

Manutenção preventiva de edifícios com recurso ao BIM

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.47>

**Raquel Matos¹, Hugo Rodrigues²,
Ana Dinis Alves³, Aníbal Costa⁴, Fernanda Rodrigues⁵**

¹ RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, orcid.org/0000-0002-0171-7842

² RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, orcid.org/0000-0003-1373-4540

³ RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, orcid.org/0000-0002-9668-9863

⁴ RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, orcid.org/0000-0001-8950-4843

⁵ RISCO, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, orcid.org/0000-0001-9127-7766

Resumo

A gestão da manutenção dos edifícios tem vindo a sofrer mudanças significativas desde a implementação da metodologia *Building Information Modelling* (BIM) no sector da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Porém, o desenvolvimento, consulta e gestão de planos de manutenção preventiva com recurso a software ainda é um trabalho moroso e desafiante.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma metodologia de otimização da gestão da manutenção com suporte no BIM. Para este efeito, a metodologia BIM é associada à gestão da manutenção do edifício através da interoperabilidade entre a ferramenta *Revit* e a base de dados do *Excel* para troca de informação dos Planos de Manutenção Preventiva. A metodologia desenvolvida e aplicada a um caso de estudo, consistiu na modelação do caso de estudo em *Revit*, com a introdução da informação paramétrica. De seguida, procedeu-se à aplicação da Tabela 13 da norma *Omniclass* para a classificação dos espaços de acordo com a sua utilização e à criação de um plano de manutenção para alguns elementos do caso de estudo. Por fim, desenvolveu-se uma rotina no *Dynamo* permitindo a interação entre o *Revit* e o *Excel* de forma bidirecional para troca de informação. Numa segunda fase utilizou-se um *add in* comercial e efetuou-se a comparação entre as duas ferramentas. Este trabalho possibilita evitar a perda ou fragmentação da informação, permitindo que a gestão seja feita de forma mais eficaz e eficiente, culminando numa redução de custos nas intervenções futuras.

1. Introdução

A manutenção do estado de conservação dos edifícios existentes, a redução do custo do ciclo de vida, a garantia da segurança e sustentabilidade no meio construído são fatores fortemente influenciados por uma gestão da manutenção eficiente [1]. Neste processo, quando os gestores dos ativos têm a oportunidade de optar por uma estratégia de manutenção preventiva, tendem a otimizar a gestão do tempo, dos recursos humanos e materiais [1][2].

Esta abordagem permite realizar um planeamento de ações de manutenção com base num prévio conhecimento da probabilidade de ocorrência de falhas, possibilitando uma atuação que

garanta que não há interrupções inesperadas na funcionalidade dos sistemas e equipamentos. Assim, surgem os planos de manutenção que contêm a descrição das ações de manutenção a realizar e as respetivas periodicidades de intervenção, com base na literatura ou nas recomendações dos fabricantes[3].

No entanto, vários desafios impostos ao sector da AECO têm exigido a sua evolução e a introdução de tecnologias e meios de digitalização para fazer face às exigências atuais. Os impactos ambientais causados, os desperdícios decorrentes da atividade e os recursos naturais consumidos pelo sector, geram desafios ao nível da sustentabilidade. Neste âmbito, as metas a atingir são cada vez mais exigentes, visto que um dos pilares do *European Green Deal* é a neutralidade climática até 2050, retardando o aquecimento global e atenuando os seus efeitos [4]. Tem ainda que ser considerado que as alterações climáticas aliadas ao envelhecimento dos materiais e sistemas construtivos provocam a aceleração da degradação dos edifícios, havendo necessidade de uma estratégia para a otimização da sua gestão da manutenção [2].

Por outro lado, os impactos consequentes da COVID-19 provocaram um aumento dos custos dos serviços de gestão dos edifícios e as crises sanitárias levaram à suspensão, adiamento e alteração de vários projetos devido ao risco de contaminação a que os trabalhadores estavam sujeitos [5] [6]. Aliada à crise pandémica, decorre a crise energética, em que os aumentos dos preços dos combustíveis fósseis e a escassez de recursos humanos e materiais, evidenciam as dificuldades associadas provocando a especulação dos custos associados ao sector da construção.

Para atenuar estas dificuldades e dada a multidisciplinaridade das tarefas de gestão da manutenção, o BIM, sendo uma metodologia de representação digital partilhada de um ativo para facilitar a conceção, construção e os processos operacionais, auxilia a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida [7]. Permite a recolha, união e partilha de toda a informação do ativo durante toda a sua vida útil, através da integração de informação paramétrica nos objetos, possibilitando o conhecimento rigoroso das características e sistemas do edificado existente e a colaboração entre todos os intervenientes na gestão do ativo.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma metodologia de otimização da gestão da manutenção com suporte no BIM. Para este efeito, os planos de manutenção preventiva dos edifícios foram introduzidos no modelo paramétrico tridimensional desenvolvido no *software Revit* e de seguida foram comparados dois métodos que permitem a interoperabilidade entre o *Revit* e a base de dados do *Excel*. O primeiro foi a criação de uma rotina *Dynamo* para estabelecer o link bidirecional entre o *Revit* e o *Excel*. O segundo baseia-se na utilização do *Add-in SheetLink*, da *Dirrots* [8] para fazer esta sincronização.

O carácter inovador deste trabalho caracteriza-se por ser uma metodologia ampla que permite facilitar a tomada de decisão no âmbito da gestão da manutenção, reduzindo os custos associados, estendendo a vida útil dos materiais, evitando a degradação do edificado e garantindo a segurança dos utilizadores. Esta metodologia inclui a extração dos planos de manutenção do *Revit* e permite que estes sejam acessíveis a utilizadores e não utilizadores BIM, através da sincronização entre o *Revit* e o *Excel*, o que permite uma gestão da manutenção mais eficiente e organizada.

A relevância deste trabalho sublinha-se pela rapidez e facilidade no acesso a toda a informação de manutenção, bem como a facilidade de inserção de novos elementos durante a fase de utilização. A metodologia desenvolvida é apresentada no capítulo seguinte.

2. Metodologia

A metodologia de otimização da gestão da manutenção foi desenvolvida e aplicada a um caso de estudo já construído, de acordo com as seguintes etapas:

- Análise das plantas e da informação relativa ao caso de estudo.
- Modelação paramétrica do caso de estudo no software *Revit*.
- Desenvolvimento dos planos de manutenção preventiva para um conjunto de elementos construtivos.
- Desenvolvimento de uma rotina *Dynamo* para estabelecer a interoperabilidade entre *Revit-Dynamo-Excel* na utilização da metodologia BIM.
- Utilização do *Sheetlink* para estabelecer a interação bidirecional entre *Revit* e *Excel*.
- Conclusões e comparação entre as ferramentas de interoperabilidade.

2.1. Caso de estudo

A metodologia desenvolvida foi aplicada a um caso de estudo de forma a proceder à sua validação e garantir a sua futura implementação. O edifício em estudo é o departamento de Engenharia Civil localizado no Campus Universitário de Santiago, em Aveiro, inaugurado no ano letivo 2004/2005. Possui uma área construída de 1613 m² e é constituído por três pisos e uma cave. A fachada principal é orientada a Nordeste. O edifício é composto na sua maioria por estrutura metálica (vigas e pilares) à vista.

A cobertura do edifício é constituída por telhas *sandwich* de chapa metálica, onde assentam os sistemas mecânicos e de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). O sistema de drenagem de águas pluviais é caracterizado por caleiras em chapa zincada de seção retangular e tubos de queda de PVC-U. Ao nível dos revestimentos interiores do edifício, no que concerne aos pavimentos são realizados em betão envernizado ao nível do Rés-do-chão, revestimentos de vinílico confetti nas salas de aula e, nos gabinetes dos docentes o revestimento é fundamentalmente em mosaico de cortiça. Os tetos são revestidos fundamentalmente por gesso cartonado pintado com tinta plástica e por lajes de betão à vista. As portas exteriores e as caixilharias dos vãos envidraçados são constituídas por perfis metálicos e os mecanismos de abertura das janelas são do tipo basculante. Na Figura 1 é possível observar o modelo tridimensional do departamento de engenharia civil realizado em *Revit*.



Figura 1
Modelo tridimensional em *Revit* do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

2.2. Modelação paramétrica do caso de estudo.

Procedeu-se à realização do modelo tridimensional do caso de estudo no software *Revit* (Figura 1), e a informação paramétrica foi atribuída às famílias de objetos através de parâmetros partilhados. Os parâmetros partilhados são parâmetros atribuídos às diferentes famílias de objetos do *Revit*, aos quais foram introduzidas informações acerca dos elementos construtivos e das suas atividades de manutenção. Neste caso, foram associadas também as classificações dos espaços de acordo com a Tabela 13 do sistema de classificação Omniclass. Esta associação é de extrema importância, visto que posteriormente as ações de manutenção podem ser atribuídas de acordo com a importância da utilização do espaço onde os elementos estão inseridos.

2.3. Desenvolvimento dos planos de manutenção preventiva

Os planos de manutenção preventiva incluem ações de manutenção a serem realizadas durante a vida útil do elemento e as suas respectivas periodicidades.

toda a informação numa plataforma unificada acessível aos diversos intervenientes. No entanto, a interoperabilidade entre os vários *softwares* é ainda um desafio. No caso da interoperabilidade entre o *Excel* e o *Revit*, foram aplicadas duas formas de estabelecer a interação bilateral de forma automática. Na versão do *Revit* 2019, a sincronização foi realizada através de rotinas de programação visual no *Dynamo*. O *Dynamo* é um *add-in* de programação visual que permite alargar as funcionalidades paramétricas do *Revit*, e gerar a documentação relativa às fases de operação e manutenção do edifício no seu formato final.

A Figura 4 apresenta parte da programação visual elaborada nas rotinas *Dynamo* BIM.

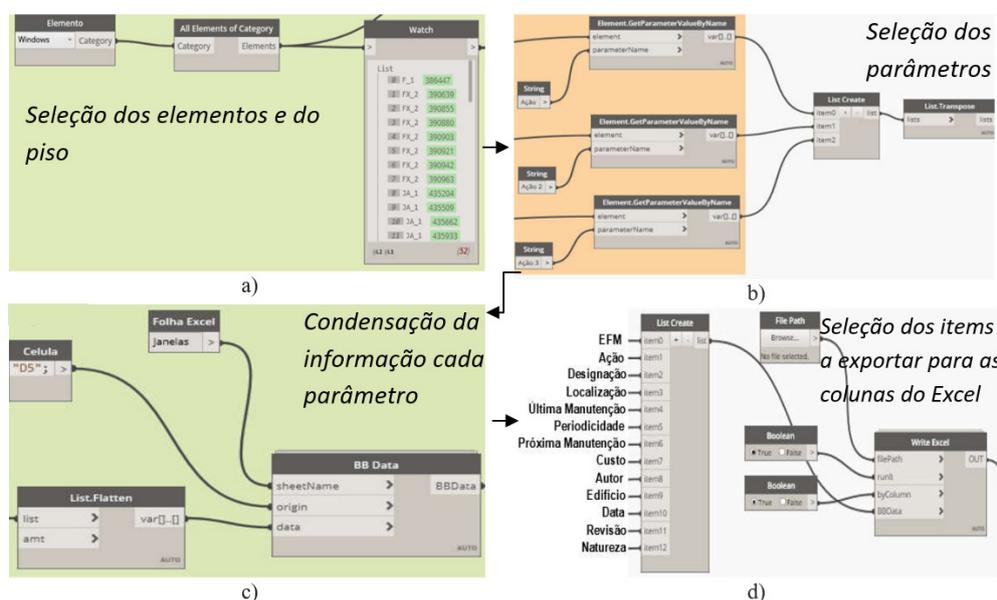


Figura 4 Parâmetros partilhados relativos às ações de Manutenção Preventiva associados ao modelo *Revit*.

Através das rotinas de programação visual é possível efetuar a exportação da informação do modelo *Revit* para *Excel* (Figura 5). A Figura 5 apresenta a tabela no ficheiro *Excel* exportada, com as intervenções já expiradas não efetuadas destacadas a vermelho. As intervenções que se encontram próximas da data de execução encontram-se destacadas a amarelo.

Autor	E. Tavares	Data	16/07/2021	Revisão	Rev.A
Edifício	DEC Universidade de Aveiro	Natureza	Estabelecimento de ensino		

EFM	Designação	Localização	Ação	Data última Intervenção	Periodicidade	Data Próxima Intervenção	Custo
Vão Envidraçado	JA_1.10	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2020	12	09/07/2021	15,00 €
			Verificação e substituição dos vedantes. Lubrificação dos mecanismos de	10/07/2020	60	08/07/2025	85,00 €
			Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2020	3	09/10/2021	12,00 €
Vão Envidraçado	FX_2.2	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2020	12	09/07/2021	15,00 €
			Verificação e substituição dos vedantes. Limpeza.	10/07/2020	60	09/07/2025	80,00 €
			Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2020	6	09/01/2021	12,00 €
Vão Envidraçado	FX_2.1	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2021	12	09/07/2022	15,00 €
			Verificação e substituição dos vedantes. Limpeza.	10/07/2021	60	08/07/2026	80,00 €
			Inspeção visual: Permeabilidade à água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	10/07/2021	6	09/01/2022	12,00 €

Figura 5 Excerto do plano de manutenção exportado do *Revit* para o ficheiro *Excel*.

De forma a permitir a sincronização inversa, do *Excel* para o *Revit* foi necessária a criação de uma outra rotina que permite a importação da informação do *Excel* para o *Revit*, como apresentado na Figura 6.

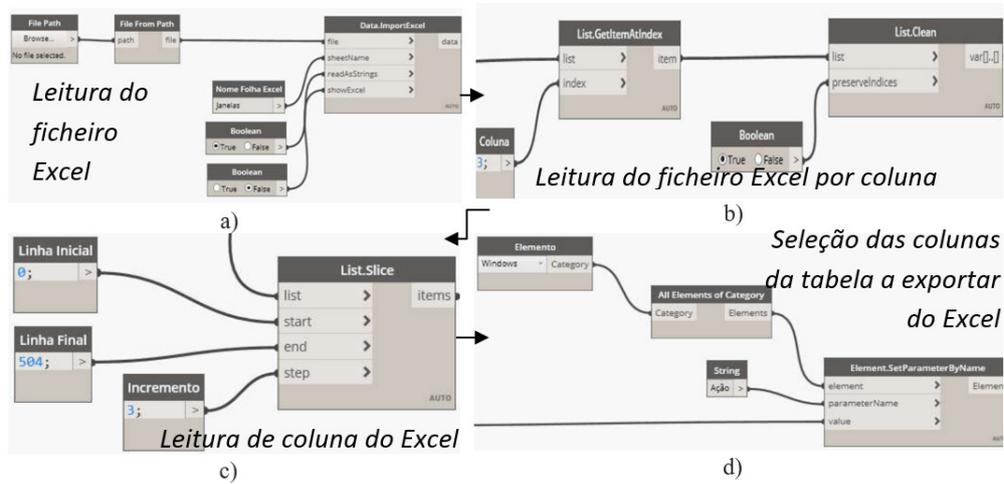


Figura 6 Parte da programação visual em *Dynamo* para importação de dados do *Excel* para o *Revit*.

Apesar do processo de programação em *Dynamo* ser um método eficaz, este necessita de ferramentas acessórias para concretização das rotinas. Além disso, a programação tende a ser extensa o que provoca uma maior probabilidade de acontecer erros e pressupõe a criação de tabelas no *Revit*.

Face a estas dificuldades, no próximo subcapítulo é apresentada a aplicação do add-in desenvolvido pela *Dirrots*, designado *SheetLink*, e que permite estabelecer a sincronização bilateral do *Revit* e *Excel* de forma automática e expedita.

2.5. Utilização do *Sheetlink* para estabelecer a interação bidirecional entre *Revit* e *Excel*

O *Sheetlink* é um add-in do software *Revit* desenvolvido pela *Dirrots*, que possibilita a sincronização automática de dados entre o *Revit* e o ficheiro *Excel*. A interface do *Sheetlink* é intuitiva e de fácil utilização (Figura 7) e permite a exportação e importação de todos os parâmetros criados e alocados aos diferentes objetos *Revit*.

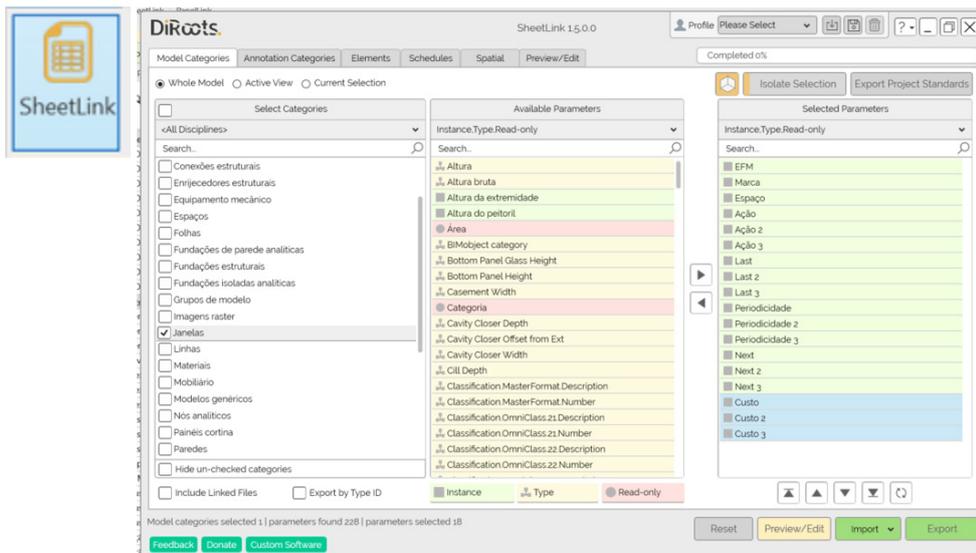


Figura 7
Interface do SheetLink e seleção dos parâmetros a extrair do Revit.

EFM	Marca	Espaço	Ação	Ação 2	Ação 3	Last	Last 2	Last 3	Periodicidade	Periodicidade 2	Periodicidade 3	Next	Next 2	Next 3	Custo	Custo 2	Custo 3
Vão Envidraçado	JÁ_1.10	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade a água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	Verificação e substituição dos vedantes.	Lubrificação dos mecanismos de abertura.	10/07/2020	10/07/2020	10/07/2020	12	60	3	09/07/2021	09/07/2025	09/10/2020	15,00 €	85,00 €	12,00 €
Vão Envidraçado	FX_2.2	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade a água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	Verificação e substituição dos vedantes.	Limpeza.	10/07/2020	10/07/2020	10/07/2020	12	60	6	09/07/2021	09/07/2025	09/01/2021	15,00 €	80,00 €	12,00 €
Vão Envidraçado	FX_2.1	Fachada NO	Inspeção visual: Permeabilidade a água e ao ar. Inspeção dos mecanismos de abertura.	Verificação e substituição dos vedantes.	Limpeza.	10/07/2021	10/07/2021	10/07/2021	12	60	6	09/07/2022	09/07/2026	09/01/2022	15,00 €	80,00 €	12,00 €

Figura 8
Resultado da exportação através do SheetLink-Revit para o ficheiro Excel.

A Figura 8 apresenta a tabela Excel que resultou da exportação do Revit através do SheetLink. Como é possível verificar a informação é extraída de forma organizada e as posteriores modificações efetuadas no ficheiro Excel podem ser novamente importadas para o Revit 2021.

Assim, a aplicação do SheetLink, torna possível a sincronização mais eficiente, rápida e sem necessidade de editar a informação da tabela após a sua exportação.

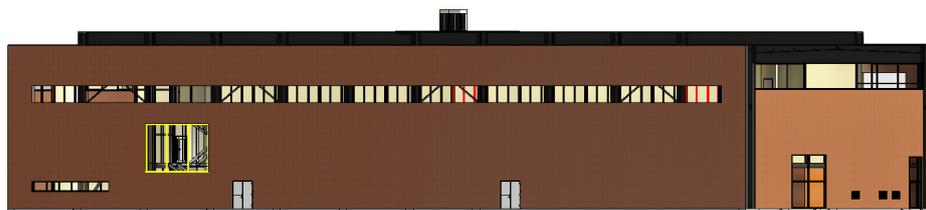


Figura 9
Aplicação do “Color splasher” ao Modelo 3D do Revit.

De forma a visualizar a informação acerca da manutenção mais graficamente, é possível empregar uma escala de cor de acordo com a variação do parâmetro escolhido. Para esse efeito, é usado o “Color splasher 21.0.0.0” [10]. Esta ferramenta é um add-in do Revit desenvolvido pelo BIMOne para visualização e verificação do modelo graficamente. Na Figura 9 é possível verificar quais os elementos com ações de manutenção caducadas (a vermelho) ou próximas da data de execução (a amarelo).

3. Conclusões

A definição de um plano de manutenção é uma tarefa essencial para uma gestão da manutenção eficiente e desta forma manter o nível de desempenho do edifício. Porém, o desenvolvimento, consulta e gestão de planos de manutenção preventiva com recurso a *software* ainda é um trabalho moroso e desafiante.

A metodologia BIM permite reunir toda a informação do ciclo de vida do edifício numa única plataforma, possibilita a atualização permanente da informação, diminui a fragmentação da informação e o consequente investimento na recolha dos dados. É uma metodologia colaborativa multidisciplinar na qual os diferentes intervenientes podem tirar partido da informação partilhada digitalmente através da interoperabilidade entre plataformas. Esta metodologia proporciona uma forma colaborativa de trabalho, permitindo uma melhor gestão do tempo, recursos humanos e materiais.

Assim, este trabalho apresenta uma metodologia de gestão da manutenção sustentada pelo BIM e as vantagens desta relação. Este trabalho apresentou a introdução dos diferentes parâmetros relacionados com os planos de manutenção nos diferentes objetos do modelo *Revit*. Depois, para uma gestão de informação mais eficiente e acessível para utilizadores e não utilizadores do BIM, a ligação bidirecional entre *Revit* e *Excel* é apresentada através da aplicação de dois métodos: 1 – Desenvolvimento de uma rotina *Dynamo*. 2- Utilização do *add-in* do *software Revit*, o *SheetLink*. A aplicação destes dois métodos torna possível estabelecer uma comparação. O primeiro método utilizou uma rotina *Dynamo*, que se verificou ser um trabalho moroso que resulta em grandes rotinas de programação, o que aumenta a probabilidade de erro. Requer também a criação de tabelas no *Revit* para posteriormente a informação ser exportada e, em alguns casos, a informação exportada necessita de ser editada. Este método depende da compatibilidade do pacote *Bumblebee*, *Dynamo* e das versões do *Revit*. Por outro lado, é um método mais personalizado que permite adicionar outros comandos. No segundo método utilizou-se o *SheetLink*, um *add-in* gratuito compatível com as versões do *Revit* a partir de 2018. Tem uma interface muito intuitiva que permite exportar e importar novos dados associados aos objetos BIM. Não há necessidade de fazer tabelas no *Revit* antes de extrair a informação e os dados extraídos são organizados, sem haver a necessidade de manipulação. Conclui-se que para a finalidade pretendida, o *add-in* torna o processo mais automatizado e expedito do que a rotina *Dynamo*. A metodologia BIM pode ter uma importância significativa no processo de gestão da manutenção, dado que permite reunir todos os dados do edifício ao longo da sua vida útil e associá-los a um modelo 3D paramétrico, de rápido desenvolvimento dadas as bibliotecas de objetos disponíveis, tornando-o mais completo. Além disso, as ferramentas que estabelecem a interação bidirecional entre o *software Revit*, *Dynamo* e *Excel* permitem a edição, exportação e importação de dados possibilitando a sua atualização permanente. Este trabalho mostra que os dados podem ser obtidos, manipulados e extraídos em *Revit* ou *Excel* através da atualização das rotinas ou do *add-in* para que a informação atualizada fique acessível nos dois

softwares e que durante o processo é possível adicionar parâmetros e proceder à sua exportação em qualquer momento da fase de utilização.

Esta metodologia foi desenvolvida para a gestão dos edifícios existentes, mas pode também ser aplicada à manutenção futura dos novos edifícios e é reprodutível em outras tipologias de edifícios, bem como, para equipamentos que requerem atividades de manutenção mais específicas e detalhadas. Assim, ao explorar as potencialidades do BIM durante a gestão da manutenção do edifício é possível prolongar a sua vida útil, adotar soluções construtivas mais sustentáveis e, conseqüentemente, reduzir os custos correspondentes à fase de utilização, bem como assegurar a segurança e o bem-estar dos utilizadores. Os futuros desenvolvimentos no âmbito deste trabalho consistem em gerir todos os dados de manutenção através das plataformas de *Business Intelligence*.

Referências

- [1] E. I. Khalid, S. Abdullah, M. H. Hanafi, S. Y. Said, and M. S. Hasim, "The consideration of building maintenance at design stage in public buildings: The current scenario in Malaysia", *Facilities* (2019), vol. 37, no. 13-14, pp. 942-960, 2019, doi: 10.1108/F-04-2018-0055.
- [2] R. Matos, F. Rodrigues, H. Rodrigues, and A. Costa, "Building Condition Assessment supported by Building Information Modelling", *Journal of Building Engineering* (2021), vol. 33, no. Janeiro 2021, p. 101588, 2021, [Online]. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102186>.
- [3] R. Simões, A., Costa, A., Rodrigues, F., Varum, H., Matos, M., Vicente, Simões, A., Costa, A, *Gestão e manutenção preventiva – Bairros de habitação social municipal* Departamento de Engenharia civil Da Universidade de Aveiro, 2015.
- [4] Comissão Europeia, "European Green Deal- Commission proposed transformation of EU economy and society to meet climate ambitions". (2021) Disponível em https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541 2021.
- [5] RICS – Royal Institution of Chartered Surveyors, "COVID-19 and its effect on facilities management", (2020), [Online]. Disponível em: <https://www.rics.org/uk/products/data-products/insights/covid-19-and-its-effect-on-facilities-management/>.
- [6] M. Awada, B. Becerik-Gerber, S. Hoque, Z. O'Neill, G. Pedrielli, J. Wen, T. Wu "Ten questions concerning occupant health in buildings during normal operations and extreme events including the COVID-19 pandemic", *Building and Environment* (2021), vol. 188, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107480.
- [7] BS EN ISO 19650-1:2018, "BS EN 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”, pp. 1-46, British Standard (BS), 2018.

- [8] DiRoots, “Sheetlink – Excel Import/Export”, disponível em <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=4089038677237188183>, 2021.
- [9] E. Tavares, “Gestão do Património Edificado com Recurso ao BIM”, Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2019.
- [10] I. BIM One, “Virtual construction and technology BIM One Inc. – Color Splasher”, 2019, [Online]. Available: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5056644120649615847&appLang=en&os=Win64>.