

O nível de maturidade digital BIM no setor de *Facility Management* em Portugal

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.34>

**Rodrigo Pedral Sampaio¹, Francisco Vasconcelos²,
António Aguiar Costa¹, Inês Flores-Colen¹**

¹ *Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS),
DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,
Av. Rovisco Pais, 1 1049-001, Lisboa, Portugal*

² *DECivil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,
Av. Rovisco Pais, 1 1049-001, Lisboa, Portugal*

Resumo

A metodologia de modelação da informação da construção (BIM) é reconhecida na literatura como um avanço promissor para a indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e *Facility Management* (AECFM), sendo aplicada em todas as fases do ciclo de vida de um projeto. A capacidade dos modelos virtuais em capturar informações ao longo do projeto oferece um vasto potencial para aprimorar a eficácia do gestor de *Facility Management* (FM) na fase operacional. Este estudo analisou o estado atual do setor de FM em Portugal quanto à digitalização e implementação do BIM-FM, conduzindo uma pesquisa online com 2373 profissionais. A análise revelou 108 respostas válidas, permitindo derivar o nível de maturidade digital do FM português com base no modelo de maturidade BIM de Bew-Richards. O resultado indicou que uma parcela significativa do setor ainda possui baixo nível de digitalização, com a implementação do BIM-FM em estágio de desenvolvimento que demanda legislação e investimento para alcançar seu potencial máximo. Este estudo destaca a sinergia entre BIM e FM, fornecendo caminhos para profissionais identificarem áreas onde o BIM pode ser benéfico nas práticas de FM.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e *Facility Management* (AECFM) tem sido um impulsionador vital da economia global, embora seja criticado por sua deficiência de digitalização em comparação com outros setores. Nesse sentido o desafio de gerir o ambiente construído, considerando requisitos de desempenho energético, ambiental e humano, destaca a importância do *Facility Management* (FM) para manter, melhorar e adaptar edifícios em condições de uso [1].

Em seu relatório anual a Fortune Business Insights relata que o mercado global de FM atingiu 1.260,0 mil de milhões de dólares em 2022. Ainda, espera-se que esse mercado cresça a uma taxa anual de 6,7% de 2023 a 2030, representando uma parte substancial do setor em todo o mundo [2]. A complexidade e as necessidades da gestão do ambiente construído também exigem dos gestores de FM a adoção de ferramentas tecnologicamente avançadas, especializadas para automatizar tarefas rotineiras, gerenciar informações, monitorar o desempenho do edifício e apoiar processos de tomada de decisão [3].

A Modelação da Informação da Construção, ou do inglês, *Building Information Modeling* (BIM) representa um dos desenvolvimentos mais promissores para a digitalização do setor AECFM e experimentou um rápido crescimento nos últimos anos [4]. A implementação da metodologia BIM requer um investimento inicial na formação de pessoal para adquirir as competências necessárias para usar as ferramentas disponíveis, bem como investimento financeiro no desenvolvimento de novas tecnologias e equipamentos [5]. Seus benefícios incluem o armazenamento unificado de dados, acessível a todas as partes, reduzindo inconsistências e erros. Testes virtuais permitem análise prévia da construção para controle efetivo de cronograma e orçamento. Para além disso, as atualizações durante a construção facilitam manutenção e garantem eficiência [6].

O impacto da transformação digital envolve altos níveis de integração, conectividade, colaboração em tempo real e inovações em tecnologia inteligente que atendem à demanda por métodos mais eficientes e sustentáveis [7]. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo identificar e caracterizar, por meio de uma investigação estruturada, o nível de digitalização do setor de FM em Portugal, compreender e avaliar o nível de implementação do BIM como uma ferramenta de apoio ao FM em organizações que operam em Portugal e identificar as principais barreiras para a implementação.

2. BIM-FM

A gestão eficiente de um projeto tem sido sempre um desafio. Desde o início do desenvolvimento do BIM, este tópico tem sido amplamente debatido [8]. A capacidade dos modelos BIM em transmitir informação nas várias etapas do desenvolvimento do projeto pode gerar benefícios vitais para a eficiência do setor FM.

Ao ponderar sobre esses benefícios advindos da adoção de modelos BIM para a gestão do FM, torna-se imperativo assegurar a interoperabilidade dessas ferramentas com os sistemas já estabelecidos na fase operacional. Esta consideração engloba os sistemas de gestão informatizada de FM, fomentando, assim, uma colaboração sinérgica entre tais sistemas. Esta integração possibilita que a informação no modelo BIM sejam inseridas nesses sistemas de gestão, poupando significativo tempo de entrada de dados e garantindo a qualidade e precisão das informações. Os benefícios dessa integração refletem-se tanto na redução dos custos quanto na rapidez com que se alcança um desempenho ótimo [1].

2.1. O BIM e o nível de maturidade digital do setor FM em Portugal

O desenvolvimento e a maturidade do BIM têm sido discutidos por vários autores [9]. Uma vez que o BIM é uma metodologia que abrange várias disciplinas, incluindo o FM, a maturidade do BIM de uma indústria ou organização deve ser avaliada com base nos seus objetivos [3]. Nesse sentido, torna-se essencial estabelecer uma definição por níveis de aplicação para avaliar essa maturidade. Destaca-se que o nível de maturidade do BIM não pode ser dissociado da maturidade digital de uma organização ou setor pois, a adoção efetiva do BIM requer não apenas a implementação de tecnologia BIM específica, mas também a capacidade da organização de integrar essa tecnologia em seus processos existentes [10], [11].

Se, por um lado, a maturidade digital de uma organização refere-se à sua capacidade de utilizar e aproveitar as tecnologias digitais para melhorar seus processos e tomada de decisões [12], por outro, o nível de maturidade no contexto do ambiente construído está intrinsecamente ligado com a sua capacidade de aproveitar ao máximo os benefícios do BIM e de adaptar seus processos e cultura organizacional em conformidade. Portanto, os modelos de maturidade da metodologia BIM desempenham um papel vital ao fornecer orientação a partes interessadas e empresas que dependem dessa metodologia, ajudando-os a identificar suas capacidades de modelação da informação e facilitar melhorias em seus processos [13].

O modelo de maturidade Bew-Richards tem sido um dos modelos preferências para discutir e verificar o nível de maturidade do BIM [9]. Ele se baseia na evolução natural da maturidade da metodologia BIM e na implementação prática dessa metodologia. O modelo de maturidade Bew-Richards avalia indústrias ou organizações numa escala de 0 a 3, conforme mostrado na Tabela 1 [14].

Tabela 1: Descrição do Nível de Maturidade BIM Bew-Richards [14].

Nível	Descrição
Nível 0	Envolve a utilização de software como o MS Office para a gestão de informações e modelos de desenho assistido por computador (CAD) em 2D. A informação é partilhada em papel ou em formato digital.
Nível 1	Envolve o uso de software específico para gestão de edifícios e infraestruturas. São utilizados modelos CAD em 2D e 3D, e a informação é partilhada entre as partes interessadas num ambiente comum de dados (CDE), assumindo apenas uma colaboração parcial.
Nível 2	Envolve o uso de modelos BIM já enriquecidos com informações adicionais que acrescentam valor ao modelo, podendo ser apenas parcialmente integrados num único modelo. Modelos digitais gêmeos associados a sensores para monitorização podem ser utilizados. Inclui a partilha de informações num arquivo padrão (como <i>Industry Foundation Classes</i> – IFC) e um CDE.
Nível 3	Envolve o uso de modelos BIM totalmente integrados (iBIM) entre as partes envolvidas no planeamento, construção e gestão do ativo, e um único modelo com informação centralizada, no qual os dados podem ser consultados e modificados por todas as partes envolvidas.

A implementação do BIM no setor AECFM acelerou rapidamente nos últimos anos em todo o mundo [15]. Na Europa, alguns países já adotaram a metodologia BIM de nível 2 em transição para a 3. Por exemplo, os governos da Noruega e da Áustria foram os primeiros a solicitar a adoção do BIM de nível 3 para projetos públicos [15]. Países como Reino Unido, França, Rússia, Finlândia, Suécia, Dinamarca e Itália exigem um nível 2 de maturidade BIM. Espanha, Alemanha e República Checa já iniciaram programas para adotar o nível 2 de maturidade, embora não o tenham tornando obrigatório [15]. Portugal, Suíça e Bélgica ainda não exigem o uso do BIM na indústria AECFM [15]. Apesar do progresso na institucionalização oficial do BIM, a adoção real de práticas, métodos e ferramentas BIM pela indústria da construção ainda precisa ser aprimorada.

Em relação ao panorama em Portugal, o processo de padronização da metodologia BIM tem caminhado para a convergência de esforços nacionais e europeus através da Comissão Técnica 197 (CT 197). Sua missão é desenvolver padronizações no âmbito dos sistemas de classificação, modelagem de informação e processos ao longo do ciclo de vida de projetos de construção e monitorar os desenvolvimentos do Comitê Europeu de Normalização 442 (CEN/TC 442).

O nível de maturidade BIM do setor FM em Portugal é um aspeto crucial a investigar para compreender a adoção atual e o potencial futuro dessa metodologia na indústria do FM. Ao compreender o nível de maturidade digital, podemos identificar pontos fortes, fraquezas e oportunidades de melhoria dentro do setor FM português. Essas informações podem ajudar a orientar o desenvolvimento e implementação de estratégias FM baseadas em BIM mais eficazes e eficientes no país.

A avaliação do nível de maturidade digital também nos permite comparar o setor de FM português com padrões internacionais e melhores práticas. Essa comparação pode revelar valiosos caminhos sobre como o setor FM em Portugal pode beneficiar das experiências internacionais e aprimorar seu desempenho geral. Além disso, compreender o nível de maturidade digital pode contribuir para a discussão mais ampla sobre a digitalização nas indústrias da construção e no setor FM.

Ao examinar o estado atual da adoção digital no setor FM em Portugal, podemos reconhecer áreas onde a indústria precisa de mais apoio, seja em termos de tecnologia, educação ou desenvolvimento de políticas. O nível de maturidade digital pode ajudar também aos formuladores de políticas e intervenientes da indústria a criar iniciativas personalizadas para fomentar o crescimento e a competitividade do setor, melhorando, em última análise, a gestão do ambiente construído e a qualidade de vida para os cidadãos portugueses.

Uma compreensão abrangente do nível de maturidade digital do setor FM em Portugal é essencial para identificar desafios atuais e oportunidades potenciais, apoiando o desenvolvimento de estratégias de FM baseadas na metodologia BIM alinhadas com as necessidades da indústria e as melhores práticas internacionais. A pesquisa pode servir também como um modelo para outros países interessados em realizar suas próprias pesquisas de maturidade digital em FM, fornecendo uma estrutura e metodologia para coleta e análise de dados.

3. Metodologia de investigação e análise dos dados

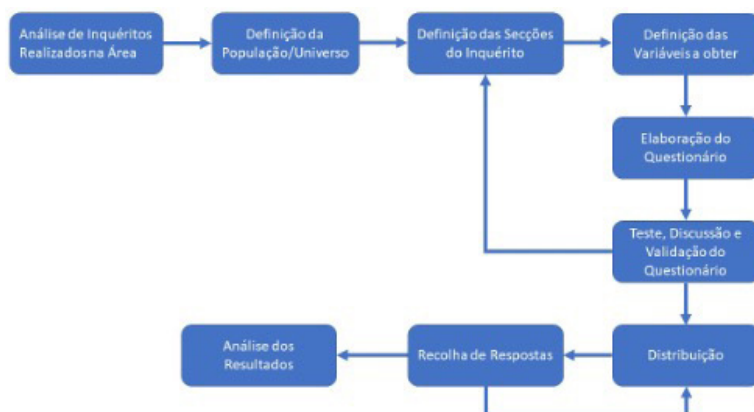
Foi realizada uma revisão da literatura a nível nacional e internacional para avaliar a extensão da digitalização no setor FM, com foco na metodologia BIM-FM. Esta revisão proporcionou um ponto de partida para a obtenção de uma avaliação objetiva do cenário nacional através de um inquérito realizado em colaboração com a Associação Portuguesa de *Facility Management* (APFM). A pesquisa foi realizada na plataforma *Google Forms* e as respostas foram rastreadas anonimamente para maximizar a participação dos entrevistados. A distribuição do questionário foi feita via e-mail, LinkedIn e através da rede de contactos da APFM, de forma a facilitar a dispersão do mesmo e majorar a hipótese de obter uma amostra mais significativa. Os emails foram enviados para 50 empresas especializadas em FM. Pela plataforma LinkedIn foram contactados de forma direta 118 profissionais ligados ao FM. Através da APFM, o inquérito foi distribuído via email, enviado anexo à newsletter e via publicação na página e grupo APFM do LinkedIn.

A fase de resposta foi dividida em duas etapas, sendo que a primeira fase durou dois meses e a segunda fase durou um mês. Os resultados obtidos na primeira fase determinaram a realização de uma nova rodada de pesquisas mensais. Este processo continuou até que uma amostra significativa fosse obtida.

A metodologia adotada é apresentada na Figura 1. A análise de diversos estudos nacionais e internacionais ajudou a determinar a estrutura, as variáveis e os itens do questionário da pesquisa. Além disso, forneceu uma base para analisar criticamente os resultados do inquérito e compará-los com a evolução global.

Figura 1

Esquema da metodologia adotada.



Para a validação do questionário foram realizadas várias iterações até ser obtido o questionário a distribuir. Tal desenvolvimento foi realizado em conjunto com o grupo de estudo e a APFM de forma a otimizar o questionário. Após definir a estrutura e variáveis, o foco foi na clareza das perguntas, com a APFM a contribuir significativamente. O tempo de resposta também foi considerado, sendo crucial para a composição final do questionário, influenciando tanto o número de perguntas quanto as opções de resposta. Uma validação da duração do questionário foi feita com um grupo externo ao público-alvo, resultando na redução do número de perguntas e opções de resposta.

De forma a calcular o número de respondentes relevante para a população/universo tido em conta, foi utilizada a expressão definida em (1). Foi adicionalmente considerado um erro e nível de confiança pré-definidos. Tendo em conta uma população finita, foram consideradas duas hipóteses:

- Nível de confiança = 95%; erro da amostra = 10%
- Nível de confiança = 95%; erro da amostra = 5%

$$n = \frac{Z^2 pq N}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população;

Z = abcissa da norma padrão (valor tabelado) para um determinado nível de confiança

Z = 1,96 → (1-d) = 95%

p = estimativa da proporção

q = 1-p

p = 0,5 – quando não tivermos condições para prever o valor possível de p

d = erro da amostra

Para este estudo foi considerada uma população $N = 2373$, visto este ser o número de assinantes da newsletter mensal da APFM. Esta decisão foi baseada na credibilidade que a APFM tem no meio do FM em Portugal e no facto dos seus associados serem o grupo-alvo deste inquérito. Face à população considerada, para as hipóteses 1 e 2 tem-se:

- Tamanho da população: 2373
- N.º de respondentes para a hipótese 1 (Nível de Confiança = 95% e Erro da Amostra = 10%): 93
- N.º de respondentes para a hipótese 2 (Nível de Confiança = 95% e Erro da Amostra = 5%): 331

Na primeira fase de inquérito foram obtidas 54 respostas distribuídas entre dois meses. Tal resultado ficou abaixo do mínimo de respostas definido. Foi então realizada uma segunda fase, que apesar da duração mais reduzida, resultou na obtenção de mais 54 respostas. As 108 respostas obtidas, valida a hipótese 1 que considera um nível de confiança de 95% e um erro amostral de 10%.

4. Resultados e discussão

Ao caracterizar o setor de FM em Portugal, a primeira distinção feita foi entre a prestação de serviços de apoio ao FM, ou seja, *Facility Services* (FS), e os gestores de FM. No que diz respeito aos responsáveis pelo FM, os resultados analisados indicam que, a nível nacional, na gestão de edifícios, dá-se prioridade ao FM interno, sendo realizado por um departamento individual ou coletivo pertencente à empresa que ocupa o edifício, em vez de ser executado por uma entidade externa contratada para esse fim. Esta afirmação é corroborada pelo facto de apenas 6% dos profissionais de FM questionados em Portugal pertencerem a organizações onde o FM é a principal atividade. No que diz respeito à área onde a organização em que esses respondentes mais se focam, este estudo revelou a atividade a inspeção e manutenção como principal. É de notar que o resultando se encontra em linha com estudo realizado em Steenhuizen *et al* em 2014 [16], onde de revelou que as organizações FM portuguesas tem uma natureza mais técnica, não focando em serviços como o conforto ou o bem-estar, por exemplo.

Nesse sentido, a pesquisa ainda revela o atraso no nível de FM em comparação com a realidade europeia e a necessidade de uma maior consciencialização sobre a importância desta estratégia em Portugal.

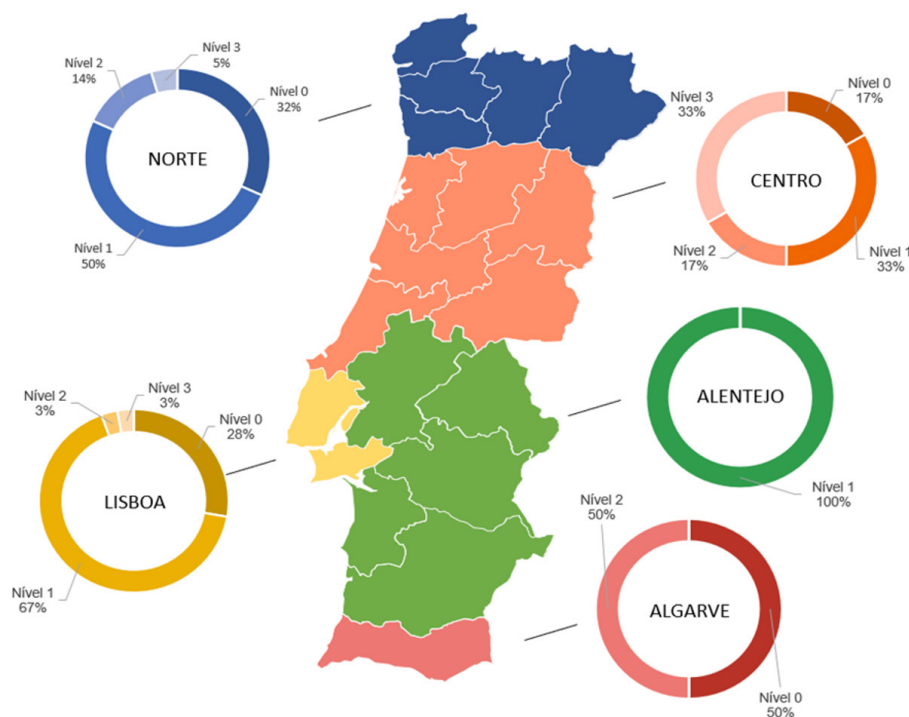
Em seguida, foi avaliado o nível de maturidade digital do setor FM em Portugal. Para o efeito foram desenvolvidos 4 níveis baseados nos níveis de maturidade BIM e adaptados para efeitos de maturidade digital FM devido à correlação associada ao BIM e à maturidade digital. Os resultados obtidos demonstraram que uma percentagem significativa do setor, 61%, ainda se encontra no nível 1 e que 27% não atinge sequer este nível, estando no nível 0. Apenas 12% das organizações se encontram

nos níveis superiores de digitalização, sendo distribuídos entre os níveis 2 e 3 com as percentagens de 7% e 5% respetivamente.

Ao analisar o nível de digitalização por região é importante notar que, apesar de representar apenas 6% da população alvo, a região centro apresentou o nível de digitalização mais avançado tendo 50% das empresas no nível 2 ou superior. No caso de Lisboa, os resultados vão de acordo com os obtidos para o panorama geral nacional, este resultado prende-se com o facto de 67% das organizações estar sediada em Lisboa. A região norte, que representa 20% da população conta com 19% das empresas num nível 2 ou superior. Este resultado, quando comparado com o panorama nacional ou a região de Lisboa demonstra um nível de digitalização mais alto, nomeadamente Lisboa que conta com apenas 6% de empresas num nível 2 ou superior.

Os resultados para as regiões do Alentejo e Algarve não foram representativos neste campo dada a baixa representatividade que estes têm, sendo 1% e 2% respetivamente, pelo que é importante notar que não foram consideradas as regiões autónomas dos Açores e Madeira visto não terem representatividade no inquérito. No esquema da figura 2 estão resumidos os resultados obtidos para o nível de digitalização por região.

Figura 2
Nível de digitalização
face à localização da
organização.



A dimensão da organização foi caracterizada tendo por base a definição utilizada pelo Instituto Nacional de Estatística que utiliza os limiares do estipulado pelo Decreto-Lei n.º 372/2007, de 6 de novembro considerando somente a variável número de pessoas ao serviço. A distribuição revelou uma predominância de organizações de grande dimensão, com 57%, precedido da média (19%), pequena (13%) e por fim a micro (11%).

Foi ainda analisada a correlação entre o nível de digitalização em FM face à dimensão da organização. Nota-se que a nível nacional 71% empresas de grande dimensão estão no nível 1 de digitalização, e que apenas 9% destas estão no nível 2 ou superior. Porém, os resultados revelam ainda que as empresas de grande dimensão são as que menores percentagens apresentam com empresas a nível 0, cerca de 19%. Por outro lado, as organizações de média dimensão apresentam-se divididas entre nível 0 e nível 1, 45% e 55% respetivamente.

É importante notar que as empresas de micro e pequena dimensão surgem como estando na vanguarda, no que ao nível de digitalização diz respeito. Os resultados demonstram que 21% das pequenas empresas estão no nível 2 de digitalização. Relativamente às organizações micro, 33% destas está num nível 2 ou superior, sendo que 25% está já no nível 3.

Os resultados revelaram que a maior parte do setor utiliza software específico para gestão de edifícios e infraestruturas, os modelos utilizados são em CAD 2D e 3D e a informação é partilhada entre os intervenientes num ambiente comum, assumindo apenas uma colaboração parcial. No entanto, ainda existe uma parcela substancial dos profissionais de FM cujo nível de digitalização ainda depende da utilização de softwares como o *MS Office* para organização e gestão de informação, bem como modelos CAD 2D com partilha de informação em papel ou formato digital. Fora de um ambiente comum. Com base nos resultados foi ainda possível verificar que aquando da implementação digital, o setor tende a priorizar o investimento na aquisição de software face à formação técnica de profissionais, aquisição de hardware, marketing ou desenvolvimento de processos colaborativos.

No que toca à variável da experiência com ferramentas BIM em contexto FM, a realidade do setor demonstra que na maioria, estas não foram implementadas ou o respondente não tem a noção de terem sido. Verifica-se que em apenas 31% das organizações foram implementadas ferramentas BIM para apoio ao FM. Contudo, é de notar que das entidades que implementaram a metodologia BIM no contexto FM a maioria, 16%, já o fez há mais de três anos.

Importa salientar que, embora a pesquisa revele que 80% dos profissionais da indústria estejam familiarizados com o conceito BIM, a mesma percentagem avaliou o seu conhecimento da metodologia como muito fraco, fraco ou satisfatório, sendo que apenas 3% eram proficientes e 16% tem bons conhecimentos. Estes resultados demonstram que um investimento no método BIM-FM pode representar um valor acrescentado para o crescimento da sua implementação, promovendo um aumento na eficiência e eficácia do FM a nível nacional.

De seguida procurou-se obter o sentimento do setor FM acerca dos principais obstáculos sentidos na implementação de ferramentas BIM nas suas organizações. De acordo com os resultados, os maiores entraves à adoção de ferramentas BIM no contexto FM prende-se com a falta de utilização das mesmas por parte dos parceiros no setor, pelo investimento necessário na implementação BIM e com a falta de oportunidade para uma análise de custo/benefício. Estes três obstáculos representam 69%

das respostas, pelo que no que toca à falta de oportunidade para realização de uma análise de custo/benefício, esta revela uma certa falta de interesse das entidades decisoras na adoção das ditas ferramentas.

Com o objetivo de obter a perceção do desempenho da indústria FM nacional face à realidade europeia, os respondentes foram confrontados com a citação de Steenhuisen *et al.* [16], “A indústria de FM em Portugal não está ao mesmo nível que o resto da Europa. (...) A indústria FM portuguesa deve-se focar em promover consciência sobre o campo de FM”. Apesar da citação datar de 2014, aparenta que o sentimento de baixo desempenho face ao resto da Europa ainda prevalece. Sendo que, 82% dos profissionais concordaram total ou parcialmente com o exposto, tendo apenas 6% não concordado e demais não têm uma opinião formada neste campo.

Não obstante, tal como acontece com qualquer inquérito anónimo, não foi possível confirmar se cada respondente pertencia a uma única entidade ou se existem vários respondentes da mesma entidade. Adicionalmente, uma proporção significativa da amostra concentrou-se em Lisboa, representando 67% das respostas. Houve regiões sem representação no inquérito, como os arquipélagos da Madeira e dos Açores, e zonas com taxas de resposta relativamente baixas, nomeadamente, Alentejo, Algarve e Centro, com 1%, 2% e 6%, respetivamente.

5. Considerações finais

A presente pesquisa procurou estabelecer os conceitos associados com a atividade profissional de *Facility Management* (FM) com a metodologia BIM, privilegiando a sinergia entre ambas, BIM-FM. Foram analisados os desenvolvimentos recentes associados a estas áreas e desenvolvido um inquérito com o propósito de avaliar e caracterizar o nível de maturidade digital do setor FM em Portugal, focando a implementação BIM-FM e os obstáculos à sua adoção.

É possível concluir que a perceção do desempenho do setor FM português pelos profissionais é de que este ainda se encontra abaixo do nível médio europeu, tendo 82% dos profissionais do setor concordado com este facto.

Os principais obstáculos à adoção do BIM-FM são o investimento necessário e a falta de utilização pelo restante setor. Assim, a implementação da metodologia BIM nas fases iniciais do ciclo de vida do edifício tem uma importância acrescida visto que o desenvolvimento de modelos BIM em edifícios existentes, apesar de possível e vantajoso é um processo complexo e moroso. A imposição de regulamentação que imponha a adoção de BIM em fase de projeto representa-se como uma solução que promove o crescimento da implementação metodologia até à fase de exploração, como é evidenciado pelos vários exemplos a nível europeu, nomeadamente no Reino Unido.

Compreender a maturidade digital também pode ajudar as empresas a identificar áreas onde podem melhorar as suas capacidades digitais, preparando-as melhor para implementar novidades na gestão do ambiente construído.

Financiamento

Este projeto é financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), bolsa número 2022.12041. BD e pela unidade de investigação do CERIS (UIDB/04625/2020).

Referências

- [1] J. K. W. Wong, J. Ge, and S. X. He, "Digitisation in facilities management: A literature review and future research directions," *Automation in Construction*, vol. 92, Elsevier B.V., pp. 312-326, Aug. 01, 2018. doi: 10.1016/j.autcon.2018.04.006.
- [2] Fortune Business Insights, "Facility Management Market Size, Share & Covid-19 Impact Analysis, By Service Type (Hard Services, Soft Services, and Others Services), By Industry Vertical (Healthcare, Government, Education, Military & Defense, Real Estate and Others) and Regional Forecast, 2023-2030," 2023.
- [3] B. Becerik-Gerber, F. Jazizadeh, N. Li, and G. Calis, "Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management," *J Constr Eng Manag*, vol. 138, no. 3, pp. 431-442, Mar. 2012, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0000433.
- [4] M. Bonanomi, "Building Information Modeling (BIM) and Facility Management (FM)," in *Knowledge Management and Information Tools for Building Maintenance and Facility Management*, Springer International Publishing, 2016, pp. 149-177. doi: 10.1007/978-3-319-23959-0_6.
- [5] S. Azhar and A. M. Asce, "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry," 2011.
- [6] S. Lavy, N. Saxena, and M. Dixit, "Effects of BIM and COBie Database Facility Management on Work Order Processing Times: Case Study," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 33, no. 6, Dec. 2019, doi: 10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001333.
- [7] F. Muñoz-La Rivera, J. Mora-Serrano, I. Valero, and E. Oñate, "Methodological-Technological Framework for Construction 4.0," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, no. 2, pp. 689-711, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11831-020-09455-9.
- [8] B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Autom Constr*, vol. 18, no. 3, pp. 357-375, May 2009, doi: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.

- [9] R. Vieira, P. Carreira, P. Domingues, and A. A. Costa, "Supporting building automation systems in BIM/IFC: reviewing the existing information gap," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 27, no. 6. Emerald Group Holdings Ltd., pp. 1357-1375, Jun. 22, 2020. doi: 10.1108/ECAM-07-2018-0294.
- [10] ISO 19650-3, "Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling. Part 3, Operational phase of the assets," 2020.
- [11] EN ISO 41001, *BSI Standards Publication Facility management-Management systems-Requirements with guidance for use (ISO 41001:2018)*. 2018.
- [12] T. Haryanti, N. A. Rakhmawati, and A. P. Subriadi, "The Extended Digital Maturity Model," *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 7, no. 1, Mar. 2023, doi: 10.3390/bdcc7010017.
- [13] C. Shaw, F. de Andrade Pereira, C. McNally, K. Farghaly, T. Hartmann, and J. O'Donnell, "Information management in the facilities domain: investigating practitioner priorities," *Facilities*, Apr. 2022, doi: 10.1108/F-02-2022-0033.
- [14] M. Bew and M. Richards, "Bew-Richards BIM maturity model," *BuildingSMART Construct IT Autumn Members Meeting*, 2008.
- [15] MagiCAD, "BIM adoption in Europe – Current state, challenges and a vision of tomorrow," 2020.
- [16] D. Steenhuizen, I. Flores-Colen, A. G. Reitsma, and P. B. Ló, "The road to facility management," *Facilities*, vol. 32, no. 1-2, pp. 46-57, Jan. 2014, doi: 10.1108/F-09-2012-0072.