

Metodologia para interoperabilidade BIM-FM baseada em base de dados relacional

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.41>

Marina Trbulci¹, Miguel Azenha²

¹ Elea iC, Ljubljana

² Universidade do Minho, Guimarães

Resumo

O artigo tem como foco a metodologia e implementação BIM-FM. Está a propor uma estrutura de trabalho focada em estabelecer uma conexão bidirecional entre o modelo BIM e uma base de dados relacional em formato SQL. Também explora possibilidades para a análise de dados de forma avançada com o uso do software Power BI, para uso dos dados disponíveis durante a operação de activos de forma inteligente e interativa.

É proposto um mapa de processos detalhado para definir as operações da estrutura de trabalho num cenário de aplicação mais amplo dentro dos processos BIM, incluso a nível de interoperabilidade de software. A implementação de aplicação da estrutura de trabalho proposta no estudo de caso é para equipamentos de iluminação do edifício da biblioteca, no Campus de Azurém da Universidade do Minho, que permite demonstrar a funcionalidade e as possibilidades do mapa de processos. Sendo o objetivo demonstrar uma solução para a interoperabilidade entre sistemas, que conecta informações do modelo BIM a uma base de dados relacional, com o propósito de ser utilizado durante a fase de gestão do activo. Por fim, apresenta a análise de dados com o intuito de apoiar melhorias no desempenho das instalações. Portanto, o fluxo de trabalho proposto é escalável e expansível, oferecendo soluções para sistemas mais complexos e outras atividades relacionadas à gestão dos activos.

1. Introdução

As atividades de Gestão de Facilidades (FM) compreendem diversas áreas e competências, incluindo a Manutenção e Operação (O&M), a gestão de riscos e de projetos do activo. Sendo que a etapa de operação (O&M) representa a maior parte do ciclo de vida do activo, que corresponde a cerca de 60% do custo total do projeto [1]. Como forma de oferecer suporte a essas atividades, os processos de FM requerem informações contínuas e confiáveis sobre o activo. Com isso, de forma a dar suporte à integração da informação entre diferentes etapas do projeto, existe um crescente uso da metodologia 'Building Information Modelling' (BIM) e de seus processos colaborativos, por todo ciclo de vida do activo. Apesar dos benefícios relacionados ao BIM poderem ser aplicados a etapas de pós-construção, a metodologia ainda é mais utilizada para as fases de design e construção se comparado com estágios de utilização [2]. Sendo um dos principais motivos da falta de adesão ao BIM-FM estar relacionado à problemas de interoperabilidade entre software BIM e sistemas FM, o que causa uma lacuna na transferência de informações entre as etapas de construção e operação [3]. Quando consideramos que o modelo BIM deve funcionar como um conjunto de dados integrados, que possui as informações necessárias a serem utilizadas pelas partes envolvidas por todas as etapas do activo [4], é essencial estabelecer um fluxo estável e confiável da informação durante todo ciclo de vida do activo [5]. Além disso, a integração entre sistemas também carece de uma conexão bidirecional, dificultando a manutenção da informação, que acaba ficando obsoleta em base de dados desconectadas em diferentes *softwares*.

Uma abordagem eficiente para o problema de interoperabilidade, é o uso de base de dados relacionais (RDBMS), que fornece um acesso eficaz e simplificado à informação BIM e simplifica a criação de relações entre elementos e consultas de dados. Nesse contexto, é importante manter a estrutura, armazenamento e atualização constante dos dados para que sirva como fonte confiável de informação durante o ciclo de vida do activo [6]. Ademais, outro ponto relevante para a implementação BIM-FM está relacionado à crescente cultura orientada por dados, fundamental para a indústria AECO/FM, de forma a integrar e dar sentido aos dados coletados ao longo do ciclo de vida do activo. Sistematizando as informações de forma gráfica, trazendo uma melhor compreensão e visualização do desempenho do activo, auxiliando nas atividades O&M e apoiando a tomada de decisões inteligentes.

1.1. Objetivos

Esse artigo tem como objetivo propor uma metodologia e estrutura BIM-FM com foco em estabelecer uma conexão bidirecional entre o modelo BIM e a base de dados relacional SQL, seguido por uma proposta de análise desses dados através do software Power BI, com a intenção de utilizar a informação disponível durante a fase de operação do activo.

A intenção é que a estrutura e a metodologia propostas nesse artigo sejam escaláveis e aplicáveis a novos projetos de qualquer tipo de instalação, seus equipamentos e sistemas complexos.

- i. Os seguintes subobjetivos podem ser identificados:
- ii. Identificar e compreender o presente estado de aplicação BIM-FM e seus fluxos de informação correspondentes entre diferentes estágios de projeto.
- iii. Desenvolver uma estrutura BIM-FM orientada à gestão de dados através de uma base de dados relacional.
- iv. Aplicar a estrutura e metodologia desenvolvida em um estudo de caso (biblioteca do Campus de Azurém da Universidade do Minho).

Produzir resultados e análise crítica sobre a aplicação da metodologia proposta.

2. Metodologia e desenvolvimento do mapa de processos

A metodologia aplicada considera a extração da informação do modelo BIM para uma base de dados relacional, seguido pela análise desses dados, feita de forma a garantir a consistência da informação por todo ciclo de vida do activo. Portanto, o foco da estrutura BIM-FM proposta é definir estratégias para enriquecer a informação contida no modelo BIM em cada processo, de forma que os dados sejam confiáveis e acessíveis, para dar suporte às futuras atividades de O&M. Sendo a integração dos dados do modelo BIM com uma base de dados relacional para uso de FM como uma solução chave para armazenar e manter a informação. Essa possui uma conexão bidirecional com o modelo BIM, de forma a manter-se atualizada. Por fim, a proposta da análise desses dados através do software Power BI, uma maneira inteligente e eficiente de analisar os dados disponíveis durante a operação do activo. O fluxo descrito é representado pela figura a seguir:

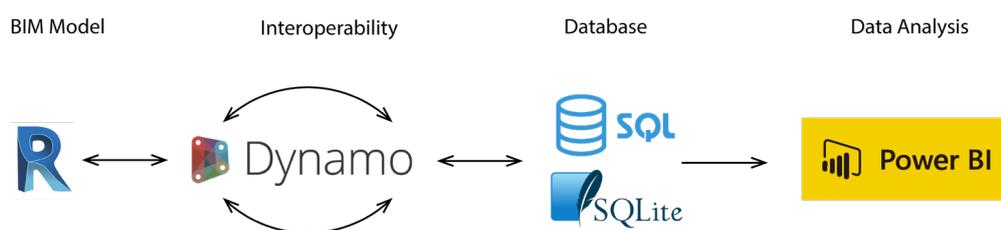


Figura 1
Fluxo entre softwares.

2.1. Estrutura de implementação BIM-FM

O processo para aprimorar a gestão da informação é demonstrado de maneira clara na figura 2. Que contém a ligação de cada atividade entre as partes envolvidas (stakeholders), para a implementação BIM-FM no projeto. Na fase de viabilidade, que marca o início do projeto (atividades F1 até F6), o profissional de FM participa das definições de objetivos para a implementação BIM-FM, que vão constar no 'BIM Execution Plan' (BEP). Esses requerimentos devem estar de acordo com os padrões definidos para o projeto em questão.

Durante a fase de construção do activo, o contratante é o responsável por atualizar o modelo BIM de acordo com as condições 'as-built', de forma a cumprir com os requisitos especificados no BEP (atividade C1). Para os elementos do modelo, esses devem seguir o padrão definido durante a fase de viabilidade, para serem constantes durante todo o projeto, assim como o nível de detalhe (LOD) desses elementos. O registro das atividades O&M (atividade O4) pode ser mantido no sistema FM e atualizado na base de dados regularmente (atividade O5), para manter centralizada a informação requerida e alimentar o painel analítico (dashboard) com dados atualizados e contínuos.

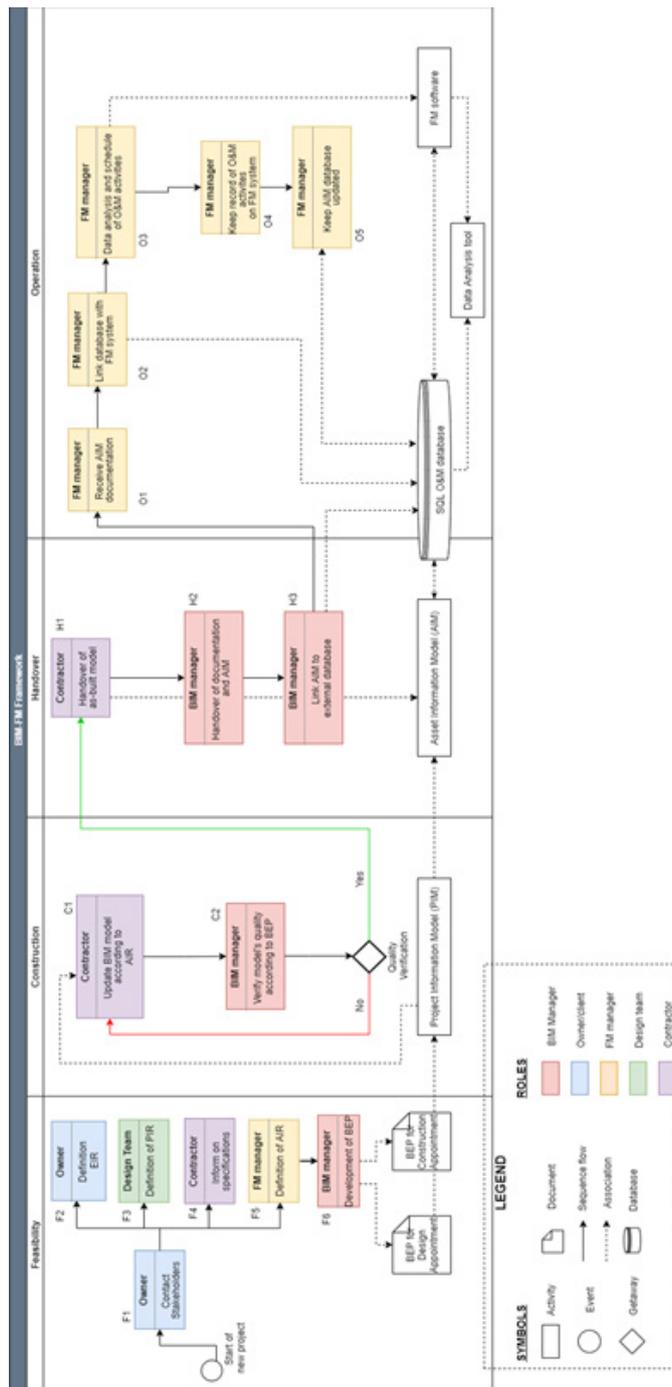


Figura 2
Estrutura do processo de implementação BIM-FM.

No processo descrito anteriormente, utiliza-se as informações não-gráficas contidas no modelo BIM. O esquema da figura 3 demonstra como os dados do modelo 'Asset Information Model' (AIM) estão estruturados. Enquanto o modelo BIM é composto por informações gráficas e não-gráficas, o sistema FM possui apenas a informação não-gráfica relacionada às atividades de O&M. Quanto a base de dados em questão, armazena-se apenas as informações não-gráficas requeridas para as atividades de manutenção do ativo.

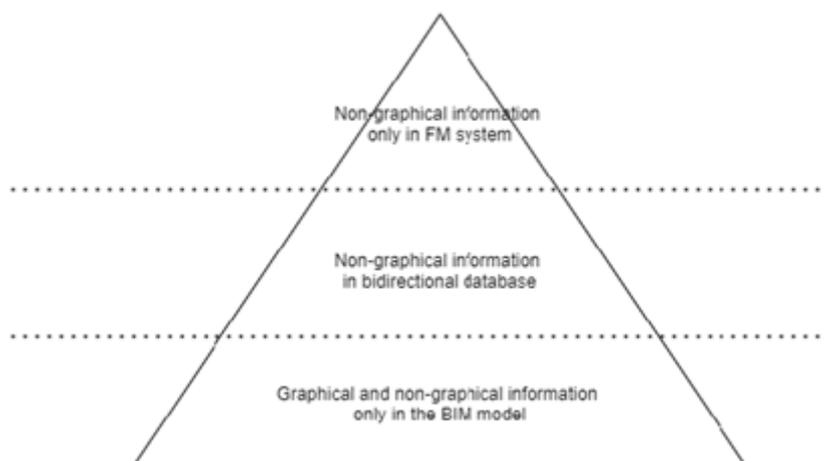


Figura 3
Esquema da estrutura da informação entre sistemas.

Para que a informação contida na base de dados do activo seja confiável, é crucial manter a base de dados central atualizada durante a fase de operação e manutenção. Para que esse seja um processo mais fácil e eficiente, a equipe de FM deve ser capaz de atualizar a informação diretamente na base de dados ou no sistema FM adotado, para preservar a precisão e qualidade da informação. Além disso, a base de dados deve ser a principal fonte de informação sobre o activo, outros sistemas que estejam conectados devem ser alimentados diretamente do mesmo repositório de dados. Assim, evitar que diferentes fontes atualizem a informação sobre um elemento de maneira divergente, de forma manter a base de dados central como uma fonte confiável dos dados do activo.

2.2. Mapa de processos computacional

Com o intuito de desenvolver a conexão proposta, um estudo de possibilidades foi feito, onde o *software* de modelação considerado foi o Revit, devido a seu amplo uso, acessibilidade e conectividade com a ferramenta de programação visual, Dynamo. Proveniente da análise, a alternativa para desenvolver a conexão se baseia em exportar a informação necessária do Revit, conectando-a com uma base de dados estruturada SQL. Essa conexão é possível através da programação visual feita através do Dynamo, de modo que estabelece uma relação bidirecional entre o modelo BIM e base de dados. Em seguida, os dados coletados são analisados no software Power BI. O mapa de processos proposto (figura 4), descreve atividades que estão incluídas nos estágios de entrega e manutenção do activo onde, na Figura 2, fazem

parte das atividades H1 até O5. Desta forma, as atividades requeridas são compostas pelos processos de modelação, troca de dados, preenchimento da base de dados e análise dos dados. Todos apresentados na Figura 4, com o mapa de processos computacional proposto. A etapa de modelação, da atividade M1 a M3 é realizada pelo especialista BIM indicado pelo contratante, para atualizar o modelo de acordo com as condições ‘as-built’. Em paralelo, as atividades D1 e D2 são executadas, criando a conexão através do Dynamo. Para estabelecer essa relação entre sistemas (atividade D2), a parte da programação em Dynamo foi desenvolvida de forma que o usuário pode escolher quais famílias (classe de objetos) e parâmetros devem ser exportados. Pois considera-se que para a parte de operação do activo, apenas alguns dados do elemento são necessários.

Assim, a estrutura e o mapa de processos proposto reduzem consideravelmente a quantidade de trabalho manual, principalmente quando comparado a outros processos tradicionais para transferir informações do modelo BIM para um sistema FM. Além de otimizar a consulta e entrada de dados do activo na base de dados. Ao implementar uma conexão bidirecional da base de dados com o modelo BIM, gera-se uma abordagem mais eficiente para a atualização da informação diretamente na base de dados, tendo em vista que tal atividade não requer conhecimento em software de modelação BIM.

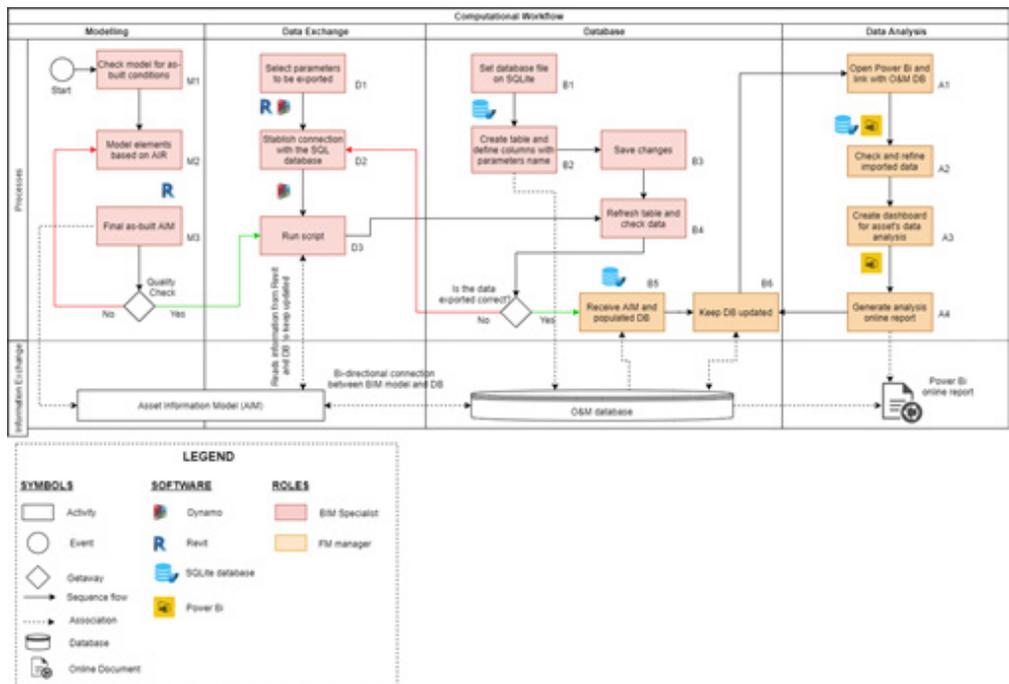


Figura 4 Fluxo de processos computacional.

2.3. Análise dos dados

Como parte final do processo proposto, a integração da base de dados com o software Power BI, correspondendo às atividades A1 até A4 na Figura 4. Deve-se estabelecer a conexão do Power BI com a base de dados relacional, onde a informação é

importada para o software de análise de dados, que mantém uma integração unilateral com a base de dados, podendo-se alterar os dados no arquivo original e atualizar a conexão com o painel no Power BI. Os dados importados requerem então uma etapa de refinamento e seleção do que é útil e necessário de ser visualizado no painel e no relatório (A2), que pode ser feito através do 'query' no software. Assim, os dados selecionados são adicionados ao painel interativo, que serve como suporte às decisões relacionadas às atividades de operação e manutenção, de acordo com os requisitos de desempenho do activo.

Desse modo, o processo proposto maximiza a integração de dados entre BIM e FM, que utiliza SQL como base de dados central, o qual pode ser facilmente integrado com software de análise de dados e outros sistemas FM. Para estabelecer assim uma integração automática e uma forma acessível de manter os dados atualizados. Sucessivamente, a conexão dos dados BIM com a ferramenta de análise dos dados fornece um significativo sistema de suporte para alavancar o uso das informações disponíveis para uma O&M mais eficaz e precisa.

A estrutura de processos apresentada para integração de dados entre modelo BIM e software FM utiliza um modelo digital 'as-built' para manutenção e otimização dos activos. Tal metodologia se relaciona com a criação de Digital Twins, tecnologia que está cada vez mais presente na indústria AECO-FM e promove a cultura baseada em dados, tornando-se necessária para tomada de decisões inteligentes e manutenção de 'Smart Buildings'.

3. Estudo de caso

No presente estudo de caso é aplicado o processo descrito no capítulo anterior com o propósito de demonstrar sua viabilidade em um contexto BIM-FM. O projeto utilizado é o edifício da biblioteca (#13), localizado no campus de Azurém da Universidade do Minho, na cidade de Guimarães, Portugal. O edifício foi inaugurado em 2016, sendo composto por 7 pavimentos, contendo um vasto número de espaços e estações de estudo que estão concentrados nos pavimentos 3, 4 e 5. O modelo BIM do edifício utilizado nesse estudo foi gentilmente fornecido pelo grupo de estudantes do módulo BIM do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade do Minho. O estudo em questão focou nos equipamentos de iluminação, elementos que essencialmente estão presentes em todos os tipos de activos.

Para a implementação do processo, foram consideradas as atividades demonstradas no mapa de processos (Figura 4), iniciando na atividade C1, a atualização do modelo BIM de acordo com as condições 'as-built', até a atividade O3 da análise dos dados. Considera-se que o activo para esse estudo já está na fase de operação, as etapas de viabilidade e definições de projeto (atividades F1 até F6) não são empregues neste estudo.

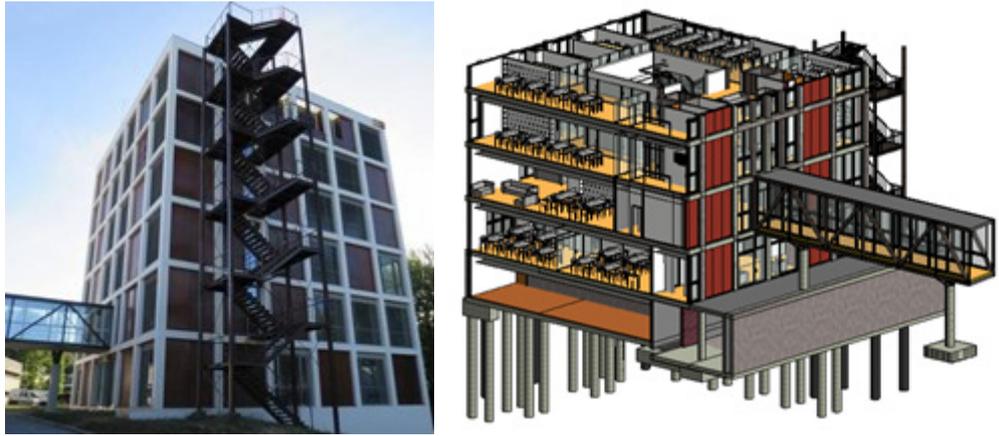


Figura 5
À esquerda o edifício da biblioteca construído, e à direita o modelo BIM do mesmo.

Os equipamentos de iluminação foram modelados nos pavimentos 3 e 4, seguindo o padrão para os elementos conforme definido pelo Open BIM Object Standard (OBOS) [7]. Assim como foram definidos os parâmetros que devem estar contidos em cada elemento de acordo com o que está determinado no ‘Property Set’ (*PSet*) do esquema IFC 4 para a manutenção de facilidades e activos [8]. Foi então configurada a ferramenta no Dynamo, selecionando os parâmetros a serem exportados, e estabelecida a conexão com a base de dados SQL. Ao rodar o script e atualizar o arquivo da base de dados, a tabela foi povoada com a informação extraída do modelo BIM. A conexão bilateral foi testada ao trocar na base de dados povoada o valor do parâmetro “WarrantyStartDate” para uma nova data. Ao atualizar novamente o script no Dynamo, e procurar pelo elemento no modelo Revit, utilizando seu número de identificação (ID), foi possível observar que o valor foi atualizado de acordo com a base de dados, provando a bilateralidade da ferramenta.

Como último passo do estudo de caso, a base de dados foi conectada ao Power BI, onde a informação foi filtrada e selecionada para ser apresentada de forma interativa e visual no modelo de relatório desenvolvido através de gráficos e tabelas, como é demonstrado na figura 6 abaixo.

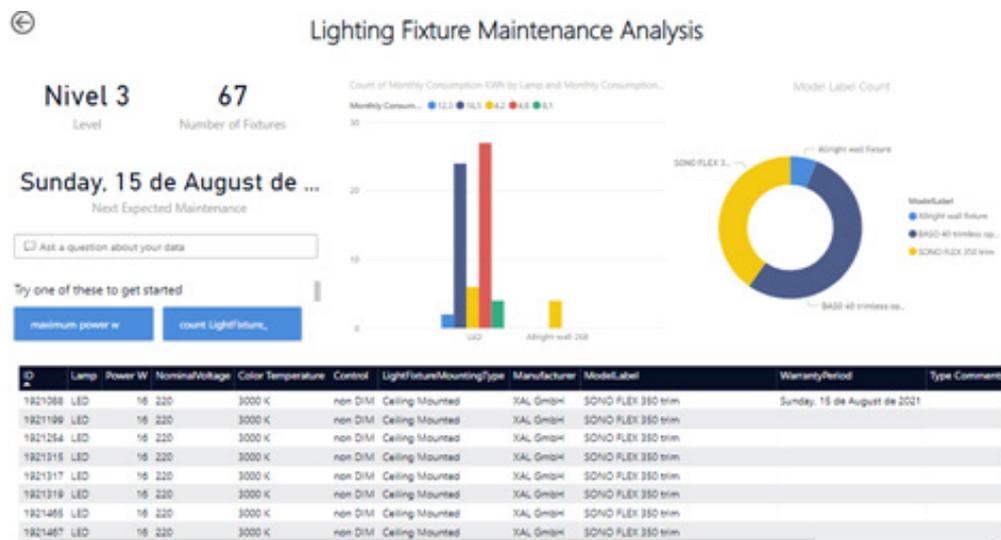


Figura 6
Exemplo de dashboard interativo Power BI.

4. Conclusão

O presente artigo foi desenvolvido com o objetivo de propor uma estrutura orientada para a integração entre o modelo BIM e um sistema FM através de uma base de dados relacional, com a possibilidade de ser realizada análise de dados de forma integrada a gestão de informação dos activos. Com isso, as principais conclusões desse artigo são:

- Foi possível implementar a interconexão entre um software de modelação (Revit) e um base de dados relacional (SQL) desenvolvido através de linguagem de programação visual (Dynamo), o qual pode ser expandido para um maior número de parâmetros FM, relacionados com a informação não gráfica de um elemento.
- A base de dados relacional SQL proporciona uma interface estruturada povoada com as informações requeridas e é capaz de funcionar de forma bidirecional através da conexão estabelecida com o Dynamo, o qual a interconectividade permite atualizar informações não gráficas e não relacionais de um elemento BIM.
- A sistematização da estrutura desenvolvida no formato de um mapa de processos, permite uma indicação precisa sobre a troca de informação entre as partes interessadas, assim como as ferramentas envolvidas, com o potencial de ser aplicada em projetos de alta complexidade.
- Foi possível confirmar a viabilidade em estabelecer os painéis interativos para análise da informação no Power BI, integrado à base de dados SQL em tempo real. Essa capacidade de interação com os dashboards de análise de dados pode se tornar ainda mais potentes quando integrados com outras informações vindas do sistema FM, auxiliando no uso inteligente de data e em tomadas de decisões para assim melhorar a performance do activo.
- De forma geral, a estrutura proposta é escalável, permitindo ser expandida para ser utilizada em qualquer tipo de facilidade e elementos.
- É observado, portanto, que a aplicação da estrutura requer uma definição inicial das informações requeridas para FM, estabelecendo o fluxo de trabalho para manter a qualidade e precisão do modelo BIM conectado à base de dados, o qual deve ser atualizado regularmente durante a operação do activo.

4.1. Sugestões futuras

A escalabilidade e a expansividade da estrutura proposta podem ser ainda mais exploradas, onde pode-se focar na área de programação para que a ferramenta de conexão bidirecional seja desenvolvida diretamente na API do software de modelação Revit. Dessa maneira, dispensando o uso do Dynamo e a necessidade de recarregar o modelo para atualizar a informação da base de dados. Além disso, pesquisas futuras podem focar na integração entre a base de dados e ferramentas de análise conectadas com sensores IoT instalados pela facilidade, permitindo assim atualizações

constantes e programadas com informações precisas sobre a performance do activo. Também podendo aperfeiçoar a interoperabilidade para que a estrutura proposta para ser baseada no esquema IFC, com a intenção de promover uma maior integração na troca de dados. Dessa maneira o painel com informações do activo estaria sempre sendo alimentado com novos dados para dar suporte à tomada de decisão por parte da operação da facilidade.

Ademais, o potencial da base de dados relacional de ser ainda mais potente com a combinação de diferente conjunto de dados, incluindo não apenas o modelo BIM, como também informações do sistema FM com ordem de pedidos, lembretes, manutenção dos espaços etc., tudo isso integrado ao painel analítico, trazendo interpretação e sentido dos dados adquiridos.

Agradecimentos

Acredito que é essencial agradecer ao mestrado BIM A+, pois foi durante o curso que desenvolvi a pesquisa apresentada nesse artigo. Aos professores do curso, em especial meu orientador da tese de mestrado e desse artigo, Prof. Miguel Azenha. Também a Unidade de Investigação ISE e ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

Referências

- [1] Hu, Z.-Z., Tian, P.-L., Li, S.-W., Zhang, J.-P., 2018. BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. *Advances in Engineering Software* 115, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.08.007>.
- [2] Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C., Self, A.P., 2018b. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction* 87, 22-38. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.004>.
- [3] Talebi, S., 2014. Exploring advantages and challenges of adaptation and implementation of bim in project life cycle.
- [4] Ozturk, G.B., 2020. Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry. *Automation in Construction* 113, 103122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103122>.
- [5] Nicał, A.K., Wodyński, W., 2016. Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Procedia Engineering* 164, 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.623>. [6] Gusakova, E., 2018. Development of high-rise buildings: digitalization of life cycle management. *E3S Web Conf.* 33, 03063. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183303063>.

- [7] OBOS, 2018. OBOS – The Open BIM Object Standard v1.0.
- [8] Industry Foundation Classes (IFC) [WWW Document], 2020. . BuildingSMART.
URL <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> (accessed 3.4.20).