem modelos mais detalhados.

A informação geográfica é gerida através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), enquanto os dados relativos aos edifícios são tratados através de tecnologias BIM e *Computer Assisted Drawing* (CAD). Os métodos tradicionais carecem frequentemente de informações sobre o edifício, criando limitações como a recuperação de dados e desafios de conversão de formatos [17]. No entanto, os modelos BIM oferecem uma geometria 3D de alta-fidelidade com dados pormenorizados sobre o edifício, facilitando uma melhor integração com o SIG para fins de CIM.

Os dados da CIM são recolhidos através de vários métodos, incluindo nuvens de pontos, imagens de satélite e dados fotográficos. Os dados estáticos das cidades também podem ser utilizados para extrair informações úteis, como a identificação de ilhas de calor urbanas através de imagens de satélite [18]. São também utilizados algoritmos avançados de aprendizagem automática para obter informações vitais que seriam difíceis de obter diretamente [19]. Os dados dinâmicos da CIM são obtidos através da tecnologia IoT, que reúne informações em tempo real sobre o tráfego, o clima e os movimentos das multidões. As visualizações de dados ajudam as pessoas a entender melhor a cidade e auxiliam na tomada de decisões em todas as fases do ciclo de vida da cidade [20].

A CIM pode ser aplicada ao planeamento, conceção, construção, operação e manutenção urbanos, ajudando a gerir os serviços públicos, melhorando as operações e a manutenção das cidades. Desempenha um papel crucial no desenvolvimento de SC, aproveitando tecnologias como a IoT, BIM e SIG para otimizar as infraestruturas e melhorar a qualidade de vida. As SC utilizam as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para melhorar a eficiência operacional, a sustentabilidade e o bem-estar dos residentes, ajudando a gerir o tráfego, a promover a mobilidade sustentável, a reduzir o consumo de energia e a combater as alterações climáticas.

As tecnologias subjacentes à CIM lançam as bases para as infra-estruturas das SC. No entanto, continuam a existir desafios, como a privacidade dos dados, a segurança, os custos elevados e a manutenção dos vastos sistemas de *hardware* e *software* necessários para as cidades inteligentes.

À medida que as populações urbanas crescem, a necessidade de cidades mais inteligentes torna-se cada vez mais importante, oferecendo o potencial para uma infraestrutura otimizada, utilização de recursos e melhor qualidade de vida. No entanto, há desafios técnicos e de investigação que precisam de ser mais explorados, tais como garantir a privacidade dos dados e tornar as iniciativas de SC mais viáveis e acessíveis.

4 Metodologia

Na estruturação inicial da metodologia a implementar, são definidas várias etapas para garantir a correta coordenação entre as diferentes escalas e plataformas BIM. É proposto um fluxo de trabalho que identifica a plataforma BIM a implementar e as suas utilizações pretendidas, permitindo planear a estrutura de dados necessária para cada plataforma, bem como a forma como os dados comunicam entre plataformas (Fig. 2).

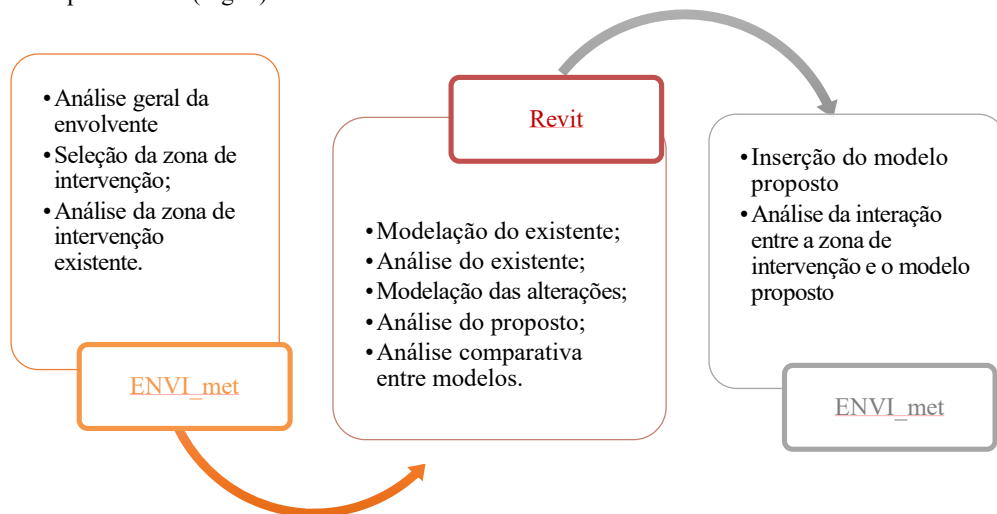


Fig. 2. Fluxo de trabalho previsto.

Os processos de comunicação entre as plataformas não são automatizados e, para evitar retrabalho, é estabelecido um protocolo para garantir a interoperabilidade, utilizando *plug-ins* que fazem a ponte entre o QGIS (para levantamentos de sítios existentes), o ENVI_met (plataforma CIM que permite modelar e analisar interações entre os elementos do ambiente construído e o clima local. Permite estudar os efeitos das estratégias de design urbano sobre as variáveis climáticas) e o Revit (plataforma BIM). Esta configuração permite um fluxo de trabalho contínuo e colaborativo (Fig. 3).



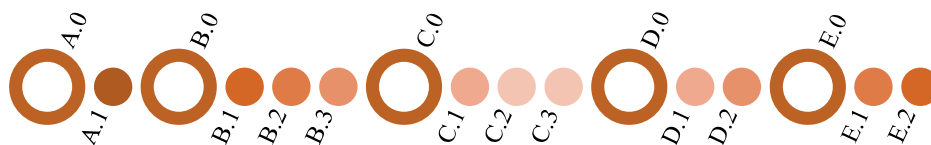
Fig. 3. Protocolo de comunicação entre plataformas BIM.

O processo a implementar envolve várias etapas. Optou-se por analisar a antiga zona industrial de Matosinhos (uma zona atualmente em renovação urbana e que beneficiaria deste processo). Através da realização de uma análise anual da área selecionada para identificar as ilhas de calor urbano, é escolhida a zona de intervenção prioritária. Dentro desta zona, seleciona-se um edifício ou

conjunto de edifícios não renovados, privilegiando aqueles que mais beneficiariam da conversão energética.

Em seguida, é efetuada uma análise padronizada dos edifícios existentes, utilizando dados de tecnologias clássicas e avançadas em topografia e detecção remota, o que permite a criação de um modelo preciso. É então gerado um modelo BIM do edifício. Este modelo é utilizado para simular vários cenários de regeneração, tendo em conta fatores como a orientação solar, os materiais de construção, o isolamento térmico, as soluções de sombreamento e os sistemas de microgeração de energia. O desempenho energético das diferentes propostas é avaliado e a mais adequada é implementada.

Com base nesta simulação, é proposto um processo de intervenção, com o objetivo de melhorar a eficiência energética através de medidas passivas. São identificadas soluções construtivas para dotar o edifício, na medida do possível, de um conjunto de estratégias de redução do consumo de energia de forma passiva (Fig. 4).



A.0 - Seleção da área de análise; A.1 - Análise ENVI_met;
 B.0 - Identificação da zona de intervenção; B.1 - Modelação ENVI_met; B.2 - Simulação ENVI_met; B.3 - Levantamento;
 C.0 - Escolha do edifício a intervir; C.1 - Levantamento; C.2 - Modelação Revit; C.3 - Análise Carbon Calculator;
 D.0 - Definição da intervenção no edifício; D.1 - Modelação Revit; D.2 - Análise Carbon Calculator;
 E.0 - Inserção do Modelo na zona de intervenção; E.1 - Análise ENVI_met; E.2 - Simulação ENVI_met

Fig. 4. Etapas a implementar com sinalização de marcos de progresso.

Após a modelação destas alterações no modelo BIM do edifício, este é integrado no ENVI_met para analisar o impacto destas modificações no ambiente urbano envolvente. O objetivo é que este fluxo de trabalho seja contínuo e centrado na gestão da informação através de um único modelo BIM em várias plataformas. A repetição deste processo em vários edifícios irá gerar gradualmente um gémeo digital das áreas urbanas, que pode depois ser utilizado para a gestão da cidade. Por outras palavras, a utilização de ferramentas BIM para gerar CIM e, consequentemente, desenvolver SC.

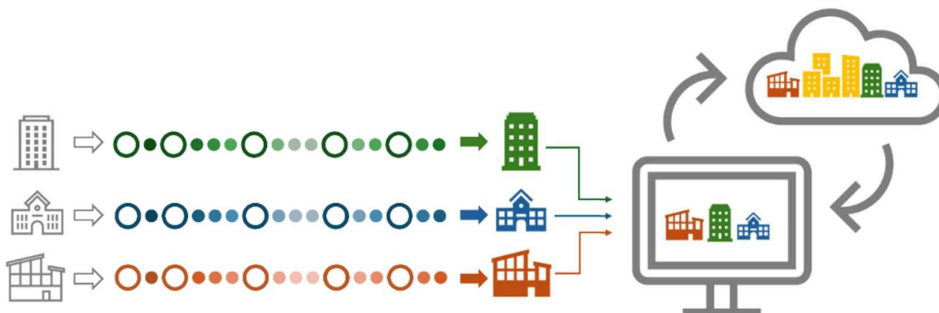


Fig. 5. Fluxo BIM to CIM e a conversão para SmartCities.

4.1 ENVI_met

No âmbito deste trabalho foi disponibilizada uma licença de estudante pela ENVI-met GmbH. Este é um *software* de simulação 3D para modelar e analisar interações entre os elementos do ambiente construído e o clima local. Foi desenvolvido para estudar o microclima urbano e os efeitos de estratégias de design urbano, como vegetação, materiais de construção e características do solo, sobre fatores como temperatura, humidade e fluxo de ar. Devido a dificuldades na integração do QGIS com a plataforma (a importação direta para o ENVI-met causava distorções nos dados do QGIS), opta-se por utilizar apenas as ferramentas nativas do ENVI-met. Começa-se por criar a pasta do projeto no separador *Data and Settings* utilizando a ferramenta *Projects/Workspace* (Fig.6 a).

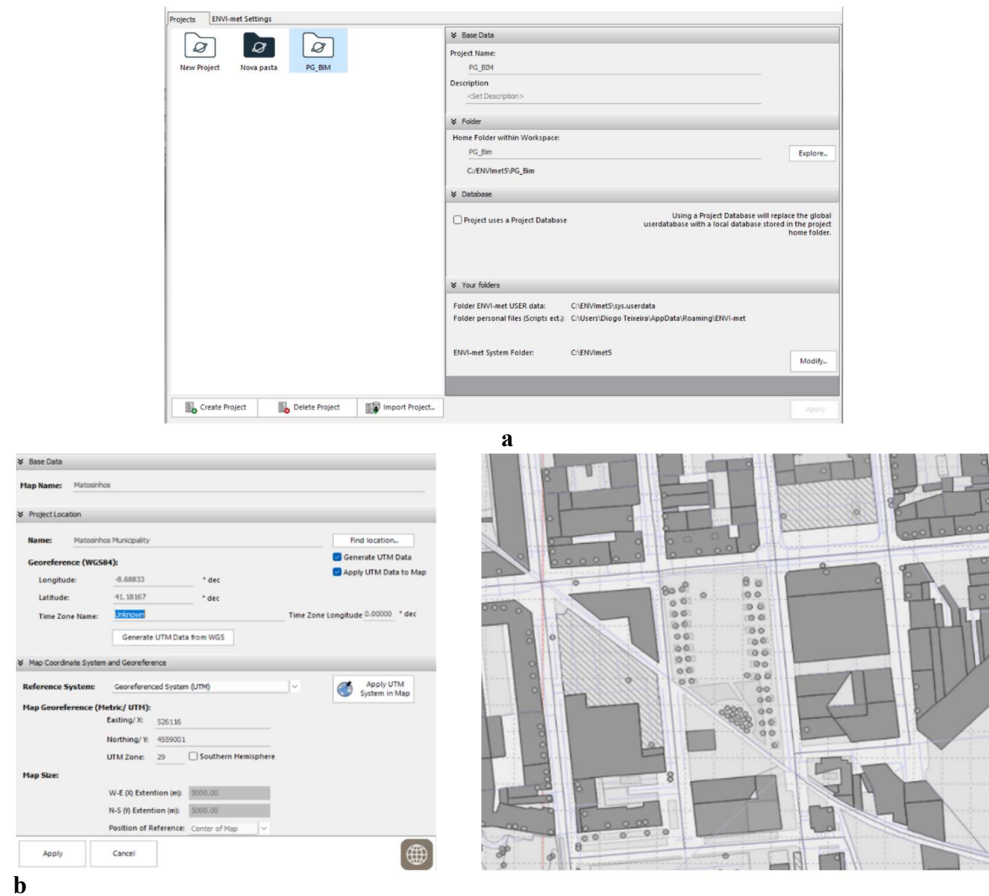


Fig. 6. a) *Projects/Workspace*; b) *World Setting, Monde*; c) *Modelo 2D, Monde*.

Inicia-se a modelação com a ferramenta *Monde*, para gerar um modelo georreferenciado da área de intervenção visada (Fig. 6b). A localização do projeto é definida como “*Matosinhos Municipality*” no menu *World Settings*, permitindo a georreferenciação do modelo. Em seguida, utilizando a ferramenta *Get OSM online*, recuperam-se os dados do inquérito, com diferentes

categorias definidas para extração no modelo. Estas categorias são: *Buildings*; *Grass*; *Water*; *Parking*.

Obtém-se o modelo (Fig. 6c) que define a área de intervenção e depois de exportado para INX File, prossegue-se com o trabalho na ferramenta *Spaces*. Devido às restrições da licença de estudante do ENVI-met, o modelo está limitado a uma grelha de 50x50x25, o que restringe a uma resolução de 1:5 em vez de 1:1, resultando numa redução de detalhe.

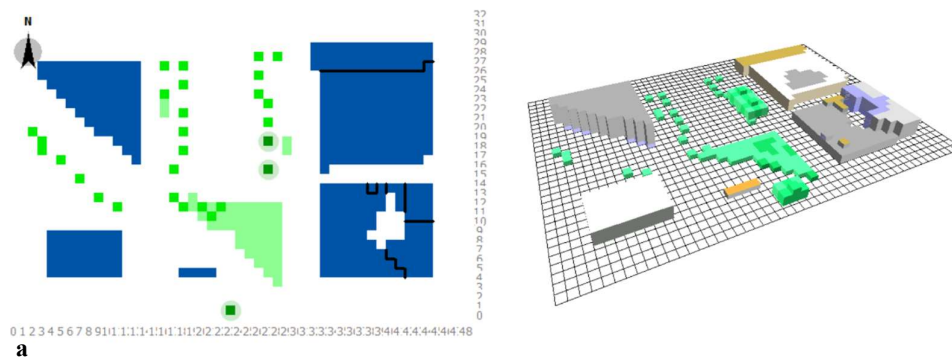


Fig. 7. a) 2D, Spaces; b) 3D, Spaces.

Definiu-se a área de superfície e a altura dos edifícios, bem como a superfície do terreno e a vegetação com a ferramenta *Spaces* (Fig. 7a; 7b); de seguida, simularam-se as soluções existentes, tanto nos edifícios como na envolvente, no separador *Data and Settings* utilizando a ferramenta *DB Manager*. A título de exemplo, esta parede consiste em 1 cm de gesso, 12 cm de isolamento e 18 cm de betão. É possível especificar parâmetros como o custo, se a superfície pode ser ajardinada e as suas utilizações previstas (Fig. 8a; 8b).

Após finalizar o processo de modelação, guardou-se o modelo e procedeu-se à execução da simulação pretendida. Definiu-se as condições em que as simulações serão efetuadas, recorrendo à ferramenta ENVI-guide para delinear as orientações da simulação.

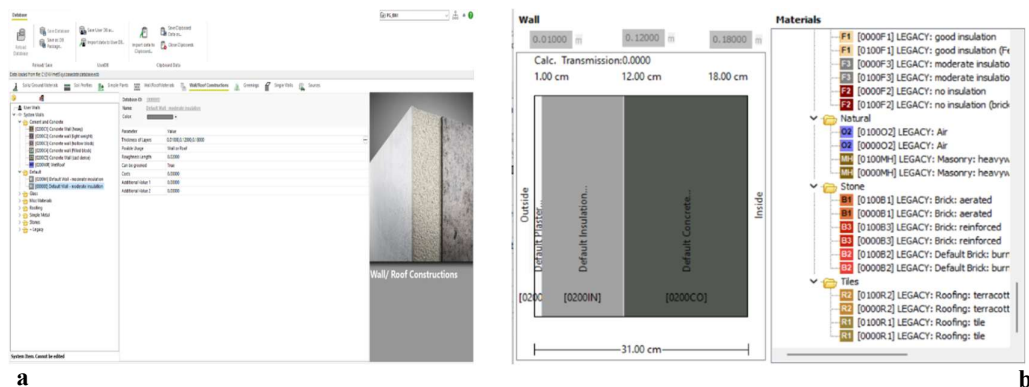


Fig. 8. a) Interface DB Manager; b) Menu Edit Wall.

Para este estudo, selecionaram-se quatro datas-chave: Equinócio da primavera - 21 de março; Solstício de verão - 21 de junho; Equinócio de outono - 22 de setembro; Solstício de inverno - 21 de dezembro.

Utilizando dados de anos anteriores, criou-se um guião indicando a data e a duração da simulação pretendida nas *General Settings* (Fig. 9a).

Procedeu-se à configuração das condições meteorológicas no separador *Meteorology*, utilizando a opção *Simple Forcing*. Introduziram-se a temperatura média diária do ar e a humidade relativa do ar para o mês. Informações adicionais como a velocidade do vento, a direção do vento e a cobertura de nuvens também poderiam ser incluídas (Fig. 9b).

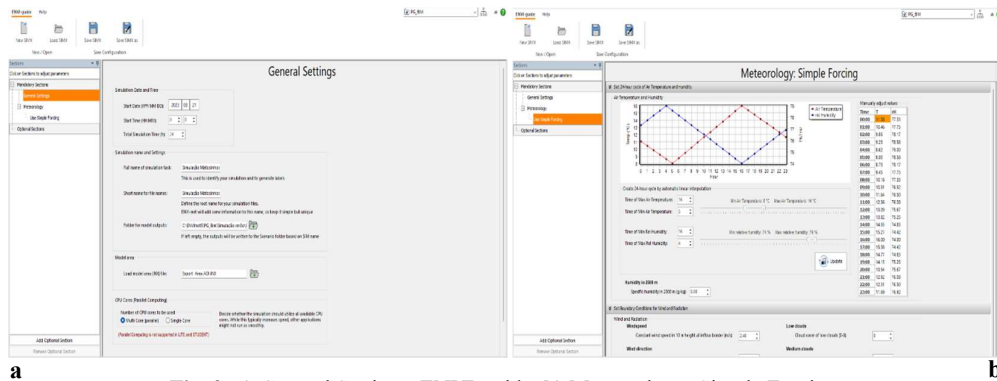


Fig. 9. a) General Settings, ENVI-guide; b) Meteorology: Simple Forcing.

Executaram-se as simulações no ENVI-core, que organizou os dados em pastas (Fig. 10a). Em seguida, recorreu-se à ferramenta Leonardo para extrair mapas que mostram a temperatura potencial do ar (Fig. 10b) para permitir a visualização e análise dos dados.

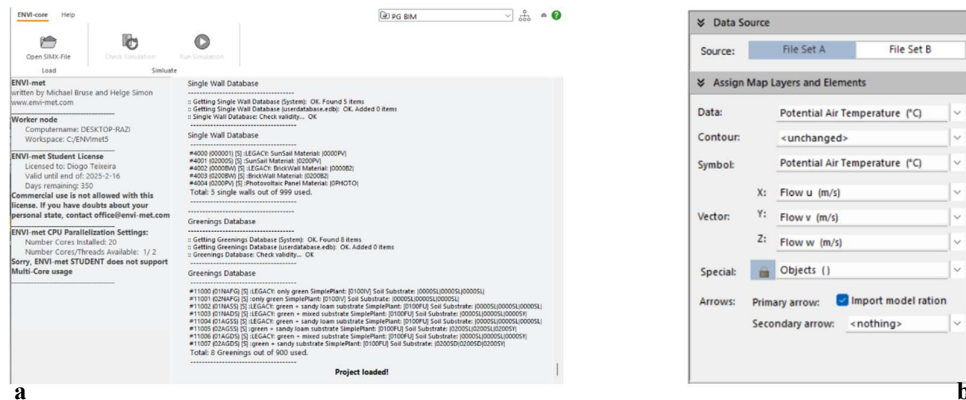


Fig. 10. a) Interface ENVI-core; b) Data source, Leonardo.

Com base nas simulações, foram gerados mapas de calor (Fig. 11a; 11b; 12a; 12b).

Equinócio da primavera - 21 de março às 14 horas:

- Temperatura Máxima: 17,61°C; Temperatura Mínima: 15,12°C; Variação de Temperatura: 2,49°C (Fig. 11a).

Solstício de verão: 21 de junho às 13 horas:

- Temperatura Máxima: 25,97°C; Temperatura Mínima: 22,83°C; Variação da Temperatura: 3,14°C (Fig. 11b).

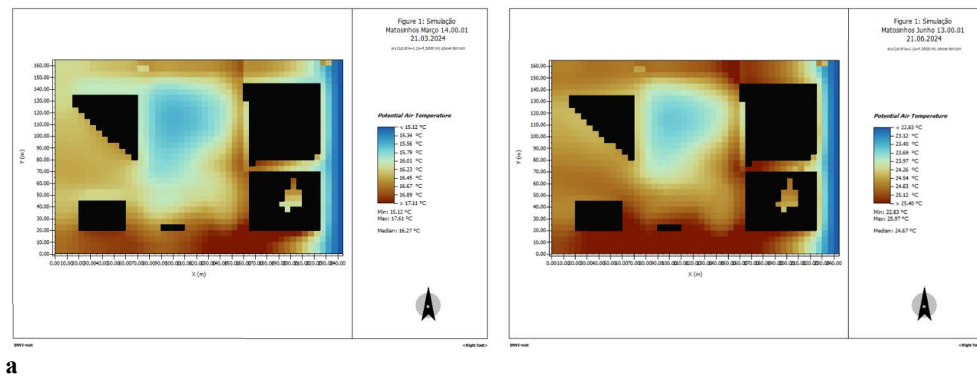


Fig. 11. a) Equinócio da primavera; b) Solstício de verão.

Equinócio de outono - 22 de setembro às 13 horas:

- Temperatura Máxima: 25,91°C; Temperatura Mínima: 23,46°C; Variação de Temperatura: 2,45°C (Fig. 12a).

Solstício de inverno - 21 de dezembro às 14 horas:

- Temperatura Máxima: 12,68°C; Temperatura Mínima: 11,19°C; Variação de Temperatura: 1,49°C (Fig. 12b).

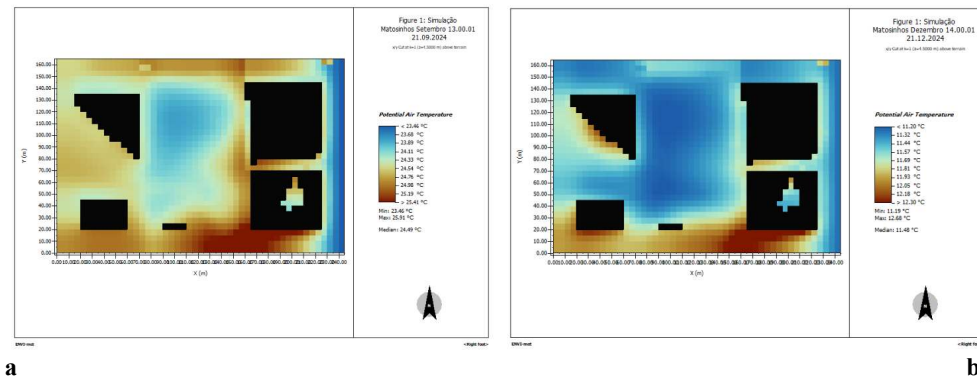


Fig. 12. a) Equinócio de outono; b) Solstício de inverno.

4.2 Revit e Carbon Calculator

Iniciou-se o processo com um levantamento fotográfico da estrutura existente, de forma a criar um DT do edifício existente, que permita medições realistas dos materiais utilizados e calcular a pegada de carbono (Fig. 13a).

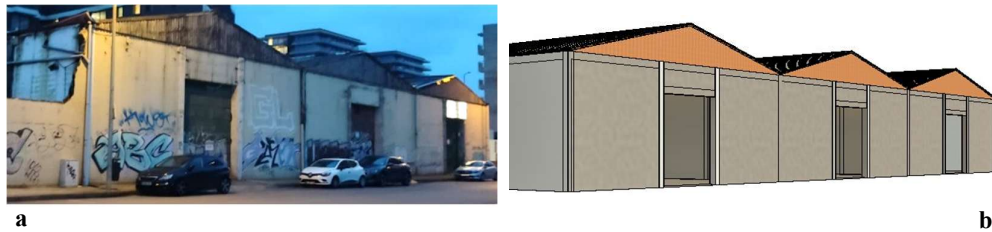


Fig. 13. a) Edifício Físico; b) Digital Twin.

Modelou-se o edifício com o nível de detalhe necessário (LOD 250) para o uso, ajustado conforme necessário para cada elemento e aplicaram-se práticas flexíveis adequadas à complexidade e ao tipo de cada elemento (Fig. 13b).

Concebeu-se uma estrutura de nomes para uma identificação rápida da função e da composição. Utiliza-se uma convenção de abreviaturas, indicando:

- FUNÇÃOlocalização_espessura total (em milímetros, com duas casas decimais)_MATERIAEspessura (em milímetros, sem casas decimais). Espessura do material (milímetros, sem casas decimais), etc.

Como a intervenção resultará na remoção de revestimentos interiores e exteriores, e se pretende que a utilização de fases de construção organize os dados do modelo, aplicou-se uma solução de modelação híbrida. Combinaram-se paredes compostas com paredes estratificadas, dividindo os elementos suscetíveis de serem removidos durante a fase de intervenção. Esta abordagem permitiu classificar os elementos como removidos, preservados ou propostos, necessário para gerar medições de quantidades exatas (Fig. 14a; 14b; 14c).

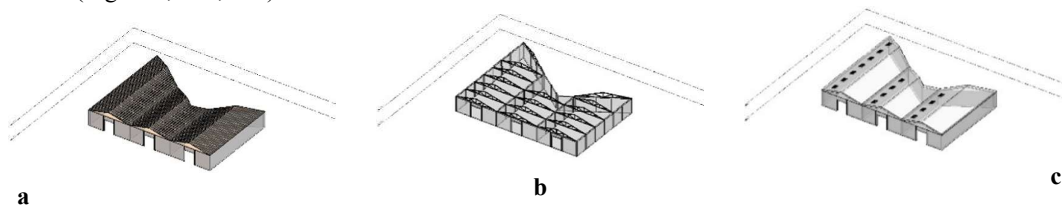


Fig. 14. a) Elementos a demolir; b) Elementos a manter; c) Elementos a propor.

De seguida, utilizou-se o *plug-in* Carbo Life Calculator para calcular o carbono do edifício. Este *plug-in* interpreta os dados do modelo, utilizando informação das *Environmental Product Declarations* (EPD), documentos que fornecem informação sobre o desempenho ambiental de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Esta ferramenta vincula os materiais da biblioteca do Revit à sua biblioteca, onde estão armazenados os dados das EDP (Fig. 15a; 15b).

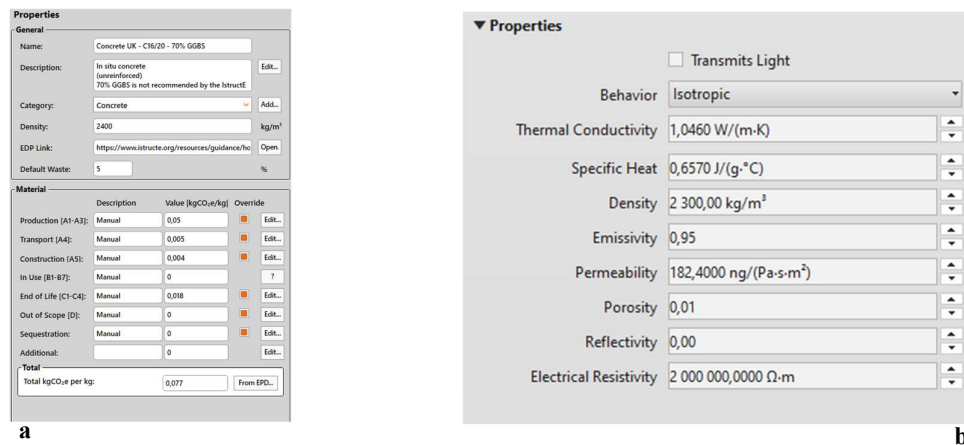


Fig. 15. a) Informações de material do *Carbon Calculator* ; b) Informações de material do Revit.

Criaram-se os materiais em falta, utilizando a *EPD Library* para procurar as EDP necessárias e preencher essas lacunas. Durante a recolha e processamento destes dados, tornou-se claro que não existe um formato padrão para eles (Fig. 16a; 16b), o que obrigou a uma análise cuidadosa de cada documento em busca da informação necessária.

Modules A1 - A3		Unit	Hardie® Panel	PARAMETER	UNIT	A1	A2	A3
Climate change - GWP100	GWP	kg CO ₂ -eq	8.94E+00	GWP	[kg CO ₂ -Eq.]	1.60E+00	1.28E-01	1.76E+00

a

b

c

Fig. 16. a) Dados agregados; b) Dados por fases; c) Tabela de preenchimento de dados do EPD.

Essa inconsistência representou um desafio para a ferramenta, que espera campos padronizados para todos os materiais (Fig. 16c). Para dar resposta a esta questão, uniformizou-se a inserção e o processamento dos dados, decidindo que, na ausência de elementos de fase detalhados, o valor total foi distribuído uniformemente pelas fases.

Com base nos dados recolhidos, criaram-se os materiais necessários para completar a biblioteca do Carbon Calculator, permitindo a ligação de todos os materiais no modelo do existente (Fig. 17a). Ao vincular os materiais das coberturas, tornou-se claro que o plug-in utiliza uma análise geométrica do modelo para medições que torna a solução modelação inicial inadequada, tendo-se alterado a modelação das coberturas, utilizando a mesma abordagem híbrida, recorrendo às ferramentas *Roof* e *Sloped Glazing* (Fig. 17b).

a

Category	Material	Description	Volume (m³)	Total Volume (m³)	Density (kg/m³)	Mass (kg)	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kg)	Total (kgCO ₂)	%	
Walls	Concrete Blockwork	Existing Walls	263,7903	Total: 104,6605 kgCO ₂ / 69.1 %	2000	527,5806	0	0	0.0 %	
	Plaster	Existing Walls	127,2928		0	0	0	0	0.0 %	
	Brick	Existing Walls	44,6202		0	0	0	0	0.0 %	
	Flint	Existing Walls	3,4542		0	0	0	0	0.0 %	
	Concrete Brk	Existing Walls	1,1622		0	0	0	0	0.0 %	
	Concrete - Smooth	Existing Walls	24,6473		0	0	0	0	0.0 %	
	Timber Global - Softwood	Existing Walls	2,1351		0	0	0	0	0.0 %	
	Timber Global - Hardwood	Existing Walls	0,1702		0	0	0	0	0.0 %	
	Structural Columns	Concrete IM - C20/25 - 30% GGBS	Existing Structural Col		2,20,4891	Total: 5,6553 kgCO ₂ / 3.4 %	2400	5,2917	0	0.0 %
		Concrete IM - C20/25 - 30% GGBS	Existing Structural Col		2,20,4891		0	0	0	0.0 %
Timber Global - Plywood		Existing Structural Col	2,20,4891	0	0		0	0.0 %		
Timber Global - OSB		Existing Structural Col	2,20,4891	0	0		0	0.0 %		
Roofs	Fiberglass	Existing Roofs	148,5113	Total: 25,1144 kgCO ₂ / 14.6 %	11900	1,7573	0	0.0 %		
	Timber Global - OSB	Existing Roofs	148,5113		0	0	0	0.0 %		
	Concrete - Mass Concrete	Existing Roofs	148,5113		0	0	0	0.0 %		
	Concrete Wall Mullions	Existing Roofs	148,5113		0	0	0	0.0 %		
Floors	Concrete - Mass Concrete	Existing Floors	10,0191	Total: 27,767 kgCO ₂ / 16.6 %	2400	0,0191	0	0.0 %		
	Concrete Wall Mullions	Existing Floors	10,0191		0	0	0	0.0 %		
Ceiling Wall Mullions	Timber Global - Plywood	Existing Ceiling Wall	10,0191	Total: 16,3715 kgCO ₂ / 9.49 %	1000	0,0191	0	0.0 %		
	Timber Global - Plywood	Existing Ceiling Wall	10,0191		0	0	0	0.0 %		

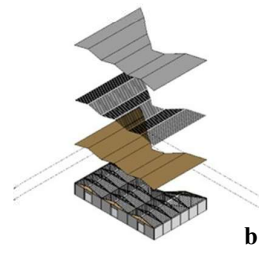


Fig. 17. a) Tabela de vínculo de materiais do Carbon Calculator; b) Modelação da cobertura.

Desta forma, garantiu-se uma geometria que permite a inclusão das coberturas na medição e a realização do vínculo de materiais entre o Revit e a Calculadora de Carbono para efetuar a análise do DT existente (Fig. 18a; 18b).

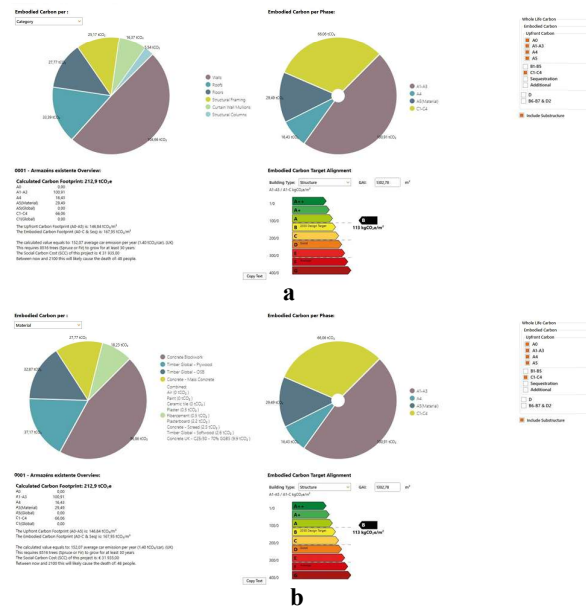


Fig. 18. a) Pegada de carbono por categoria; b) Pegada de carbono por material.

Criou-se a fase de “Nova Construção” e selecionaram-se os elementos a demolir (Fig. 14a). De seguida, modelou-se a solução proposta (Fig. 14b) e vincularam-se os dados do RVT aos do Carbon para permitir uma análise precisa da pegada de carbono.

Propôs-se a conversão de três armazéns em espaços de *coworking*, em linha com os esforços de renovação urbana em curso na zona. Para dar resposta às preocupações energéticas da intervenção baseou-se, mas não se limitou, aos princípios da *Passivhaus* [9].

Depois de definir as filosofias de intervenção e as soluções construtivas, repetiu-se o processo de criação de novos materiais utilizando os dados EPD e vincularam-se estes materiais.

No entanto, o *plug-in* não reconhece as fases de construção do Revit, o que cria dois desafios ao fluxo de trabalho. Em primeiro lugar, a ferramenta aplica todas as fases do ciclo de vida a cada material (independentemente da fase do elemento anfitrião) o que impede a aplicação seletiva das fases relevantes aos elementos demolidos. Em segundo lugar, os materiais que o Revit distingue com base em diferentes fases de criação e demolição são interpretados como o mesmo material no Carbon.

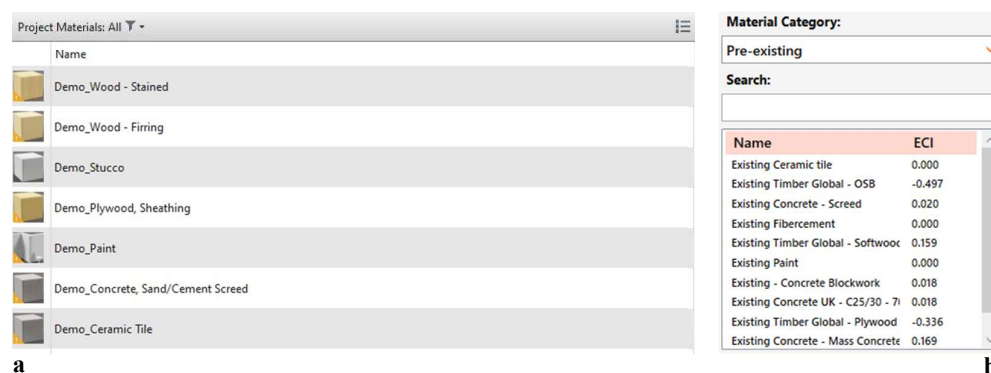


Fig. 19. a) Materiais Revit duplicados com fase; b) Materiais Carbon duplicados com fase.

Para resolver esta questão, duplicaram-se os materiais no Revit e no Carbon (Fig. 19a; 19b). A nomenclatura de materiais foi revista para permitir a duplicação e diferenciação através da inclusão de dados de fase, sendo também incorporada na nomenclatura de famílias.

A convenção de abreviaturas utilizada é a seguinte:

- FUNÇÃOlocalização.FASE_espessura total (milímetros com duas casas decimais)_MATERIAEspessura (milímetros com zero casas decimais). MATERIAEspessura (milímetros com zero casas decimais).etc.

A criação de novos materiais e a introdução prolongada de dados EPD causaram instabilidade no *software* e forçaram a ajustes processuais que permitiram completar o vínculo dos materiais entre o Revit o Carbon Calculator e a subsequente análise da pegada de carbono do projeto proposto, discriminada por categoria e material (Fig. 20a; 20b).

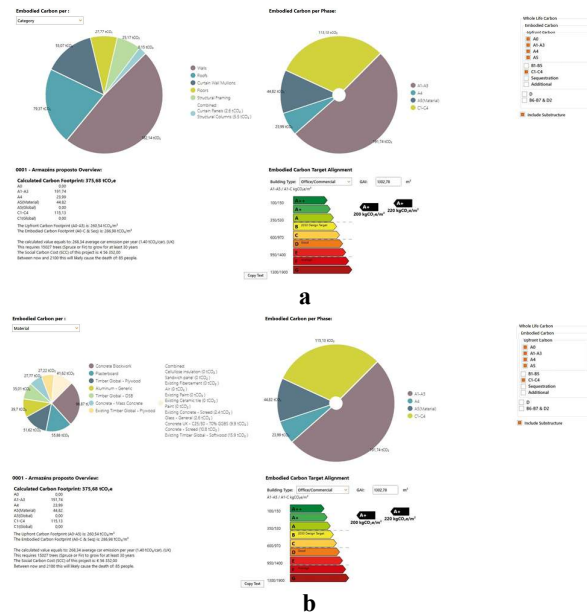


Fig. 20. a) Pegada de carbono por categoria; b) Pegada de carbono por material

Após a extração dos dados de carbonização das várias fases, foram produzidas as análises comparativas. É de salientar que a análise de ciclo de vida fornecida pelo Carbon não contabiliza o desfasamento temporal entre as duas intervenções, simulando-se o desfasamento através de uma folha de cálculo (ocorreu correção manual dos dados exportados), para produzir um gráfico comparativo (Fig. 21).

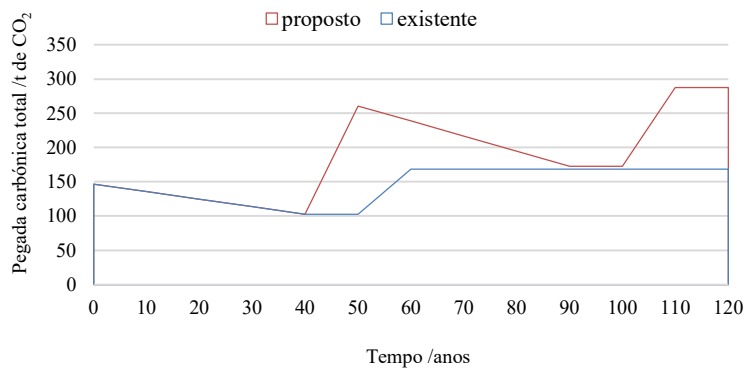


Fig. 21. Simulação do ciclo de vida com desfasamento temporal.

Da análise dos gráficos, conclui-se que, no edifício existente, as fases que mais contribuem para as emissões de carbono são as fases A1-A3 (cerca de 47%), seguidas das fases C1-C4 (cerca de 31%), sendo as fases A4-A5 as que têm menor impacto (cerca de 22%). Entre os materiais que mais contribuem para as emissões de carbono, a alvenaria é o mais significativo (cerca de 46%).

Na intervenção proposta, as fases que mais contribuem para a pegada de carbono são a A1-A3 (cerca de 44%), seguida das fases C1-C4 (cerca de 42%), sendo as fases A4-A5 as de menor impacto (cerca de 14%). Entre os materiais que mais contribuem para as emissões de carbono, destaca-se a placa de gesso cartonado (cerca de 21%).

Na análise combinada dos elementos existentes e propostos, as fases que mais contribuem para a pegada de carbono são a A1-A3 (cerca de 51%), seguida das fases C1-C4 (cerca de 31%), sendo as fases A4-A5 as que representam o menor impacto (cerca de 18%). Entre os materiais que mais contribuem para as emissões de carbono, destaca-se a alvenaria (cerca de 26%).

5 Considerações finais

O impacto do BIM no desenvolvimento de tecnologias para apoiar a renovação urbana, visando a eficiência energética, é patente no desenvolvimento do fluxo de trabalho com a articulação entre o ENVI_met e o Revit. Simulou-se um processo em que as decisões de gestão urbana não fossem no âmbito das percepções subjetivas e sim numa abordagem orientada por dados concretos. Pretendia-se que este fosse contínuo e colaborativo entre as plataformas, para demonstrar a sua exequibilidade e o potencial para alterar a forma como o tecido urbano é visto e gerido. Neste fluxo de trabalho, o BIM:

- Definiu a zona de intervenção;
- Caracterizou o contexto energético dessa zona;
- Gerou a representação digital do edifício a intervir;
- Analisou a pegada de carbono do existente;
- Foi parte do processo de renovação do edificado, de acordo com o espírito dos conceitos defendidos pela *Passivhaus*;
- Analisou a pegada de carbono da proposta arquitetónica.

A metodologia adotada integrou uma série de adaptações aos processos planeados inicialmente para superar desafios técnicos e garantir a eficácia e fluidez do fluxo de trabalho. As plataformas utilizadas QGIS, ENVI_met e Revit não se encontram num grau de maturidade que permitisse implementar a permuta de dados pretendida dentro do período de tempo permitido para realizar o trabalho e apesar da interoperabilidade não ter sido total e o operador humano ter intervindo mais na troca de dados do que o planeado, o processo demonstra o potencial desta tecnologia.

Relativo ao estudo de caso, conclui-se que a nuvem de calor apresenta variação de temperatura de 3,14 °C, facto para o qual contribui a praça com zonas de vegetação e o pavimento de cor clara. Conclui-se também que a intervenção nos edifícios gera carbonização, logo o maior ganho a retirar é a manutenção do imóvel e a extensão da sua vida útil. Propõe-se soluções construtivas que a longo prazo têm uma pegada de carbono menor que as soluções originais, no entanto, a carbonização resultante da sua demolição é superior à dos materiais originais.

O modelo BIM, os *Digital Twins* (DT) e os *City Information Models* (CIM) respondem a usos diferentes e por isso possuem estruturas de dados especializadas. O BIM, é ideal para planeamento e execução detalhada de projetos, os DT fornecem uma representação dinâmica e em tempo real dos ativos, enquanto os CIM trabalham em escalas urbanas, integrando dados geoespaciais e

infraestruturais. A criação de uma representação digital que agregue essas três facetas para consulta e uso corrente, em vez de três modelos separados, exige mecanismos que permitam filtrar, tratar e disponibilizar os dados necessários aos diferentes intervenientes no processo, assegurando a interoperabilidade e a eficiência no uso das ferramentas.

No decurso da realização deste trabalho os autores concluem que esta metodologia apresenta potencial tanto na promoção da eficiência energética como da sustentabilidade urbana e está em linha com o objetivo de criar cidades inteligentes, não só na implementação tecnológica como na adoção de práticas sustentáveis, no entanto possui vários desafios técnicos que precisam de ser superados para alcançar o seu pleno potencial.

No futuro, espera-se que a integração entre estas três facetas evolua para criar ecossistemas totalmente conectados, permitindo uma gestão urbana mais inteligente, sustentável e resiliente. Com avanços na interoperabilidade e no uso de inteligência artificial, essas tecnologias poderão gerar simulações em tempo real que permitirão intervenções proativas e otimizadas no ambiente urbano. Além disso, a democratização do acesso a essas plataformas permitirá que os vários intervenientes colaborem em decisões baseadas em dados, promovendo uma governação mais transparente e inclusiva. Essa evolução não só reduzirá o impacto ambiental das cidades, mas também impulsionará a criação de espaços urbanos mais habitáveis, resilientes às mudanças climáticas e adaptados às necessidades dinâmicas das populações.

Referências

1. EUROPEAN COMMISSION. - **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the revision of the Strategic Energy Technology** [online]. (SET). 2023. [Consult. 30 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0634>>
2. EUROPEAN COMMISSION. - **A European strategic energy technology plan (SET Plan) - Towards a low carbon future.** [online]. 2007 [Consult. 25 fev. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0723>>.
3. UNITED NATIONS (UN). SECRETARY-GENERAL; WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT - **Report of the World Commission on Environment and Development: note / by the Secretary-General.** [online]. 1.ª ed. Nova Iorque: ONU, 1987. [Consult. 20 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>>
4. UNITED NATIONS (UN). GENERAL ASSEMBLY - **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development: resolution / adopted by the General Assembly.** [online]. 1.ª ed. Nova Iorque: ONU, 2015. [Consult. 20 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://digitallibrary.un.org/record/3923923?v=pdf>>
5. HOPFE, C.; MCLEOD, R. - **The Passivhaus Designer's Manual** [Ebook]. 1.ª ed. Londres: Routledge, 2015. ISBN 978-1-315-72643-4.
6. PACHAURI, R. K., & REISINGER, A. (eds.) - **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** 1.ª ed. Genebra: IPCC, 2007.
7. LOMBARDO, M. - **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** 1.ª ed. São Paulo: Hucitec, 1985. ISBN 978-3-330-01988-1
8. TEIXEIRA, C. - **Análise de Ciclo de Vida: Princípios metodológicos.** 1.ª ed. Vila Real: UTAD, 2013. ISBN 978-989-704-087-0.
9. WASSOUF, M. - **De la casa pasiva al estándar Passivhaus.** [Ebook]. 1.ª ed. Barcelona: Editorial GG, 2014. ISBN 978-84-252-2636-6.

10. GLAESSGEN, E.; STARGEL, D. - **The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles**. [online]. 2012. [Consult. 31 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Digital-Twin-Paradigm-for-Future-NASA-and-U.S.-Glaessgen-Stargel/733d40c04be482d38dbd21f82b81e0fc890b6669>> DOI: 10.2514/6.2012-1818
11. PAN, Y.; HU, Z.; BRILAKIS, I. - **Digital Twins and Their Roles in Building Deep Renovation Life Cycle. Disrupting Buildings: Digitalisation and the Transformation of Deep Renovation Cap. 6** [Ebook]. 1.^a ed. Cham: Palgrave Macmillan. 2023. ISBN 978-3-031-32309-6
12. EASTMAN, C. M.; WANG, F.; YOU, S.-J.; YANG, D. - Deployment of an AEC industry sector product model. **Computer-Aided Design**. [online]. vol. 37, 2005 [Consult. 27 fev. 2024]. Disponível na internet: <URL: https://www.researchgate.net/publication/222576191_Deployment_of_an_AEC_industry_sector_product_model>. DOI: 10.1016/j.cad.2004.11.007
13. MACEDO, M. - **Digital Twins vs. Building Information Modeling (BIM)**. [online]. 2019. [Consult. 25 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twins-vs-building-information-modeling-bim-mariana-macedo/>>
14. KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A. - European smart cities: The role of zero energy buildings. **Sustainable Cities and Society**. [online] vol. 15. 2015. [Consult. 25 jan 2024]. Disponível na internet: <URL: [https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/bim-e-digital-twins-transformacao-digital-na-gestao-da-infraestrutura/](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670714001383#:~:text=In%20this%20effort%2C%20the%20zero%20energy%20buildings%20%28ZEB%29,ZEB%20principle%20towards%20achieving%20smart%20cities%20in%20Europe.> DOI: 10.1016/j.scs.2014.12.003
15. MARTINS, V. - BIM e Digital Twins: Transformação digital na gestão da infraestrutura. [online]. 2022. [Consult. 24 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL:
16. XU, X.; DING, L.; LUO, H.; MA, L. - Building Information Modeling to City Information Modeling. In **ITcon - Journal of Information Technology in Construction**. [online] 2014. [Consult. 18 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <http://www.itcon.org/2014/17/>> ISSN: 1874-4753.
17. GONG, J.; ZHU, Q.; SUI, H.; SONG, C. - Key issues for data transformation from CAD to GIS. In **Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering**. [online] vol. 3., 2003. [Consult. 16 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Key-issues-for-data-transformation-from-CAD-to-GIS-Cheng-fang/57e8833c90442eb6c43d76d02ee28777da29fb3a#citing-papers>>
18. MOLNÁR, G.; GYÖNGYÖSI, A. Z.; GÁL, T. - Modeling of Urban Heat Island Using Adjusted Static Database. **Idojaras**. [online] 2019. [Consult. 14 jan. 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://real.mtak.hu/120945/>. DOI: 10.28974/idojaras.2019.3.7.
19. SOOMRO, K.; BHUTTA, M. N. M.; KHAN, Z.; TAHIR, M. A. - Smart City Big Data Analytics: An Advanced Review. In **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**. [online] vol. 9, n.º 5, 2019. [Consult. 13 jan 2024]. Disponível na internet: <URL: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/848146>> DOI: 10.1002/widm.1319.
20. RAMOS, F.; TRILLES, S.; TORRES-SOSPEDRA, J.; PERALES, F. J. - New Trends in Using Augmented Reality Apps for Smart City Contexts. In **ISPRS International Journal of Geo-Information**. [online] 2018. [Consult. 25 jan 2024]. Disponível na internet: <URL: https://www.researchgate.net/publication/329663405_New_Trends_in_Using_Augmented_Reality_Apps_for_Smart_City_Contexts#fullTextFileContent> DOI: 10.3390/ijgi7120478

[Página em Branco]

BIM na Reabilitação: Estratégia e Metodologia

Nuno Mota ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁰⁻⁵²³⁶⁻³⁷⁰⁹ e Sara Cabral ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁰⁻⁹⁰³⁰⁻⁹⁵⁸⁶

Abstract. The rehabilitation of buildings is not only relevant but also necessary to meet the energy improvement and sustainability goals set by the European Union. Therefore, it is urgent to simplify and promote the implementation of BIM (Building Information Modelling) to ensure and enhance a collaborative and effective process in rehabilitation. First, a literature review is conducted, analyzing methods and studies related to the implementation of BIM in rehabilitation projects, with the aim of identifying the advantages and disadvantages of this methodology, verifying how it can help overcome specific challenges in rehabilitation projects. Implementing BIM in rehabilitation requires an initial effort to collect and compile data to obtain an accurate BIM model of existing conditions. The importance of assigning BIM uses to the model of existing conditions *a priori* and their correspondence with levels of development was also considered since these define the granularity of the model's information and its suitability for future BIM uses to meet the project's objectives. Finally, it is important to establish a direct relationship between BIM uses and the necessary level of information for them. So much so, that three categories were defined to delineate the extent of the intervention on the building - Superficial, Partial, or Total - and the corresponding levels of information were assigned to each. Although the level of information in the models can be adjusted for each project, this approach facilitates the process, allowing a quick assessment of the effort required to start a rehabilitation project. Also, this matrix allows to analyze and validate an existing BIM model according to the BIM uses of the project.

Resumo. A reabilitação de edifícios não é apenas pertinente, mas também indispensável para alcançar as metas de melhorias energética e sustentabilidade definidas pela União Europeia. Assim, torna-se urgente simplificar e promover a adoção do BIM (*Building Information Modelling*), assegurando e reforçando um processo colaborativo e eficaz na reabilitação. Em primeiro lugar, realizou-se uma revisão da literatura para analisar métodos e estudos relacionados com a aplicação do BIM em projetos de reabilitação. Este esforço visou identificar as vantagens e desvantagens da metodologia BIM, compreender como esta pode contribuir para superar os desafios específicos de projetos de reabilitação e examinar as abordagens para a sua implementação. A implementação do BIM em reabilitação de edifícios requer um esforço inicial significativo para recolher e compilar dados, de forma a obter um modelo BIM rigoroso das condições existentes. Além disso, destaca-se a importância de definir antecipadamente os usos do BIM associados ao modelo das condições existentes e a sua relação com os níveis de granularidade da informação. Estes fatores determinam o nível de detalhe da informação no modelo e a sua adequação às utilizações futuras do BIM, em conformidade com os objetivos do projeto. Por último, é fundamental estabelecer uma correlação direta entre os usos BIM e o nível de informação necessário para os concretizar. Para tal, foram definidas três categorias que delimitam a extensão da intervenção no edifício - Superficial, Parcial ou Total - com os níveis de informação correspondentes atribuídos a cada uma. Embora possa ser ajustado de acordo com as especificidades de cada projeto, esta abordagem simplifica o processo, permitindo uma avaliação rápida do esforço necessário para dar início a um projeto de reabilitação. Adicionalmente, esta matriz possibilita a análise e validação de um modelo BIM existente em função dos usos BIM estabelecidos para o projeto.

Keywords: BIM, Rehabilitation, BIM implementation

1 Introdução

A recuperação e reabilitação de edifícios existentes é cada vez mais relevante e pertinente tanto a nível económico como ambiental. Na Europa, por exemplo, torna-se imperativo considerar a reabilitação de edifícios de forma a garantir o cumprimento das metas de eficiência energética e de sustentabilidade. Assim, é extremamente necessário criar condições para promover e facilitar a implementação BIM em projetos de reabilitação.

A metodologia BIM é já amplamente aplicada em novas construções de edifícios, sendo valorizada a eficácia no planeamento, coordenação e comunicação não só durante o projeto, mas principalmente por permitir abranger todo o ciclo de vida do edifício. No entanto, em casos de intervenções em edifícios existentes, reabilitações e reestruturações, surgem alguns desafios e condicionantes à implementação desta metodologia. Em parte, porque a reabilitação pressupõe, desde o início, a recolha e o processamento de grandes quantidades de informação para criar um modelo rigoroso do existente, mas também pelo desconhecimento sobre a sua aplicação e vantagens neste contexto [1].

Em projetos de reabilitação o BIM pode ser implementado com vários objetivos aos quais correspondem os usos BIM, sendo os mais comuns a visualização, coordenação, deteção de incompatibilidades, entre outros. No entanto, o ponto de partida inevitável é a criação do Modelo de Estado Atual, onde são reproduzidas as condições existentes do edificado. Este é o fator dissonante entre um projeto de reabilitação e um projeto de uma nova edificação. De facto, a este modelo está associado um esforço inicial de recolha e compilação de dados, vindos de diferentes fontes e muitas vezes dispersos, o que envolve custos acrescidos e conhecimento específico, principalmente quando se recorre a técnicas de levantamento digital.

O BIM, através da sua metodologia colaborativa, traduz-se numa representação precisa da geometria dos elementos, enquanto permite agregar vários tipos de informação, tornando-a rapidamente acessível por qualquer interveniente. Isto não só facilita a visualização e a comunicação de toda a informação preexistente (geométrica e não-geométrica), como também agiliza a coordenação da obra e a prevenção de erros.

Assim, pretende-se explorar as potencialidades e as vantagens que a aplicação da metodologia BIM pode trazer à área da reabilitação, dando especial atenção ao desenvolvimento e importância do Modelo de Estado Atual.

Através de uma revisão bibliográfica procura-se analisar métodos e casos de estudos relacionados com a implementação BIM em projetos de reabilitação, salientando boas práticas e lições aprendidas de forma a promover esta prática e desmistificar a sua associação exclusiva a novas construções, principalmente no sentido de permitir prever o esforço inicial e agilizar a informação necessária para o desenvolvimento de Modelos de Estado Atual.

2 Implementação BIM na Reabilitação

A implementação BIM num projeto, quer seja uma nova construção ou reabilitação, deve ser feita o mais cedo possível para garantir o acesso à informação para a tomada de decisões informadas e para definir as responsabilidades e os processos de colaboração entre todos os intervenientes. Para isso é necessário definir a estratégia BIM para o desenvolvimento do projeto, a clarificação das responsabilidades e procedimentos para a gestão da informação do projeto.

Segundo a ISO 19650-2, a implementação BIM surge com a definição dos requisitos de informação (EIR) pelo *Appointing Party*, onde se definem a informação e trocas de informação

necessárias para que se possa cumprir cada objetivo do projeto. Em resposta, o *Lead Appointed Party* apresenta o Plano de Execução BIM (BEP), onde são especificados os usos do modelo, os níveis de informação, os processos e métodos de colaboração, os *software* e ferramentas, e todas as especificações que permitem estabelecer um processo rigoroso de colaboração entre todas as partes de modo a cumprirem os objetivos iniciais do projeto [2].

Em praticamente toda a bibliografia consultada, é sempre referida a pertinência e importância dos requisitos de informação para o sucesso da implementação BIM¹.

Por exemplo, no caso da Expansão do *Bioenergy Research Demonstration Facility*, a falta de definição dos requisitos de informação condicionou todo o projeto, pois não permitiu que se estabelecessem os níveis de detalhe ou as responsabilidades das partes intervenientes, levando a um atraso significativo no desenvolvimento do projeto². De facto, neste caso, é referido que a falta do BEP originou flutuações nos objetivos BIM ao longo do desenvolvimento do projeto; a falta de análise da maturidade BIM das partes intervenientes, que era baixa (a maioria utilizava AutoCAD), obrigou a contratar um serviço externo para coordenação, a trocar informações muitas vezes através de desenhos 2D e relatórios e, à baixa interação direta com o modelo.

Para que o BIM seja implementado com sucesso é importante definir a informação mínima necessária e a utilidade dessa mesma informação. Isto é, a partir dos objetivos do projeto, devem-se estabelecer o mais cedo possível os usos BIM, que definem o uso futuro da informação e do modelo, assim como o nível de detalhe geométrico e não-geométrico, para garantir que contém a informação necessária em função do uso pretendido. Ambos condicionam diretamente a criação e/ou a validação do Modelo de Estado Atual e podem, consequentemente, pôr em causa todo o processo do projeto de reabilitação.

Através da bibliografia consultada foram revistos vários casos práticos da implementação BIM em projetos de reabilitação. A amplitude de uma intervenção num edifício existente pode variar, desde uma pequena melhoria ou operação de conservação até uma reestruturação e intervenção total do interior e exterior existente. Assim, considerou-se que o tipo de intervenção pode ser uma característica importante para ajudar a balizar o esforço inicial da criação ou validação de um Modelo de Estado Atual, bem como a permitir mais facilmente identificar a quantidade de informação necessária para cumprir os objetivos do projeto.

Tipo de Intervenção. Apesar de o nível de informação geométrica e não-geométrica dependerem dos usos BIM do projeto e de estes serem ajustados especificamente para cada projeto, a consideração do tipo de intervenção no início da implementação BIM pode beneficiar todo o processo de desenvolvimento do projeto, eliminando trabalhos excessivos e desnecessários e condicionando a atenção de acordo com a amplitude da intervenção que se pretende.

Foram definidas 3 categorias de tipo de intervenção em edifícios existentes:

- Superficial - projetos com a introdução de pequena melhoria do edifício, considerando operações para a manutenção de revestimentos, análise de patologias e tratamento localizado das mesmas;

¹ “Getting this right is critical; absence of clearly defined information requirements may increase the likelihood that delivery teams will not be able to provide complete and correct information to support decision-making and project progression.” Getting this right is critical; absence of clearly defined information requirements may increase the likelihood that delivery teams will not be able to provide complete and correct information to support decision-making and project progression.” [2]

² “criou muita incerteza tanto nos objetivos e nível de detalhe do processo BIM, bem como nas responsabilidades e autorias dos modelos” [3]

- Parcial - pequenos projetos de reabilitação que podem ser restritos a parte do edifício, incluindo alteração de programa ou intervenção apenas no interior do edifício;
- Total - projeto de intervenção em todo o edifício existente ou com implicações estruturais, incluindo projetos de ampliação.

A cada um destes tipos de intervenção poderá vir a ser associado um modelo de informação necessária que permitirá agilizar o processo de validação de um Modelo de Estado Atual existente, ou avaliar o esforço para a criação de um novo.

É importante salvaguardar que isto é uma generalização e que se deve ajustar à realidade e especificidade de cada projeto. Ou seja, no caso de um projeto com uma intervenção superficial, onde se pretende estudar alternativas de revestimento para o melhoramento da eficiência energética, o nível de detalhe geométrico é relevante, mas o nível de informação não-geométrica é maior do que se se tratar de um projeto de reabilitação total com o objetivo de fazer a coordenação e deteção de incompatibilidades, por exemplo. Com isto, pretende-se expor que a classificação do tipo de intervenção procura apenas restringir os objetivos do projeto e é dependente dos usos BIM.

2.1 Usos BIM

Antes do desenvolvimento do Modelo de Estado Atual é importante definir os seus usos BIM, especificando as aplicações do modelo durante o ciclo de vida do edifício e quais os objetivos. Quanto mais claros forem os usos BIM, melhor se definirá o seu alcance e nível de detalhe, tanto geométrico como da informação incluída³.

De acordo com a análise conduzida e a bibliografia consultada, os principais usos BIM em projetos de reabilitação são: o Modelo de Estado Atual, a coordenação 3D; a visualização; a deteção de incompatibilidades; e a estimativa de custos [4]. De facto, vários autores veem a implementação BIM em projetos de reabilitação como uma ajuda fundamental para evitar incongruências entre as especialidades, gerir a informação durante todo o ciclo de vida do edifício e antecipar decisões a ter em obra.

No exemplo da Expansão do *Bioenergy Research Demonstration Facility* o Modelo de Estado Atual foi utilizado para ajudar na tomada de decisões relativamente à instalação de um equipamento de grandes dimensões no espaço, garantindo uma melhor visualização do projeto e a previsão de erros na fase de construção [3].

No caso da Estação Agronómica Nacional, apesar de já existir um modelo BIM do edifício existente, este não era válido para fazer a análise energética do edifício, o que obrigou à criação de um novo Modelo de Estado Atual com a caracterização física dos elementos [5].

³ “The return on investment will depend on how clear we are about its uses. This could make the cost of the modelling much lower. Also, the savings of having a model will be more immediate by reducing the time spent searching for information and increasing the reliability of the data when undertaking modifications and works on the building... Owners and managers will have a reliable database accessible to all players, which centralizes the information of the entire building, improves efficiency during operation and reduces costs. This will help to anticipate necessary reparations and maintenance tasks. Finally, it also contributes to decision – making (...)” [4]

2.2 Níveis de Desenvolvimento

Aos usos BIM correspondem níveis de desenvolvimento que definem a granularidade da informação geométrica e não-geométrica necessária a atribuir ao modelo BIM para que se possam cumprir os objetivos do projeto.

Por exemplo no Palácio Nacional de Sintra [6] recorreu-se à criação de um Modelo de Estado Atual, estando definido nos requisitos de informação que além da geometria deveriam ser adicionados atributos com vários tipos de informação a cada elemento do modelo. Estes atributos, como por exemplo as propriedades mecânicas das paredes de alvenaria, permitiriam posteriormente desenvolver a análise sísmica com mais precisão.

Por outro lado, para o uso BIM de extração de quantidades e de estimativa de custos, no exemplo da Moradia P, foi criada uma família de paredes de demolições que permitiu extrair automaticamente as quantidades de demolições, o que reduz a margem de erro em relação a uma medição manual [7].

Portanto, em ambos os casos foram definidas *a priori* as informações, geométrica ou não-geométrica, necessárias para facilitar a interpretação da mesma, de acordo com finalidades específicas importantes para cumprir os objetivos do projeto. Isto é, sendo os usos BIM a análise sísmica no caso do Palácio Nacional de Sintra, ou a estimativa de custos na Moradia P, a criação de propriedades adicionais desde o início do projeto permitiu uma maior eficácia da comunicação e uso dessa informação.

3 O Modelo de Estado Atual como ponto de partida

O processo de um projeto de reabilitação começa pelo levantamento do edificado, podendo existir duas hipóteses: é fornecido um modelo BIM do existente, sendo, portanto, necessário fazer um controlo de qualidade e avaliar se o modelo foi criado corretamente para cumprir os usos BIM do projeto; ou não existe modelo BIM e é necessário criá-lo. Portanto, um uso BIM indispensável na reabilitação é, desde logo, a criação ou validação do Modelo de Estado Atual, uma vez que este servirá de base para o desenvolvimento do projeto.

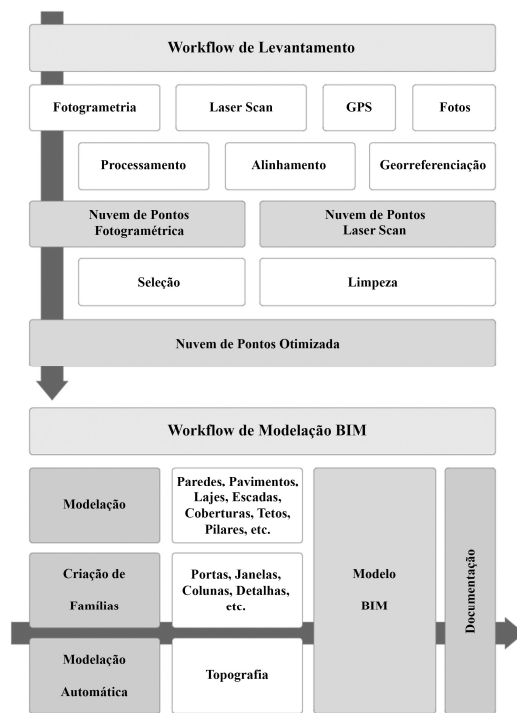


Fig. 1. Sugestão de workflow Scan-to-BIM⁴.

O modelo onde se agrega toda a informação aumenta a qualidade e eficácia da comunicação da mesma, permitindo registar a evolução de todas as intervenções efetuadas ao longo da sua existência. Isto permite a federação com modelos de diferentes especialidades e o registo de anomalias, incompatibilidades, fotos, entre outros elementos, servindo assim como ferramenta de gestão e agregação da informação rigorosa, atualizada e de acordo com o existente (Fig. 1).

3.1 Recolha de Informação

A recolha e análise de dados para levantamento das condições existentes torna-se primordial para a boa execução de um projeto de reabilitação e consequentemente para a sua construção e manutenção.

Uma boa precisão espacial e geométrica pode apoiar a tomada de decisões, sendo necessária uma base de dados onde toda a informação do edifício esteja atualizada e compatível com o existente. Para isso é importante executar-se uma recolha quantitativa e qualitativa de informação e proceder a uma avaliação pormenorizada do edificado existente para garantir maior fiabilidade na execução do projeto, minimizando eventuais contratemplos na execução da obra.

Normalmente, nos tradicionais desenhos 2D, em papel ou em CAD, que costumam ser o ponto de partida numa abordagem tradicional, é comum verificarem-se modificações feitas ao edifício ao longo do tempo que não foram atualizadas nestes formatos; ou que certas informações necessárias

⁴ Figura adaptada. [8]

não estão documentadas; ou que existem desenhos que se contradizem entre si. Esta documentação obsoleta, incompleta e muitas vezes dispersa, não só dificulta a interpretação rigorosa do edifício existente, como também gera níveis de incerteza e pode potencializar os erros de projeto ⁵.

Um modelo BIM de um edifício existente permite integrar toda a informação acerca do edifício de forma organizada, permitindo antecipar erros no desenvolvimento e na conceção do projeto, tornando-se num repositório gráfico e informativo atualizado do resultado [9].

A fase de levantamento é a que mais diferencia um projeto de reabilitação de um projeto de raiz, onde a informação vai sendo agregada ao modelo de forma gradual. É importante nesta fase estabelecer requisitos na recolha dos dados, como por exemplo, definir quais os elementos que se pretendem manter ou quais os elementos que necessitarão de um maior nível de detalhe na fase de modelação, pelo que haverá necessidade de um levantamento mais exaustivo.

Existem tecnologias que possibilitam a recolha de dados geométricos do estado atual do edifício com rigor, mas não fornecem toda a informação não-geométrica necessária. Só depois de toda a informação ser manipulada, organizada e compilada num modelo BIM é que se pode ter uma visão muito mais ampla do edifício.

Levantamentos Digitais. Têm surgido tecnologias com a finalidade de tornar o processo de documentação gráfica de um edifício existente mais preciso e menos moroso, substituindo a medição direta e manual por levantamentos digitais, destacando-se o *laser scan* 3D ou a fotogrametria digital, ambos com possibilidade de integração em *software* BIM.

Estas tecnologias permitem a recolha detalhada e não destrutiva da geometria, gerando representações tridimensionais do edificado existente que permitem uma rápida análise da situação atual do edifício. Assim, podem auxiliar na conservação, reabilitação, reparação, monitorização, gestão de ativos e até como recurso visual para efeitos de comunicação e documentação do património construído, fornecendo também uma contextualização para futuras alterações.

O *laser scan* permite o varrimento de superfícies de objetos, capturando um grande volume de dados num curto espaço de tempo, que gera uma representação geométrica com grande precisão através de nuvens de pontos [9]. Depois de manipulada pode ser integrada num *software* BIM, contribuindo para o aumento da informação para a execução do projeto, auxiliando na coordenação e colaboração espacial entre os vários intervenientes. Assim, substitui um trabalho que outrora se revelava demorado, subjetivo e propenso a erros, sem utilizar técnicas invasivas ou destrutivas.

No entanto, o recurso a estas tecnologias exige equipamentos dispendiosos e frágeis, longos períodos de levantamento e operadores formados para a sua utilização, tanto na captação como no posterior tratamento da informação recolhida, uma vez que não é possível a sua total automatização. Para além disso, a grande quantidade de informação gerada pelos levantamentos digitais obriga ao recurso de equipamento informático com grande capacidade para suportar a partilha, análise e manipulação destes modelos [10].

A fotogrametria é um dos métodos mais eficazes e económicos para realizar um levantamento 3D, porquanto utiliza dados de entrada derivados de fotografias e produz dados de saída, como mapas, desenhos, medições ou representações 3D de objetos. Também estabelece relações entre a

⁵ “À reabilitação está inerente em muitos casos a ausência de conhecimento sobre as condições atuais do edifício, que advêm principalmente da inadequada ou inexistente atualização da informação referente ao estado do edifício, agravada pelo inevitável envolvimento de vários profissionais ao longo da sua vida. Assim, estes obstáculos traduzem-se na ausência de documentação adequada para o apoio à equipa de projeto, que se depara com a tarefa de encontrar informação sobre o edifício que possa estar desatualizada ou até mesmo incompleta, em múltiplos formatos e vinda de múltiplos profissionais com intervenções prévias no edifício.” [1]

informação geométrica de um objeto e imagens digitais através de medições obtidas com dispositivos portáteis, muitas vezes recorrendo a UAS [9].

No entanto, a fotogrametria apresenta algumas limitações, tais como: precisão limitada; condições atmosféricas e de iluminação desfavoráveis; oclusões e superfícies com reflexão; limitações de escala; necessidade de tempo e recursos; pontos de referência comuns em várias imagens; a própria distorção da lente do equipamento que pode afetar a sua precisão.

Na Tabela 1 comparam-se as características das técnicas de levantamento [4].

Tabela 1. Comparação das características dos meios de captura de dados⁶.

Caraterísticas	Técnicas de Levantamento		
	Laser Scan	Fotogrametria	Técnicas Tradicionais
Aplicação a edifícios existentes	Sim	Sim	Sim
Custo	Alto	Médio	Baixo
Tempo	Médio	Rápido	Lento
Precisão Espacial	Alto	Alto	Baixo
Influência do Tamanho e Complexidade do Local	Alto	Alto	Baixo
Influência da Condição Ambiente	Alto	Alto	Baixo
Importabilidade para BIM	Alto	Alto	Baixo
Volume de Dados	Alto	Médio	Baixo
Nível de Automação	Médio	Médio	Baixo
Operabilidade	Baixo	Médio	Alto
Portabilidade dos Equipamentos	Baixo	Alto	Alto
Durabilidade e Robustês dos Equipamentos	Médio	Alto	Alto

3.2 Criação de um Modelo de Estado Atual ou validação de modelo existente

Os *software* de modelação BIM estão muito direcionados para os projetos de novas edificações, com repetição e standardização de elementos. Isto não se verifica em edifícios existentes, onde muitas vezes existem especificações únicas e complexas, como por exemplo paredes que não são verticais, com deformações ou inclinações, ou outros elementos que embora se pareçam semelhantes têm dimensões distintas [1]. No exemplo da Geradora de Paços Reais foi necessário criar famílias específicas de portas, uma vez que as famílias nativas do Revit apenas assumem os cortes na parede como retangulares, sendo que neste caso eram chanfrados [11].

Para além disso, caso o modelo tenha por base um levantamento digital, durante a fase de modelação é necessário ter atenção ao controlo de precisão da modelação, sendo por vezes necessário recorrer a *software* adicionais de cálculo de desvio entre a nuvem de pontos e a modelação, a verificação visual dos desvios, ou efetuar comparações entre o levantamento topográfico, a nuvem de pontos e o modelo.

Um valor acrescido e cada vez mais pertinente é considerar o ciclo de vida completo do edifício, o que pressupõe que a informação a disponibilizar sobre o mesmo deve poder ser acessível e gerida durante vários anos. Assim, torna-se evidente a necessidade e a importância da interoperabilidade como garantia de transmissão de informação, não só para o desenvolvimento do projeto, mas também para o futuro - operação, manutenção e demolição [4].

⁶ Tabela traduzida pelos autores. [4]

No caso de já existir um modelo previamente elaborado ou que foi subcontratado a outras equipas, torna-se necessário avaliar se este se encontra apto para continuar a ser desenvolvido no projeto de reabilitação ou se será necessária uma nova modelação ou eventuais retrabalhos. Isto é, verificar, de acordo com os objetivos do projeto e os usos BIM definidos, se o modelo possui a informação necessária para dar seguimento ao projeto.

A Fig. 2 representa os processos de criação de modelo BIM para o projeto de um edifício novo e para um projeto de reabilitação de um edifício existente.

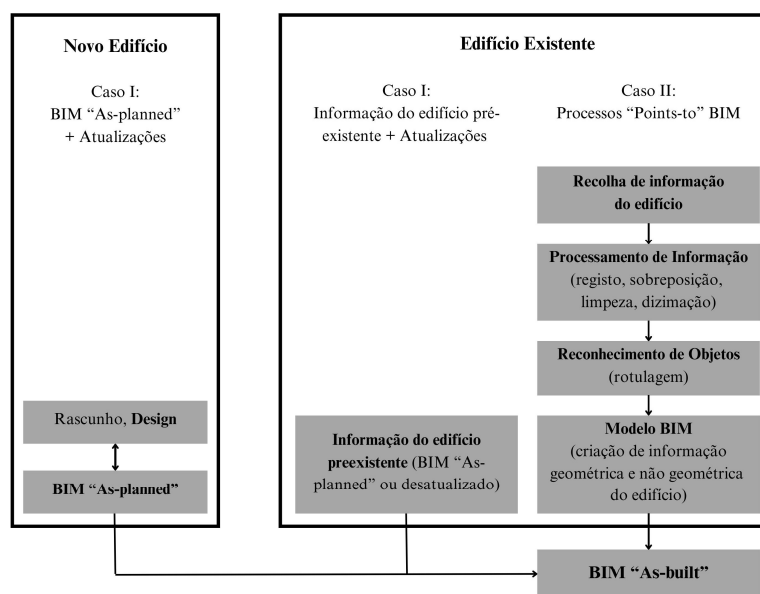


Fig. 2. Criação do modelo BIM, novo vs. existente⁷.

Nível de precisão e nível de detalhe do Modelo de Estado Atual. Dadas as limitações dos próprios *software* de modelação BIM, muito direcionados para a construção de edificação nova, com repetição e standardização de elementos, o que não se verifica em edifícios existentes que muitas vezes têm particularidades únicas e complexas, como por exemplo paredes com deformações ou outros elementos de geometria complexa⁸, torna-se necessário avaliar previamente o nível de detalhe geométrico desses objetos e de que forma a sua caracterização espacial e geométrica é relevante para o projeto de reabilitação, uma vez que a sua modelação consome tempo e obriga muitas vezes a uma intervenção em cada elemento, tornando-se necessário definir qual a tolerância na sua modelação e se vale ou não o esforço aplicado [11].

A partir da definição dos objetivos e dos níveis de precisão e detalhe é possível estabelecer estratégias para a modelação, permitindo atingir um modelo com um nível de desenvolvimento

⁷ Esquema adaptado pelos autores. [4]

⁸ "A falta de uniformidade da geometria e as imperfeições presentes na realidade, são pontos a ter em consideração de forma que as decisões e abordagens a serem adotadas sejam feitas conscientemente." [1]

específico – LOD *Level of Development* – e de acordo com a informação que contém, sendo que o LOD deve ser também definido no começo do processo de modelação [4]. A definição do nível de desenvolvimento a atingir no modelo garante a delimitação do trabalho e baliza a modelação, evitando que esta seja tanto exagerada como reduzida.

Para além disso, a eficácia do modelo é garantida pela quantidade e qualidade da informação agregada, ou seja, ao nível de detalhe definido pelo BEP⁹.

Nos Guias de Usuários BIM aplicados ao património histórico e ao Modelo de Estado Atual, publicados pela *Spanish Chapter* da *buildingSmart*, é sugerido que no processo de tomada de decisões se distingam os conceitos de precisão e nível de detalhe [12]. Ou seja, a precisão refere-se às informações métricas, à geometria e às dimensões reais dos objetos, devendo essa precisão estar definida desde o início do projeto. Já o nível de detalhe diz respeito ao nível de conhecimento e à quantidade de informação incorporada, onde se podem incluir considerações sobre a materialidade, sistemas construtivos ou anomalias.

Ainda de acordo com os Guias de Usuários BIM da *Spanish Chapter* da *buildingSmart*, são estabelecidos três níveis de precisão a aplicar aos Modelos de Estado Atual, que definem tolerâncias dimensionais: Nível 1 – Modelo Espacial, Nível 2 – Modelo de Elementos de Construção e Nível 3 – Modelo de Elementos de Construção Ampliado.

A partir da definição dos objetivos e dos níveis de precisão e detalhe é possível estabelecer estratégias para a modelação, permitindo atingir um modelo com um nível de desenvolvimento específico, garantindo a delimitação do trabalho e balizando a modelação, evitando que esta seja tanto exagerada como reduzida.

Outra questão a atender prende-se com as informações desconhecidas, incompletas ou indisponíveis, como por exemplo a composição de paredes ou coberturas, entre outros, o que obriga a definir qual a abordagem a ter na sua modelação. Este tipo de informações pode ser adicionado ao modelo já na fase de construção, como parte do modelo *As-built*, e ajustadas durante a sua evolução; ou pode passar pela modelação por suposição, seguindo a recomendação da *Spanish Chapter* da *buildingSMART* com a atribuição de níveis de precisão ou ainda pela associação de parâmetros que sinalizem a falta de certeza quanto à sua composição ou geometria. No exemplo do Convento dos Capuchos de Alferrara foram atribuídas cores a cada elemento modelado de acordo com o grau de certeza, sendo posteriormente acrescentados comentários¹⁰.

A informação não-geométrica. Tal como referido, a informação não-geométrica permite uma tomada de decisões mais informada a longo prazo. No caso de um projeto de reabilitação pode ser uma mais valia complementar o modelo BIM com informação relativa a anomalias, graus de degradação, a constituição dos elementos, entre outros.

Aplicado a edifícios históricos ou de carácter patrimonial, surge o conceito de *Heritage Building Information Modeling* (HBIM), uma vez que com o potencial das novas tecnologias, sem a necessidade de ensaios destrutivos, é possível realizar levantamentos com *laser scan* ou

⁹ “O custo e tempo inicial que é necessário investir no seu desenvolvimento, serão compensados a longo prazo, já que ao fornecer dados rigorosos para uma adequada reabilitação/manutenção do edificado permite a respetiva diminuição de custos” [1]

¹⁰ “Análise do modelo 3D por categorias: Foram criados quatro filtros, correspondentes a quatro categorias. Estes filtros foram associados a quatro cores, o amarelo, o rosa, o roxo e o laranja, sendo cada um deles aplicado ao elemento que lhe pertence e associado a um determinado grau de certeza. Após a aplicação do filtro aos respetivos elementos, foram adicionados comentários, nas descrições de alguns deles, para permitir visualizar os diferentes critérios e factos que contribuíram para a atribuição desta cor ao elemento.” [13]

levantamentos fotogramétricos, fazendo uma deteção remota de alta resolução que permite captar dados relacionados com o estado de preservação do edificado ou características físicas da construção. Existem vários exemplos de HBIM onde o uso de informação não-geométrica no modelo BIM resultou como uma mais-valia ao longo do desenvolvimento do projeto, tanto de conservação como de reabilitação.

Se for relevante para a fase de projeto ter um registo de anomalias ou deformações, essa informação pode ser incorporada no modelo, como no exemplo dos armazéns vinícolas em Vila Nova de Gaia, onde foi possível fazer uma quantificação das deformações encontradas e agilizar a visualização do estado de conservação dos elementos de madeira [9].

No exemplo do Palácio Nacional de Sintra foram criados atributos no Revit de forma a incluir informações não-geométricas relativas ao tipo de documentação, à composição e propriedades dos elementos, e ao estado de conservação dos mesmos ¹¹.

Um outro exemplo é o caso do antigo Pavilhão Rosa Mota, onde se comprova a eficácia do Modelo de Estado Atual através da criação de objetos aos quais era agregada informação resultante da identificação de anomalias *in situ* [9].

4 Considerações Finais

Dos exemplos recolhidos e analisados pode-se verificar que grande parte das intervenções em edifícios existentes, ou de estudos relacionados com reabilitação, consistem em aplicações em património histórico de maior escala e com objetivos de preservação/conservação/gestão. Os poucos exemplos encontrados de intervenções de menor escala serviram de teste para a implementação da metodologia BIM, onde o modelo foi usado como forma de validação/teste de projeto, coordenação entre as especialidades e ferramenta de visualização para a tomada de decisões.

No planeamento da implementação do BIM em projetos de reabilitação deu-se especial relevância à definição dos usos BIM, que garantem que se cumprem os objetivos do projeto. Visto que as principais dificuldades nos projetos de reabilitação de edifícios se prendem com as incoerências, a falta de informação e a imprevisibilidade associada, ou seja, na generalidade na gestão da informação obtida sobre as condições existentes, a definição dos usos BIM desde o início é fulcral para garantir a produtividade e eficácia desta metodologia, bem como para definir o nível de desenvolvimento do Modelo de Estado Atual e permitir validar um modelo BIM existente.

A interoperabilidade é uma questão fundamental para garantir o acesso à informação durante todo o ciclo de vida do edifício. No entanto, pode-se verificar algumas condicionantes na partilha da informação específica referente às condições existentes através de formatos não-proprietários, o que deve ser analisado com mais pormenor.

¹¹ “informações históricas (por exemplo, documentação sobre obras de reabilitação), tipo ou composição dos elementos (por exemplo, descrição da argamassa), propriedades do material (por exemplo, adquiridas de testes experimentais *in situ* que descrevem a estrutura e que são usadas para as análises subsequentes) e gestão de atributos relacionados (por exemplo, relatórios sobre o estado de conservação)”. [6]

4.1 Vantagens e Desvantagens

A metodologia BIM é cada vez mais pertinente, e até mesmo necessária, por permitir ter uma abordagem colaborativa e garantir um processo mais eficiente e sustentável, abrangendo todo o ciclo de vida do edifício. No entanto, o BIM ainda continua a ser muito associado a novas construções, sendo considerado desafiador quando aplicado a edifícios existentes.

No caso particular de projetos de reabilitação, a maioria dos edifícios existentes não dispõe de modelos BIM, e caso exista pode mesmo assim não ser útil para os usos BIM do projeto. Portanto, é necessário recolher e compilar dados do edifício existente que devem ser posteriormente agregados num modelo BIM, o que se revela muitas vezes uma tarefa difícil e demorada, dada a falta de autonomização dos processos de levantamentos digitais.

De facto, dentro da metodologia BIM, uma das diferenças de um projeto de reabilitação em relação a um projeto de uma nova edificação é a fase acrescida de levantamento e de desenvolvimento de um Modelo de Estado Atual. A abordagem a seguir no desenvolvimento deste modelo deve ser também definida *a priori*, uma vez que os edifícios existentes apresentam muitas vezes condicionantes formais e físicas para os quais os *software* de modelação podem não estar preparados ou que exijam muito tempo de modelação, bem como possuírem elementos sem informação ou até elementos decorativos com demasiado detalhe, pelo que devem ser criados critérios claros para a modelação face a estas situações. Para isso, os usos BIM a atribuir a este modelo devem estar claramente definidos desde o início e o Modelo de Estado Atual a criar deve estar preparado para outros futuros usos BIM que decorrerão do desenvolvimento do projeto de reabilitação.

Por outro lado, a necessidade de reabilitar edifícios é cada vez maior e mais pertinente, principalmente nos centros urbanos. A implementação do BIM é sem dúvida uma mais-valia em projetos de reabilitação, permitindo contornar as principais dificuldades que lhe são inerentes.

O BIM pode ajudar a trabalhar com as condicionantes de uma reabilitação por garantir uma maior precisão relativa às condições existentes, permitindo melhorar a visualização das mesmas para uma tomada de decisões mais informada, e, conseqüentemente facilitando a colaboração e coordenação do projeto. Ao mesmo tempo que permite antecipar erros ou incoerências, muitas vezes só detetáveis na fase de construção, evitando erros e custos adicionais. Sintetizando, o esforço inicial aplicado ao Modelo de Estado Atual pode revelar-se vantajoso em fase de projeto, aumentando a produtividade, reduzindo tempo de trabalho e diminuindo os custos associados [14].

Concomitantemente, o BIM permite abordar o edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida, introduzindo as fases de manutenção, operação e desmantelamento, acrescentando valores ao projeto, nomeadamente na questão da sustentabilidade.

A Tabela 2 apresenta as vantagens e desvantagens do recurso ao BIM em projetos de reabilitação.

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da aplicação do BIM em projetos de reabilitação.

BIM na Reabilitação	
Vantagens	Desvantagens
- Agregação de informação; - Acessibilidade da informação às equipas intervenientes no projeto; - Facilita o fluxo de trabalho e a tomada de decisões ao longo do desenvolvimento do projeto; - Antecipa possíveis incompatibilidades e potenciais obstáculos na fase de construção; - Visualização; - Comunicação; - Extração de quantidades e custos associados; - Permite disponibilizar informação para gestão de ativos nas fases de operação e manutenção.	- Investimento inicial elevado; - Necessidade de profissionais qualificados ou de formação específica; - Custo elevado em <i>software</i>; - Falta de famílias de objetos para caracterizar ornamentos ou pormenores específicos; - Perda de informação na troca de IFCs; - Esforços e retrabalhos desnecessários caso os EIR e o BEP não sejam devidamente implementados.

4.2 Questões em aberto

Considera-se ainda, que futuramente será importante aprofundar a recolha e análise de mais casos de estudo, preferencialmente referentes a obras de reabilitação de diferentes escalas, programas e tipos de intervenções, uma vez que a maioria dos exemplos encontrados se referem à reabilitação de património ou edifícios institucionais de grande escala, e que, naturalmente, dispõem de mais recursos.

Será também interessante aprofundar a temática do CDE - *Common Data Environment* - verificando métodos de organização da informação referente ao Modelo de Estado Atual, por exemplo [15].

Dentro do próprio modelo será necessário abordar questões relativas à nomenclatura e a uma estrutura de atributos IFC que permita a transmissão de informação referente a informações complementares do Modelo de Estado Atual entre os intervenientes, sem que haja perdas de informação, entre outras abordagens possíveis [4].

Referências

1. TANG, P., HUBER, D., AKINCI, B., LIPMAN, R., e LYTLER, A. - Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. In **Automation in Construction** [online]. vol.19, N°7 (2010), p.829-843. [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.007>. ISSN 0926-5805.
2. UK BIM FRAMEWORK - Guidance Part D - Developing information requirements. In **Information Management according to BS EN ISO 19650** [online]. Reino Unido: UK BIM Framework, 2021 [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL: https://www.ukbimframework.org/wp-content/uploads/2021/02/Guidance-Part-D_Developing-information-requirements_Edition-2.pdf>.

3. ZADEH, P. A.; HAN, S.; STAUB-FRENCH, S. - Exploring BIM Implementation Challenges in Complex Renovation Projects: A Case Study of UBC's BRDF Expansion. In **Applied Sciences** [online]. vol.13, Nº23 (2023). [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://doi.org/10.3390/app132312563>. DOI 10.3390/app132312563.
4. VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. - Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs. In **Automation in Construction** [online]. vol.38 (2014), pp.109-127. [Consult. 7 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>. ISSN 0926-5805.
5. RAFEIRO, J., TOMÉ, A. - Adapting the Tool: A Historic Building Information Model (HBIM) of Senhora da Piedade da Caparica. In **ptBIM 2020 - 3º Congresso Português de Building Information Modelling** [online]. (2020), p.689-696. [Consult. 12 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL: https://www.researchgate.net/publication/346659149_Adapting_the_Tool_A_Historic_Building_Information_Model_HBIM_of_Senhora_da_Piedade_da_Caparica>. DOI 10.24840/978-972-752-272-9_0689-0696
6. MACHETE, R.; GODINHO, M.; PONTE, M.; BENTO, R.; FALCÃO, A. P.; GONÇALVES, A. - BIM em intervenções de conservação e de reabilitação do património: Uma aplicação ao Palácio Nacional de Sintra. In **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas** [online]. vol.III (2020), p.55-62. [Consult. 1 Mar. 2024]. Disponível na internet: URL:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://rpee.lnec.pt/Ficheiros/rpee_serieIII_n13/rpee_sIII_n13_pg55_62.pdf .
7. ANIL, E.; TANG, P.; AKINCI, B.; HUBER, D. - Assessment of Quality of As-Is Building Information Models Generated from Point Clouds Using Deviation Analysis. In **Proceedings** [online]. vol. 7864 (2011). [Consult. 9 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://doi.org/10.1117/12.876554>. DOI 10.1117/12.876554
8. ROCHA, G.; MATEUS, L.; FERNÁNDEZ, J.; FERREIRA, V. - A Scan-to-Bim Methodology Applied to Heritage Buildings. In **Heritage** [online]. vol.3,Nº1 (2020), p.47-67. [Consult. 1 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://doi.org/10.3390/heritage3010004>. DOI 10.3390/heritage3010004
9. AZEVEDO, A.; RIBEIRO, J.; CAMPELO, T. - Fluxo de Trabalho Laserscan-BIM aplicado à Conservação e Reabilitação do Património. In **ptBIM 2020 - 3º Congresso Português de Building Information Modelling** [online]. (2020), p.547-557. [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://doi.org/10.24840/978-972-752-272-9_0547-0557>. DOI 10.24840/978-972-752-272-9_0547-0557
10. BARBOSA, M. C. J. - **As-Built building information modeling (BIM) workflows: from point cloud data to BIM**. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Lisboa. Lisboa, 2018.
11. SANTOS, F.; FREIRE, F.; CREMONEZ, V. - HBIM: Documentação do Património Arquitetónico através de Nuvem de Pontos. In **ptBIM 2022 - 4º Congresso Português de Building Information Modelling** [online] (2022). [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.40>. DOI 10.21814/uminho.ed.32.40
12. BUILDINGSMART SPANISH CHAPTER - Modelado del Estado Actual. In **Guía de Usuarios BIM**. [online]. Espanha: BuildingSMART Spanish Chapter, 2014. [Consult. 1 Mar. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADas-ubim/>.
13. ALMEIDA, I. - Digital Reconstructions of the Capuchos Convent in Alferrara. In **IPTI**. [online]. [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://ipti.pt/reconstructions_of_the_capuchos_convent_alferrara/>.
14. HOSSAIN, M. A., YEOH, J. K. W. - BIM for Existing Buildings: Potential Opportunities and Barriers. In **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** [online] vol.371, Nº1 (2018), p.12-51. [Consult. 10 Fev. 2024]. Disponível na internet: <URL:https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/371/1/012051>. DOI 10.1088/1757-899X/371/1/012051
15. SANTOS, V. R. - **Implementação do BIM na Gestão de Projectos de Reabilitação: Estudo de Caso e Propostas**. [online]. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho. Guimarães, 2022. [Consult. 1 Fev. 2024]. Disponível na internet:<URL:https://hdl.handle.net/1822/81484>

O BIM na fase de execução de obras: caso de estudo de um edifício no Porto

Bruna Beppler Melo ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁰⁻³⁹⁴⁴⁻³⁰⁹³ e Carolina Gavron Siqueira ⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁰⁻³⁷⁰³⁻⁷¹⁹⁸

Abstract. Given the challenges encountered in the development of the construction industry, the BIM methodology plays an inevitable and highly significant role, offering a collaborative approach to project design and model creation aimed at optimizing the execution of the necessary activities for building an asset. Among its general objectives, BIM models seek to reduce design errors, increase labor productivity, minimize waste, and provide a clear spatial vision of what needs to be executed at each stage. Additionally, linking the 3D model to the baseline schedule for activity execution through 4D simulations allows for more accurate control of the construction phases and project progress. In this context, the present study focuses on the application of BIM in the construction execution phase, with an emphasis on project integration throughout the building process. The study is based on a specific case of a building located in the city of Porto, evaluating the benefits and challenges of the BIM methodology at this stage through the use of tools for clash detection, linking planning to the federated model, and implementing augmented reality applications. The development of this study reinforced the idea that, although major transformations predominantly occur during the design phase, entities responsible for execution can and should also take advantage of the processes and technologies within this framework. Promoting coordination between different disciplines allows for a more optimized and efficient workflow at the construction site.

Resumo. Face aos desafios encontrados no desenvolvimento da indústria da construção, a metodologia BIM assume um papel inevitável e de suma importância, oferecendo uma abordagem colaborativa na elaboração de projetos e criação de modelos que visam otimizar a produção das atividades necessárias para a construção de um ativo. Dentre os seus objetivos gerais, os modelos BIM buscam reduzir a quantidades de erros de projeto, aumentar a produtividade da mão-de-obra, reduzir os desperdícios e dar uma clara visão espacial do que necessita ser executado em cada etapa. Além disso, associar o modelo 3D ao cronograma base de execução das atividades, por meio de simulações 4D, permite obter um controlo mais assertivo das fases de construção e do progresso da empreitada. Nesse contexto, o presente trabalho tem como foco a aplicação do BIM na fase de execução de obras, com ênfase na integração de projetos durante o processo construtivo. O estudo é conduzido tendo como base um caso específico de um edifício localizado na cidade do Porto, para o qual são avaliados os benefícios e desafios da metodologia BIM nesta fase, através do uso de ferramentas para deteção de incompatibilidades, associação do planeamento ao modelo federado e utilização de aplicação de realidade aumentada. O desenvolvimento deste estudo permitiu reforçar a ideia de que não obstante as principais transformações ocorrerem predominantemente em fase de projeto, as entidades responsáveis pela execução também podem e devem fazer uso dos processos e tecnologias incluídos nesse panorama. Promover a coordenação entre as diferentes disciplinas, permite trazer ao estaleiro de obra um fluxo de trabalho mais otimizado e eficiente.

Keywords: BIM Coordination, Clash Detection, Planning, Augmented Reality.

1 Introdução

Desde muitos anos, a indústria da construção tem sido considerada uma indústria tradicional, conservadora e lenta em mudanças comparadas com os demais setores [1]. Este cenário faz com que ainda sejam enfrentados desafios significativos em termos de produtividade. Dentre os fatores que têm mais impacto neste quesito, destacam-se: a falta de capacitação da mão-de-obra, metodologias de trabalhos amplas, muitas vezes não definidas e que dificultam o controle de indicadores de desempenho, disposição de estaleiro não estudada de forma estratégica, práticas de gestão e controle que não coadunam com o elevado número de acontecimentos e intervenientes envolvidos, falta de sistematização da produção, desperdício de materiais e até mesmo a estrutura organizacional das empresas [2].

Para minimizar a problemática associada à construção, o *Building Information Modeling* (BIM) tem emergido como uma ferramenta indispensável, transformando a forma como os projetos são concebidos, planejados, executados e geridos. O BIM oferece uma abordagem colaborativa e integrada para o desenvolvimento de projetos, permitindo uma melhor coordenação entre as diferentes disciplinas envolvidas em todas as fases do ciclo de vida de uma obra.

O BIM também contribui para a identificação precoce de conflitos e inconsistências entre os diversos sistemas e elementos do projeto. Ao realizar simulações virtuais da construção antes do início físico, é possível antecipar e resolver problemas de interferência entre tubulações, dutos, estruturas e outros componentes, prevenindo retrabalho e atrasos durante a execução da obra. Essa abordagem resulta em economia de tempo e redução de custos, além de minimizar problemas e conflitos no estaleiro.

Este trabalho tem como foco a aplicação do BIM na fase de execução de obras, com ênfase na integração e coordenação de projetos durante o processo construtivo. O estudo será conduzido tendo como base um caso específico de um edifício localizado na cidade do Porto, para o qual é proposto: efetuar a federação dos modelos disponibilizados, explorar a ferramenta de detecção de incompatibilidades, adicionar o planejamento ao modelo, verificar a aplicabilidade da realidade aumentada e extrair conclusões associadas à coordenação de projetos em BIM durante a execução de obras, com base nas práticas identificadas ao longo do estudo.

2 Revisão Bibliográfica

O *Building Information Modeling* (BIM) representa uma evolução de grande relevância na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), tornando-se uma metodologia central para o setor. Originalmente visto como um conceito inovador adotado por poucos, o BIM agora é amplamente implementado por empresas líderes, modernizando a gestão de projetos ao integrar tecnologia, políticas e processos colaborativos [3]. Seu modelo digital permite gerenciar todo o ciclo de vida de um empreendimento, superando desafios tradicionais como falhas na comunicação e baixa produtividade [4]. A tecnologia BIM vai além da modelagem 3D, proporcionando um banco de dados centralizado e modelos paramétricos que garantem consistência entre projetos, orçamentos e especificações [5].

A adoção do BIM exige um equilíbrio entre inovação e eficiência operacional, semelhante à incorporação de novas tecnologias industriais. A resistência à mudança, o investimento necessário e a adaptação dos profissionais são desafios a serem superados. No entanto, sua implementação favorece a integração entre disciplinas da construção, consolidando informações em um único modelo paramétrico e permitindo o planejamento 4D, que combina espaço e tempo para uma visão

dinâmica do projeto [6]. Assim, o BIM não é apenas uma ferramenta, mas um novo paradigma que redefine padrões de qualidade, eficiência e colaboração na construção civil, facilitando a tomada de decisões e a execução coordenada de projetos [7].

No contexto prático, o BIM também representa um papel importante na solução da fragmentação dos projetos, que incluem inúmeros intervenientes responsáveis pelas diversas especialidades. A compatibilização de projetos é essencial para evitar problemas na fase de execução. Quando se identifica incompatibilidade durante a execução da obra, em vez do processo de coordenação, a necessidade de solução se torna urgente e limitada em relação às opções que anteriormente poderiam ser viáveis [8]. Softwares como Autodesk® Revit e Autodesk® Navisworks automatizam esse processo, gerando relatórios detalhados que minimizam retrabalho e desperdícios [9]. Apesar do investimento inicial, a compatibilização traz benefícios econômicos ao evitar custos adicionais gerados por imprecisões, reforçando sua importância para garantir a qualidade e eficiência das construções [7].

Outro ponto importante está relacionado à associação do modelo ao planejamento. Os processos de planejamento e controle de obras são fundamentais para garantir o cumprimento de prazos, custos e qualidade na construção civil, influenciando diretamente a produtividade no estaleiro [10]. A Modelação da Informação da Construção (BIM), quando integrada a estes processos, dá origem ao Planejamento 4D, que associa a dimensão temporal ao modelo tridimensional, permitindo melhor visualização do cronograma e antecipação de problemas. Essa abordagem melhora a coordenação entre os envolvidos, reduz custos e aumenta a precisão do planejamento. Modelos 4D auxiliam na correção de inconsistências, integração de equipes e elaboração de cronogramas mais confiáveis, tornando-se essenciais para o sucesso do projeto [11].

Além disso, dentre as diversas tecnologias compreendidas pelo BIM, o uso da Realidade Aumentada (RA) pode representar uma importante ferramenta na fase de execução de obras. A RA combina o ambiente real com elementos virtuais, permitindo a sobreposição de modelos digitais à visão do usuário. Na construção civil, sua integração com o BIM possibilita a visualização de modelos 3D diretamente no estaleiro, auxiliando no monitoramento, detecção antecipada de erros e comparação entre o que foi planejado e o que foi executado [12]. Além de melhorar a precisão e a tomada de decisões, a RA permite uma experiência interativa e realista, reduzindo riscos e otimizando o acompanhamento da obra [13]. O uso da Realidade Aumentada apresenta grande potencial tendo em vista os aspectos positivos que proporciona ao processo de desenvolvimento de empreendimentos, possibilitando visualizações prévias de eventos que ainda não aconteceram.

3 Metodologia

Com o intuito de contextualizar o tema, o desenvolvimento do presente trabalho inicia-se com a pesquisa e elaboração do referencial bibliográfico, a partir da identificação, seleção e análise de fontes relacionadas ao tema do BIM na construção civil.

Para explorar as ferramentas que podem auxiliar na fase de execução de obras, o estudo utilizou o software Autodesk® Navisworks, integrando modelos em formato *.nwc e realizando testes de interferências. Foram geradas vistas que poderiam ser úteis para consulta ao longo das etapas construtivas do edifício e foram criados *Sets* por pisos e sistemas, facilitando a análise de incompatibilidades. Os *Sets* deram origem a uma matriz que definiu a execução de testes de interferências mais específicos, dos quais derivou uma filtragem, seleção e análise das interferências que poderiam refletir em otimização no processo construtivo. A verificação do planejamento foi feita

com o Microsoft Project®, associando tarefas aos elementos modelados, seguida de uma simulação da construção do edifício.

A aplicação de realidade aumentada foi testada, convertendo os arquivos *.nwc para *.ifc e utilizando a Gamma AR® para simular o projeto no local da obra, mostrando benefícios no desenvolvimento da construção. Por fim, foram descritas as conclusões obtidas, destacando as dificuldades e os benefícios do uso dessas tecnologias. A Fig. 1 resume os tópicos que orientaram o desenvolvimento do trabalho.

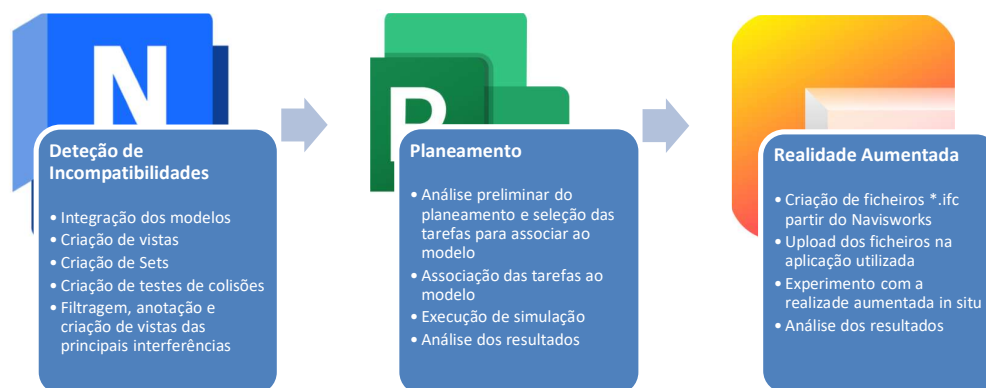


Fig. 1. Fluxograma de desenvolvimento

4 Desenvolvimento e Análise de Resultados

4.1 Caracterização do Exemplo Prático

O projeto utilizado para este caso de estudo caracteriza-se como um edifício residencial, localizado na área metropolitana do Porto. O empreendimento conta com 37 apartamentos de tipologias desde T1 a T4, distribuídos em seis pisos, além de dois pisos no subsolo com 50 vagas de estacionamento e estação de carregamento de viaturas elétricas. Todos os apartamentos possuem varanda ou terraço e nas áreas comuns estão espaços de reuniões, coworking e ginásio equipado. Este edifício encontra-se em fase de construção desde novembro de 2023.

4.2 Aplicação da Detecção de Incompatibilidades

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram disponibilizados os modelos de Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidráulicas e Instalações Mecânicas no formato *.nwc. Este formato é suficiente para as análises relevantes do ponto de vista da execução, uma vez que não se pretende efetuar alterações de projeto, mas sim extrair *insights* que resultem na otimização do processo construtivo ou no levantamento de questões a serem esclarecidas pela Equipa Projetista. Com essa finalidade, este capítulo aborda a detecção de incompatibilidades caracterizada como uma importante ferramenta de antecipação na resolução de problemas construtivos.

Inicialmente, os modelos foram federados com a utilização do software Navisworks®, criando-se um ficheiro de trabalho em formato *.nwf. Esse procedimento confirma que os modelos estão

igualmente georreferenciados. Para a primeira análise visual, foram criadas as *viewpoints* a considerar:

- Uma vista geral do edifício (Fig. 2);
- Um corte de cada apartamento tipo;
- Vista de cada especialidade individualizada (Fig. 3);
- Vista de cada especialidade por cores, separadas e em conjunto.



Fig. 2. Vista tridimensional geral do edifício

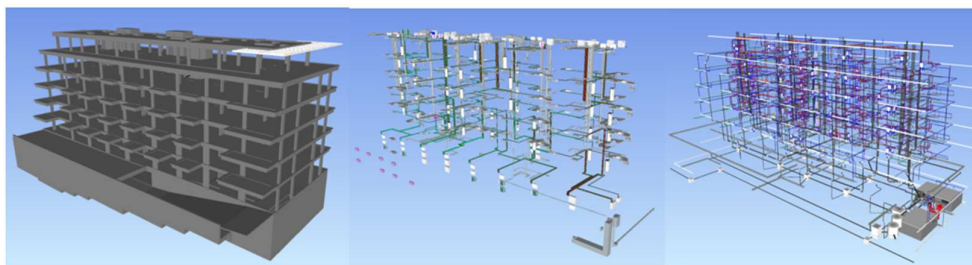


Fig. 3. Vistas tridimensionais de especialidades

A vistas pré-definidas facilitam a visualização e consulta dos modelos ao longo da empreitada.

No seguimento da análise, foram efetuados testes de interferências entre as especialidades, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Matriz de detecção de incompatibilidade entre especialidades

Matriz de Detecção de Incompatibilidade								
	Tolerância	Quant.	Tolerância	Quant.	Tolerância	Quant.	Tolerância	Quant.
Arquitetura								
Estrutura	250 mm	1893						
Inst. Mecânicas	250 mm	2671	250 mm	421				
Inst. Hidráulicas	250 mm	5322	250 mm	970	250 mm	132		

Com os testes efetuados, verificou-se uma elevada quantidade de colisões, sendo o maior número entre a Arquitetura e as Instalações Hidráulicas. A partir do volume de colisões é possível concluir que no desenvolvimento do projeto esta coordenação não foi efetuada, podendo não ter sido este um requisito do cliente. A análise individualizada torna-se inviável, pelo que surge a necessidade de uma estratégia na qual os testes sejam organizados de forma mais pormenorizada.

Para tanto, foram criados *Sets* conforme a configuração da Tabela 2.

Tabela 2. Configuração de Sets por Especialidade

Sets por Especialidade			
Arquitetura	Estrutura	Instalações Mecânicas	Instalações Hidráulicas
Piso -2	Piso -2	Ar novo	Ventilação Residuais
Piso -1	Piso -1	Grelhas	Recirculação Água Quente
Piso 1	Piso 1	Equipamentos	Drenagem Águas Residuais
Piso 2	Piso 2	Condutas Ex. Sanitários	Drenagem Águas Pluviais
Piso 3	Piso 3	Desenfumagem	Abastecimento Incêndio
Piso 4	Piso 4	Condutas Retorno	Abastecimento Água Quente
Piso 5	Piso 5	Condutas Insuflação	Abastecimento Água Fria
Piso 6	Piso 6	Condutas Extração	-
Cobertura	Cobertura	Tubos c/ isolamento	-

Os *Sets* permitem que a seleção dos elementos determinados seja guardada em uma vista. Essa informação pode ser de grande valia na otimização das análises, uma vez que o conjunto de elementos estará sempre selecionado para consulta, além de possibilitar a execução de testes de interferências mais específicos. Para a Arquitetura e Estrutura, os *Sets* foram configurados por pisos tendo em vista a sequência construtiva do edifício, isto é, quais situações devem ter prioridade de resolução. Em relação às Especialidades, a forma da modelagem não permitiu a separação por pisos, optando-se por efetuar a seleção por sistemas.

Os *Sets* foram criados com o auxílio da opção *Find Items*, pois através dos critérios de busca, evita-se a necessidade de seleção manual dos elementos. A partir da análise dos modelos, verificou-se que, dentro da categoria *Item*, a Arquitetura e Estrutura continham a propriedade *Layer* com a indicação do piso ao qual o elemento pertence, sendo este o critério de busca utilizado. Para as Especialidades, foi necessário considerar as propriedades *Category*, *Description* e *Abbreviation*, na categoria *System Type*, devido à forma como as informações foram registadas durante a modelagem.

Com a criação dos referidos *Sets* foi possível realizar os testes de acordo com a matriz apresentada no Anexo.

Os testes específicos permitiram verificar diversas colisões advindas da sobreposição dos modelos de Arquitetura e Estrutura. Com esta percepção, efetuou-se uma análise para filtrar as colisões, de modo a identificar as interferências que efetivamente devem ser avaliadas para o momento da execução. Para auxiliar nessa identificação, os testes com maior número de *clashes* foram agrupados facilitando a visualização e análise. Foram desconsideradas as seguintes interferências:

- Pisos modelados na Arquitetura, uma vez que já seriam considerados nas lajes de Estrutura;
- Grelhas com paredes de alvenaria;
- Tubagem e condutas de ligação de equipamentos com os próprios equipamentos;
- Elementos sobrepostos porque foram modelados em mais de uma especialidade;
- Tubagem a colidir com paredes de alvenaria acima do teto falso.

O gráfico indicado na Fig. 4, demonstra as quantidades resultantes após a filtragem.

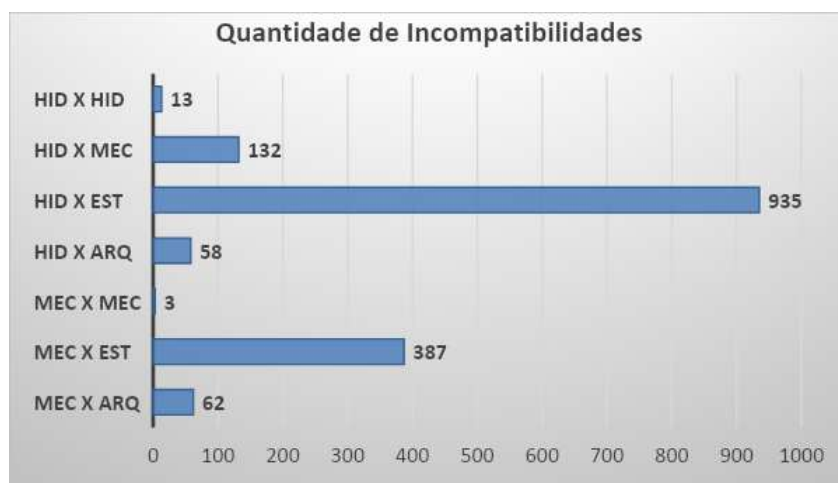


Fig. 4. Gráfico da quantidade de Incompatibilidades após análise das diversas combinações de modelos

Ainda assim, observou-se um elevado número de colisões, justificado pela não compatibilização dos negativos previstos na estrutura com as tubagens modeladas nas especialidades. A restante quantidade corresponde principalmente a:

- Incompatibilidades de tubagens associadas a diferentes sistemas;
- Infraestruturas localizadas em cota inferior ao teto falso;
- Equipamentos maiores que a altura do teto falso;
- Negativos não previstos.

Durante esta análise, foi observado que parte das incompatibilidades se repetiam nos pisos e localizações. Desta forma, foram selecionadas as interferências cuja verificação prévia poderia otimizar o momento das instalações, chamando a atenção para estes detalhes. Estas foram exportadas

ou guardadas como *viewports* e organizadas em pastas. A Fig. 5 e Fig. 6 apresentam exemplos do trabalho efetuado.

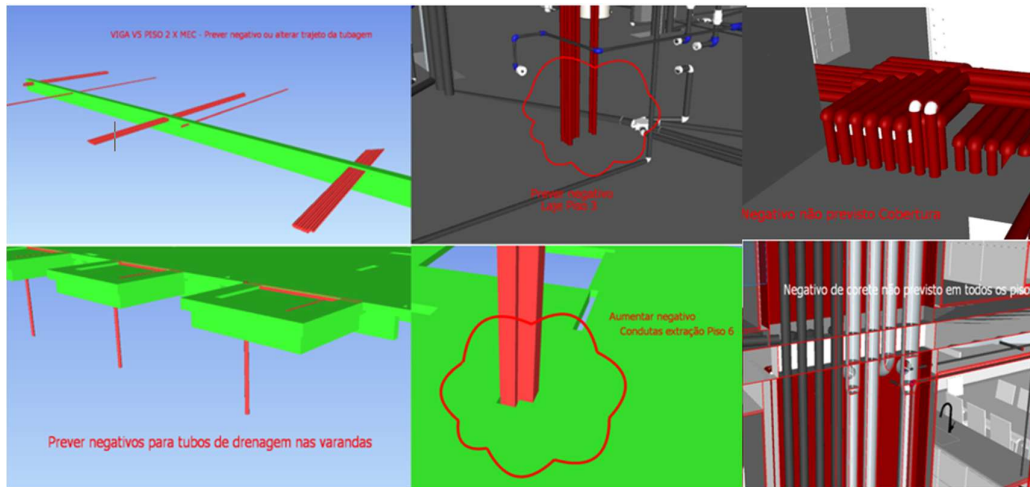


Fig. 5. Vista tridimensional das Incompatibilidades: negativos.

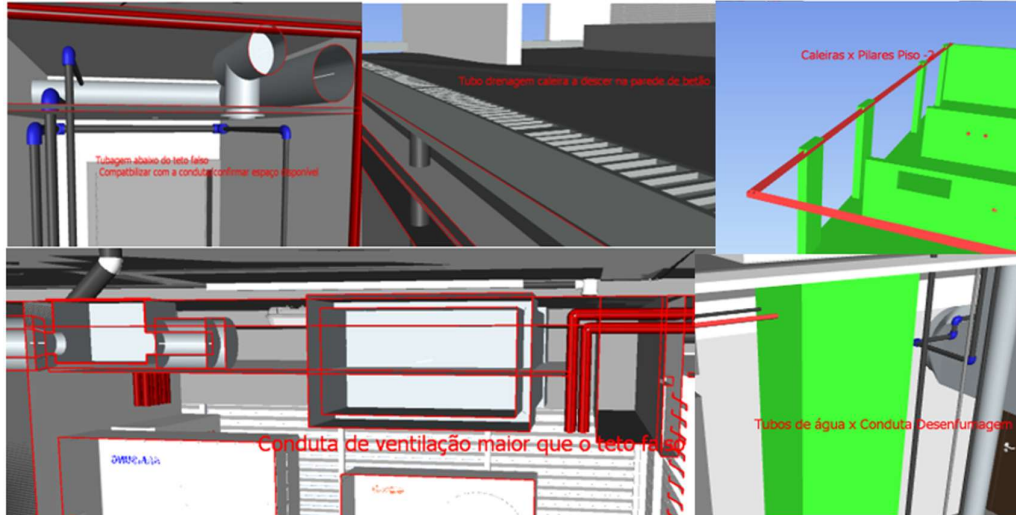


Fig. 6. Vista tridimensional das Incompatibilidades: diversas.

Essa verificação também auxilia na especificação de detalhes que precisam ser esclarecidos e corrigidos, como demonstrado na Fig. 7, por exemplo.

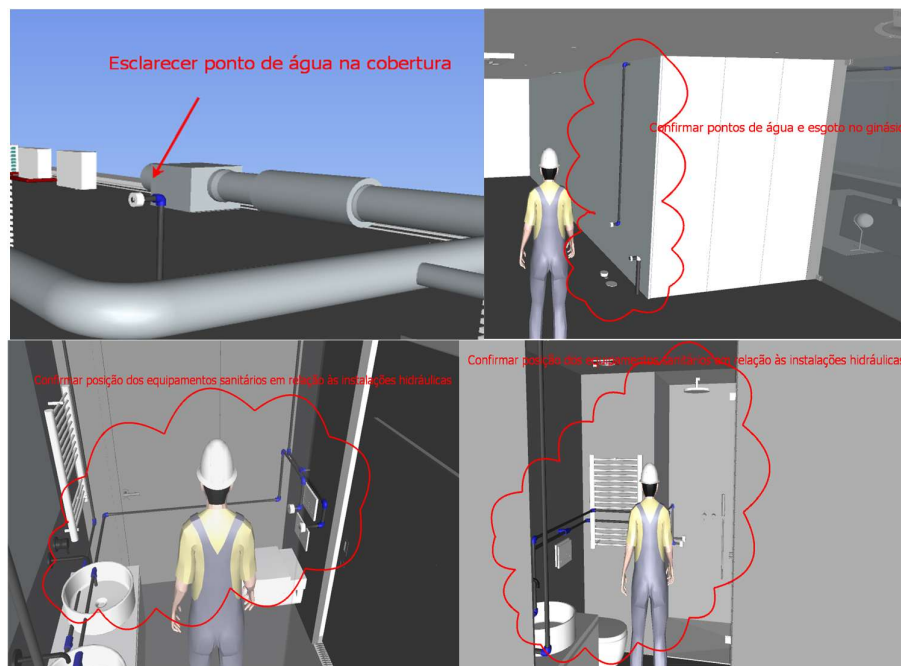


Fig. 7. Vista tridimensional dos pedidos de esclarecimentos

É de conhecimento que estas análises de interferências devem ser efetuadas no âmbito da coordenação de projeto, sendo naturalmente facilitada a identificação e subsequente resolução antes da entrega do projeto de execução final. Entretanto, a crescente necessidade de se encontrar ferramentas e métodos que se traduzem em ganho de tempo, redução de retrabalho e desperdício na execução de obras, permitem que este tipo de trabalho também seja explorado nesta fase.

Com este estudo é possível compreender que efetuar estas análises desde a montagem de estaleiro, aumenta significativamente a possibilidade de detetar problemas e encontrar soluções atempadamente e não somente no momento da execução. A forma de organização das vistas, sets, pastas e anotações depende da natureza do projeto e conta com a sensibilidade do profissional responsável por este trabalho, o qual pode estabelecer padrões e melhorar continuamente o processo.

4.3 Associação ao Planeamento

Nesta seção, inicialmente o cronograma aprovado da empreitada foi submetido a uma análise preliminar, selecionando as tarefas do MS Project® para associação aos elementos do modelo no Navisworks®. É importante ressaltar que, para fins de simplificação neste trabalho, foram consideradas apenas as principais tarefas do cronograma. A análise destas associações proporcionará *insights* sobre como os gestores de projeto podem utilizar eficazmente ambas as ferramentas para monitorar e controlar o progresso da obra.

O ficheiro do MS Project foi adicionado ao Navisworks®, através da aba “Data Sources” na janela “TimeLiner”. O cronograma fica então visível na aba “Tasks”, onde os dados importados podem ser vinculados aos itens do modelo, como elementos estruturais, instalações e sistemas. A

associação é realizada atribuindo tarefas específicas do planeamento com a sua correspondência no modelo 3D, através da seleção do(s) respetivo(s) elemento(s) e posterior vinculação na coluna *Attached*. Este processo proporciona uma representação visual das atividades planeadas em relação aos elementos físicos da obra, facilitando o acompanhamento do progresso e a identificação de potenciais conflitos ou desvios em relação ao cronograma planeado. A Fig. 8, apresenta a *timeline* do Navisworks® e ilustra esse procedimento.

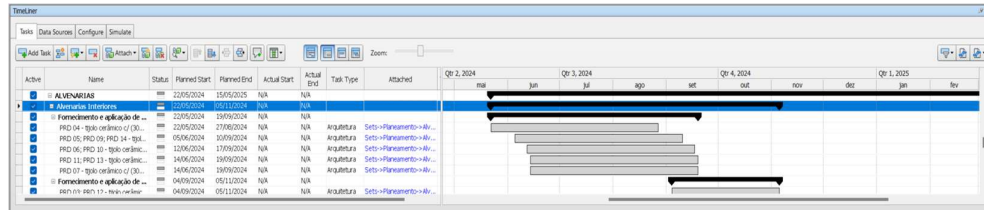


Fig. 8. TimeLiner do Navisworks, com integração ao Microsoft Project®

Assim como na deteção de incompatibilidades, o recurso *Find Items* no software utilizado desempenha um papel fundamental na associação do planeamento aos elementos. Este recurso permite aos utilizadores identificar e seleccionar facilmente os elementos específicos do modelo que deverão ser vinculados às tarefas no MS Project. Ainda conforme o procedimento do capítulo anterior, o recurso *Find Items* foi eficazmente combinado aos conjuntos (*Sets*) para guardar os itens para os quais se desejava efetuar correspondência.

Neste exemplo, foram criados conjuntos para os elementos relacionados a segmentos da Arquitetura, conforme indica a Fig. 9, na pasta “Planeamento”. Para as especialidades, os *Sets* já haviam sido criados no desenvolvimento do capítulo 4.2.

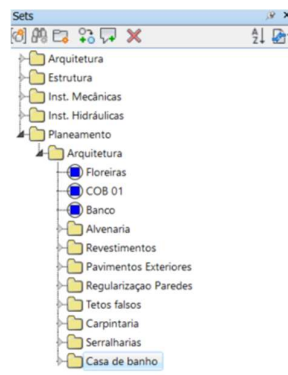


Fig. 9. Sets utilizados como auxílio para associação das tarefas de planeamento

Considerou-se explorar a opção de criar *Sets* com nomes idênticos às tarefas do MS Project®, visando automatizar ainda mais a associação entre as tarefas e os elementos do modelo no Navisworks®. No entanto, durante o processo, foi observado que muitos dos elementos não eram encontrados pelo nome, dificultando a associação automatizada. Isso ressaltou a necessidade de uma abordagem mais precisa e criteriosa na identificação e nomeação dos elementos no modelo BIM, a fim de facilitar a integração com o planeamento do projeto.

A partir desse procedimento, verifica-se a influência do LOD (*Level of Development*) solicitado nos requisitos de projeto. Quanto mais detalhado estiver o modelo, mais fácil será a associação ao planeamento. Isso porque o mapa de quantidade das obras é evidentemente bastante específico, de modo que sejam citados e devidamente quantificados todos os itens e materiais previstos. No presente caso de estudo, a forma de modelagem demonstra a ausência de uma padronização do modelo e não representação de muitos elementos, o que apresentou dificuldade na associação de tarefas, fazendo com que fosse possível atribuir somente algumas linhas das diversas pertencentes à listagem. Esse fato pode resultar em inconsistências nas atribuições, comprometendo a precisão da simulação e respetivo acompanhamento do planeamento face ao estado atual.

Portanto, quando se pretende trabalhar com associação de cronograma, é essencial estabelecer critérios de modelação que envolvam a representação e indicação dos materiais da maioria da composição dos elementos (se não de toda) para que a simulação fique mais aproximada da realidade. Também é importante que estejam indicadas as dimensões dos itens, como diâmetro de tubos e condutas, espessura de blocos, tipo de cabos (no caso das instalações elétricas), entre outros. Outro detalhe é a não necessidade de exportação da *center line* das tubagens, uma vez que no modelo 3D estes detalhes representam somente aumento da dimensão do ficheiro.

Outra dificuldade encontrada na associação diz respeito a sequência do processo construtivo. A lógica da construção segue a separação por pisos. Por exemplo, quando a alvenaria do Piso 1 fica concluída e se inicia a alvenaria do Piso 2, as instalações de infraestruturas podem ser iniciadas no Piso 1, enquanto o edifício continua a avançar verticalmente. Ou então, se o prazo da obra exige mais de uma equipa para acelerar a execução da alvenaria, este trabalho pode ser efetuado em simultâneo no Piso 1 e 2. Entretanto, na grande maioria dos mapas de quantidades, como no exemplo em questão, todos os metros de alvenarias estão em conjunto em tarefas separadas somente pela dimensão do bloco. Ou seja, para que o cronograma se aproxime da realidade e seja adaptável, a composição do mapa de quantidades por pisos, bem como a adição do piso às linhas de infraestruturas seriam de grande valia na facilidade do processo de associação para acompanhamento.

É certo que este trabalho de adaptação também pode ser efetuado pelo corpo técnico da própria Entidade Executante, através da disponibilização dos ficheiros nativos e adaptação das tarefas do planeamento com o auxílio de um mapa de medições detalhadas, no caso de este documento estar incluído nos projetos. Entretanto, conforme citado anteriormente, o presente caso de estudo não contou com acesso aos ficheiros nativos, resumindo-se na análise das possibilidades existentes.

Ainda assim, com as tarefas associadas foi efetuada uma simulação da construção do edifício. A criação de simulações representa inúmeros benefícios que vão desde o marketing junto ao cliente, até o controlo visual de como o edifício deve evoluir. Para esta etapa, inicialmente foi criada a configuração dos projetos por cores e forma de visualização na aba “*Configure do TimeLiner*”. Essa configuração determina como os elementos irão aparecer na simulação e, para que isso ocorra, os nomes configurados devem ser associados à coluna *Task Type* da aba *Tasks*.

A Fig. 10 ilustra uma das dificuldades encontradas. No Projeto de Estruturas, os elementos estão modelados por pisos, o que é uma boa prática tendo em conta que a construção estrutural ocorre de forma ascendente, pelos elementos dos pisos. Entretanto, o mapa de quantidades considera todos os pilares, vigas e paredes em artigos únicos. A associação, nesse caso, somente pode feita com todos os itens em conjunto na respetiva tarefa, fazendo com que todos apareçam de uma só vez na simulação, apesar de não serem construídos dessa forma. Isso mostra a necessidade de adaptação do mapa de quantidades em termos de planeamento.

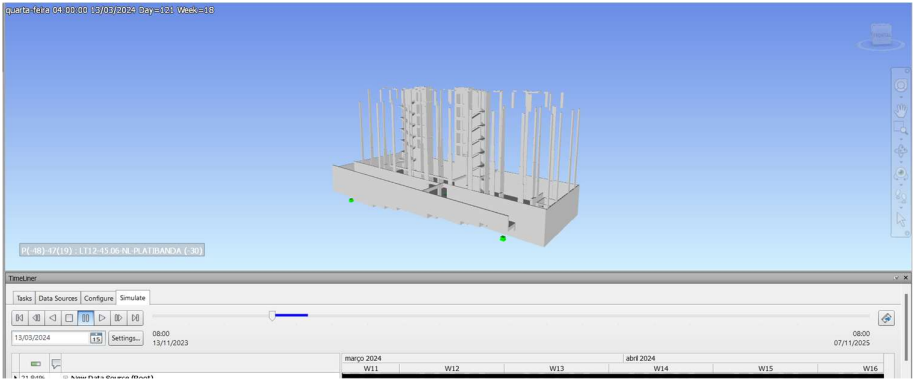


Fig. 10. Pilares e paredes de betão a aparecer em conjunto na simulação.

A Fig. 11 e Fig. 12 demonstram o resultado obtido.

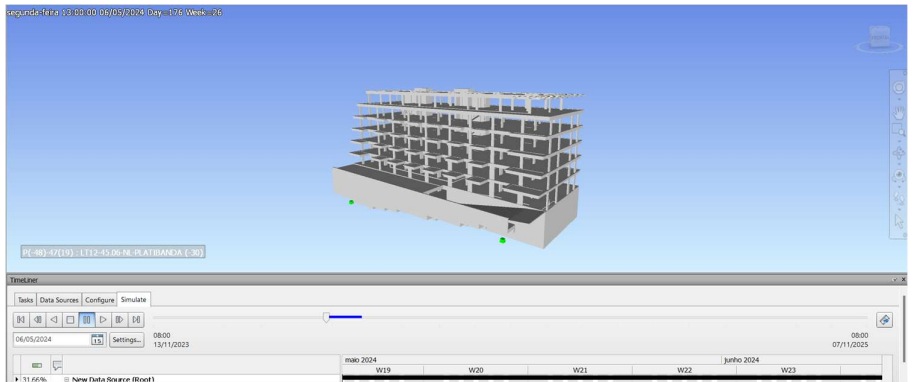


Fig. 11. Simulação em 06.05.2024

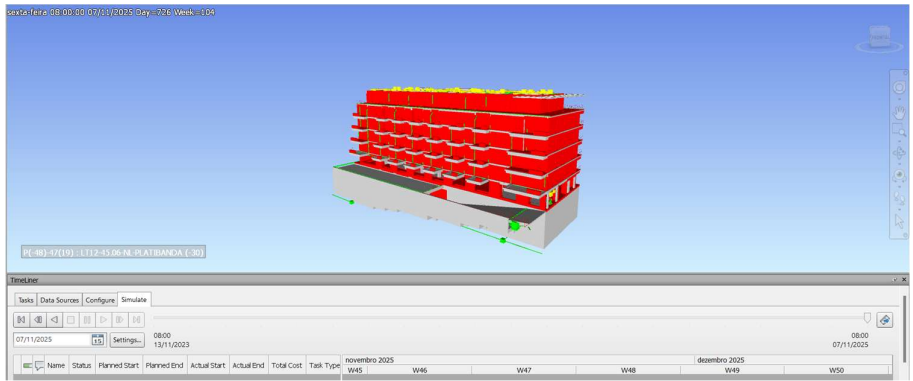


Fig. 12. Simulação em 07.11.2025 (Entrega da obra)

A criação de simulação do desenvolvimento da edificação, além de transmitir uma boa imagem da empresa junto ao cliente, também permite que o gestor da empreitada faça balizamentos de cronograma de forma mais simplificada, pois pode visualizar e comparar o estado em que obra deveria estar em determinado período, face ao estado real. Mesmo que não seja possível associar as lajes com datas individuais, por exemplo, a simulação pode ajudar a entender que em determinado dia do planeamento, as lajes deveriam estar executadas. Esse tipo de informação é importante, pois muitas vezes o gestor encontra dificuldade em situar-se de forma mais concreta sobre o momento em que está a empreitada, quão atrasada ou adiantada estão as tarefas. Essa análise normalmente é feita somente com o MS Project, mas com auxílio da simulação, a compreensão torna-me muito mais intuitiva.

Quanto mais rápido estas análises puderem ser efetuadas, maiores as possibilidades de que quaisquer atrasos sejam recuperados, tarefas ajustadas e soluções encontradas. Ou seja, uma deteção adiantada de eventuais erros de planeamento tem como consequência a resolução mais célere de potenciais conflitos ou desvios entre a teoria e a realidade da construção, o que contribui para uma tomada de decisões mais informada e uma gestão mais eficiente dos recursos.

4.4 Utilização da Realidade Aumentada

Uma vez que o ativo e suas disciplinas estiverem concebidas e aprovadas utilizando BIM, os modelos passam a ser úteis durante todo o ciclo de vida da obra, ou seja, desde a conceção de projeto, a passar pela fase de construção até a entrega para operações e manutenção. Nesse contexto, a Realidade Aumentada (RA) surge como mais uma ferramenta que contribui para a perceção de espaço, interferência entre as disciplinas, melhor entendimento geral dos modelos e compreensão do projeto pelo cliente. Nesta etapa, o uso da AR é testado para o edifício objeto do presente caso de estudo.

A Realidade Aumentada pode ser definida como a tecnologia que mistura elementos reais com virtuais, de forma sobreposta em um ambiente físico, tendo como objetivo proporcionar uma experiência imersiva aos usuários. Para tanto, existem diversos softwares e aplicações que permitem o uso prático deste recurso de forma facilitada em dispositivos como *smartphones* e *tablets*. No trabalho em questão, a aplicação escolhida para teste foi a GAMMA AR® em sua versão *free trial*.

Inicialmente, verificou-se a necessidade de converter os ficheiros em formato *.nwc para *.ifc. Algumas aplicações podem permitir outros sufixos, mas a regra é o formato aberto. Atualmente, a Autodesk® não dispõe da exportação direta para IFC (*Industry Foundation Classes*) a partir do Navisworks®. Por essa razão, foi efetuado o *download* e instalação do *plugin* Codemill® Navistools IFC Exporter em sua versão de teste gratuito.

Visto que somente estavam disponíveis os ficheiros exportados para o formato *.nwc, os ficheiros *.ifc criados tinham uma dimensão resultante que não poderia ser modificada. Por esse motivo, foi necessário definir uma aplicação que suportasse os modelos em *.ifc com maiores dimensões. Aplicações com versões gratuitas, normalmente têm esse tipo de limite, o qual não necessariamente significa um entrave na utilização, pois os ficheiros podem ser exportados com menor número de informações. Tudo depende dos objetivos para os quais pretende-se aplicar a RA.

Na sequência, os ficheiros *.ifc foram carregados na aplicação e efetuou-se uma visita ao local de implantação do edifício para execução de testes, o qual encontrava-se conforme apresentado na Fig. 13.



Fig. 13. Local de implantação do edifício.

Na aplicação, o modelo foi selecionado e uma das arestas do edifício foi identificada como ponto de referência para posicionar os elementos virtuais, permitindo a experiência de integração destes com o mundo real. Os testes foram efetuados com os modelos de estrutura e instalações mecânicas, conforme demonstra a Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16.

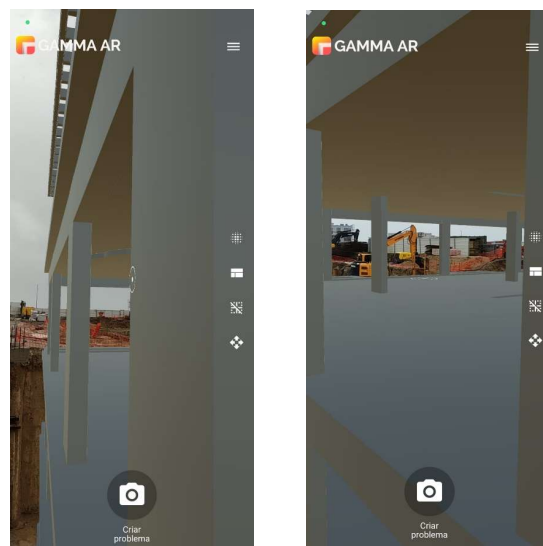


Fig. 14. Realidade Aumentada - Modelo de Estrutura.



Fig. 15. Realidade Aumentada - Modelo de Instalações Mecânicas.

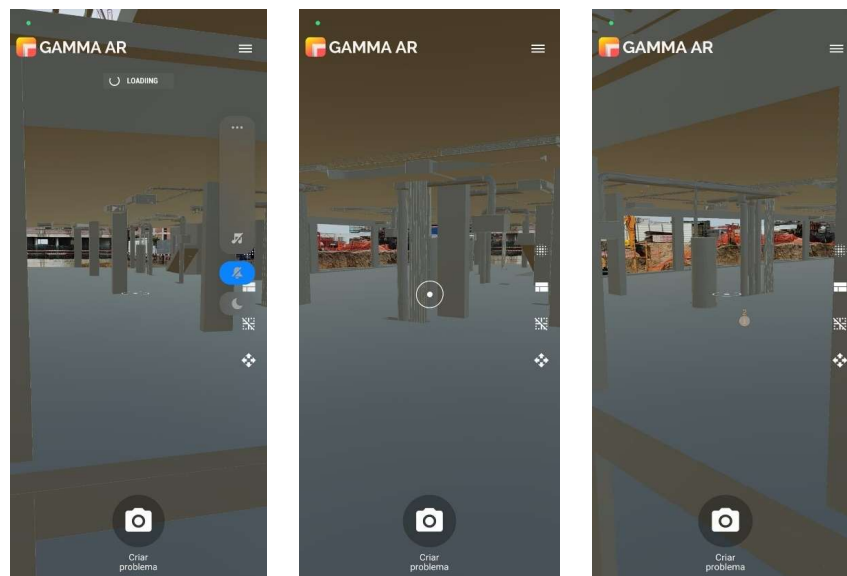


Fig. 16. Realidade Aumentada - Modelo de Estruturas e Instalações Mecânicas em conjunto.

A ideia de utilização deste tipo de aplicações é de auxiliar no momento da obra, proporcionando uma visão mais exata do que será construído, dos materiais e instalações, os quais muitas vezes são de difícil entendimento apenas pelas peças desenhadas. A realidade aumentada pode ajudar a minimizar ainda mais os erros de projeto, através da visualização das dimensões, posicionamentos e tipos de produtos, além da representação 3D e de todo o gerenciamento que a modelação BIM proporciona.

Desse modo, cada etapa da obra pode se beneficiar com usos específicos de ferramentas de realidade aumentada. O quadro indicado na Fig. 17, resume alguns destes benefícios.

Projeto	Construção	Decoração e acabamentos	Manutenção
• Transformação da planta em demonstração da realidade; • Visualização dos detalhes de como será depois de construído; • Auxílio da definição de layout do estaleiro e disposição dos elementos construtivos; • Demonstração da obra pronta sobreposta ao terreno vazio; • Utilização de tecnologias de RA para levantamento topográfico dos terrenos.	• Visualizar a localização de infraestruturas; • Fornecimento de etapas de procedimentos e instalações; • Auxílio no gerenciamento de obra, através de comparações e medições do que está executado com o que foi projetado; • Detecção de irregularidades e correções; • A RA também pode atuar através de treinamentos e instruções das equipes quanto ao passo a passo na realização de tarefas, recebendo orientações em tempo real.	• Com o imóvel pronto e vazio é possível projetar acabamentos, mobiliário e objetos de decoração conforme a necessidade do cliente; • Realizar testes de cores, texturas e pontos de iluminação, transmitindo mais segurança e conforto ao cliente.	• Auxílio no estabelecimento de prioridades e programação de atividades de manutenção do edifício; • Auxílio na localização de problemas, através da possibilidade de verificar onde estão localizadas as infraestruturas, antes de quebrar paredes ou desfazer tetos, por exemplo.

Fig. 17. Benefícios da Realidade Aumentada em etapas da obra.

A RA pode aumentar a segurança, confiança e experiência dos intervenientes, já que todo o processo construtivo pode ser acompanhado e visualizado atempadamente, diminuindo erros em todas as etapas da obra e, conseqüentemente, reduzindo tempo e custos. Além disso, pode auxiliar na geração de mão de obra mais capacitada, servir como guia na construção de geometrias complexas, aumentar a produtividade, reduzir riscos de operação com a detecção de falhas e desvios de execução, otimizar a comunicação entre as equipes, aumentar a precisão dos dados levantados e da compreensão espacial, além de atuar como ferramenta de marketing, agregando valor à edificação.

Dentre todas as vantagens, a simples utilização das aplicações de realidade aumentada proporciona experiências interessantes para os intervenientes. Entretanto, para que esta tecnologia possa realmente agregar valor, ela precisa ser parte integrante de uma plataforma de gestão de obras e BIM, fazendo uso dos diversos recursos que cada aplicação disponibiliza, como, por exemplo, a criação de anotações de pontos problemáticos para posterior criação de relatórios e resoluções. Ou mesmo o uso combinado com o planeamento, no qual é possível projetar no espaço o que deve ser executado em determinado período e, em seguida, efetuar a medição e validação de qualidade. Isto posto, é inegável que a utilização de recursos tecnológicos na construção civil aumenta a eficiência, comunicação, qualidade, rastreabilidade e segurança em todas as operações, durante todo o ciclo de vida do ativo.

5 Considerações finais

O presente trabalho buscou explorar ferramentas que podem ser utilizadas de forma vantajosa para a otimização dos processos construtivos e da gestão de obra. A primeira etapa focou na detecção de incompatibilidades, destacando que a federação de modelos e sua análise ajudam na compreensão do edifício e no apoio às equipes de construção. No entanto, o projeto utilizado como caso de estudo apresentou uma ineficiência relativamente à coordenação de projeto, o que dificultou a análise das incompatibilidades, uma vez que os testes iniciais resultaram em números muito elevados, para os quais a verificação individual seria inviável. No caso deste processo ter sido efetuado à montante, a análise em fase de execução seria extremamente facilitada, pois se concentraria em incompatibilidades pontuais que pudessem não ter sido corrigidas. Isso comprova a importância do investimento no trabalho de coordenação de projetos quando estes estão a ser desenvolvidos.

Ainda assim, com a estratégia de criação de *Sets* e testes mais específicos, foi possível averiguar situações importantes que só seriam detetadas no exato momento da execução, como a previsão de negativos e sobreposição de infraestruturas em locais com pouco espaço de passagem. Trabalhar com os modelos em conjunto, possibilita uma análise mais rápida e precisa, tanto para planear os métodos construtivos, quanto para esclarecer eventuais dúvidas de projeto. Adiantar pontos conforme os exemplos citados, representa economia de tempo de trabalho e, consequentemente, de custos, os quais em conjunto, podem representar importantes ganhos de orçamento.

Outro ponto onde destacam-se conclusões positivas é na colaboração entre o Navisworks® e o MS Project® no planeamento de obras, representando um recurso vantajoso na gestão da empreitada. Ao integrar o cronograma de tarefas do MS Project® com a visualização tridimensional dos modelos BIM no Navisworks®, os intervenientes podem obter uma visão mais completa e precisa do progresso da obra. Todavia, para que esta associação seja próxima da realidade, é necessário que os requisitos de projeto prescrevam um bom nível de detalhe, no qual é modelado o máximo de materiais e elementos que posteriormente serão vinculados a sua data de execução. Um detalhe que facilitaria este processo do ponto de vista da execução, seria ter os elementos associados ao seu piso, uma vez que a lógica da construção envolve o avanço da edificação essencialmente pela divisão de pisos.

Mesmo com a necessidade de incentivar estes trabalhos na etapa de modelação e desenvolvimento do projeto, a crescente realidade BIM na indústria AEC, permite que as próprias empresas de construção, ao implementar os processos BIM, possam desenvolver esse trabalho através do seu corpo técnico e disponibilização dos ficheiros nativos. Esta implementação exige investimento em recursos (humanos e tecnológicos), mas representa um potencial importante em termos de vantagens na condução da obra, que enfrenta muitas dificuldades, entraves e prejuízos relacionados à falta de maior controlo e antecipação.

A criação de simulação do desenvolvimento da edificação, além de transmitir uma boa imagem da empresa junto ao cliente, servindo como ferramenta de marketing, também permite que o gestor da empreitada faça balizamentos de cronograma de forma mais simplificada, pois pode visualizar e comparar o estado em que obra deveria estar em determinado período, face ao estado real. Quanto mais rápido estas análises puderem ser efetuadas, maiores as possibilidades de que quaisquer atrasos sejam recuperados, tarefas ajustadas e soluções encontradas.

O uso de tecnologias de realidade aumentada também é de grande valia para a execução de edifícios. Os testes realizados no presente trabalho permitiram verificar parte dos benefícios proporcionados pela experiência com RA. Os hologramas gerados permitem uma melhor compreensão espacial e geométrica, facilitando a execução. Com isso, é possível minimizar os erros

de projeto, através da visualização das dimensões, posicionamentos, entre outros. Para agregar ainda mais valor ao processo, esta tecnologia deve ser integrada com o BIM, trazendo vantagens em termos de tempo, custo, produtividade e rastreabilidade. Para explorar seu uso da melhor forma, inúmeras aplicações podem ser utilizadas, algumas com versões gratuitas. Entretanto, é preciso estar atento às limitações de formato e dimensão de arquivos, incluindo na exportação somente os elementos que realmente serão necessários para o uso pretendido.

Em resumo, a Realidade Aumentada na fase de execução pode servir como uma importante ferramenta de acompanhamento do previsto *versus* realizado, pode auxiliar também na geração de evidências para avanço físico e avaliações de qualidade, guardar informações para o *Facility Management*, permitindo localizar infraestruturas para reparação de eventuais problemas, além de ter grande potencial quanto ao marketing da empresa, pois o cliente pode navegar pelo ambiente da obra em uma escala 1:1.

Por fim, o desenvolvimento deste estudo permitiu reforçar a ideia de que a implementação do BIM pode e deve ser efetuada também da fase de execução. Mesmo que esta seja uma área da indústria da construção que conta com certa resistência à mudança, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de fomentar e demonstrar os benefícios que a digitalização e o uso de tecnologias podem trazer ao estaleiro de obra e às equipas envolvidas na execução de um projeto.

Referências

1. NAVON, R.; SACKS, R. – **Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC)**. [online]. Automation in Construction, Vol. 16 (2007) p. 474–484. [Consult. 15 fev. 2024]. Disponível na Internet: <URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.08.001>>
2. FERREIRA, C. D. de S. **Produtividade na indústria da construção – Conceitos e Especificidades**. Porto: UPorto, 2017. Dissertação de Mestrado
3. EASTMAN, C. M. [et al.] – **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2.^a ed. Hoboken: Wiley, 2011.
4. POÇAS, A. R. F. – **Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM**. Braga: UMinho 2015. Dissertação de Mestrado
5. COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. – **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. [online]. Anais do VIII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Paulo, 2008. [Consult. 10 fev. 2024]. Disponível na Internet: <URL: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf>
6. MULLER, L. S. – **Utilização da tecnologia BIM (Building Information Modeling) integrado a planeamento 4D na construção civil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015. Dissertação de Mestrado
7. COSTA, E. N. – **Avaliação da metodologia BIM para compatibilização de projetos**. Ouro Preto: UFOP, 2013. Dissertação de Mestrado
8. VARIANI, L. – **Impacto das incompatibilidades de projeto na execução de edificações: como o BIM pode alterar este cenário?** Porto Alegre: UFRGS, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso
9. GOMES, V. S. [et. al] – **Aplicação do BIM para gerenciamento de projetos de edifício residencial multifamiliar: estudo de caso**. [online]. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2020. [Consult. 12 fev. 2024]. Disponível na Internet: <URL: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1217>>
10. SILVA, P. H. da; CRIPPA, Julianna; SCHEER, Sergio – **BIM 4D no planeamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades**. [online]. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção. Campinas, SP, 2019. [Consult. 15 fev. 2024]. Disponível na Internet: <URL: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8650258>>

11. BAIA, D. V. S.; MIRANDA, A. C. de O.; LUKE, W. G. – **Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da Construção Civil**. [online]. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2014, pp. 03-05. [Consult. 15 fev. 2024]. Disponível na Internet: <URL: <https://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2014/anais/artigos/eng%20op%20pp/12.pdf>>
12. BEHZADI, A. – **Using Augmented and Virtual Reality Technology in the Construction Industry**. American Journal of Engineering Research (AJER). e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936. Vol 5, nº 12 (2016) pp-350-353.
13. DE ASSIS, J. H. G.; BROCHARDT, M. M. de S. A.; ANDRADE, M. L. V de – **Aplicações de Realidade Aumentada no Canteiro de Obras**. Blucher Design Proceedings. ISSN: 2318-6968. Vol. 3, nº 1 (2016), p. 662-667.

Tabela 3. Matriz de detecção de incompatibilidades

[illegible]

[Página em Branco]

[Página em Branco]

[Página em Branco]

