INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR

DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR DA FORÇA AÉREA

2018/2019, 2.ª Edição

TII

ESTUDO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DE PROJETOS NA DIREÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DA FORÇA AÉREA

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOUTRINA OFICIAL DAS FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL REPUBLICANA.

Nuno Miguel Seixas Lopes

CAP/ENGAED

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR

DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

ESTUDO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DE PROJETOS NA DIREÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DA FORÇA AÉREA

CAP/ENGAED Nuno Miguel Seixas Lopes

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2018/2019, 2.ª Edição

Pedrouços 2019

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

ESTUDO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DE PROJETOS NA DIREÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DA FORÇA AÉREA

CAP/ENGAED Nuno Miguel Seixas Lopes

Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2018/2019, 2.ª Edição

Orientador: MAJ/ENGAED Rui João Santos e Campos Ramos
Coorientador: TCOR/ENGEL Paulo César Cabedal dos Santos

Pedrouços 2019

Declaração de compromisso Antiplágio

Eu, **Nuno Miguel Seixas Lopes**, declaro por minha honra que o documento intitulado **Estudo da Metodologia BIM (Building Information Modeling) como Ferramenta de Apoio à Gestão de Projetos na Direção de Infraestruturas da Força Aérea** corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do **Curso de Promoção a Oficial Superior – Força Aérea 2018/2019** no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, **29** de **julho** de **2019**

Nuno Miguel Seixas Lopes
CAP/ENGAED

Agradecimentos

O trabalho de investigação, apesar de se consubstanciar num percurso individual, este não foi solitário, sendo resultado da partilha, colaboração, discussão e orientação de várias pessoas, que permitiram realizar este trabalho e sem as quais não seria possível atingir o desiderato a que me propus. É para estas pessoas que dirijo um sincero e humilde agradecimento, que, abdicando do seu tempo, deram um pouco de si a este trabalho.

Primeiramente, um agradecimento ao meu orientador MAJ/ENGAED Rui Ramos pela amizade e disponibilidade, cujas revisões e orientações foram importantes na realização do trabalho. Endereço, também, um agradecimento ao coorientador TCOR/ENGEL Paulo Santos, pelo contributo prestado neste estudo.

Aos meus entrevistados, nomeadamente os peritos/especialistas Prof.ª Dra. Alcínia Zita Sampaio, Prof. Dr. António Aguiar Costa (CT197), Prof. Dr. António Carlos Grilo, Prof. Dr. José Carlos Lino, Prof. Dr. Nuno Cachadinha e Prof. Dr. Ricardo Jardim-Gonçalves, um forte agradecimento pela total disponibilidade e pelo contributo diferenciador e relevante que prestaram, cuja riqueza da partilha de conhecimento e experiência permitiram de forma indelével a concretização do trabalho.

Destaco, o contributo do MGEN/ENGAED Joaquim Veloso pelos conselhos, reflexão e partilha de conhecimento que, pela sua larga experiência na Direção de Infraestruturas, foram de especial relevância para esta investigação.

No que concerne aos entrevistados da Direção de Infraestruturas, deixo um especial agradecimento ao BGEN/ENGEL Armando Barros, COR/ENGAED António Marcos, TCOR/TMI Emídio Mendes, TCOR/ENGAED Rui Mendes, MAJ/TMI Mário Marques e MAJ/ENGAED João Cardoso, CAP/ENGAED Carlos Ruivo pela amizade, aconselhamento, auxílio, disponibilidade e pertinência das respostas, pois foram valiosos contributos para a presente investigação.

Por fim, não posso deixar de agradecer à minha família, que, apesar das minhas muitas ausências, foram sempre a pedra basilar de todo o meu percurso académico, como elemento de equilíbrio para aquilo que é verdadeiramente importante na vida. Agradeço à minha mulher, a Ema, o carinho, companheirismo, apoio e preocupação constantes, assim como ao meu filho, o Salvador, que, apesar de tão pequeno, me transmitiu força para ultrapassar as dificuldades. Agradeço aos meus pais e irmão, pelo apoio incondicional aos quais devo uma grande parte daquilo que hoje sou.

Índice

1. Introdução 1
2. Enquadramento teórico e conceptual 4
2.1. Estado da arte e revisão da literatura 4
2.1.1. Conceito BIM 4
2.1.2. BIM no setor AEC 9
2.2. Modelo de análise 11
3. Metodologia e Método 12
3.1. Metodologia 12
3.2. Método 12
4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados 13
4.1. Metodologia BIM no apoio à GP 13
4.1.1. Implementação organizacional 13
4.1.2. Síntese conclusiva e resposta à QD1 20
4.2. BIM no apoio à GP da DI 21
4.2.1. GP na DI 21
4.2.2. BIM na GP na DI 23
4.2.3. Síntese conclusiva e resposta à QD2 28
4.3. Implementação de BIM na FA e resposta à QC 29
5. Conclusões 31
Referências Bibliográficas 37

Índice de Apêndices

Apêndice A – *Level of Development* (LOD) (mais relevantes) ..... Apd A-1
Apêndice B – Interoperabilidade e normalização ..... Apd B-1
Apêndice C – Nível de maturidade em BIM ..... Apd C-1
Apêndice D – Funcionalidades BIM (detalhadas) ..... Apd D-1
Apêndice E – Considerações gerais sobre o setor AEC (atualidade) ..... Apd E-1
Apêndice F – Modelo de análise ..... Apd F-1

Apêndice G – Conceitos ..... Apd G-1
Apêndice H – Entrevistas ..... Apd H-1
Apêndice I – Considerações gerais sobre GP ..... Apd I-1
Apêndice J – *BIM Execution Plan* (BEP) ..... Apd J-1
Apêndice K – Considerações gerais sobre a DI ..... Apd K-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Processo BIM (colaborativo). 5
Figura 2 – Modelos BIM (exemplos) 5
Figura 3 – BIM e a gestão da informação. 6
Figura 4 – Informação potencialmente contida num objeto BIM. 6
Figura 5 – Fases do CVI e os benefícios esperados. 8
Figura 6 – Impacto esperado de novas tecnologias no setor AEC. 9
Figura 7 – Projeção do incremento de produtividade pela introdução de BIM, 1964-2003) 10
Figura 8 – Exemplo de utilização BIM pela USACE 11
Figura 9 – Curva de MacLeamy (método tradicional vs. BIM) 14
Figura 10 – Curva de aprendizagem. 16
Figura 11 – Fatores produtividade e investimento na implementação de BIM. 16
Figura 12 – Organograma funcional tipo. 18
Figura 13 – *Roadmap* de implementação da metodologia BIM. 27
Figura 14 – Nível de maturidade BIM ..... Apd C-1
Figura 15 – Ciclo de vida de uma infraestrutura. ..... Apd D-1
Figura 16 – Processo tradicional (linear). ..... Apd E-1
Figura 17 – Índice de produtividade global (1995 a 2014) ..... Apd E-1
Figura 18 – Índice de produtividade e taxa de crescimento anual (por nação de 1995 a 2015) ..... Apd E-1
Figura 19 – Fases da GP ..... Apd I-1
Figura 20 – Estrutura hierárquica da DI. ..... Apd K-1

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Guião da entrevista a especialistas em BIM ..... Apd H-1
Tabela 2 – Lista de especialistas em BIM entrevistados ..... Apd H-1

Tabela 3 – Guião da entrevista a militares da FA..... Apd H-2

Tabela 4 – Lista de militares da FA entrevistados..... Apd H-2

Resumo

O BIM (*Building Information Modeling*), enquanto ferramenta e metodologia colaborativa, materializada através de plataformas digitais, aplicável a todo o ciclo de vida da infraestrutura, tem sido conotado como um processo com impacto positivo no desempenho organizacional e disruptivo no setor da construção.

A nível global, diversas organizações, públicas e privadas, governamentais e não-governamentais, têm efetuado estudos e elaborado manuais, com processos que visam fomentar a implementação BIM.

O proposto estudo visa a avaliação orientada e sistematizada da pertinência e adequabilidade da implementação da metodologia BIM no apoio à gestão de projeto (GP) da Direção de Infraestruturas (DI) na Força Aérea (FA).

Recorrendo a uma metodologia de raciocínio indutivo, assente numa investigação qualitativa e no desenho de pesquisa de estudo de caso, suportada em 13 entrevistas semiestruturadas, aplicadas a uma amostra empírica intencional, concluiu-se que o BIM poderá ser uma mais-valia na FA, porque permite, no presente, melhorar o desempenho da DI, apoiando a gestão de projeto e, no futuro, responder às exigências da generalização desta metodologia, que tornará obsoletas as abordagens tradicionais.

Este documento de caráter técnico e prático foi elaborado com o propósito de apoiar a DI na integração do BIM na sua atividade.

Palavras-chave

Building Information Modeling, implementação, tecnologia, metodologia colaborativa, tomada de decisão e gestão de projeto.

Abstract

BIM (Building Information Modeling), as a tool and collaborative methodology available through the digital platforms, applied in all life-cycle, has been regarded as a process with positive impact in the organizational performance and disruptive in the construction sector.

At a global scale, several organizations, public and private, governmental and non-governmental, have been elaborated studies and manuals, with processes that aim implementation of BIM.

This study intends to conduct an oriented evaluation and systemization of the implementing the BIM methodology for supporting Project Management in the Infrastructural Department (DI) of the Portuguese Air Force (FA).

Using an inductive reasoning methodology, based on a qualitative research and on the case study research design, supported in 13 semi-structured interviews, applied to an intentional empirical sample, it was possible to conclude that the implementation of BIM can add value in the FA, because it allows to improve the current performance of the DI, supporting the project management processes, and, in the future, could react to the demands of the proliferating technology development that will make traditional approaches obsolete.

This technical and practical document was elaborated with the purposes of supporting the DI, in the integration of BIM in its processes.

Keywords

Building Information Modeling, implementation, technology, methodology collaboration, decision making e project management.

1. Introdução

"*We shape our buildings and, afterwards, our buildings shape us.*"

Winston Churchill, (1943, cit. por *Parliament United Kingdom*, 2019)

A sociedade, que se desenvolve a um ritmo impressionante numa ânsia de crescimento e desenvolvimento, vai procurando, sucessivamente, respostas para problemas que se multiplicam e emergem de forma rápida e cuja resolução se procura, cada vez mais, expedita e orientada a necessidades próprias, únicas e diferenciadoras das demais. Esta disposição desafia as organizações a ultrapassar um mundo volátil, incerto, complexo e ambíguo (VUCA[1]).

As organizações do setor da construção são confrontadas com uma necessidade inevitável e inadiável de mudança, de forma a poder dar uma resposta cabal às solicitações, destacando-se, nos dias de hoje, a orientação na procura incessante da melhoria de desempenho e eficiente gestão de recursos como paradigma de sobrevivência.

Analisando a Constituição da República, alínea c) do artigo 81º, é uma incumbência do Estado "assegurar a plena utilização das forças produtivas, designadamente zelando pela eficiência do sector público" (Assembleia da República, 2005, p. 59).

De facto, a eficiência é um vetor importante na administração do Estado, na implementação de medidas de racionalização que garantam maior eficiência na aplicação dos seus meios, sendo estes objetivos conjunturais (Governo de Portugal, 2013, p. 9; Conselho de Chefes de Estado-Maior, 2014, p. 37) e um tema estratégico que orienta a perspetiva de gestão, adotando modelos que permitam uma maior rentabilização dos recursos existentes e captação de novos, de forma a superar as dificuldades em pessoal e material (Gabinete do Chefe do Estado-Maior-General das Forças Armadas, 2018, p. 13).

No caso particular da Força Aérea (FA), enquanto ramo independente das Forças Armadas que apoia a defesa da soberania do Estado, deve garantir o cumprimento da missão com a subjacente necessidade de assegurar elevados níveis de eficiência e eficácia de gestão dos recursos, fortalecendo a cooperação transversal e valorizando a comunicação, como definido nos objetivos de nível estratégico (CEMFA, 2017a, pp. 3-4; CEMFA, 2017b, p. 3) e nos critérios vertidos no Plano Anual de Atividades (FA, 2017, p. 10).

[1] VUCA: *volatility*, *uncertainty*, *complexity*, and *ambiguity* (Bennett & Lemoine, 2014)

A FA não é alheia à conjuntura económica desfavorável do Estado, caraterizada por "forte contenção orçamental e consequente limitação de recursos" (FA, 2017, p. 1). Note-se que a FA despendeu uma verba de 1.078.167,60€ em construção de edificações novas na FA (30,5% do Ministério da Defesa Nacional [MDN]) e 1.103.909,33€ em grande reabilitação de infraestruturas (6,8% do MDN) (MDN, 2015, p. 169).

É neste contexto que surge o tema proposto, visando uma avaliação orientada e sistematizada da pertinência da implementação da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) no apoio à gestão de projeto (GP) da Direção de Infraestruturas (DI) na FA, que será abordado segundo o método científico, tendo em vista a exploração da temática de forma heurística, estruturada e conceptual.

A pertinência da investigação decorre da crescente proliferação da prática BIM pelas organizações que operam no ramo das obras públicas e privadas, consequência dos resultados promovidos por esta metodologia. Prevê-se que, a curto/médio prazo, esta metodologia se generalize, tornando obsoletas as abordagens tradicionais. Cada vez mais a cadeia produtiva do setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) recorre à implementação integral de BIM nos seus processos de trabalho, numa procura de eficiência, eficácia e melhoria contínua.

Tendo como premissas as disposições supramencionadas, este estudo avoca-se como relevante para a DI, enquanto *stakeholder* no atual contexto do setor AEC, apresentando-se este tema como pioneiro nas Forças Armadas. Este estudo visa analisar o apoio à tomada de decisão e melhoria de desempenho na GP, enquanto vetores de suporte das tecnologias militares.

Importa, assim, avaliar o modelo de implementação de BIM na DI, tendo por base a estrutura organizacional e os recursos, examinando a disponibilidade da instituição em adotar novas metodologias e processos organizacionais de apoio à GP, assim como a aferição da sua efetiva necessidade.

Assim, a presente investigação tem como objeto de estudo a metodologia BIM, à luz do preconizado por Santos e Lima (2016, p. 44), sendo delimitada pelos domínios:

- Temporal - ao contexto atual da DI;
- Espacial - à Repartição de Projetos (RP) onde se inicia a cadeia de valor, com a conceção de projetos.

– De conteúdo - à implementação do BIM, enquanto estrutura colaborativa, com processos, que possuem recursos alocados para a sua operação.

Neste enquadramento, este estudo tem como objetivo geral (OG) *avaliar a contribuição da metodologia BIM na GP da DI*, consubstanciado na questão central (QC), "*De que modo a metodologia BIM contribui para a GP da DI?*", alicerçado em dois objetivos específicos (OE), dos quais decorrem duas questões derivadas (QD):

OE1: Analisar a aplicabilidade da metodologia BIM à GP.

QD1: Como é que a metodologia BIM é aplicável à GP?

OE2: Avaliar a possibilidade da implementação da metodologia BIM na GP da DI.

QD2: De que modo pode a metodologia BIM ser implementada ao nível da GP da DI?

Estruturalmente, o presente documento encontra-se organizado em cinco capítulos.

O primeiro corresponde à introdução onde se insere o enquadramento do tema e a sua justificação, assim como é apresentado o objeto de estudo e a sua delimitação, objetivos e questões de investigação.

No segundo capítulo é efetuado o enquadramento conceptual e teórico através da revisão da literatura e do estado da arte, sendo, também, apresentado o modelo de análise.

No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia e o método preconizado neste trabalho.

No quarto capítulo é efetuada a apresentação e discussão dos resultados, sendo respondidas as questões da investigação.

No quinto capítulo é efetuado um sumário do procedimento metodológico seguido, avaliação dos resultados obtidos, elencados os contributos para o conhecimento, indicadas as limitações, assim como propostos estudos futuros e enumeradas algumas recomendações.

2. Enquadramento teórico e conceptual

Neste capítulo apresenta-se o estado da arte, os conceitos estruturantes e o modelo de análise seguido nesta investigação.

2.1. Estado da arte e revisão da literatura

2.1.1. Conceito BIM

O BIM é constituído por um conjunto de plataformas digitais e processos que criam informação legível sobre infraestruturas (Succar, 2009, p. 1; Eastman et al., 2011, p. 586), fomentando a partilha da informação e a comunicação entre todos os intervenientes, que se apoiam num modelo digital único, o qual permite a manipulação virtual dessa mesma construção (Costa, entrevista, por *email*, 8 de maio de 2019). Reúne toda a informação sobre a infraestrutura, formando uma base fiável para o processo de tomada de decisão ao longo do ciclo de vida da infraestrutura (CVI) (Sampaio, entrevista presencial, 22 de abril de 2019).

Considerar o BIM como uma metodologia poderá ser limitativo, tratando-se de uma filosofia de desenvolvimento de uma infraestrutura (Grilo, entrevista presencial, 24 de abril de 2019). O BIM é um *approach*, que cria uma nova mentalidade de procedimentos e ferramentas (Cachadinha, entrevista presencial, 26 de abril de 2019).

O BIM representa um novo paradigma no setor AEC, definindo-se como um processo colaborativo, que incorpora sistemas e processos de gestão e controlo, anteriormente isolados, que integra a partilha e manuseamento de informação normalizada e fidedigna, gerida através de uma estrutura de controlo, abrangendo todos os *stakeholders* da cadeia de valor, que interagem entre si continuamente como "parceiros" (National Institute of Building Sciences [NIBS], 2007, p. 20; Azhar, Hein, e Steko, 2011, pp. 9-10; Eastman et al., 2011, p. 1; Koppula, 2012, p. 2; Comissão Técnica n.º 197 [CT197], 2019) (Figura 1).

Apesar de BIM ser um conceito amplo, este pode ser descrito como a relação entre processos e tecnologia (NIBS, 2007, p. 7; Kymmell, 2008, p. 25; Succar, 2010b, p. 3; Eastman et al., 2011, p. 1).

O BIM, enquanto tecnologia, integra um modelo virtual da infraestrutura (Figura 2), com elevado grau de detalhe, que congrega informação em objetos paramétricos (Figura 3), que representam os elementos construtivos, interligando-se entre si (Eastman et al., 2011, pp. 31-98), discriminados de acordo com as suas características geométricas, físicas e funcionais, fazendo estes parte de um conjunto de objetos que definem um elemento de maior dimensão, uma infraestrutura (Sampaio, *op. cit.*) (Figura 4).

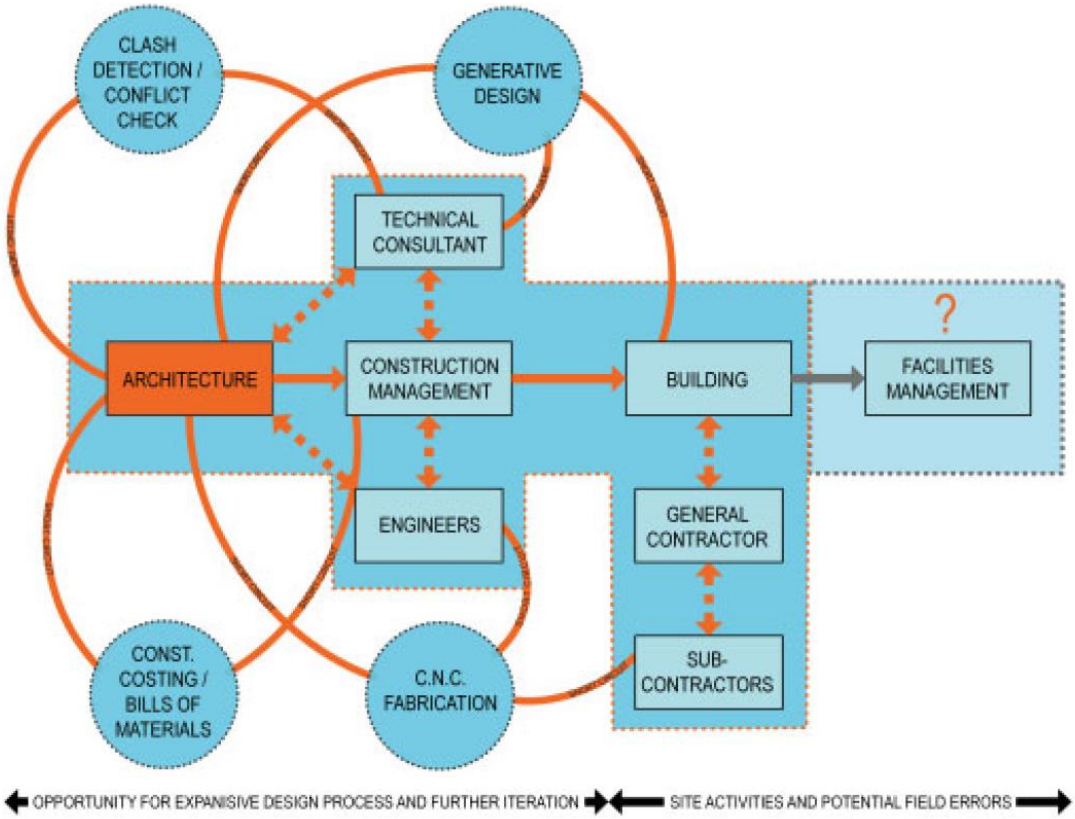


Figura 1 – Processo BIM (colaborativo).
Fonte: Garber (2009, p. 8)

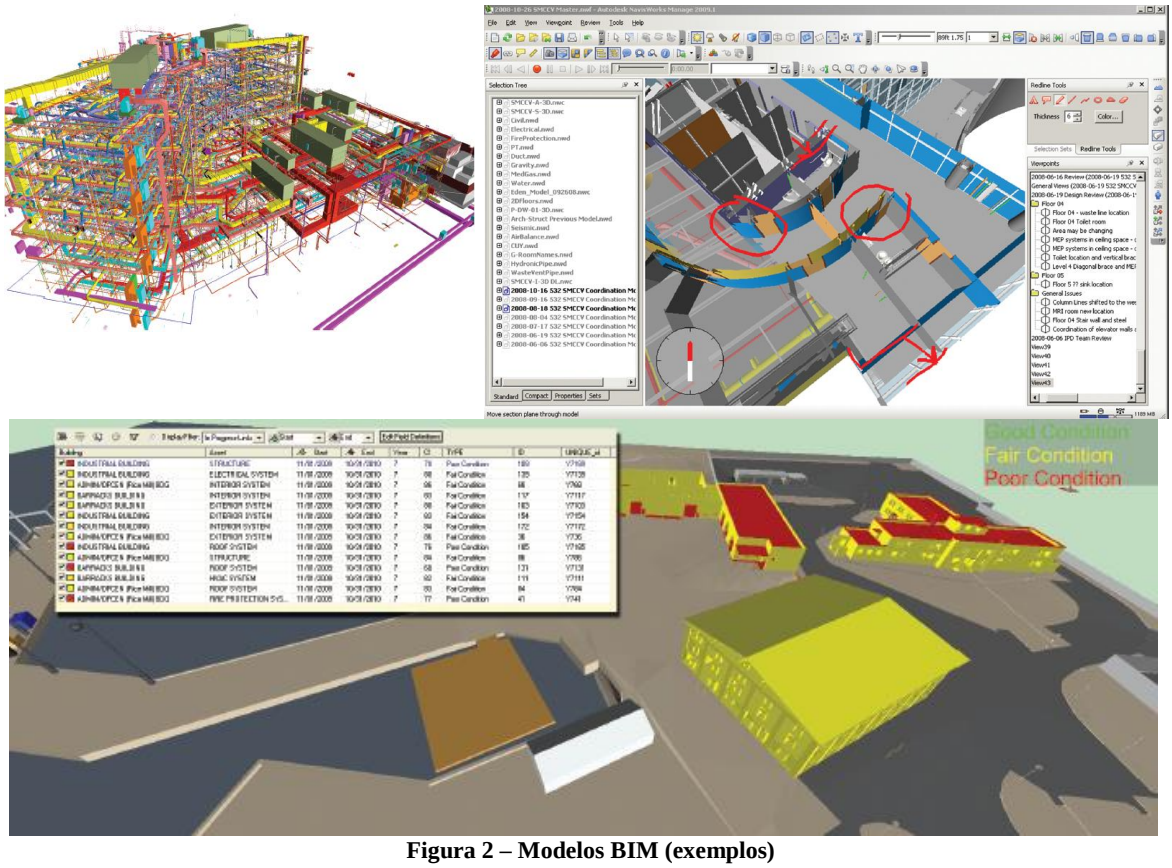


Figura 2 – Modelos BIM (exemplos)
Fonte: Eastman et. al. (2011, pp. 627-633)

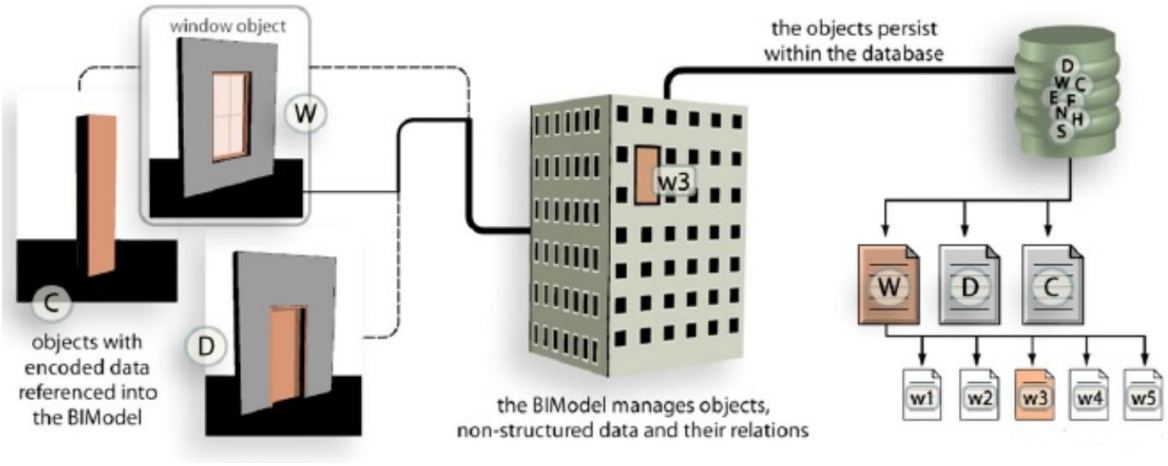


Figura 3 – BIM e a gestão da informação.
Fonte**:** Succar (2009, p. 363)

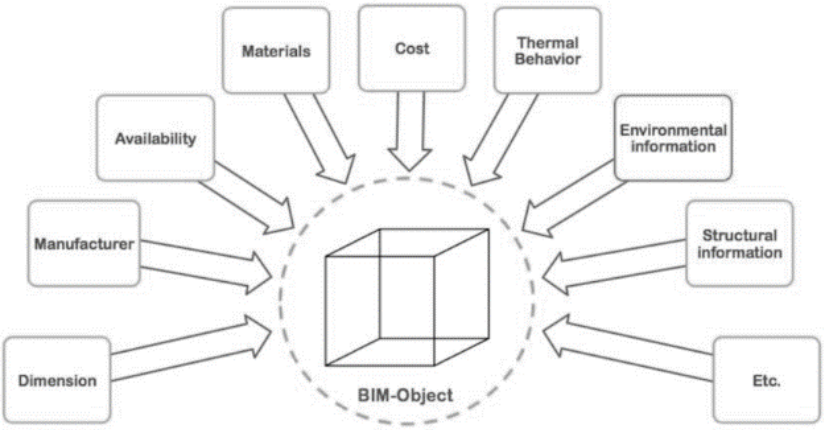


Figura 4 – Informação potencialmente contida num objeto BIM.
Fonte: Díaz, Antón, e Tarek Anis (2014, p. 1382)

Ao contrário do *computer aided design* (CAD), com dados não-interpretáveis por "máquinas" (NIBS, 2007, p. 20), o objeto paramétrico sabe "o que é", "onde está", "quão grande é" e de "que é feito" (Sharif, 2019), possuindo as características dos seus homólogos do "mundo real", reconhecendo a forma de interação entre eles (Smith e Tardif, 2009, pp. 16-17).

Os objetos paramétricos agrupam-se em "classes" em função das suas características base (Azenha, Lino, e Caires, 2018b). Segundo Lino (entrevista presencial, 21 de maio de 2019), as mais relevantes são o *UniFormat*, *MasterFormat* ou *OmniClass*, em uso nos Estados Unidos da América (EUA) e Canadá, ou *UniClass*, no Reino Unido (RU).

Em Portugal, a CT197 é a entidade responsável por estas matérias, estando o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) a desenvolver esta temática seguindo o *Uniclass*2015 (*Costa, op. cit.*).

O nível de desenvolvimento/detalhe dos objetos e do modelo BIM, em termos geométricos e não geométricos, é traduzido pelo *Level of Development* (LOD) (Costa, et al., 2018) (Apêndice A).

A fase de conceção obriga à transferência de informação constante, sustentada na interoperabilidade da informação do modelo BIM, permitindo a transferência e manipulação entre diferentes *software*s e *plug-ins* (Sampaio, *op. cit.*).

Em BIM, a interoperabilidade visa eliminar a necessidade da "cópia manual" entre plataformas distintas, acelerando processos e minimizando erros (Azenha, Lino, e Caires, 2018c), conferindo confiança no modelo (Sampaio, *op. cit.*). Os objetos são de formulação e linguagem normalizada, para que todos acedam e interpretem a informação da mesma forma (Chen, Lok, e Jeng, 2016, p. 459).

A interoperabilidade, em contexto BIM, suporta-se na normalização de dados, processos, terminologias, formato de mensagens, requisitos de *software* e plataforma de dados partilhados (buildingSMART, 2019) (Apêndice B).

Em Portugal, o processo de interoperabilidade/normalização está a cargo do Instituto Português da Qualidade e da CT197, que está representado no grupo de trabalho da Comissão de Normalização Europeia para o desenvolvimento da norma BIM europeia, garantindo-se a convergência dos esforços nacionais e europeus (CT197, 2019).

O modelo da infraestrutura ganha crescente relevância ao longo do CVI (Figura 5) (Succar, 2010b), decorrente da mais-valia da informação contida no modelo, enriquecida com as contribuições dos *stakeholders*, pois o BIM não acaba com a construção, como acontece com o CAD (Azenha, Lino, e Caires, 2018a; Sampaio, *op. cit.*).

A maturidade BIM, segundo Bew e Hansford (2014), pode ser enquadrada nos níveis 0, 1, 2 e 3, segregados de forma ascendente pelo nível de sofisticação em que é praticado (Apêndice C).

O BIM dispõe de aplicações digitais que permitem realizar análises complexas, com base na informação contida no modelo paramétrico, que forma uma base fidedigna para decisões, durante o CVI (NIBS, 2007, p. 21; Eastman et. al., 2011, pp. 1-32; Koppula, 2012, p. 2).

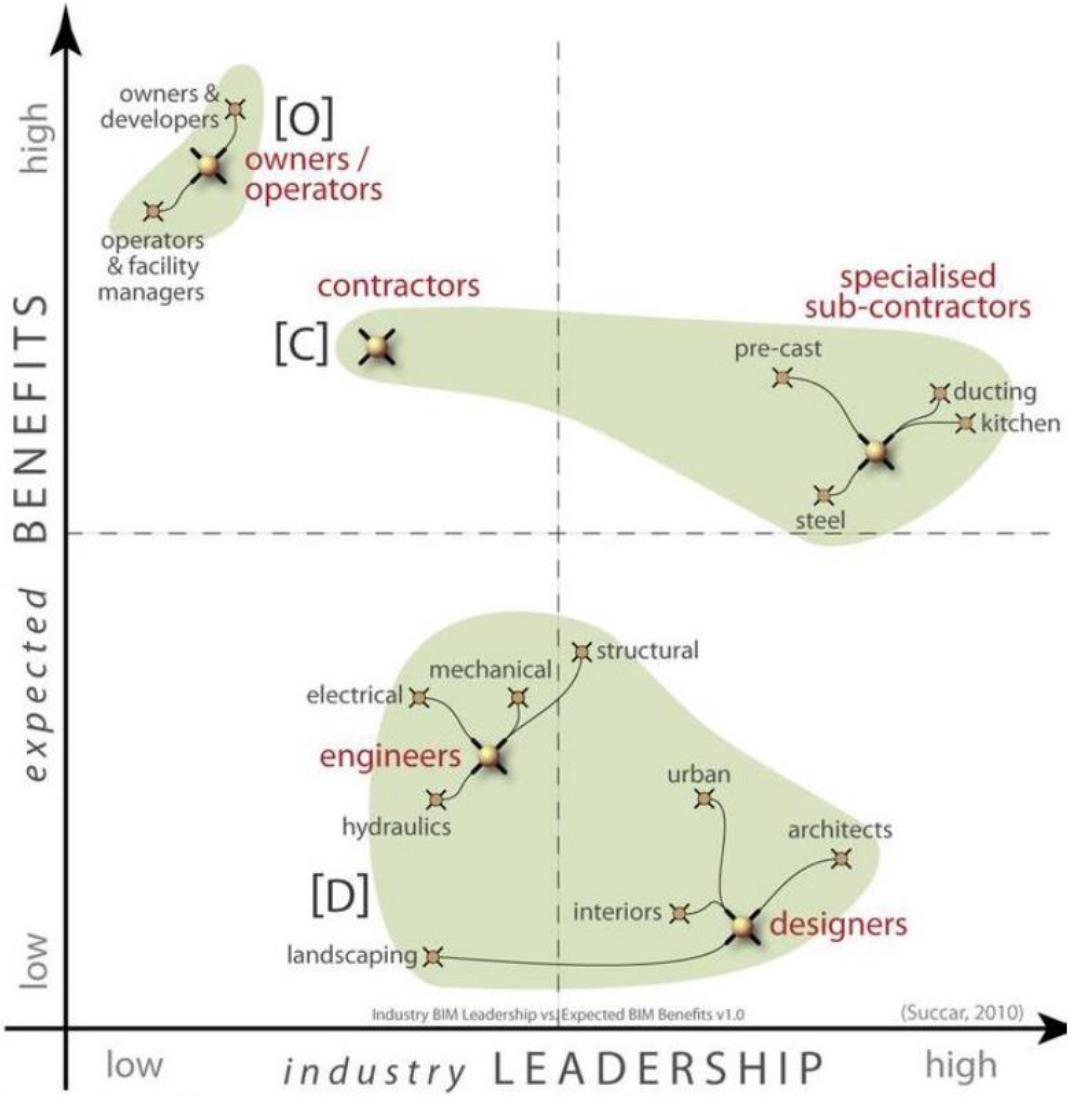


Figura 5 – Fases do CVI e os benefícios esperados.
Fonte: Succar (2010b)

Segundo Wilkinson (2005), NIBS (2007), Kymmell (2008), Eastman et al. (2011), Azhar, Hein, e Steko (2011) e Azenha, Lino, e Caires (2018a), destacam-se as funcionalidades BIM de deteção automática de incompatibilidades, possibilidade de alteração/atualização de objetos paramétricos "inteligentes" realizando autonomamente os ajustes no modelo e nos *deliverables*, visualização paramétrica (3D), automação de Peças Desenhadas (PD), planeamento e controlo de atividades e recursos (4D), mapa de trabalhos (MT) e orçamentação (5D), apoio à Gestão e Manutenção (G&M) (6D), análises e elaboração de sustentabilidade na construção, medidas de Segurança e Saúde no Trabalho e levantamentos digitais (Apêndice D).

2.1.2. BIM no setor AEC

No setor AEC[2] constata-se um funcionamento de cariz tradicional que, apesar do incremento de rigor com a introdução do CAD, mantiveram-se os processos tradicionais, dado que a ênfase foi o formato (Cachadinha, *op. cit.*).

O BIM é conotado como uma metodologia com potencial de impacto positivo para o setor AEC, pela melhoria do desempenho que aporta (Figura 6) (Eastman et al., 2011, p. 1; Koppula, 2012, pp. 1-2; *World Economic Forum*, 2016).

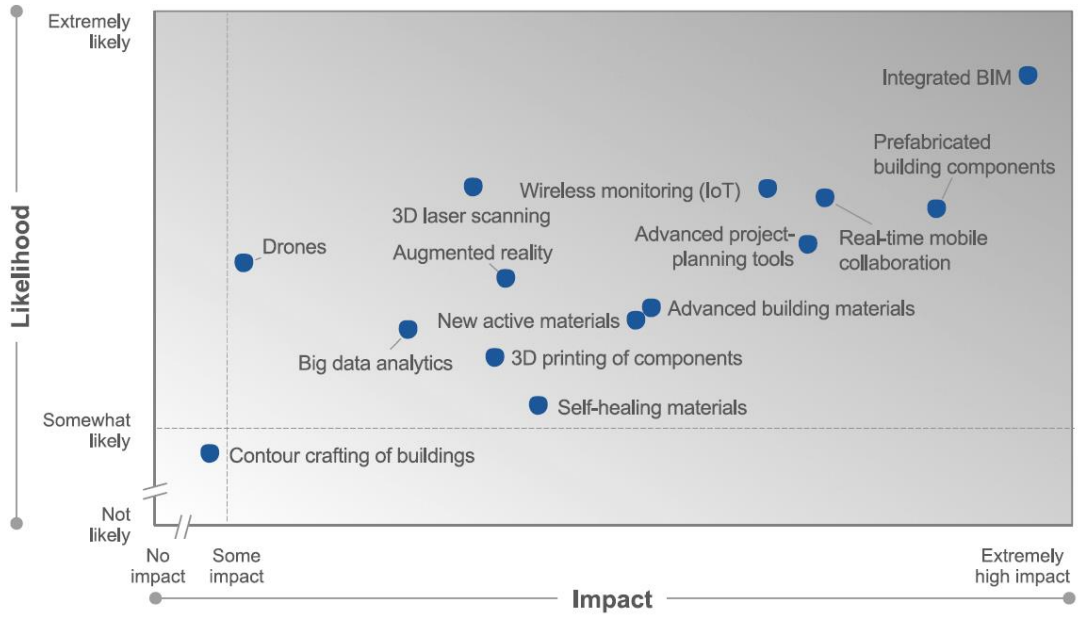


Figura 6 – Impacto esperado de novas tecnologias no setor AEC.
Fonte: *World Economic Forum* (2016, p. 53)

De acordo com Cachadinha (*op. cit.*), a implementação de BIM tem maior impacto que a transição para CAD, pois trata-se de um método mais disruptivo que cria um novo *mindset* funcional, que, "apesar do investimento elevado, é o passo a dar".

As organizações começam a operar em BIM, conscientes do retorno do investimento, (Lino, Azenha, e Lourenço, 2012; Ruivo, entrevista por *email*, 15 de maio de 2019), sendo essencial que estas acompanhem a inovação para não correm o risco de se atrasar no setor (Lino, *op. cit.*; Jardim-Gonçalves, entrevista telefónica, 24 de junho de 2019).

Analisando 32 projetos que utilizaram BIM. Azhar, Hein, e Steko (2011, p. 3) constataram uma redução de 40% em erros e omissões, 7% na redução de tempo na execução do projeto e 10% na redução de conflitos de projeto.

[2] No Apêndice E encontra-se uma resenha sintética do setor AEC na atualidade.

O NIBS (2007, p. 34) efetuou uma projeção para o incremento de produtividade que seria expectável com a introdução de BIM no setor AEC (Figura 7).

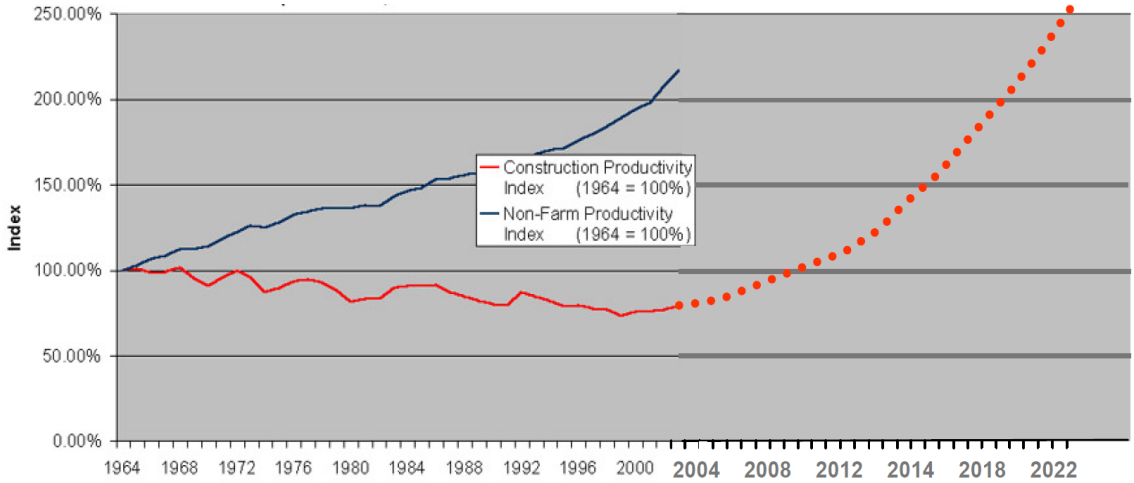


Figura 7 – Projeção do incremento de produtividade pela introdução de BIM de 1964-2003.
Fonte: NIBS (2007, p. 34)

Num estudo efetuado pela McGraw-Hill-Construction (2009, p. 4), 75% de utilizadores de BIM, referiram que a sua utilização permite um *return on investment* (ROI) positivo, apontando como principais razões, a redução dos esclarecimentos pelos projetistas (dúvidas, erros, omissões e ambiguidades), problemas de coordenação em obra, melhor comunicação através da visualização 3D e melhoria da produtividade.

No contexto atual da indústria da AEC, considera-se relevante o aumento da eficiência dos processos e a melhoria de desempenho (Costa, et al., 2018), apresentando-se a metodologia BIM como um elemento que pretende dar resposta a esta necessidade.

No que concerne à sua implementação, sob ponto de vista organizacional, constata-se que o Governo do RU, elaborou, em 2011, um plano de implementação BIM em todas as obras públicas (Minister for the Cabinet Office, 2011, p. 14), estando, desde 2016, com a maioria das obras públicas, obrigatoriamente, em BIM (Minister for the Cabinet Office, 2016, p. 8). O Governo do RU, que opera BIM a nível 2 de maturidade, assinalou como vantagens, maior qualidade na construção, maior rapidez, maior eficiência, maior sustentabilidade, criação de cadastro, incrementando a produtividade com menores custos (UK Government, 2013).

Outras nações como os EUA, Singapura, Austrália, Finlândia, Noruega, Alemanha, Espanha e Brasil, já apresentam iniciativas de implementação BIM nas obras públicas. Em termos de instituições militares, a *US Army Corps of Engineers* (USACE) já se encontra com o BIM implementado nos seus projetos (Hutsell e Foster, 2012) (Figura 8).

Figura 8 – Exemplo de utilização BIM pela USACE
Fonte: USACE (2019)

Em Portugal, nas grandes obras públicas e privadas começam a exigir a entrega de um produto em BIM (Lino, *op. cit.*).

2.2. Modelo de análise

A presente investigação teve por base o modelo de análise de âmbito conceptual apresentado no Apêndice F.

Na construção do mesmo, foram decompostas as QD em conceitos (Apêndice G), dimensões e indicadores.

3. Metodologia e Método

Neste capítulo, apresenta-se a metodologia e o método que guiaram a investigação.

3.1. Metodologia

O percurso metodológico teve três fases: exploratória, analítica e conclusiva (Santos e Lima, 2016).

Na fase exploratória, recorreu-se a leituras preliminares e entrevistas exploratórias, a partir das quais identificou-se a problemática, a sua delimitação e os objetivos da investigação. Seguidamente, consolidou-se a revisão bibliográfica, definindo-se o modelo de análise (Apêndice F) que sustenta a investigação.

Na fase analítica procedeu-se à recolha, análise e apresentação dos dados, que resultaram de entrevistas semiestruturadas e análise documental.

Finalmente, na fase conclusiva, avaliaram-se e discutiram-se os resultados obtidos, respondendo-se às QD e QC.

A investigação segue uma metodologia assente no raciocínio indutivo (Santos e Lima, 2016, p. 20), utilizando-se uma estratégia qualitativa e um desenho de pesquisa do tipo estudo de caso.

3.2. Método

A concretização desta investigação foi suportada em recolha de informação, derivada de análise documental e entrevistas semiestruturadas, aplicadas a uma amostra empírica intencional. As entrevistas tiveram, como guião base, a análise de indicadores do quadro conceptual, tendo em vista a validação das QD e, subsequentemente, a QC.

Este estudo integrou 13 participantes, estando os mesmos divididos em dois grupos:

- O primeiro grupo, com 6 entrevistados, reúne um conjunto de especialistas selecionados tendo por base o reconhecido conhecimento e experiência em BIM, assim como da sua implementação em organizações (Apêndice H);
- O segundo grupo, constituído por 7 entrevistados, reúne membros da FA com importância no tema em estudo, selecionados pela relevância das funções de chefia/direção que desempenham e reconhecido conhecimento e experiência na GP, tomada de decisão e áreas específicas da DI, cuja a implementação de BIM irá impactar (Apêndice H).

Sob ponto de vista do instrumento de recolha de dados, foram criados dois guiões de entrevista semiestruturada, adaptada ao grupo de entrevistados (Apêndice H).

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste capítulo serão apresentadas as respostas às questões da investigação.

4.1. Metodologia BIM no apoio à GP[3]

4.1.1. Implementação organizacional

O BIM, pelas suas características e funcionalidades permite o controlo, acessibilidade e interoperabilidade da informação, processos bem definidos e mais colaborativos, deteção automática de incongruências, rápida execução de alterações, redução de erros e omissões, tornando-se numa ferramenta muito útil no planeamento e no apoio à GP, assim como à G&M das infraestruturas (Cachadinha, *op. cit.*; Grilo, *op. cit.*; Lino, *op. cit.*).

Sampaio (*op. cit.*) acrescenta que o modelo BIM permite o apoio à GP através da eficiência e visualização do que irá ser construído, permitindo analisar e testar, de forma expedita, várias soluções, efetuar automaticamente estimativas de custos e planeamento de atividades, atualização automática de alterações no modelo e PD, avaliação energética, sustentabilidade e/ou consumos energéticos pós-construção.

O BIM, no apoio à GP, permite efetuar uma análise do custo da infraestrutura, que ultrapassa o preço de construção, e inclui alguns indicadores relevantes de custos do CVI, para que, no processo de decisão, não se opta apenas em função do custo de "aquisição", mas de todo o "serviço" (Grilo, *op. cit.*).

O BIM aporta claras vantagens para a GP (Grilo, *op. cit.*), tendo um impacto positivo na promoção da eficiência no método de conceção de infraestruturas (Cachadinha, *op. cit.*).

A razão para implementar uma nova tecnologia é aumentar a produtividade e a eficiência em todo o CVI (Sen, 2012, p. 23), caso contrário não se define como avanço tecnológico e não deve ser implantado (Smith e Tardif, 2009, p. 16).

A metodologia BIM e a informação gerada contribuem para o apoio à tomada de decisão na GP pela maior transparência, integração da cadeia de produção, melhor controlo de processos e comunicação, suportada em informação fidedigna, rigorosa e historicamente sustentada, levando a decisões mais competentes (Costa, *op. cit.*; Lino, *op. cit.*).

Cachadinha (*op. cit.*) refere que BIM permite mais "segurança" nas decisões, visão mais abrangente e maior integração das especialidades, agilizando a operação.

[3] No Apêndice I estabelecem-se algumas considerações gerais sobre GP.

O BIM é aplicável a qualquer tipo de infraestrutura e transversalmente a todas as fases do CVI (Costa, *op. cit.*; Cachadinha, *op. cit.*).

Ao nível do impacto do BIM nos processos da GP, Jardim-Gonçalves (*op. cit.*) considera que esta metodologia permite a otimização dos mesmos, através da sua definição de forma integrada, colaborativa e interoperável, suportada num alinhamento e sintonia hierárquica *bottom-up* e *top-down*.

Segundo Lino (*op. cit.*) e Trollsås e Harty (2014, p. 17), o BIM, na GP, permite antecipar a tomada de decisões e a deteção de incompatibilidades, decorrente da otimização do processo de decisão suportado no modelo BIM, face ao método tradicional, pois antecipam-se as decisões, sendo reduzido o impacto das mesmas (Figura 9).

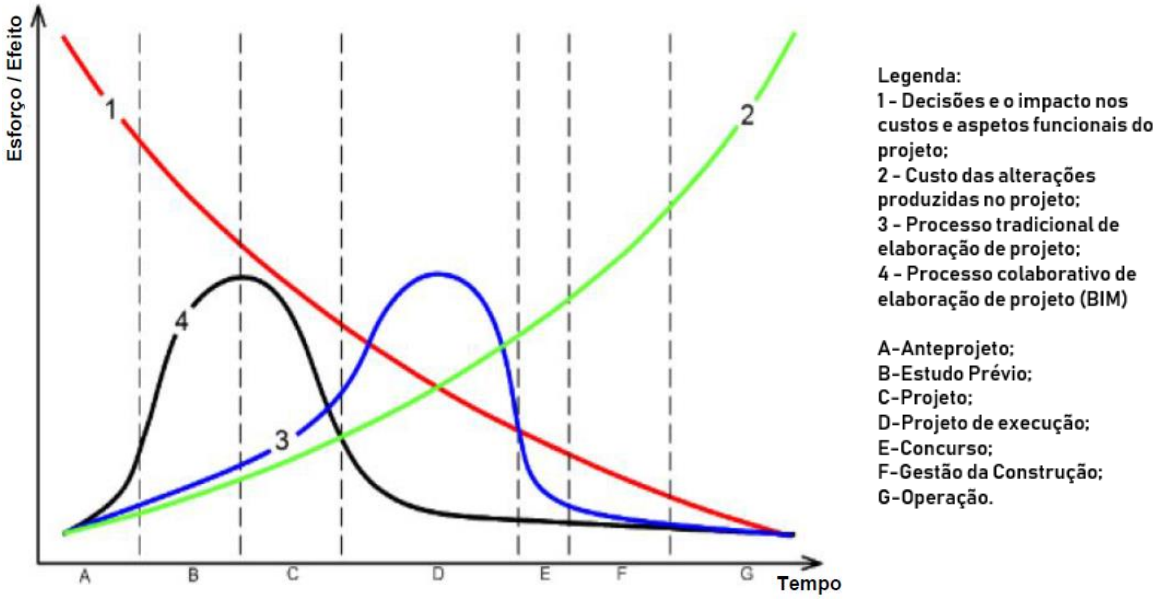


Figura 9 – Curva de MacLeamy (método tradicional vs. BIM)
Fonte: Adaptado de Trollsås e Harty (2014, p. 17)

As vantagens mencionadas para a GP apenas serão possíveis se o BIM for devidamente implementado (Costa, *op. cit.*).

Assim, a implementação de BIM, numa organização que não utiliza esta metodologia, deve ser estabelecida através de um guia de implementação e operação, devidamente estruturados em torno dos recursos humanos (RH) e suas competências, políticas, sistemas e atividades, devendo ser considerado um período inicial de 6 meses a 1 ano, sem fim, pois o processo requer melhoria contínua e evolução no nível de maturidade BIM (Costa, *op. cit.*; Lino, *op. cit.*).

Este guia poderá seguir as recomendações de outras nações que já operam BIM a um nível avançado (como o RU) (Sampaio, *op. cit.*), contudo, importa proceder às devidas adaptações face à realidade do setor AEC português, assim como à realidade da organização (Grilo, *op. cit.*).

A implementação BIM é um processo complexo, que deve ser abordado de forma estruturada, sistematizada e incremental, em projetos de pequenas dimensão, com uma equipa de 2/3 pessoas, começando por estabelecer um sistema base, no qual percecionam, identificam e manipulam conceitos e informação, tendo por suporte o guia de implementação, orientações de operação interna e *BIM Execution Plan* (BEP)[4] do projeto, devidamente debatidas e aprovadas nos diferentes níveis da organização (Jardim-Gonçalves, *op. cit.*; Sampaio, *op. cit.*). Deste modo, será garantido que todos têm o mesmo entendimento e modelos de referência, por forma a que haja uniformização de procedimentos, permitindo a evolução para o método colaborativo BIM e a criação de uma organização que aprende (*learning organization*) (Jardim-Gonçalves, *op. cit.*; Johnson, Scholes, e Whittington, 2005). Importa criar um ambiente de aprendizagem sem culpabilização por desvios ou problemáticas que surjam (Lino, *op. cit.*).

As organizações têm sentido limitações na implementação do BIM pela falta de conhecimento, falta de apoio dos níveis superiores da organização e insuficiente envolvimento no processo de mudança, sendo que as mesmas ultrapassaram estes desafios com forte orientação para a formação (Costa, *op. cit.*). A formação deverá ser focada nas diversas componentes do BIM, nomeadamente a vertente técnica, tecnológica, metodológica e de gestão (Costa, *op. cit.*).

O BIM implica a alteração de rotinas, pela necessidade de mudar o modelo mental de trabalho, devendo ser considerada a possibilidade de resistência à mudança, decorrente do questionamento pelos membros do sistema imposto, dado que esta desafia os processos da organização (Grilo, *op. cit.*). Contudo os RH adaptam-se às novas realidades quando reconhecem as vantagens da transformação, sendo importante promover a sua sensibilização e formação, capacitando-as para o uso de BIM (Grilo, *op. cit.*), pois as vantagens são reconhecidas quando se começa a operar (Sampaio, *op. cit.*) e as organizações, depois de operarem em BIM, já não pretendem regressar ao método tradicional (Lino, *op. cit.*).

[4] No
Apêndice J estabelecem-se algumas considerações gerais sobre o BEP.

Lino (*op. cit.*) considera que a formação é essencial na implementação de BIM, como fator que mitiga a resistência à mudança, devendo ser inclusivo, integrando todos os membros da organização, implementando, se necessário, medidas de apoio e esclarecimento próximo, criando uma cultura organizacional de BIM.

Internamente, o *networking* deverá ser explorado na evolução de conhecimento e superação de dificuldades, assim como utilizar *software* com interface semelhante ao atual, pois permite uma operação intuitiva (Sampaio, *op. cit.*), permitindo estas disposições mitigar a resistência à mudança.

Inicialmente, existe um investimento significativo em tecnologia e formação que pode afetar a perceção de ganhos reais, decorrente de não se operar com elevado grau de otimização e eficiência (Grilo, *op. cit.*), podendo emancipar-se a resistência à mudança, pelo que importa ter em conta a curva de aprendizagem (Figura 10), assim como a afetação da produtividade organizacional (Figura 11) (Autodesk, 2004; Gomes, 2015).

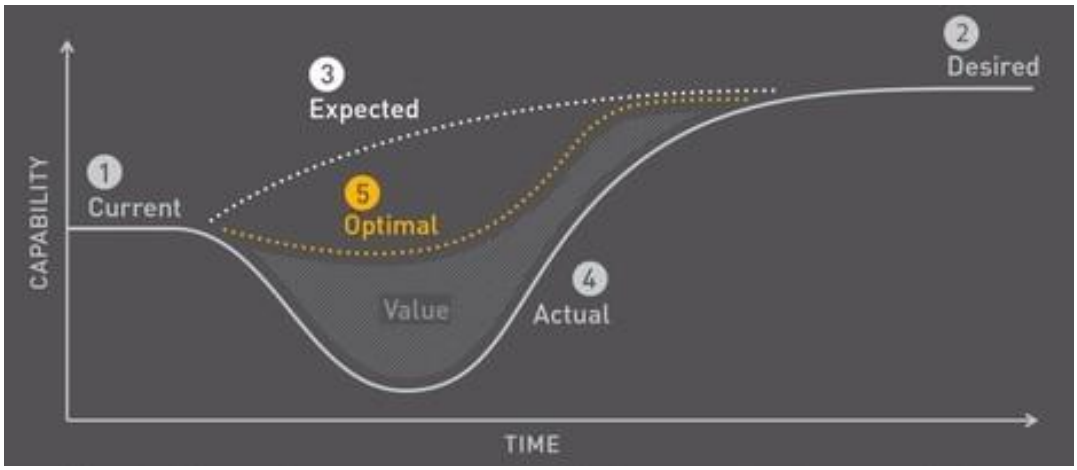


Figura 10 – Curva de aprendizagem.
Fonte: Oakley, J. (2012, cit. por Gomes, 2015)

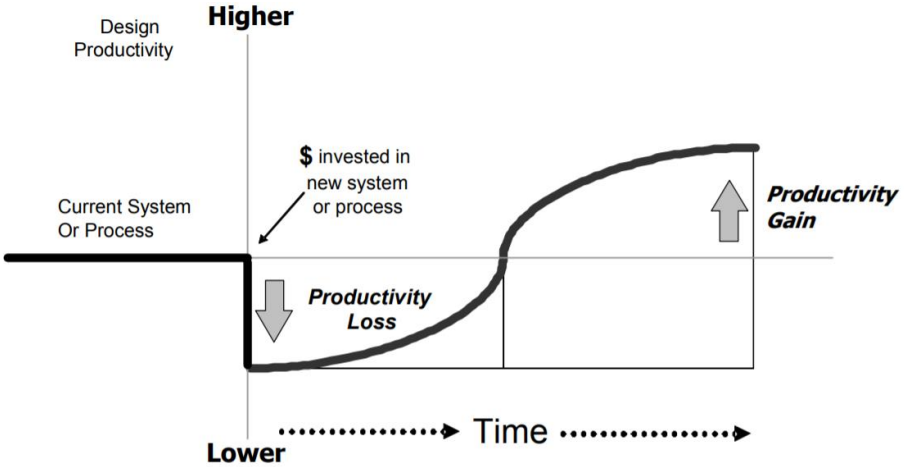


Figura 11 – Fatores produtividade e investimento na implementação de BIM.
Fonte: Autodesk (2004)

Cachadinha (*op. cit.*) considera que a organização deve compreender como o BIM pode ser utilizado e de que forma contribui para os objetivos organizacionais e assegurar a continuidade de operação, para rendibilizar o investimento e permitir a melhoria contínua. Adicionalmente, Costa (*op. cit.*) considera que deverá existir dimensão organizacional que justifique o investimento na mudança.

O *software* e o *hardware*, assim como a formação para operar estes sistemas, implicam um investimento inicial significativo (Cachadinha, *op. cit.*). Segundo Sampaio (*op. cit.*), é essencial dotar o BIM das infraestruturas necessárias à sua adequada implementação. Contudo este é apenas uma parcela do mesmo, sendo o maior custo relacionado com a alteração cultural e a garantia das condições necessárias, sendo este o grande problema da reconversão, pois esta é demasiado grande e dispendiosa, num setor conservador (Cachadinha, *op. cit.*; Smith e Tardif, 2009, p. 17).

O BIM deixou de ser encarado como uma mera mudança tecnológica e de implementação de *software* para passar também a uma mudança organizacional (Cachadinha, *op. cit.*; Lino, *op. cit.*).

De facto, "o BIM não é a aquisição de um *software*, sendo a sua aquisição apenas o processo de fim de linha, após estabelecimento de requisitos, com base em necessidades, e o ajuste da operação interna com a definição de processos" (Grilo, *op. cit.*).

Os peritos entrevistados foram unânimes em considerar que, primeiramente, deverá ser assegurado o guia de implementação, adequar os processos de operação e visão institucional e só depois a seleção do *software*, assegurando que vai ao encontro dos requisitos e necessidades organizacionais. A implementação de sistemas tecnológicos poderá apenas ocorrer se a organização estiver preparada para os integrar e possa, ela mesma, gerar o seu próprio conhecimento (Johnson, Scholes, e Whittington, 2005, pp. 478-488).

O BIM fez emergir a figura do BIM *manager*, cuja função é de controlar todos os processos relacionados com BIM, podendo este elemento ser de qualquer especialidade do setor AEC, desde que conheça e saiba operar BIM a um nível de profundidade adequado (Sampaio, *op. cit.*).

Esta função é formalmente diferente do *Project manager* (PM) cuja função é de responsável por todo o projeto, cabendo ao BIM *manager* colaborar/articular a entrega do produto BIM, que será integrado na GP (Cachadinha, *op. cit.*; Grilo, *op. cit.*; Lino, *op. cit.*) (Figura 12).

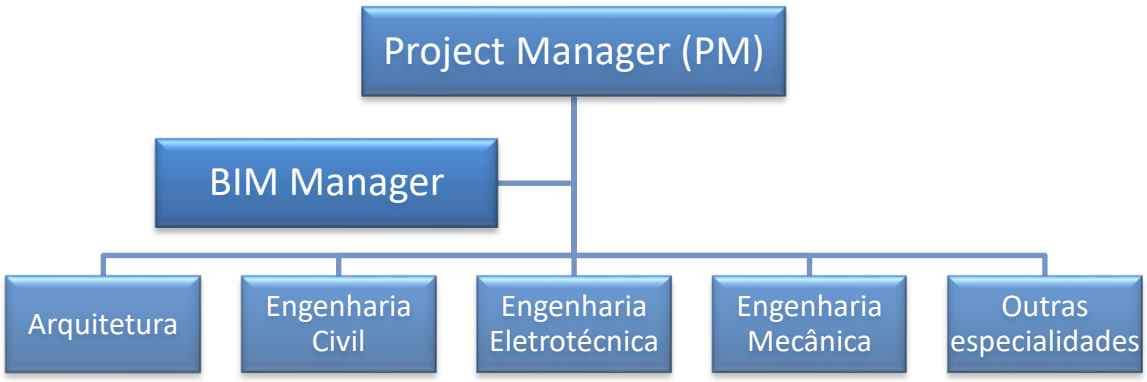


Figura 12 – Organograma funcional tipo.
Fonte: autor

Assim, estes podem coexistir, podendo o PM desempenhar funções de BIM *manager* (e vice-versa), caso possuam competências para tal, não existindo normalização nacional ou internacional que limite (Costa, *op. cit.*).

Em BIM é crucial garantir a interoperabilidade semântica, tecnológica, processual e sintática, sendo que os protocolos/políticas/procedimentos BIM normalizados permitem criar a base para o entendimento comum (Costa, *op. cit.*).

A interoperabilidade garante a capacidade de a informação ser transferida entre diferentes sistemas, de forma homogénea, garantindo a compatibilidade e confiança, sendo este um ponto crítico para alavancar o BIM (Jardim-Gonçalves, *op. cit.*).

Presentemente, a interoperabilidade apresenta limitações, pelo que importa que o utilizador esteja sensibilizado para esta disposição, por forma a que possa proceder aos devidos ajustes no modelo, sem que seja comprometida a sua fiabilidade (Sampaio, *op. cit.*).

A criação de uma biblioteca digital de objetos paramétricos é um fator a equacionar na implementação de BIM, embora seja uma atividade morosa, que consome muitos recursos na fase inicial (Sampaio, *op. cit.*). Esta deverá ser orientada à execução dos objetos mais recorrentes, permitindo aumentar a produtividade na fase de conceção, pela possibilidade de reutilização (Grilo, *op. cit.*). A sua existência não é um fator limitativo da criatividade, mantendo a possibilidade de customização, embora, neste caso, não seja possível atingir a produtividade referida (Grilo, *op. cit.*).

Em elementos construtivos mais "comuns", poder-se-á recorrer à utilização de bases de dados online ou *networking* das comunidades online BIM (Sampaio, *op. cit.*).

Na conceção das bibliotecas digitais, é essencial organizar a informação indexada com uma taxonomia ou ontologia, uma estrutura hierárquica, classificativa, permitindo pesquisas rápidas e contextuais, caso contrário a informação está descontextualizada e desconexa, sendo essencial existir gestão da base de dados (Jardim-Gonçalves, *op. cit.*).

Segundo Costa (*op. cit.*) e, o modelo BIM permite a constituição de um cadastro digital, sendo essencial a sua estruturação de forma sistematizada e consultável. Cachadinha (*op. cit.*) considera que o cadastro permite, entre outras disposições, apoiar as ações de G&M.

No que concerne à exigência do BIM na contratação pública[5], Costa (*op. cit.*) considera que irá ser progressiva, sem uma data concreta, sendo uma necessidade que está a surgir nos organismos públicos e tem vindo a crescer. Este acrescenta que a definição dos requisitos se tem apresentado como um desafio para estes organismos.

Tendo em vista mitigar esta disposição, Lino (*op. cit.*) acrescenta que, por forma a evitar a descrição vaga de elementos construtivos, poder-se-á seguir os sistemas *UniFormat, MasterFormat* ou *OmniClass* (EUA e Canadá) ou *UniClass* (RU), como elemento orientador e não como elemento de excessiva rigidez e formatação que limite a operacionalização do processo.

Em Portugal, apesar de ainda ser num número reduzido, já há municípios que permitem a entrega de projetos em BIM (Ruivo, *op. cit.*). Ainda assim, a introdução de BIM tem sido *bottom-up*, pois uma obrigatoriedade governamental implicaria a criação de estruturas para processar e estabelecer requisitos de operação, sendo mais provável, no curto prazo, o incentivo através de manuais e guias, suportados em organismos específicos do setor (LNEC) e estabelecimentos de ensino superior (Lino, *op. cit.*).

O Setor AEC não está preparado para uma imposição legal imediata, decorrente da realidade do setor, pelo que não se prevê essa disposição no curto prazo, contudo o dono de obra público tem capacidade e dimensão para alavancar a sua posição determinando requisitos BIM (Grilo, *op. cit.*; Cachadinha, *op. cit.*).

[5] A contratação pública poderá seguir, como elemento de orientação o "Guia de Contratação BIM", como documento de apoio à contratação de serviços na indústria da construção utilizando a metodologia BIM (Costa et al., 2017).

De facto, uma das limitações à implementação BIM reside nas empresas de construção, setor significativamente tradicional, que ainda apresenta algumas limitações na interpretação/aceitação do modelo, exigindo reduzir o modelo BIM ao método tradicional, limitando o seu potencial (Sampaio, *op. cit.*; Grilo, *op. cit.*).

4.1.2. Síntese conclusiva e resposta à QD1

Decorrente do estudo efetuado e dos contributos obtidos dos peritos em BIM, relativamente à QD1, "*Como é que a metodologia BIM é aplicável à GP?*", poder-se-á afirmar que o BIM é aplicável e contribui positivamente para a GP, tendo este pressuposto por base as seguintes razões:

- Os entrevistados reconheceram os benefícios para a GP em ambiente BIM, decorrente das suas funcionalidades, gerando um impacto positivo na eficiência da conceção de infraestruturas, permitindo uma melhor compreensão e controlo, análise, debate, cooperação e comunicação no apoio à tomada de decisão, face ao método tradicional;
- O BIM influencia positivamente a *governance*, estabelecendo uma estrutura funcional, alicerçada numa visão objetiva, mapeamento de processos, adoção de estruturas de informação devidamente classificadas, estabelecimento de fatores de normalização, permitindo rendibilizar a informação gerada no modelo ao longo do CVI.
- O BIM permite obter um produto final com melhor qualidade a menor custo, decorrente do incremento de eficiência nos processos, otimização de tempo e recursos (humanos e materiais) na fase de conceção, assim como ao longo do CVI.
- Apesar dos benefícios que BIM aporta, esta metodologia acarreta desafios organizacionais significativos, destacando-se:
    - ajuste da cultura organizacional;
    - necessidade de estabelecimento de políticas sustentadas, visão organizacional e restruturação dos processos funcionais nos diferentes patamares de decisão da organização, suportados em novas plataformas digitais;
    - BEP como elemento normalizador da operação;
    - perceção e sensibilização dos utilizadores e chefia da importância e geração de valor da metodologia;
    - investimento inicial significativo em tecnologia e formação,

- utilização contínua para rendibilizar o investimento e garantir a evolução do conhecimento na organização (*learning organization*);
- maior exigência de normalização na operação para suportar a interoperabilidade, biblioteca digital e cadastro das infraestruturas.

Como guia à implementação, os peritos destacaram a importância de uma implementação incremental, suportado numa definição inicial dos processos.

A falha nestes fatores basilares poderá afetar a adesão e resultados, podendo levar ao descrédito pelos utilizadores e estrutura superior.

Contudo, apesar das limitações evidenciadas, face aos benefícios que BIM aporta para a GP, tal como referido pelos peritos, é o desenvolvimento a realizar.

4.2. BIM no apoio à GP da DI

4.2.1. GP na DI[6]

Analisando a GP na DI, os entrevistados da FA foram unânimes ao definir o método de operação da DI como informal e sem processos de desenvolvimento de projeto formalmente definidos.

Os projetos na DI iniciam-se com a definição da necessidade, objetivo, prazo de entrega e identificação das especialidades envolvidas, não existindo processos formais definidos em relação às fases de desenvolvimento de projeto. A definição de procedimentos diminui o erro e a arbitrariedade (sem limitar a capacidade criativa) (Barros, *op. cit.*).

Segundo Veloso (entrevista presencial, 14 de maio de 2019), não existe uma GP formalmente implementada, sendo a sequência e atribuição de processos informal, definida ao nível do Chefe de Repartição, com base na sua experiência. Este ajusta as solicitações à realidade com que se depara em termos de RH e tecnologia, que dispõe em determinado momento (Cardoso, entrevista por *email*, 17 de junho de 2019).

Segundo R. Mendes (entrevista por *email*, 29 de junho de 2019), a cada projeto deveria estar alocado um plano de desenvolvimento e comunicação.

Cardoso (*op. cit.*) e E. Mendes (entrevista por *email*, 27 de junho de 2019), consideram que embora tenham ocorrido tentativas de implementação de alguns processos sistematizados, esta tem sido inconsistente, decorrente da rotatividade de pessoal, em particular das chefias, sendo um obstáculo à criação de normalização e processos, assim como à transmissão de experiência e conhecimento.

[6] No anexo Apêndice K apresentam-se algumas considerações gerais sobre a DI.

No que concerne à figura do PM, os entrevistados da FA consideraram, unanimemente que esta não existe sob ponto de vista formal, assim como os membros da DI, embora com experiência relevante e benéfica para a FA acumulada na GP, não possuem formação específica em GP.

Segundo os entrevistados, a figura do PM acaba por ser o elemento mais antigo ou o Chefe da Repartição de Projetos que delega na Sub-Repartição de Engenharia Civil ou na especialidade mais relevante no projeto que acumula diversas funções como a gestão de tarefas, visitas técnicas, elaboração de relatórios e projetos não tendo possibilidade de se focar na monitorização e controlo, análise da gestão de risco, controlo de qualidade, avaliação de resultados, identificação de lições aprendidas, tarefas de reporte, entre outros.

Cardoso (*op. cit.*) considera relevante a criação de um *Project Management Office* (PMO), dotado de um PM, devendo este ser, para E. Mendes (*op. cit.*), um elemento sénior, com anos de experiência em projetos. A ativação do Gabinete de Revisão de Projeto, Ambiente e Normalização Técnica permitirá o surgimento do revisor de projeto (E. Mendes, *op. cit.*).

O carácter inopinado e de premência das solicitações exige a reavaliação frequente e ajustes no planeamento, conduzindo a uma gestão informal, que depende muito do esforço e capacidades individuais (Barros, entrevista por *email*, 28 de junho de 2019).

Cardoso (*op. cit.*) acrescenta que esta tipologia de operação e orientações, em função das necessidades e disponibilidade orçamental, restringem a flexibilidade, comprometendo o planeamento e a gestão de recursos.

De acordo com a análise da GP na DI pelos entrevistados, poder-se-á definir o nível de maturidade como baixo, disposição alinhada com o estudo desenvolvido por Martins (2018, p. 17), que reitera este nível de GP organizacional com base no método de Darci-Prado (2010). Estas limitações colocam dificuldades na gestão de especialidades (Veloso, *op. cit.*).

Analisando a sua importância na operação da DI, E. Mendes (*op. cit.*) considera que o PM é uma figura importante no desenvolvimento dos projetos, será o elemento a tomar as decisões, quando há indefinições, e a resolver conflitos, evitando impasses e otimizando os recursos.

A gestão da informação e a sua partilha, ao longo do desenvolvimento de um projeto, é efetuada na informática interna (Veloso, *op. cit.*), contudo relativamente a padrões/normas

internas de operação/manuseamento de informação digital, estes variam em função do técnico que está a desenvolver trabalho, baseada na experiência deste, pois não existem padrões internos formalmente estabelecidos (Cardoso, *op. cit.*). E. Mendes (*op. cit.*) considera que é de todo o interesse a padronização e interoperabilidade por forma a otimizar recursos, obter maiores ganhos e eficiência e qualidade do projeto e no resultado final.

A GP é efetuada sem recurso a *software* específico (Barros, *op. cit.*), semelhante apreciação foi considerada pelos restantes entrevistados da FA.

Os entrevistados referiram, como elementos de trabalho, o MSExcel e MSAccess, trabalhados de forma individualizada, assim como a operação e processo de tomada de decisão sustentada em análise CAD e experiência dos intervenientes ou chefias.

Embora tenha sido desenvolvida em 2012 uma ferramenta designada por CPRO, em MSAccess, que visava mitigar algumas insuficiências ao nível do controlo de projetos, contudo não houve continuidade, pelo que, presentemente os chefes usam as suas próprias ferramentas de controlo (Cardoso, *op. cit.*).

Barros (*op. cit.*) considera necessário *software* de GP na DI, permitindo integração das especialidades e acompanhamento mais próximo. R. Mendes (*op. cit.*) considera que estes sistemas de informação digitais podem alavancar o processo de decisão.

Os entrevistados, quando inquiridos sobre as limitações mais relevantes presentemente na DI, indicaram a escassez de RH, formação e atualização de conhecimento dos técnicos e recursos financeiros e tecnológicos (*hardware* e *software*).

4.2.2. BIM na GP na DI

Analisando a *awareness* organizacional para a metodologia BIM e as suas potencialidades, constata-se que os entrevistados da FA demonstraram conhecer a sua existência, ainda que apenas os seus conceitos básicos, reconhecendo a sua crescente importância na indústria AEC.

O nível de maturidade da DI em BIM, de acordo com o referencial de Bew e Hansford (2014) e segundo os entrevistados da FA, encontra-se no nível 0 de maturidade, excetuando R. Mendes (entrevista por email, 30 de junho de 2019) que classifica em nível 1.

Os entrevistados da FA, quando questionados sobre a pertinência das funcionalidades que BIM aporta para a GP da DI, foram unânimes em considerar que são uma mais-valia, permitindo mitigar a ocorrência de erros e omissões, apoiar a G&M, melhorar e sustentar o

processo de tomada de decisão, incrementar padronização e interoperabilidade, cumprir prazos, otimizar recursos e processos.

Ruivo (*op. cit.*) destaca a obtenção de informação tratável, passível de análise para tomada de decisão, numa fase inicial, mitigando os constrangimentos de incompatibilidades e necessidades de alterações em projeto, disposição que, segundo E. Mendes (*op. cit.*), em fases avançadas obrigam a refazer partes significativas do projeto ou a reformular os seus requisitos. Disposição agravada quando a deteção de incongruências ocorre "*em obra*" (Ruivo, *op. cit.*).

Segundo Ruivo (*op. cit.*), o modelo paramétrico permite que as alterações sejam automaticamente refletidas nas PD, MT, orçamentação, entre outros, conduzindo a menos erros, maior rapidez e menos tempo investido na produção dos *deliverables*.

Esta tipologia de plataforma digital é considerada imprescindível para a atividade de engenharia, melhorando a qualidade do produto final (Cardoso, *op. cit.*), incrementando a eficiência e a eficácia (R. Mendes, *op. cit.*)

No que concerne aos desafios à implementação de BIM os entrevistados destacaram as limitações financeiras para aquisição e atualização de *software* e *hardware* (Veloso, *op. cit.*; E. Mendes, *op. cit.;* M. Marques, entrevista por *email*, 28 de junho de 2019; Cardoso, *op. cit.*), dado que o *software* em uso na DI não permita, no imediato, operar em ambiente BIM (Cardoso, *op. cit.*), pois, mesmo os existentes (ex.: SAP2000, Autodesk Civil 3D, entre outros), têm de ser atualizados (Ruivo, *op. cit.*). A nível de *hardware* existem insuficiências face às características de performance exigidas para o BIM (Cardoso, *op. cit.*).

Tendo em vista mitigar esta disposição poderá ser apresentada uma candidatura a fundos do Sistema de Apoio à Transformação Digital da Administração (concurso anual). Lino (*op. cit.*) e Sampaio (*op. cit.*) consideram que, numa fase de experimentação inicial, em projetos piloto, poder-se-á recorrer a produtos educacionais ou de teste, para perceção de adequabilidade e aplicabilidade, assim como experimentação pelos utilizadores.

No que concerne a RH, estes são considerados suficientes, atendendo a que se trata da fase de implementação BIM (Veloso, *op. cit.*), devendo-se considerar o efetivo atual, procedendo aos devidos ajustes relativamente a funções a criar e processos BIM que venham a ser implementados (Cardoso, *op. cit.*). Relativamente ao método tradicional, a metodologia BIM não implica mais RH (Ruivo, *op. cit.*), sendo os ganhos de eficiência compensados com o processo de implementação (R. Mendes, *op. cit.*).

As funções de desenhadores técnicos e medidores orçamentistas, pela automação que BIM aporta (Ruivo, *op. cit.*), serão requalificados em BIM assumindo tarefas de "modeladores" (Sampaio, *op. cit.*). Os engenheiros e arquitetos passam a ter mais tempo para desenvolver a solução, pela automação e otimização de algumas tarefas (Ruivo, *op. cit.*).

A formação dos RH é considerada, por todos os entrevistados, como um fator essencial para o sucesso, caso contrário, não será possível rendibilizar o investimento nem tirar proveito das vantagens inerentes ao BIM.

Outro fator importante é a necessidade de disponibilidade de tempo para sobrepor a atividade corrente da DI com a formação em BIM (Cardoso, *op. cit.*).

E. Mendes (*op. cit.*) considera que existe recetividade/adesão/motivação dos RH, desde que estes considerem uma mais valia para o trabalho que desenvolvem.

Barros (*op. cit.*), no que concerne ao escalão superior, reconhece a crescente importância no setor e benefícios no médio/longo prazo, existindo vontade de implementação da metodologia, estando autorizado um projeto piloto. Veloso (*op. cit.*) perspetiva, também, uma aceitabilidade do escalão superior.

Os restantes entrevistados demonstraram recetividade e aceitação à metodologia BIM, em detrimento do método tradicional.

Relativamente aos restantes elementos da DI, R. Mendes (*op. cit.*) refere que a nova geração, com habilitações em vários domínios e com um peso significativo no quantitativo atual da DI, apresenta aceitabilidade a estas plataformas, dado que estes procuram, frequentemente, novas soluções e desafios. E. Mendes (*op. cit.*) acrescenta que são estes entusiastas pelas tecnologias e desafios, que permitirão uma projeção relevante na fase inicial de implementação.

Contudo, o BIM poderá não ser do interesse de todos, estando a motivação dependente da fase da vida profissional, nomeadamente os elementos civis, com muitos anos de prática tradicional (Veloso, *op. cit.;* M. Marques, *op. cit.*).

Os entrevistados apontam a formação, ações de sensibilização e recetividade, *networking* interno, *on-the-job training* e nomeação de um *champion* para apoio de proximidade, como elementos que poderão mitigar a resistência à mudança.

De facto, segundo Veloso (*op. cit.*) e Barros (*op. cit.*), a cultura organizacional da DI é um fator a equacionar, decorrente da previsível mudança organizacional que a implementação de BIM aporta.

Segundo Cardoso (*op. cit.*), a resistência à mudança existirá, como em qualquer organização, contudo, as vantagens sobrepõem-se às desvantagens, pelo que os desafios, num futuro próximo, serão ultrapassados.

Assim, de acordo com o definido pelos peritos e elementos da FA entrevistados, assim como a bibliografia consultada, tendo em vista mitigar a resistência à mudança e agilizar e o processo de implementação, poder-se-á estabelecer o mapa de implementação da metodologia BIM da Figura 13.

Ruivo (*op. cit.*) considera essencial criar a figura do BIM *manager*, assumindo a gestão de processos, coordenação da troca de informação entre os intervenientes, gestão de incompatibilidades entre as várias especialidades, gestor da biblioteca de objetos, BEP, entre outras funções relacionadas com BIM.

Ruivo (*op. cit.*) considera importante criar uma biblioteca digital de objetos paramétricos, com requisitos bem definidos, permitindo padronização, melhoria contínua das soluções construtivas e maior eficiência na fase de conceção.

No que concerne à gestão dos modelos BIM, E. Mendes (*op. cit.*) refere que estes poderão ser acomodados na nova plataforma de inventário MIE[7], dado que esta possui bases de dados e servidores dedicados que permitem acomodar os dados alfanuméricos e, através do arquivo digital, acomodar e partilhar os ficheiros digitais.

Analisando a possibilidade de emprego destes modelos BIM na G&M, R. Mendes (*op. cit.*) reitera a importância da operação sobre modelos preditivos e a gestão de patologias, permitindo melhor planeamento das intervenções programadas, contribuindo decisivamente para a definição de prioridades, maximização de resultados (redução de situações inopinadas) e para assegurar uma gestão eficaz e eficiente dos recursos financeiros.

Analisando a possibilidade de implementação de BIM na DI, Cardoso (*op. cit.*) considera que as vantagens permitem dar o salto qualitativo, assim como atualizar os seus técnicos, permitindo, no médio/longo prazo, acompanhar as perspetivadas exigências do setor AEC.

[7] Módulo de Infraestruturas e Equipamentos.

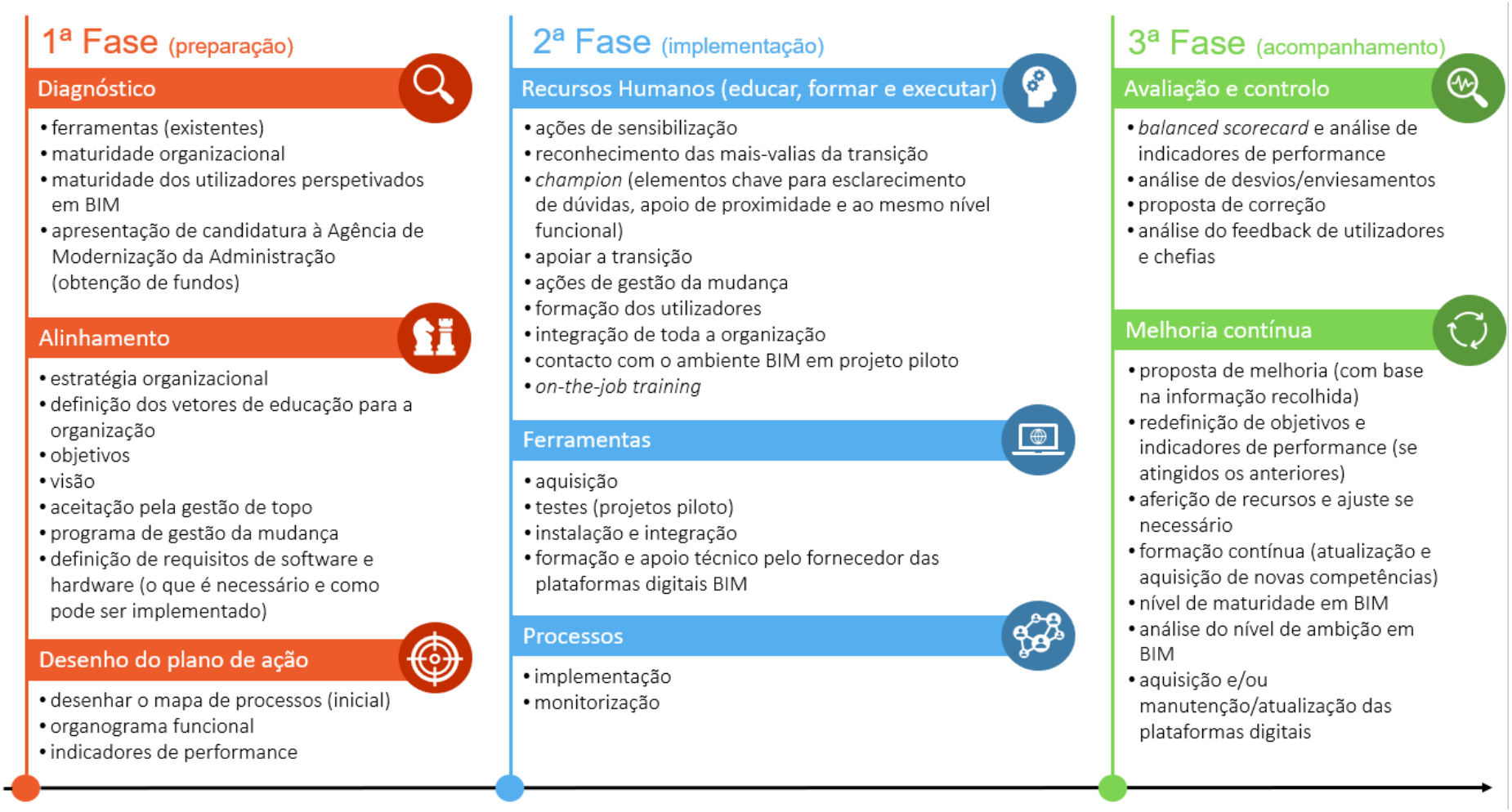


Figura 13 – *Roadmap* de implementação da metodologia BIM.

Fonte: adaptado de Johnson, Scholes, e Whittington (2005); USACE (2006); Eastman et al. (2011); Deutsch (2011); Bew e Hansford (2013); Caldeira (2016); Fischer et al. (2017); Lino (*op. cit.*).

(Barros, *op. cit.*) destaca os ganhos de produtividade e flexibilidade para responder a alterações na tipologia de intervenção, existindo recetividade, por parte do CEMFA (DI, 2019), para disponibilizar meios financeiros para atualização de equipamentos, *software* e formação que permitirá, brevemente, arrancar com um projeto piloto, estimando-se que a implementação decorra num período de 2 a 3 anos.

Segundo E. Mendes (*op. cit.*), o BIM é uma ferramenta que permite, por si só, fazer a gestão do projeto, possibilitando a intervenção de toda a equipa em simultâneo e a redução de conflitos. Este acrescenta que, atualmente, existe uma conjuntura interna ideal para a sua implementação e formação dos RH.

No que concerne ao nível de maturidade a ambicionar, Ruivo (op. cit.) considera que o nível 2 é o mais adequado, nesta fase.

A integração futura de BIM nos Gabinetes Técnicos das Unidades Base permitirá estender as potencialidades de BIM a toda a FA (Veloso, *op. cit.*).

Segundo Cachadinha (*op. cit.*) e Lino (*op. cit.*), consideram que a FA pelas suas condições intrínsecas enquanto instituição militar têm condições ótimas para a sua implementação.

4.2.3. Síntese conclusiva e resposta à QD2

Decorrente do estudo efetuado e dos contributos obtidos através das entrevistas a elementos da FA, relativamente à QD2, "*De que modo pode a metodologia BIM ser implementada ao nível da GP da DI?*", poder-se-á afirmar que o BIM é aplicável e contribui positivamente para a GP da DI, tendo este pressuposto por base os seguintes argumentos:

- A DI encontra-se identificada, pelos entrevistados, como detentora de um nível de GP baixo e maturidade em BIM nível 0, disposição que a implementação de BIM poderá beneficiar;
- Os entrevistados da FA reconheceram os benefícios das funcionalidades de BIM no apoio à GP;
- O BIM, no apoio à GP, foi conotado como uma metodologia que promove a eficiência, apoio à tomada de decisão e deteção antecipada de erros e omissões (mitigando os constrangimentos de deteção tardia em fase de conceção ou "em obra");
- A definição de processos e guia de atuação, permitem que o BIM venha colmatar a ausência de processos formais definidos, enquadrando-os na nova metodologia;

- A elaboração de um projeto implica a utilização intensiva de recursos (meios humanos, materiais e tempo) para gerar informação tratável, consistente e de qualidade, para apoio à decisão, sendo o BIM um elemento que possibilita mitigar esta disposição, libertando os RH para outras tarefas, capacitando-os para a evolução de operação em ambiente BIM;
- Aproveitar o facto de já se usar a rede informática interna para criar as bibliotecas e formatar o BEP para incluir esta particularidade;
- Unificação de operação com base num único ambiente BIM, dotado de aplicações digitais compatíveis e interoperáveis;
- A implementação deve focar-se nos seguintes vetores para o sucesso:
    - Cultura organizacional: ambiente interno, gestão da mudança e partilha de risco;
    - Atividades: colaboração, processos, normalização, estrutura funcional e hierárquico;
    - Recursos: onde se inclui os RH, a formação dos utilizadores, tecnologia, o investimento em *software* e *hardware*, partilha de informação e interoperabilidade;
    - Proposta de valor: integração e alinhamento organizacional a todos os níveis, reconhecendo as mais-valias da metodologia;
    - Rede de conhecimento: partilha e desenvolvimento em comunidade do conhecimento e partilha de experiência.

O BIM apoia a GP da DI, permitindo, em paralelo melhorar o seu nível de maturidade pela introdução de plataformas digitais.

4.3. Implementação de BIM na FA e resposta à QC

Em resposta à QC: "*De que modo a metodologia BIM contribui para a GP da DI?"*, conclui-se que de forma positiva, incrementando o desempenho e a otimização de recursos.

Esta disposição é verificada através da validação da metodologia BIM como ferramenta de apoio à GP por parte dos peritos em BIM, considerando estes, que contribui de forma indelével para a colmatação das necessidades que o setor AEC apresenta, permitindo a evolução da metodologia tradicional para uma operação tecnologicamente mais evoluída e que aporta mais-valias para as organizações.

No que concerne à adequabilidade de BIM à DI, os entrevistados consideram que o valor que esta metodologia aporta é distinto e, à semelhança de outras organizações, inclusive estatais, deverá a DI estar na vanguarda da inovação e estabelecer uma operação sustentada em BIM, como apoio à conceção, construção e G&M do património edificado da FA.

Ao nível da aceitabilidade, os entrevistados da FA demonstraram-se recetivos e motivados a efetuar a transição da metodologia de operacional tradicional para o BIM, decorrente do reconhecimento das vantagens que este aporta pelas funcionalidades de que dispõe. Estes indicaram que no efetivo da DI existe vontade para adesão a esta metodologia, contudo dever-se-á focar nos elementos mais novos, entusiastas das novas tecnologias e ávidos de desafios, estabelecendo um projeto piloto.

Dever-se-á manter o foco no estabelecimento de uma filosofia agregadora e inclusiva do BIM, permitindo que os elementos de faixas etárias superior se aproximem da prática com formação e motivação dos mais jovens, criando-se um clima interno de *networking* de conhecimento, tendo em vista a melhoria contínua e a criação de um ambiente de uma *learning organization*.

Assim, face aos contributos recolhidos nas entrevistas, considera-se exequível a implementação de BIM na DI, que embora apresente os desafios citados, aporta vantagens na GP que ultrapassam significativamente os “custos”.

Por forma a obter o sucesso em todo o processo os peritos e os entrevistados da FA consideram que fatores como a formação e apoio na gestão da mudança são cruciais para a transformação organizacional desejada.

Considera-se, assim, respondida e validada a QC desta investigação.

5. Conclusões

A metodologia BIM surge no intuito de dar uma resposta cabal à necessidade do setor AEC incrementando a eficiência de recursos, assim como melhorar a cooperação, comunicação e troca de informação entre todos os *stakeholders*, tendo em vista a integração dos sistemas digitais no apoio à tomada de decisão.

O BIM constitui-se como uma metodologia suportada em tecnologia que utiliza informação parametrizada, interoperável entre diversas plataformas digitais, permitindo que os utilizadores a manipulem, com rigor e confiança na operação, tendo em vista a prossecução dos objetivos desejados.

Analisando o BIM, constata-se que se trata de uma metodologia colaborativa, sustentada por pessoas e tecnologia, que incorpora um sistema de processos organizacionais bem definidos e delimitados, quer em termos de ação ("como se faz"), quer em termos de responsabilização ("quem faz o quê"), tendo em vista a adoção de um conjunto de boas práticas para obter maior eficiência e qualidade de projeto, face ao método tradicional.

Esta investigação carateriza-se, metodologicamente, por um raciocínio indutivo, apoiado numa estratégia de investigação qualitativa e no estudo de caso como desenho de pesquisa. Materializa-se, ao nível da recolha de dados, na análise documental e no desenvolvimento de entrevistas semiestruturadas e respetiva análise das mesmas.

Decorrente das funcionalidades que BIM aporta, procura a presente investigação validar a metodologia BIM enquanto método que suporta mais-valias para a GP, servindo como ferramenta de apoio, no processo de conceção de infraestruturas da FA.

Para concretização do referido desiderato, foi estabelecido um OG e a correspondente QC, como elementos de partida, norteadores de todo o percurso metodológico, concretizadas por duas QD.

Desta forma, para responder à QD1 e, consequentemente, ao OE1: *Analisar a aplicabilidade da metodologia BIM à GP*, foi analisado o estado da arte, ao nível do conhecimento científico desenvolvido sobre a temática e, posteriormente, confrontado com entrevistas a uma amostra de peritos em BIM, selecionados pelo seu conhecimento, experiência e importância na temática. Assim, tendo por base a análise efetuada aos dados recolhidos poder-se-á concluir que a metodologia BIM, enquanto ferramenta de apoio à GP:

– suporta vantagens resultantes das suas funcionalidades, destacando os peritos, corroborando as referências bibliográficas consultadas:

- estabelecimento de uma estrutura funcional, alicerçada numa visão objetiva, que implementa processos estruturados e sistematizados, tendo por base a operação em ambiente BIM, tornando a laboração mais ágil e rendibilizando a informação;
- maior integração, coordenação e participação dos vários *stakeholders* num processo iterativo e colaborativo dos processos de trabalho e mais comunicação;
- modelação em 3D e visualização da infraestrutura em realidade virtual;
- modelo único, atualizado, que permite a obtenção de informação mais expedita, gerada em tempo real, para a tomada de decisão e produção de *deliverables* (PD, MT, orçamentação e planeamento de atividades);
- biblioteca digital de objetos paramétricos;
- deteção de incompatibilidades, permitindo a redução de erros e omissões, garantindo melhor qualidade do projeto, mitigação do risco e redução da necessidade de alterações em fase avançada de conceção ou na fase de execução ("em obra");
- alavancar a procura de soluções construtivas mais ajustadas, através da simulação de soluções construtivas de forma mais expedita, incluindo análises de sustentabilidade na construção e segurança e saúde na construção;
- modelo paramétrico que permite o apoio à G&M;
- incremento de produtividade e eficiência, reduzindo o consumo de recursos na fase de conceção;
- produção de informação fidedigna, permanentemente disponível no modelo digital interoperável, utilizável em todo o CVI;
- BEP, como elemento orientador da ação e interação das diversas especialidades;
- BIM *manager*, enquanto gestor da metodologia BIM nos diversos processos, apoiando o PM na sua ação de GP.
- informação normalizada e interoperável.

– segundo os peritos, a obtenção dos referidos benefícios só poderá ser atingida se a implementação for devidamente planeada e estruturada, consubstanciada tendo em conta os fatores:

- cultura organizacional, procedendo ao estabelecimento das necessárias políticas de mitigação da resistência à mudança, através de ações de formação, sensibilização e filosofia de integração organizacional;
- visão organizacional orientada, aceite e debatida a todos os níveis da organização, sustentada em objetivos e metas exequíveis;
- investimento financeiro em *software*, *hardware* e formação dos utilizadores contínua;
- consumo intensivo de recursos na fase inicial de implementação, afetando a produtividade, que poderão afetar o normal funcionamento organizacional e a perceção de reais ganhos com a metodologia BIM;
- normalização de processos, restruturando profundamente atividades com a estrutura sustentada na metodologia tradicional;
- gestão da informação, ao nível de sistemas digitais e recursos humanos.

Relativamente à QD2 e, consequentemente, ao OE2: *Avaliar a possibilidade da implementação da metodologia BIM na GP da DI,* foram efetuadas entrevistas semiestruturadas à Direção e Chefes das Repartições da DI tendo em vista a verificação da aplicabilidade e exequibilidade da metodologia BIM obtendo-se:

– a maturidade em GP foi considerada baixa decorrente da inexistência de processos formais, um PM formalmente nomeado e em exclusividade, ausência de um plano de desenvolvimento e comunicação para cada projeto e ausência de plataformas digitais que permitam o apoio à tomada de decisão e, consequentemente, à GP;

– a maturidade em BIM foi avaliada como nível 0, de facto a conceção de projetos é em CAD, cujos processos não têm normalização/padronização e a informação, quando partilhada, não segue um protocolo;

– ao nível da aceitabilidade da metodologia BIM, em detrimento da metodologia tradicional, pelo escalão superior, foi considerado pelos entrevistados que ela existe, sendo a mesma corroborada na entrevista ao Diretor da DI, afirmando este que foi aprovado pelo General CEMFA um projeto piloto em BIM;

– as funcionalidades que BIM aporta são uma mais-valia para a DI;

– o processo de implementação deverá procurar a adoção gradual e faseada, em projetos de menor dimensão, com uma equipa formada por elementos mais jovens, motivados e entusiastas para desafios e uso de novas plataformas digitais, testando-se

funcionalidades e processos;

– destaque para a necessidade de formação dos RH em BIM, assim como dotar a DI do adequado *software* e *hardware* para fazer face às exigências inerentes à operação em ambiente BIM, sendo referido, na entrevista à Direção, que as Chefias estão sensibilizadas e irão encetar as devidas diligências para fazer face às necessidades referidas;

– possibilidade de resistência à mudança por parte dos elementos da geração mais elevada, com maior incidência nos RH civis, contudo estes reiteram a formação, ações de sensibilização para as melhorias nas suas tarefas decorrentes na nova metodologia, *networking* interno de partilha de conhecimentos e nomeação de um *champion* de apoio próximo como fatores que reduzem a atrição e incrementam a recetividade; os entrevistados consideram que estes elementos, com maior resistência, acabarão por adotar a nova metodologia.

Analisando a QC e, consequentemente, o OG, A*valiar a contribuição da metodologia BIM na GP da DI*, considera-se que, face aos argumentos supracitados e apesar dos desafios que são colocados às organizações, a metodologia BIM aporta valor para a GP, possuindo a DI condições para a sua implementação, retirando as mais-valias das suas funcionalidades.

Desta forma, considera-se que a metodologia BIM, através deste estudo, cumpre com os requisitos de adequabilidade, praticabilidade e aceitabilidade.

A implementação BIM deve ser abordada de forma estruturada e sistematizada, mapeando processos, estabelecendo formas de manipulação e partilha de informação, efetuando as necessárias adaptações nas estruturas organizativas, estabelecendo-se um *roadmap* de implementação e um plano de ação/operação interna integrado.

Sugere-se a implementação do *roadmap* proposto, com as fases de preparação, implementação e acompanhamento, congregando o que foi considerado pelos entrevistados (peritos e membros da FA) como crítico para a organização.

Destacam-se os vetores a equacionar, na fase de implementação:

– necessidade de monitorização e controlo, procedendo aos devidos ajustes face ao planeamento;

– reduzir a pressão sobre os operadores e a negatividade do “erro”;

– gestão das expectativas, alinhada com a curva de aprendizagem e quebra temporária de produtividade, tendo como objetivo os resultados no médio prazo;

– no longo prazo, deverá ser ambicionado o nível 2 de maturidade BIM, devendo ocorrer um período de consolidação e, só depois, se deverá ambicionar o nível 3;

– manutenção, dentro do possível e na fase inicial, do *software* de operação atual, tendo em vista a manutenção do interface (mitigar a resistência à mudança e quebra de produtividade inicial);

– foco na formação, pois o maior "custo" é o da mudança cultural.

Tendo em vista a implementação da metodologia BIM efetuam-se as seguintes recomendações:

À DI:

- Discutir em todos os níveis da estrutura hierárquica o mapa de processos que será estabelecido, alocando recursos e processos, tendo por base este estudo e os níveis de maturidade em BIM e GP aferidos nesta investigação;
- Estudo das plataformas que operem em ambiente BIM a adquirir, ajustadas às necessidades e requisitos da DI;
- Implementação de BIM na RP e, posteriormente, na restante DI (Repartição de Obras e Repartição de Património);
- Por fim, que seja estendida a metodologia BIM aos Gabinetes Técnicos das Unidades Base em estreita colaboração com os seus Comandos;
- Aproveitando a oportunidade decorrente da ativação do Gabinete de Revisão de Projeto, Ambiente e Normalização Técnica, estabelecer as bases para um PMO, suportado na doutrina de GP e BIM, definindo e nomeando um elemento como PM e outro como BIM *manager* (poderão ser cumulativas as funções, caso o nomeado possua qualificações), dotado dos elementos com as necessárias valências para a prossecução da sua missão; este Gabinete teria a monitorização e controlo da implementação de BIM;
- Iniciação do projeto piloto, tal como aprovado superiormente, tendo por base as disposições apresentadas neste estudo;
- Apresentação de candidatura ao Apoio à Transformação Digital da Administração.

À DCSI:

- Providenciar o apoio ao nível do fornecimento do *hardware*, instalação de *software* e apoio na operacionalização do ambiente BIM.

À DINST e AFA:

- Promover a adequada formação e requalificação dos quadros técnicos da DI em BIM, assim como assegurar formação de base dos novos membros nesta tipologia.

Ao Estado-Maior General das Forças Armadas e Direção-Geral de Recursos da Defesa Nacional:

- Escalabilidade e propagação da metodologia BIM, reproduzindo o modelo de implementação.

No que concerne a limitações, considera-se o estudo de viabilidade económica e análise das soluções de mercado em BIM.

Como desenvolvimentos futuros considera-se que poderão ser estudadas as seguintes temáticas:

- Implementação de plataformas digitais de automação de arquitetura;
- Introdução de práticas LEAN em BIM na DI;
- Manuais de G&M do património da FA, tendo por base o BIM;
- Integração do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e BIM.

"*BIM is about 10 percent technology and 90 percent sociology*."

Charles Hardy, (2010, cit. por Deutsch, 2011, p. 9).

Referências Bibliográficas

American Institute of Architects (2013). *G202-2013 Project BIM Protocol* [versão PDF]. Retirado de https://www.aiacontracts.org/contract-documents/19016-project-bim-protocol

Assembleia da República (2005). *Constituição da República Portuguesa*. *7ª Revisão Constitucional* [versão PDF]. Retirado de: https://www.parlamento.pt/ArquivoDocumentacao/Documents/CRPVIIrevisao.pdf

Autodesk (2004). *Return On Investment with Autodesk Revit* [versão PDF]. Retirado de http://thecadshop.com/products/docs/autodesk-revit-6-roi.pdf

Autoridade para as Condições no Trabalho. (15 de maio de 2019). Estatística de Acidentes de Trabalho: Acidentes de Trabalho Mortais [Página online]. Retirado de http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/AcidentesdeTrabalhoMortais.aspx.

Azenha, M., Lino, J. C., e Caires, B. (2018a). *Introdução ao BIM* (Curso BIM 8ª Ed). Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Azenha, M., Lino, J. C., e Caires, B. (2018b). *Modelação paramétrica e projeto digital* (Curso BIM 8ª Ed). Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Azenha, M., Lino, J. C., e Caires, B. (2018c). *Interoperabilidade* (Curso BIM 8ª Ed). Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

Azhar, S., Hein, M., e Steko, B. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges* [versão PDF]. Retirado de https://www.academia.edu/1216737/Building_information_modeling_BIM_Benefits_risks_and_challenges.

Behm, M. (2005). Safety Science. *Linking construction fatalities to the design for construction safety concept*, 43(8), pp. 589-611. Retirado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753505000731.

Bennett, N., e Lemoine, G. J. (2014). *What VUCA Really Means for You* [versão PDF]. Retirado de: https://hbr.org/2014/01/what-vuca-really-means-for-you.

Bew, M., e Hansford, P. (2014). *PAS 1192-3: Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling* [versão PDF].

Retirado de https://bauen-digital.ch/assets/Downloads/de/BSI-PAS-1192-3-2014.pdf.

BIM FORUM (2018). *Level Of Development (Lod) Specification Part I e Commentary: For Building Information Models and Data* [versão PDF]. Retirado de https://bimforum.org/wp-content/uploads/2018/07/BIMForum-LOD-2018_Spec-Part-1_and_Guide_PUB-DRAFT.pdf.

Bolpagni, M.. (18 de junho de 2019). The Many Faces of 'Lod' [Página online]. Retirado de https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html.

Bonenberg, W., e Wei, X. (2015, julho). *Green BIM in sustainable infrastructure. Paper* apresentado na *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) and the Affiliated Conferences* da AHFE, Florida.

Brito, J. d. (1998). *A Vida Útil das Estruturas* (Apontamentos do Mestrado em Construção). Instituto Superior Técnico [IST], Lisboa.

Brito, J. d. (2004). *Vida Útil das Construções e sua Previsão* (Apontamentos do Mestrado em Construção). Instituto Superior Técnico [IST], Lisboa.

buildingSMART. (27 de maio de 2019). IFC Introduction [Página online]. Retirado de https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/.

Caldeira, M. (2016). *Sistemas de Informação, Organização e Estratégia.* (Master in Business Administration [MBA] 33.ª Ed.). Instituto Superior de Economia e Gestão [ISEG], Lisboa.

Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (2017a). *Diretiva de Planeamento da Força Aérea 2017-2022.* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (2017b). *Objetivos de Nível Estratégico da Força Aérea 2017-2022.* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (2019). *Despacho n.º 25/2019 - Implementação da Reorganização da Estrutura Interna da Força Aérea (REIFA).* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Chen, S.-Y., Lok, K., e Jeng, T. (2016, abril). *Smart Bim Object for Design Intelligence. Paper* apresentado na *21st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing* da Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), Melbourne.

Conselho de Chefes de Estado-Maior (2014). *Conceito Estratégico Militar.* Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.

Costa, A. A., Matos, B., Drumond, D. e Rodrigues, I. (2017). Guia de Contratação BIM. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Costa, A. A., Azenha, M., Matos, B. d., Ferreira, D., Drumond, D., . . ., Rodrigues, P. (2018). *Plano de Execução BIM (PEB) - Especificação de Estrutura do Documento de Apoio à Gestão de Empreendimentos BIM*. Lisboa: Comissão Técnica 197.

Comissão Técnica (CT) 197. (15 de março de 2019). O Que é o Bim? [Página online]. Retirado de http://www.ct197.pt/index.php/homepage/o-que-e-o-bim.

Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 111-B/2017, de 31 de agosto (retificado pelas declarações de retificação n.º 36-A/2017, de 30 de outubro e n.º 42/2017, de 30 de novembro). *Código dos Contratos Públicos*. Diário da República, 1ª Série, 231, 6481-6486. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros - Secretaria-Geral

Deutsch, R. (2011). *BIM integrated and design: strategies for architectural practice.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Díaz, J., Antón, L. Á., e Tarek Anis, K. (2014, março). *Embedded LCA information in BIM models*. *Paper* apresentado na *ICCMATS: International Conference on Construction Materials and Structures* da ICCMATS, Johannesburg.

Direção de Infraestruturas (2019). *Informação n.º 14681 - Implementação de tecnologias Building Information Modeling (BIM) - Projeto Piloto.* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Direção-Geral do Território. (2 de julho de 2019). Cadastro [Página online]. Retirado de http://www.dgterritorio.pt/cadastro/.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., e Liston, K. (2011). *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (2.ª ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Força Aérea (2012). *MCLAFA 305-5: Organização e Normas de Funcionamento da Direção de Infraestruturas.* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Força Aérea (2017). *Plano Anual de Atividades.* Amadora: Força Aérea Portuguesa.

Fischer, M., Ashcraft, H., Reed, D., e Khanzode, A. (2017). *Integrating project Delivery.* New Jersey: John Wiley & Sons.

Gabinete do Chefe do Estado-Maior-General das Forças Armadas (2018). *Diretiva Estratégica do Estado-Maior-General das Forças Armadas - 2018-2021.* Lisboa: Estado-Maior-General das Forças Armadas.

Gambatese, J., Behm, M., e Rajendran, S. (2008). Safety Science. *Design's role in construction accident causality and prevention: perspectives from an expert panel*, 46 (4), pp. 675-691. Retirado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753507001063.

Garber, R. (2009). *Optimisation Stories - The Impact of Building Information Modelling on Contemporary Design Practice* [versão PDF]. Retirado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ad.842.

Gilligan, B., e Kunz, J. (2007). *VDC Use in 2007 - Significant Value, Dramatic Growth, and Apparent Business Opportunity* [versão PDF]. Retirado de https://stacks.stanford.edu/file/druid:bc641nk6928/TR171.pdf.

Gomes, C. (2015). *Guia de Implementação BIM em Organizações e Projetos* (Tese de Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior de Engenharia do Porto [ISEP], Porto.

Governo de Portugal (2013). *Conceito Estratégico de Defesa Nacional.* Retirado de: https://www.defesa.pt/documents/20130405_cm_cedn.pdf.

Gray, M., Gray, J., Teo, M., Chi, S., e Cheung, Y. K. (2013). *Building Information Modelling: An International survey. Paper* apresentado no *World Building Congress 2013* na Queensland University of Technology, Brisbane.

Hassan, M. A. (2012). *Implementation of Building Information Modelling (BIM): Practices And Barriers In Construction Industry In Gcc* (Tese de Dissertação de Mestrado em Project Management em Construção). Heriot-watt University, Edimburgo.

Hofstede, G., Hofstede, G. J., e Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations - Software of the Mind* (3ª ed.). Nova Iorque: McGraw-Hill Education.

Horngren, C. T., Datar, S. M., e Rajan, M. (2012). *Cost Accounting - A Managerial Emphasis.* New Jersey: Prentice Hall.

Hutsell, S., e Foster, S. (2012). *AB3200 - A Dissection of the U.S. Army Corps of Engineers BIM Requirements* [versão PDF]. Retirado de https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Dissection-USACE-BIM-Contract-Requirements-2012#downloads.

Im, P., e Bhandari, M. (2012). ASHRAE Transactions. *Use of Flexible Research Platforms (FRP) for BIM and Energy Modeling Research*, 118(2), pp. 197-204. Retirado de https://www.techstreet.com/ashrae/standards/sa-12-c025-use-of-flexible-research-platforms-frp-for-bim-and-energy-modeling-research?gateway_code=ashrae&product_id=1843603.

International Labour Organization (ILO). (13 de Março de 2019). World Statistic: The enormous burden of poor working conditions [Página online]. Retirado de: http://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm.

International Organization for Standardization (ISO). (24 de maio de 2019). Standards [Página online]. Retirado de https://www.iso.org/standards.html.

ISO 12006-3 (2007). *Building construction: Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information.* Genebra: International Organization for Standardization.

ISO 15686 (2011). *Buildings and constructed assets-Service life planning.* Genebra: International Organization for Standardization.

ISO 16739-1 (2018). *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries -- Part 1: Data schema.* Genebra: International Organization for Standardization.

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.

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.* Genebra: International Organization for Standardization.

ISO 29481-1 (2016). *Building information models: Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format.* Genebra: International Organization for Standardization.

ISO 29481-2 (2012). *Building information models: Information delivery manual -- Part 2: Interaction framework.* Genebra: International Organization for Standardization.

Johnson, G., Scholes, K., e Whittington, R. (2005). *Exploring Corporate Strategy* (7.ª Ed.). Harlow: Pearson Education Limited.

Khosrowshahi, F., e Arayici, Y. (2012). Engineering Construction & Architectural Management. *Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry,* 19(6), pp. 610-635. Retirado de https://pdfs.semanticscholar.org/bb59/a2cdceefad41fb4742595154a2ac0bf070d0.pdf

Kiviniemi, M., Sulankivi, K., Kähkönen, K., Mäkelä, T., e Merivirta, M.-L. (2011). *BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction* [versão PDF]. Retirado de https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2597.pdf.

Koppula, S. (2012). *BIM Collaboration* [versão PDF]. Retirado de https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/BIM-Collaboration-2012#handout

Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.* Lisboa: McGraw-Hill Construction Series.

Laudon, K. C., e Laudon, a. J. (2016). *Management Information Systems Managing: The Digital Firm* (14ª Edição). Harlow: Pearson Education Limited.

Lea, G., Ganah, A., Goulding, J., e Ainsworth, N. (2015). WIT Transactions on The Built Environment. *Identification and analysis of UK and US BIM standards to aid collaboration*, 149, pp. 505-516. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/300634169_Identification_and_analysis_of_UK_and_US_BIM_standards_to_aid_collaboration.

Li, B., Fu, F. F., Zhong, H., e Luo, H. B. (2012). Structural Survey. *Research on the computational model for carbon emissions in building construction stage based on BIM*, 30(5), pp. 411-425. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/263593910_Research_on_the_computational_model_for_carbon_emissions_in_building_construction_stage_based_on_BIM.

Lino, J. C., Azenha, M., e Lourenço, P. (2012). *Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. Paper* apresentado no *Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012* na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto [FEUP], Porto.

Martins, J. P. (2018). *Modelo de Gestão dos Projetos Realizados na Direção de Infraestruturas* (Trabalho de Investigação Individual no Curso de Promoção a Oficial Superior 2017/2018). Instituto Universitário Militar [IUM]: Lisboa.

McGraw-Hill-Construction (2009). *The Business Value of BIM-Getting Building Information Modeling to the Bottom Line. SmartMarket Report* [versão PDF]. Retirado de https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf.

McKinsey Global Institute (2015). *Digital America: A Tale Of The Haves And Have-Mores* [versão PDF]. Retirado de https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Digital%20America%20A%20tale%20of%20the%20haves%20and%20have%20mores/Digital%20America%20Full%20Report%20December%202015.ashx .

McKinsey Global Institute (2016). *Digital Europe: Pushing The Frontier, Capturing The Benefits* [versão PDF]. Retirado de https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20Europe%20Pushing%20the%20frontier%20capturing%20the%20benefits/Digital-Europe-Full-report-June-2016.ashx.

McKinsey Global Institute (2017). *Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity* [versão PDF]. Retirado de https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-Construction-Executive-summary.ashx.

Ministério da Defesa Nacional (MDN) (2015). *Anuário Estatístico da Defesa Nacional.* Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.

Melzner, J., Zhang, S., Teizer, J., Holldermann, S., e Bargstadt, H. (2012). *Object-oriented safety planning of building construction by using Building Information* [versão PDF]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/296754410_Object-oriented_safety_planning_of_building_construction_by_using_Building_Information_Modeling.

Minister for the Cabinet Office (2011). *Government Construction Strategy 2011-2015.* Londres: United Kingdom Governement.

Minister for the Cabinet Office (2016). *Government Construction Strategy 2016-2020.* Londres: United Kingdom Government.

Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho (2008). *Instruções para a elaboração de projectos de obras.* Diário da República, 1ª Série, 145, 5106(37)-5106(80). Lisboa: Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações.

National Research Council. (2004). *Investments in Federal Facilities: Asset Management Strategies for the 21st Century.* Washington: The National Academies Press.

National Institute of Building Sciences (NIBS) (2007). *National Building Information Modeling Standard, Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies* [versão PDF]. Retirado de https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf.

Project Management Institute (PMI) (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (5ª ed.). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Project Management Institute (PMI) (2015). *PMI Lexicon of Project Management Terms* (3ª ed.). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Prado, D. (2010). *Maturidade em Gerenciamento de Projetos* (3.ª Ed.). Nova Lima: Falconi Editora.

Santos, L. A., e Lima, J. M. (2016). *Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação.* Lisboa: IESM.

Sen, S. (2012). *The Impact of BIM/VDC on ROI: Developing a financial model for saving and ROI. Calculation of construction projects* (Master of Science in Architectural Design and Construction Project Management). KTH Royal Institute of Technology: Estocolmo.

Sharif, T. (13 de Março de 2019). The BIM Process - A Collaborative Environment [Página online]. Retirado de https://thebimhub.com/2016/12/15/bim-process-collaborative-environment/#.XIlbTCj7RPY.

Smith, D. K., e Tardif, M. (2009). *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers.* New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Soethe, P. (26 de Setembro de 2017). *Desmistificando o BIM com foco em Infraestrutura* [Página online]. Retirado de https://blogs.autodesk.com/mundoaec/desmistificando-o-bim-com-foco-em-infraestrutura/

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction,* 18, pp. 357-375. Retirado de https://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction.

Succar, B. (2010a). *Building Information Modelling Maturity Matrix* [versão PDF]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/225088901.

Succar, B. (2010b). *The Five Components of BIM Performance Measurement* [versão PDF]. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/215722822_The_Five_Components_of_BIM_Performance_Measurement.

Thomassen, M. (2011). *BIM and Collaboration in the AEC Industry* (Master of Science in Engineering - Management in the Building Industry). Aalborg University, Aalborg.

Trollsås, B. C., e Harty, J. (2014). *Implementing BIM and IPD: Focused on Refurbishment Projects in the Norwegian Construction Industry* (Dissertation in Bachelor of Architectural Technology and Construction Management). Copenhagen School of Design and Technology: Copenhaga.

UK Government (2013). *Construction 2025 - Industrial Strategy: government and industry in partnership* [versão PDF]. Retirado de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf.

US Army Corps of Engineers (USACE) (2006). Building Information Modeling (BIM) - a Road Map for Implementation to Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers [versão PDF]. Retirado de https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a480246.pdf.

US Army Corps of Engineers (USACE). (10 de Junho de 2019). Building Information Modeling becomes everyday business [Página online]. Retirado de https://www.erdc.usace.army.mil/Media/News-Stories/Article/1172517/building-information-modeling-becomes-everyday-business/.

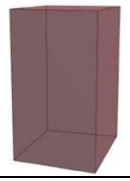
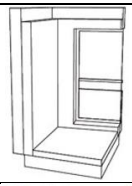
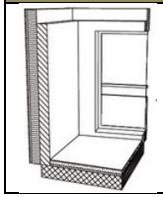
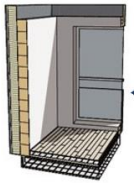
Veloso, J. J. (2012). *Análise Prospetiva à Adequabilidade das Infraestruturas Militares Face aos Novos Meios e Sistemas de Armas dos Ramos.* Lisboa: IUM.

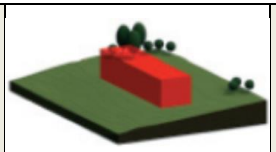
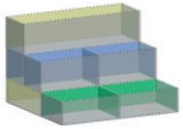
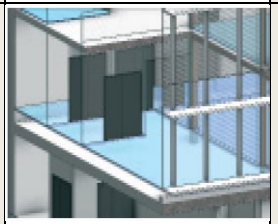
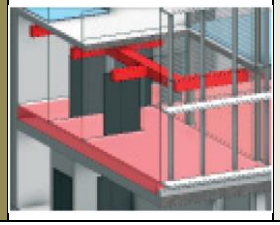
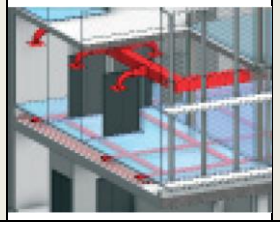
Wilkinson, P. (2005). *Construction Collaboration Technologies: An Extranet Evolution.* Oxon: Taylor & Francis Group.

World Economic Forum (2016). *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology* [versão PDF]. Retirado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report__.pdf.

Zhang, S., Teizer, J., Lee, J.-K., Eastman, C., e Venugopal, M. (2013). Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction,* 29, pp. 183-195. Retirado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512000799.

Apêndice A – *Level of Development* (LOD) (mais relevantes)

American Institute of Architects (AIA) (2013): corresponde à quantidade e tipo de informação que é armazenada no modelo, para as várias fases do processo BIM Fonte: adaptado de AIA (2013) e Soethe (2017)			**LOD100** Equivalente à fase de anteprojeto, cujo modelo consiste em várias massas do edifício, definição de volumes e orientação do edifício, permitindo estimativas iniciais de custos e desempenho energético, etc…		**LOD200** Projeto esquemático no qual o modelo consiste em sistemas gerais com estimativas aproximadas de tamanho, forma, quantidade, localização e orientação. Tem como finalidade a análise de critérios de desempenho.
	**LOD300** Detalhe dos modelos adequado para a elaboração de peças desenhadas. O modelo inclui definições de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação de objetos. Pode ser usado para simulações detalhadas de elementos e sistemas.		**LOD400** Modelo adequado a fabricantes e empreiteiros, contendo informação precisa sobre tamanhos, formas, localizações, quantidades, orientações e processo construtivo (fabrico/montagem/instalação).		**LOD500** Nível desenvolvimento do modelo representa o projeto como é/será construído (*as-built*). Trata-se de um LOD adequado para aspetos operacionais e de manutenção

Governo do RU: nível mínimo de detalhe necessário para a finalidade estabelecida para cada modelo (Bew e Hansford, 2014, p. 33), o LOD é a junção do nível de detalhe paramétrico (Lod) com a quantidade de informação contido nos objetos (Loi) Fonte: adaptado de Bew e Hansford (2013) e Soethe (2017)		**LOD1 - 2D Planimetria** Execução de projetos no plano (Oxy)		**LOD2 - Conceito** Definição inicial da intenção de design e requisitos de desempenho. O modelo pode ser usado para o desenvolvimento, análise e coordenação iniciais do projeto. O conteúdo do modelo não é fixo, estando sujeito a alterações decorrentes do desenvolvimento do design. O modelo pode ser usado para fins de coordenação, faseamento de etapas e estimativas iniciais.
	**LOD3 - Definição** Um modelo proporcionalmente mais detalhado e coordenado, que vai ao encontro do briefing, intenção de design e algumas informações de desempenho que podem ser usadas para análise, desenvolvimento de design e elaboração de contrato inicial com empreiteiro. O modelo pode ser utilizado para fins de coordenação, faseamento de etapas e estimativa, incluindo uma estimativa alvo para a empreitada.		**LOD4 - Design** Um modelo proporcionalmente mais correto e coordenado que pode ser usado para verificar a conformidade com os requisitos regulamentares. O modelo pode ser usado como ponto de partida para a incorporação de modelos de design de contratados especializados e pode incluir informações que podem ser usadas para fins de fabricação, coordenação, faseamento de etapas e estimativa, incluindo a concordância da estimativa alvo com a estimativa obtida.
	**LOD5 - Construção** Um modelo preciso da infraestrutura antes e durante a construção, incorporando modelos de design para subcontratação especializada e atributos de modelo associados. O modelo pode ser usado para faseamento das etapas de instalação e incorporação no modelo do executado em obra		**LOD6 - Finalização e Entrega** Registo preciso da infraestrutura para entrega ao Dono de Obra, incluindo todas as informações necessárias para operação e manutenção. **LOD7 - Operação e Manutenção** Registo atualizado da infraestrutura num ponto fixo no tempo, incorporando as alterações importantes efetuadas desde a entrega, incluindo dados e condições de desempenho, assim como todas as informações necessárias para operação e manutenção.

US Army Corps of Engineers (USACE)

baseado na escala LOD da AIA adicionando o indicador "*grade*", que reporta o formato da representação/entrega da informação

Fonte: Hutsell e Foster (2012)

LEVEL OF DEVELOPMENT DEFINITIONS (ACCURACY)

The following LOD descriptions identify the specific element requirements for each Model Element.

LOD	Definition
•	Refer to the specific child element for appropriate LOD. (Used for categories that have multiple sub-elements for which varying LOD apply.)
100	Model Elements indicative of area, height, volume, location, and orientation may be modeled in three dimensions or represented by other data. (ie., a pump would be a cube)
200	Model Elements are modeled as generalized systems or assemblies with approximate quantities, size, shape, location, and orientation. Non-geometric information may also be attached to Model Elements. (ie., a pump would be a generic pump of approximate size.)
300	Model Elements are modeled as specific assemblies accurate in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-geometric information may also be attached to Model Elements. Accurate to the degree dimensioned or indicated on contract documents. (ie., a pump would be a generic pump of accurate size complete with connections and clearances for a complete system.)

ELEMENT GRADE DEFINITIONS (FORMAT)

Within each Level of Development, there is the potential to represent information in various formats. In practice, it has been proven that there are certain elements for which there is a greater benefit in providing 3-dimensional representation, while in others drafting or representation in the form of narratives is sufficient for a particular deliverable.

Grade	Description
A	3D + Facility Data
B	2D + Facility Data
C	2D Only (Drafting, linework, text, and or part of an assembly)
+	Original Grade (A, B, or C) adjusted for contract changes and field conditions.
-	Not included in or tied to the model (however is still required in the deliverable)
•	Refer to the specific child element for appropriate Grade. (Used for categories that have multiple sub-elements for which varying Grades apply.)

Comparação entre os sistemas LOD apresentados

Fonte: Bolpagni (2016)

Source	Title	Authorship	LoX System	Levels									
US Army Corps of Engineers 2012	USACE BIM Minimum Modeling Matrix (M3)	-	› Level of Development (LOD) › (Element Grade/Grade (A, B, C, +))	-	-	-	100	200	300	-	-	-	-
AIA E203™ 2013	Model Element Table	Model Element Author (MEA)	Level of Development (LOD)	-	-	-	100	200	300	-	400	500	-
AEC (UK) 2015	-	-	› (Level of Definition) › (Level of Information (LOI) › Grade/Level of Detail (LOD)	-	-	1	2	3	4	-	5	6	-

Em Portugal, ainda não existe legislação que defina o LOD a adotar, pelo que se define em função do nível de entrega de informação desejado e perspetiva de tipologia de utilização do modelo, ao longo do CVI (Sampaio, *op. cit.*), contudo perspetiva-se a utilização do *Level of Information Need* (LOIN[8]) (UE) (*Costa, op. cit.*), estando a mesma ainda em desenvolvimento.

Em função do LOD adotado, o BIM FORUM (2018) estabelece um guia que define a informação e detalhe paramétrico a efetuar para cada elemento construtivo.

[8] O LOIN corresponde ao nível de detalhe gráfico (LOG) e à quantidade de informação (LOI).

Apêndice B – Interoperabilidade e normalização

As normas ISO 19650-1:2018 e ISO 19650-2:2018 estabelecem "boas práticas" para o desenvolvimento, organização e gestão da produção de informação em ambiente BIM, para que seja possível um processo integrado e colaborativo.

Os conceitos mais relevantes da interoperabilidade e normalização em BIM, segundo o buildingSMART (2019), são:

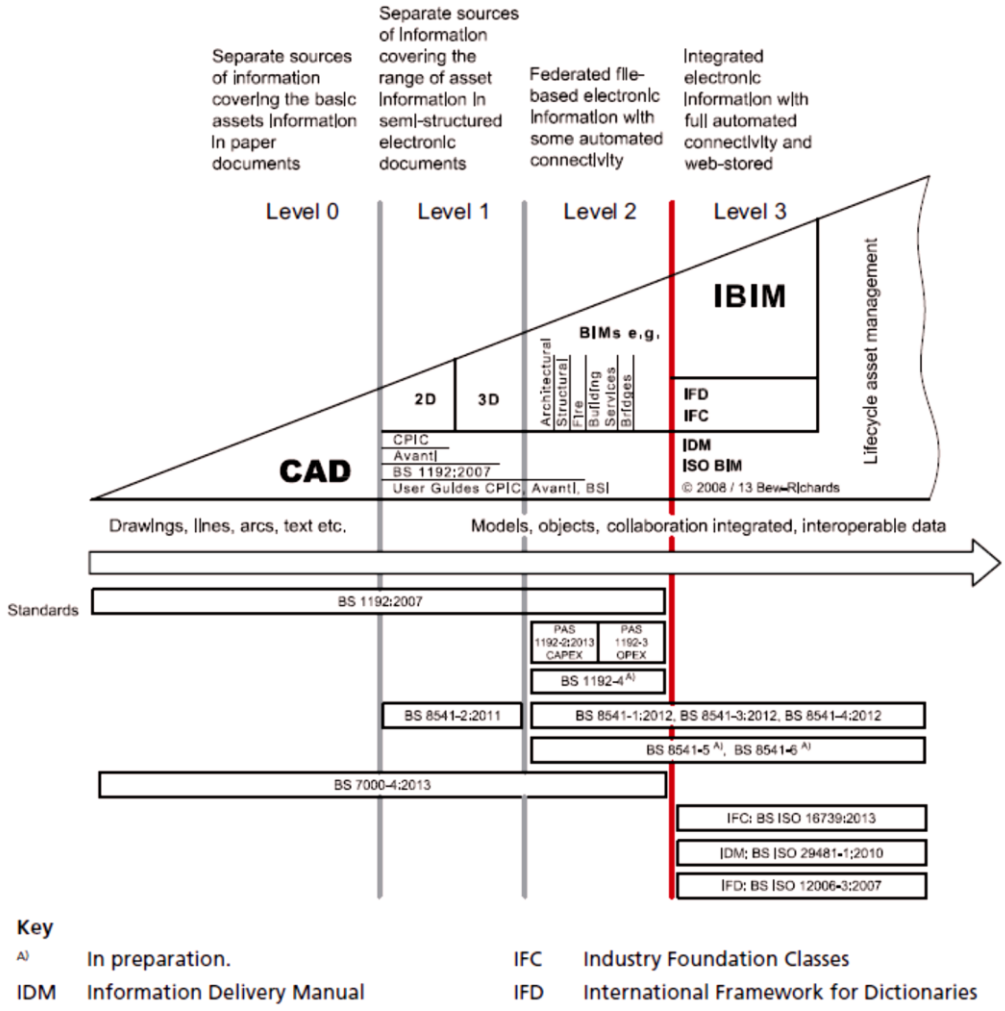
- Dados - *Industry Foundation Classes* (IFC) - formato de dados aberto, colaborativo e intermutável que permite a portabilidade da informação entre os membros da equipa de projeto e através de diferentes *softwares*, nas diversas fases do CVI. A norma ISO 16739-1:2018 estabelece procedimentos padrão para IFC.
- Processos - *International Framework for Dictionaries* (IFD) - terminologia a utilizar na definição dos objetos, assim como os seus componentes, evitando ambiguidades e incompatibilidades na sua designação (separa a designação do conceito linguístico) e compatibiliza a tradução entre idiomas. A ISO 12006-3:2007 estabelece sistemas de classificação, modelos de informação, objetos e processos.
- Terminologias - *Information Delivery Manual* (IDM) - define a forma como os vários intervenientes trocam informação (formato IFC). As ISO 29481-1:2016 e ISO 29481-2:2012 especificam e definem o mapeamento de fluxos e tipo de informação requerida.
- Formato de mensagens - *BIM Collaboration Format* (BCF) - forma de encriptação de mensagens, que permitem a comunicação em diferentes tipos de *software*.
- Requisitos de *software* - *Model View Definition* (MVD) - representa os requisitos de *software* para implementação de interfaces IFC que satisfaçam os "requisitos de troca de informação". O MVD minimiza as trocas de informação ao necessário.

Consideram-se, ainda, os seguintes conceitos enunciados por Costa et al. (2018, p. 8):

- Plataforma de dados partilhados - *Common Data Environment* (CDE) - fonte única de informação para qualquer infraestrutura, para recolher, gerir e divulgar cada elemento do modelo de informação através de um processo estruturado (ISO 19650-1:2017).
- *Exchange Information Requirements* (EIR) - especificação de dados e de informação elaborada pela parte que contrata, que o contratado deverá respeitar durante o contrato (ISO 19650-1:2017).

Apêndice C – Nível de maturidade em BIM

Os níveis de maturidade em BIM, segundo Bew e Hansford (2014, p. 8), encontram-se definidos na Figura 14.



Legenda:

- Nível 0: conceção de projetos em CAD, cujos processos não têm normalização/padronização e a informação, quando partilhada, não segue um protocolo.
- Nível 1: caracteriza-se pela metodologia tradicional, que opera em CAD (2D e 3D), no qual existe um ambiente colaborativo de troca de informação, segundo a ISO 19650-1:2018 e ISO 19650-2:2018, suportada em plataforma digital comum (*Common Data Environment*), no entanto sem gestão de informação.
- Nível 2: utilização de BIM em ambiente colaborativo, estruturado nas diferentes especialidades de projeto, com ferramentas que permitem interligar os dados de cada modelo BIM. Pode incluir aplicações/*plug-ins* BIM. Este nível de maturidade permite a reutilização da informação, verificação/consulta e interoperabilidade.
- Nível 3: Neste patamar a organização executa as tarefas num modelo único e totalmente integrado. Este sistema é gerido através dum servidor colaborativo e BEP. Classificado como iBIM ou BIM integrado, potencialmente disponível em todos os formatos, preferencialmente orientado para formatos abertos, apresentando significativo valor nas fases de G&M.

Figura 14 – Nível de maturidade BIM
Fonte: adaptado de Bew e Hansford (2014)

O nível de maturidade organizacional pode ser avaliado através dos indicadores de performance de Succar, (2010a), *BIM Maturity Measurement Tool* (*Department of Architectural Engineering, Pennsylvania State University*) e/ou *BIM Maturity Assessment* (*Institute for Manufacturing, University of Cambridge*).

Apêndice D – Funcionalidades BIM (detalhadas)

Segundo Wilkinson (2005), NIBS (2007), Kymmell (2008), Eastman et al. (2011), Azhar, Hein, e Steko (2011) e Azenha, Lino, e Caires (2018a), destacam-se as seguintes funcionalidades BIM:

Peças Desenhadas (PD)[9]	um dos *deliverables* mais relevantes e que mais recursos consome na produção de informação no setor AEC, conjuntamente com a agregação/produção de documentação técnica e procedimental. Em BIM as PD são feitas de forma automática, estando permanentemente atualizadas face ao modelo; mesmo quando há necessidade de efetuar alterações, o *software* atualiza-as, evitando-se erros e omissões decorrentes do processo (Sampaio, *op. cit.*).
Visualização 3D	resulta da extrusão paramétrica das características dos objetos (informação), conferindo melhor interpretação e sensibilidade para a avaliação da infraestrutura, mitigando erros e desvios de interpretação, pela fiabilidade das informações apresentadas.
Planeamento e controlo (4D)	elaboração automática do planeamento de atividades, permitindo a análise das fases de execução, permitindo otimização, identificação do caminho crítico, projeção de cenários (maior capacidade crítica), informação para apoio à elaboração do plano de risco; na fase de execução permite o acompanhamento, em tempo real, do progresso das atividades, realizar/registar alterações, atualização do caminho crítico e coordenação das equipas de trabalho.
Mapa de trabalhos (MT) e Orçamentação (5D)	um *deliverable* importante e que consome muitos recursos por ser uma atividade minuciosa; em BIM é realizada de forma automática sobre o modelo, possibilitando extrair e analisar o MT e a estimativa de custos, simular soluções, reduzindo-se assim a probabilidade de erros e omissões.
G&M (6D)	o modelo BIM contém a informação das características físicas e técnicas dos elementos construtivos, nas quais são evidenciadas as necessidades de manutenção e fim de vida útil, informação que suporta o processo de análise e decisão em ações de G&M, assim como de demolição ou conceção (Sampaio, *op. cit.*), tendo em vista a manutenção das adequadas condições de funcionalidade e habitabilidade, assim como permitir o prolongamento da sua vida útil (Figura 15).
Deteção de incompatibilidades	verificação automática de conflitos entre os diversos elementos construtivos, integrando as diversas especialidades num modelo único.
Alteração de objetos paramétricos	automação da atualização das características dos objetos, nas quais o *software* indica as alterações e possíveis conflitos gerados.
Sustentabilidade	*plug-in* que permitem integrar a análise da eficiência energética, calcular as emissões de carbono (Li, Fu, Zhong, e Luo, 2012), efetuar a previsão energética de soluções construtivas (Im e Bhandari, 2012), otimizar a utilização de recursos energéticos e hídricos, ventilação natural, luz natural, entre outros (Bonenberg e Wei, 2015).
Segurança e Saúde no Trabalho[10]	através de *plug-in*, é possível integrar estas medidas no modelo BIM (Kiviniemi et al., 2011; Zhang et al., 2013).
Levantamentos digitais	com recurso a *laser scanning*, com erro a rondar 1 mm (Lino, *op. cit.*).

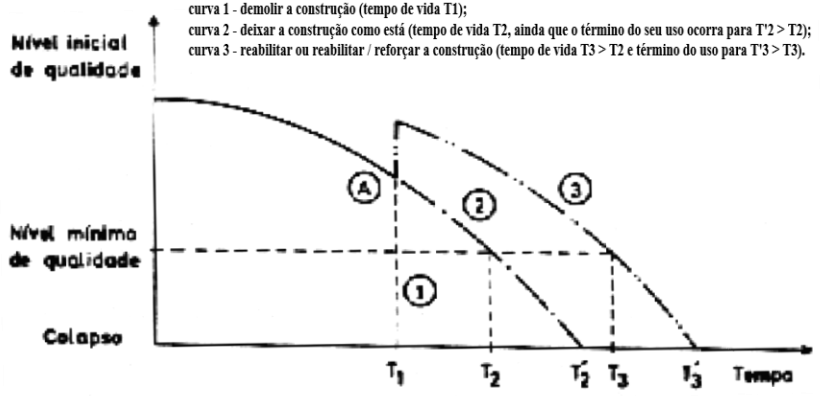


Figura 15 – Ciclo de vida de uma infraestrutura.
Fonte: Brito (2004)

[9] Um dos princípios BIM é a modelação e operação em 3D, em substituição de PD, contudo, num processo de transição, importa assegurar que as ferramentas BIM permitam a obtenção de PD (Azenha, Lino, & Caires, 2018b).

[10] O setor da construção é um dos que apresenta maior incidência de acidentes de trabalho (Melzner et al., 2012; International Labour Organization, 2019), nos quais 42% dos acidentes fatais estavam relacionados com problemas na fase de conceção (Behm, 2005, p. 590; Gambatese, Behm, & Rajendran, 2008, p. 675). Em Portugal, em 2018, dos acidentes laborais mortais, o setor da construção contabilizou 31% (Autoridade para as Condições no Trabalho, 2019).

Apêndice E – Considerações gerais sobre o setor AEC (atualidade)

A conceção, construção, gestão e manutenção (G&M) de infraestruturas tem-se vindo a tornar cada vez mais complexa, decorrente da sucessiva integração de diversas especialidades e regulamentos (Eastman et al., 2011, p. 305; Fischer et al., 2017, p. 16).

O setor apresenta um cariz tradicional, cuja coordenação das especialidades e a tomada de decisão é efetuada pela análise 2D, mantendo-se o processo sequencial, complexo e moroso (Kymmell, 2008, p. 38; Garber, 2009, p. 8) (Figura 16).

Este método de operação exige muitos recursos para gerar informação passível de análise e revisão (Eastman et al., 2011, p. 18).

O método tradicional apresenta ineficiência de recursos e diversos erros e omissões que causam custos inesperados, alterações em obra, atrasos na conclusão, ações judiciais e práticas desajustadas que contribuem para limitações à produtividade e eficiência (Eastman et al., 2011, pp. 10-18).

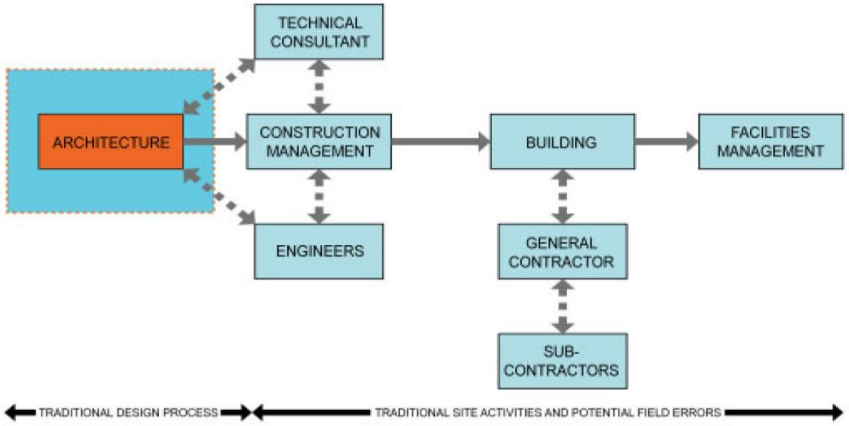


Figura 16 – Processo tradicional (linear).
Fonte: Garber (2009, p. 8)

A produtividade no setor AEC, em 20 anos, subiu, apenas, 1%, apresentando um desvio significativo face às demais indústrias, apesar de representar 13% do produto interno bruto (PIB) mundial e transacionar, anualmente, 1,6 triliões de dólares, observando-se, em Portugal, uma produtividade baixa, com reduzida perspetiva de crescimento (Eastman et al., 2011, pp. 26-31; Gilligan e Kunz, 2007, pp. 17-19; McKinsey, 2017, pp. 7-9) (Figura 17 e Figura 18).

Este setor, segundo estudos da consultora McKinsey (2015, pp. 2-49; 2016, pp. 7-22; 2017, pp. 2-12), é usualmente tradicional e avesso à mudança, cujos índices de digitalização são dos mais baixos dos setores analisados.

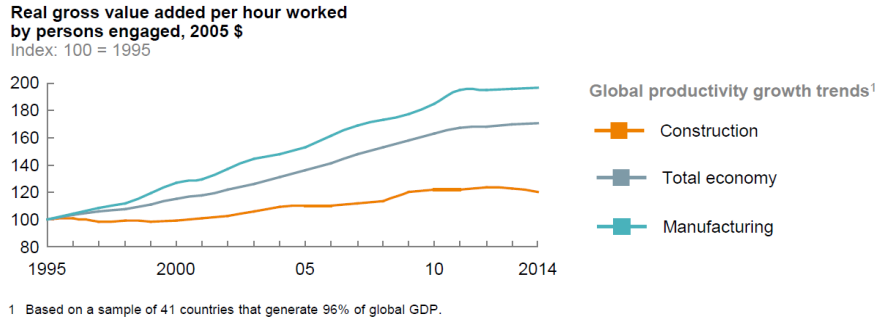


Figura 17 – Índice de produtividade global (1995 a 2014)
Fonte: McKinsey (2017, p. 2)

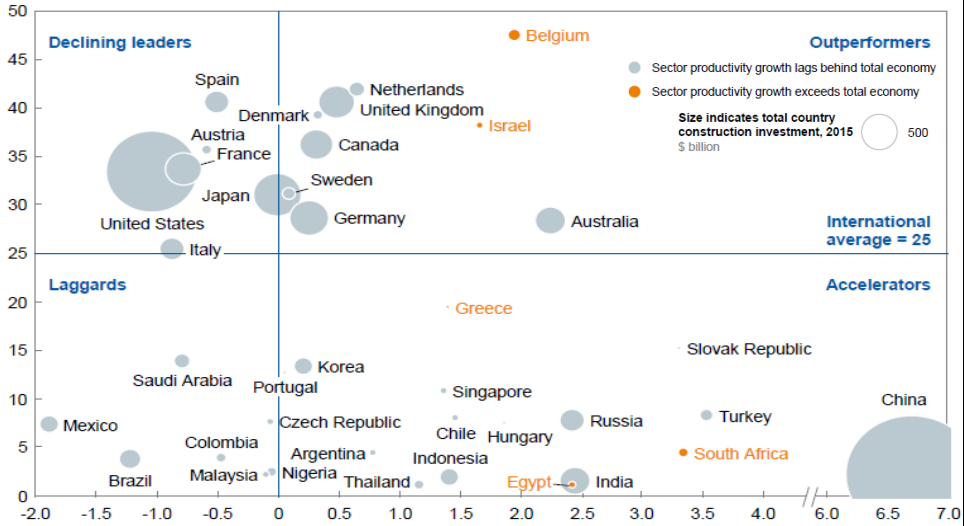


Figura 18 – Índice de produtividade e taxa de crescimento anual (por nação de 1995 a 2015)
Fonte: McKinsey (2017, p. 3)

Apêndice F – Modelo de análise

Tema	Estudo da Metodologia BIM como Ferramenta de Apoio à GP na DI da FA.				
Objetivo Geral	Avaliar a contribuição da metodologia BIM para a GP da DI.				
Objetivos específicos	**Questão Central**	De que modo é que a metodologia BIM contribui para a GP da DI?			
	Questões Derivadas	**Conceitos**	**Dimensões**	**Indicadores**	**Modo de Obtenção**
OE1 Analisar a aplicabilidade da metodologia BIM à GP.	**QD1** Como é que a metodologia BIM é aplicável à GP?	Aplicabilidade	Tecnologia e Metodologia	Características	Análise documental Entrevistas Semiestruturadas
				Desempenho	
				Apoio à tomada de decisão	
				Recursos	
				BIM *manager*	
				Normalização e interoperabilidade	
				Operação	
				Desafios	
				Condição de evolução/sobrevivência	
				Tipologia de infraestruturas	
				Cadastro	
				Contratação pública	
OE2 Avaliar a possibilidade de implementação da metodologia BIM na GP da DI.	**QD2** De que modo pode a metodologia BIM ser implementada ao nível da GP da DI?	Adequabilidade	Ambiente interno	Maturidade em GP	
				Processos	
				Recursos	
		Praticabilidade	Implementação	Benefícios e Desafios	
				Maturidade em BIM	

Apêndice G – Conceitos

Face a este contexto, o desenvolvimento desta pesquisa terá como base um conjunto de conceitos, que têm o objetivo de elucidar e orientar a presente investigação:

Ambiente – gestão de um ou mais fluxos de dados que integra aplicações (plataformas e *plug ins*) (Azenha, Lino, e Caires, 2018c).

Ambiente Interno – concretizado pela cultura organizacional, enquanto programa coletivo de pensamento que distingue os membros de uma organização de outra (Hofstede, Hofstede, e Minkov, 2010, p. 520).

Atividade – Evento, tarefa ou unidade de trabalho acometida de um determinado propósito que traduzem aquilo que uma organização faz (Horngren, Datar, e Rajan, 2012).

Cadastro – O cadastro é o conjunto dos dados que caraterizam e identificam os prédios existentes em território nacional (Direção-Geral do Território, 2019).

Ciclo de vida da infraestrutura (CVI) – período que engloba a conceção, construção e G&M da infraestrutura.

Conceção – período desde a definição dos requisitos de projeto para a infraestrutura e termina com a produção do caderno de encargos, tendo em vista o procedimento de contratação pública e, subsequentemente, o início da sua construção/beneficiação.

Contratação pública – "formação dos contratos públicos que, independentemente da sua designação e natureza, sejam celebrados pelas entidades adjudicantes referidas no presente Código e não sejam excluídos do seu âmbito de aplicação" (artigo 1º, Código dos Contratos Públicos, 2017).

Construção – materialização de um projeto relativo a uma infraestrutura, previamente elaborado, seja de uma edificação ou de uma obra de arte, seguindo um sistema construtivo, elaborado segundo as normas técnicas vigentes.

Dados – Conjuntos de elementos que representam eventos que ocorrem em Organizações ou no ambiente físico, antes de serem organizados e tratados de uma forma que as pessoas possam compreender e utilizar (Laudon e Laudon, 2016, p. 639).

Ferramenta – elemento que permite estabelecer a interligação entre um conjunto de ações, segundo determinados processos, alocando recursos, por forma a obter determinada mais-valia.

Gestão e Manutenção (G&M) – processo sistemático de manter, melhorar e operar infraestruturas eficientemente, combinando princípios de engenharia com boas práticas económicas e de gestão, facilitando uma abordagem mais organizada e lógica ao processo de decisão (Federal Highway Administration [FHWA], 1999, cit. por National Research Council, 2004, p. 32).

Informação – "dados que foram transformados numa forma que tem significado e utilidade" (Laudon e Laudon, 2016, p. 642).

Infraestrutura – todos os Edifícios e Instalações permanentes necessários ao apoio de forças militares como, por exemplo, Quartéis e Bases Aéreas (Veloso, 2012).

Interoperabilidade – capacidade das plataformas BIM, de vários fornecedores, efetuarem troca de dados, essencial à colaboração em ambiente BIM (Eastman et al., 2011, p. 588).

Gestão de projetos – tem como função garantir o balanço entre os constrangimentos: âmbito, qualidade, prazo, custo, recursos e risco (PMI, 2015, p. 9).

Project Manager (PM) – pessoa nomeada pela organização para liderar a equipa que é responsável por alcançar os objetivos do projeto (PMI, 2015, p. 9).

Maturidade em GP – "capacidade de uma organização para fornecer os resultados estratégicos desejados de forma previsível, controlável e confiável" (PMI, 2015, p. 6).

Normalização – especificações, diretrizes ou características que podem ser usadas de forma consistente para garantir que os materiais, produtos, processos e serviços estejam aptos para o propósito a que se destinam (adaptado de ISO, 2019).

Objeto Paramétrico – conceito central do modelo paramétrico, cujos elementos contêm informação geométrica, caraterísticas físicas e técnicas, custo, relações espaciais com objetos adjacentes, regras de comportamento, classe/família e interoperabilidade entre aplicações e modelos (Azenha, Lino, e Caires, 2018b; Eastman, et al., 2011, pp. 17-18).

Plataforma – aplicação que gera informação para usos múltiplos, permitindo a criação e edição da informação necessária ao modelo BIM e incorporam diversas funcionalidades (Azenha, Lino, e Caires, 2018c).

Plug in – aplicação para o modelo BIM com finalidade bem definida, que produz um resultado específico, normalmente é uma aplicação independente, e não possibilita edição/alteração do modelo (Azenha, Lino, e Caires, 2018c).

Processo – conjunto de ações, tendo em vista a prossecução do objetivo definido, ao qual estão alocados recursos para o desempenho de determinadas atividades.

Stakeholder – atores/utilizadores que, nas diferentes fases do CVI, inserem, extraem, atualizam e modificam informações no modelo BIM.

Vida útil – período de serviço de um edifício que corresponde ao tempo durante o qual as suas propriedades respondem ou excedem os níveis mínimos aceitáveis para o seu funcionamento (adpatado de ISO 15686, 2011; Brito J. d., 1998).

Apêndice H – Entrevistas

Tabela 1 – Guião da entrevista a especialistas em BIM[11]

Indicadores	Perguntas
Características	1. Baseado na sua experiência, como define o BIM?
Desempenho	2. Qual o impacto do BIM no desempenho de uma organização? De que forma apoia a gestão de projeto? 3. Considera que o BIM permite uma melhoria nas práticas do setor AEC comparativamente com o método tradicional? Em que medida? 4. Considera que os "custos" da implementação e operação de BIM são superados pelos "ganhos"? Porquê?
Apoio à tomada de decisão	5. Em que medida poderá a metodologia BIM e a informação produzida contribuir para o apoio à decisão na gestão de projeto?
Recursos	6. De que forma o BIM afeta os fatores tempo, processos e recursos (recursos humanos, financeiros e materiais) de uma organização?
BIM *manager*	7. O BIM *manager* pode desempenhar as funções de *Project Manager*? Ou deverão ser figuras distintas?
Normalização e interoperabilidade	8. Qual a importância de políticas / protocolos / procedimentos BIM estandardizados? Porquê? 9. Quais os fatores a ter em conta na centralização e operação da informação para manter a sua fiabilidade nas sucessivas fases da metodologia BIM? Que fatores importa ter em conta na conceção de uma biblioteca digital de objetos paramétricos "inteligentes"? De que forma afetam a gestão de projeto?
Operação	10. Qual o envolvimento/contributo da metodologia BIM nas fases do ciclo de vida das infraestruturas (projeto, construção e manutenção)? 11. O que deve ser feito para dotar os RH de adequadas ferramentas para operar BIM?
Desafios	12. Na sua opinião, quais os principais desafios e fatores a ter em conta na implementação do BIM numa organização? 13. Qual o período para a implementação do BIM (C/M/L prazo) numa organização que não tem esta metodologia? Quais as metas a estabelecer para o atingir? 14. Quais as limitações que as organizações que conhece têm sentido na implementação da metodologia BIM? Como as ultrapassaram?
Condição de evolução/sobrevivência	15. Considera que as organizações que não implementem BIM ficarão estagnadas e atrasadas, lutando pela sobrevivência num futuro que se prevê digital?
Dimensão das infraestruturas	16. Para que tipologia e dimensão de projetos recomenda BIM?
Cadastro	17. Considera que a elaboração de projetos em BIM traz vantagens para o cadastro das infraestruturas de uma organização?
Contratação pública	18. Considera que a contratação pública passará a exigir a elaboração de projetos em BIM? Quando?

Tabela 2 – Lista de especialistas em BIM entrevistados

Nome	Função e experiência relevante
Prof. Dr. António Aguiar Costa	Eng. Civil, Prof. Auxiliar no Instituto Superior Técnico (IST), Presidente da Comissão Técnica n.º 197 (entidade com responsabilidade técnica da implementação de BIM em Portugal), formador e perito em BIM.
Prof. José Carlos Lino	Eng. Civil, Prof. na Universidade do Minho (UMinho), formador e perito em BIM.
Prof. Dr. Ricardo Jardim Gonçalves	Eng. Eletrotécnico, Prof. Catedrático na Universidade Nova de Lisboa, perito em interoperabilidade e BIM, tem liderado projetos da União Europeia.
Dr. Nuno Cachadinha	Eng. Civil, Ex-Prof. na Universidade Nova de Lisboa, perito em BIM.
Prof. Dr. António Carlos Bárbara Grilo	Eng. Civil, Prof. Associado com Agregação na Universidade Nova de Lisboa, perito em BIM
Prof.ª Dr.ª Alcínia Zita Sampaio	Eng.ª Civil, Prof.ª Auxiliar no IST, perita em Desenho Técnico e BIM.

[11] Adaptado de Khosrowshahi & Arayici, 2012; Hassan, 2012; Gray, Gray, Teo, Chi, & Cheung, 2013.

Tabela 3 – Guião da entrevista a militares da FA

Indicadores	Perguntas	Entrevistados						
		A	B	C	D	E	F	G
Maturidade em GP	1. Baseado na sua experiência, como define a gestão de projeto na DI? E o seu nível de maturidade? Quais os principais desafios?	x	x			x		x
Processos	2. Como é estabelecido, em cada projeto, "quem", "o quê", "quando", "como"? É privilegiado o método formal ou informal? As tarefas são definidas de uma forma inopinada ou planeada? Com que fundamento?	x	x			x		x
	3. Existe a figura do *Project Manager* na DI? Se sim, esta é exclusiva ou tem outras funções? Possui formação específica? É alocado um por projeto ou é o mesmo para todos? Se não, considera importante existir? Porquê?	x	x			x		x
	4. São utilizados sistemas digitais de apoio à tomada de decisão na gestão de projetos da DI? Se sim, quais? Com que finalidade? Se não, que métodos são utilizados? Considera importante existir? Quais as funcionalidades/características que deveria ter?	x	x			x		x
	5. De que forma poderá a metodologia BIM afetar os processos da gestão de projeto da DI?							x
Benefícios e desafios	6. Existem padrões/normas internas de operação/manuseamento de informação digital ou esta varia em função do operador ou projeto? Considera relevante a sua padronização e interoperabilidade entre os diferentes operadores? Porquê?		x	x	x	x	x	x
	7. Qual a importância de uma biblioteca digital de objetos/soluções construtivas padronizadas alojada na rede tem na gestão de projeto? Porquê?		x	x	x	x	x	x
	8. Quais as vantagens/benefícios que o BIM poderá acarretar para a DI?							x
	9. Considera relevante uma plataforma digital que facilite a deteção de incongruências de projeto e permitisse visualizar o modelo virtual (3D), efetuar de forma expedita mapa de trabalhos, planeamento de atividades, peças desenhadas, orçamentação, análise custo-benefício de soluções construtivas (incluindo de sustentabilidade energética e ambiental)? Estaria disposto a utilizá-la? De que forma é que afetaria a sua tarefa e os recursos que tem disponíveis? Como apoia a gestão de projetos na DI?	x	x			x		x
	10. Quais as vantagens de agregar toda a informação sobre uma infraestrutura num modelo único no apoio à tomada de decisão de Gestão e Manutenção, tendo por base a manutenção preditiva e gestão de patologias? Porquê?		x	x	x	x	x	x
	11. Considera que a chefia funcionaria como um elemento propulsor ou resistente à mudança da DI, dando (ou não) apoio à implementação de um novo método de trabalho suportado numa nova plataforma digital?			x	x	x	x	x
	12. O módulo de inventário do MIE, tal como está concebido atualmente, tem capacidade para acomodar os dados de inventario necessários para BIM? De que forma?			x				
Recursos (Humanos, Financeiros e Materiais)	13. Em relação à possibilidade de implementação de um novo método de trabalho suportado numa nova plataforma digital no apoio à gestão de projeto da DI, qual a sua perceção acerca do interesse/recetividade/adesão/motivação dos RH? Considera relevante a nomeação de um *champion* para apoio à implementação? Porquê?	x	x	x	x	x	x	x
	14. Considera que a quantidade existente de RH na DI seria suficiente para, mantendo as atuais missões, conseguir assegurar a implementação de uma nova metodologia de trabalho com apoio em novas plataformas digitais? Porquê?	x	x	x	x	x	x	x
	15. Será necessário criar cargos/funções para integrar a metodologia BIM na FA? Quais?	x	x	x	x	x	x	x
	16. Os RH da DI, face ao panorama atual, estão informados e possuem as qualificações necessárias para utilizar BIM? Porquê?		x	x	x	x	x	x
	17. Considera que a FA tem *software* e *hardware* adequados à implementação de BIM? Porquê? Se não, que investimento deverá ser feito?		x	x	x	x	x	x
	18. Que limitações existem, presentemente, ao nível de recursos na gestão de projeto na DI (RH, financeiros, tecnológicos, etc.)?	x	x			x		x
Maturidade em BIM	19. Conhece a abordagem BIM e as suas potencialidades? Em que medida seria provável/pertinente implementá-lo no apoio à gestão de projeto da DI? Porquê?	x	x	x	x	x	x	x
	20. Como posicionaria a DI em termos do nível de maturidade BIM?	x	x	x	x	x	x	x
	21. Qual o nível de BIM que seria expectável/desejável atingir na DI (nível 1, nível 2 e nível 3)? Porquê? Qual o período da implementação que considera razoável para o atingir (curto / médio / longo prazo)?							x

Tabela 4 – Lista de militares da FA entrevistados

Entrevistado	Nome	Função e experiência relevante
A	MGEN/ENGAED Joaquim José Carvalheira Baptista Veloso	Diretor do DEPG do Instituto Universitário Militar/Ex-Diretor da DI
B	BGEN/ENGEL Armando Carlos Marcos Correia de Barros	Diretor da DI - Entrevista partilhada com COR/ENGAED António Maria Afonso Marcos (Subdiretor DI)
C	TCOR/TMI Emídio Laranjeira Mendes	Chefe da Repartição de Património da DI
D	TCOR/ENGAED Rui Alexandre Soares Mendes	Chefe da Repartição de Obras da DI
E	MAJ/TMI Mário João Marques	Chefe da Repartição de Projetos da DI
F	MAJ/ENGAED João Cardoso	Chefe do Gabinete de Programação e Controlo da DI
G	CAP/ENGAED Carlos Ruivo	Eng. Projetista na Repartição de Projeto da DI, possui formação avançada em BIM.

Apêndice I – Considerações gerais sobre GP

Segundo o *Project Management Institute* (PMI) (2013, p. 47) "um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo", conceito desenvolvido pelo Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (Portaria n.º 701-H/2008) como "o conjunto de documentos escritos e desenhados que definem e caracterizam a conceção funcional, estética e construtiva de uma obra, compreendendo, designadamente, o projeto de arquitetura e projetos de engenharia".

Segundo o PMI (2013, p. 49), a GP possui, genericamente, os seguintes processos (Figura 19):

PROCESSOS DE GP SEGUNDO PMI	
Iniciação do projeto	• lançamento de um processo que pode resultar na autorização e na definição do objetivo do novo projeto: o Seleção do melhor projeto, em função do objetivo definido, dadas as limitações; o Identificar os benefícios do projeto; o Elaboração dos documentos para aprovação do projeto; o Definição do PM.
Planeamento	• processo de criação de um plano de gestão do projeto: o Definição dos requisitos; o Definição dos recursos necessários; o Planeamento de atividades; o Avaliação do risco.
Execução	• orientar, gerenciar, realizar e executar o trabalho do projeto, fornecer as entregas e fornecer informações sobre o desempenho do trabalho: o Direção e gestão das tarefas; o Trabalho com os membros da equipa, ajudando-os a melhorar.
Monitorização e controlo	• análise dos processos necessários para iniciar, planear, executar e encerrar um projeto para atender aos objetivos de desempenho definidos no plano de GP e na declaração do objetivo do projeto: o Acompanhamento do progresso; o Comparação do resultado real com o previsto; o Análise de desvios e seus impactos; o Efetuar ajustes.
Encerrar o projeto	• processo de finalização de todas as atividades entre todos os grupos de processos do projeto para encerrar formalmente o projeto ou a fase: o Verificar se todas as tarefas foram realizadas; o Encerramento do contrato, finanças e administração.

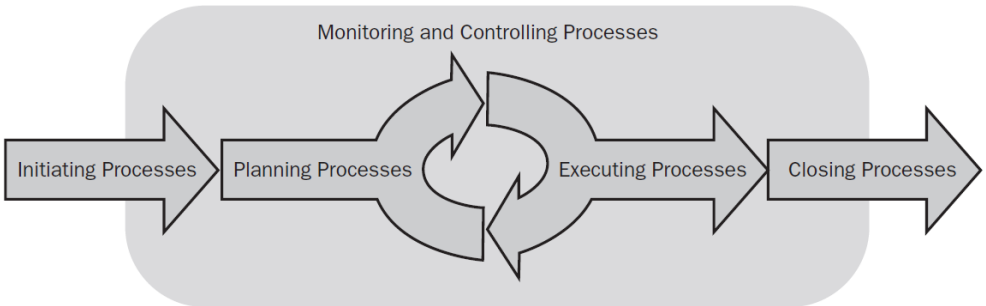


Figura 19 – Fases da GP
Fonte: PMI (2013, p. 42)

Apêndice J – *BIM Execution Plan* (BEP)

A metodologia BIM acarreta um novo requisito, o BEP, elemento essencial para apoio à GP (Sampaio, *op. cit.*), específico para cada projeto e alinhado aos requisitos da organização, sendo um fator importante para o sucesso do BIM (Lea et al., 2015, p. 513). O BEP explicita os aspetos relativos à gestão da informação e procedimentos a adotar pela equipa de desenvolvimento do projeto (ISO 19650-1, 2018).

Os elementos que constituem, genericamente, o BEP, de acordo com o documento n.º 303 da CT197 (Costa, et al., 2018), seguindo as práticas internacionais, incluindo novos conhecimentos desenvolvidos no âmbito da digitalização da indústria da AEC, organizam-se de acordo com os seguintes capítulos:

- Informações gerais: descrição da infraestrutura (entidade contratante, tipo de infraestrutura, local, tipo de contrato e descrição sucinta), objetivos e âmbito do projeto e faseamento (programa base, estudo prévio, anteprojeto, projeto de execução, construção, conclusão/receção provisória, operação e receção definitiva);
- Funções e atribuições: caracterização das funções e identificação das atribuições;
- Usos BIM e níveis de desenvolvimento (LOD);
- Mapeamento de processos BIM;
- Requisitos das trocas de informação;
- Procedimentos de colaboração: plataforma, estrutura do modelo, nomenclatura do ficheiro, autorização e segurança;
- Procedimentos de modelação: classificação da informação, critérios de modelação e compatibilização, coordenadas, referenciais e unidades de trabalho;
- Gestão da Qualidade: verificação do modelo, controlo de qualidade, resultados e *Key Performance Indicators*, tratamento de não conformidades, pedido de mudança, identificação dos riscos e ações de formação;
- Infraestrutura tecnológica: *software* e *hardware*.

O BEP é um elemento fundamental no processo de contratação BIM, quer na fase de concurso (BEP pré-contrato), quer na fase de execução (BEP pós-contrato), pois é através da elaboração do BEP que cada prestador de serviços pode evidenciar a sua mais valia em termos da aplicação BIM, a nível da sua organização e da proposta apresentada em fase de concurso, com vista a responder aos requisitos de informação do Adjudicatário (Costa, et al., 2018).

Apêndice K – Considerações gerais sobre a DI

A DI tem a missão de gerir a recuperação e a conservação de infraestruturas da FA (Manual do Comando da Logística da Força Aérea [MCLAFA] 305-5, 2012, p. 25). Para o cumprimento deste desiderato, a DI possui uma estrutura organizacional hierárquica (Figura 20).

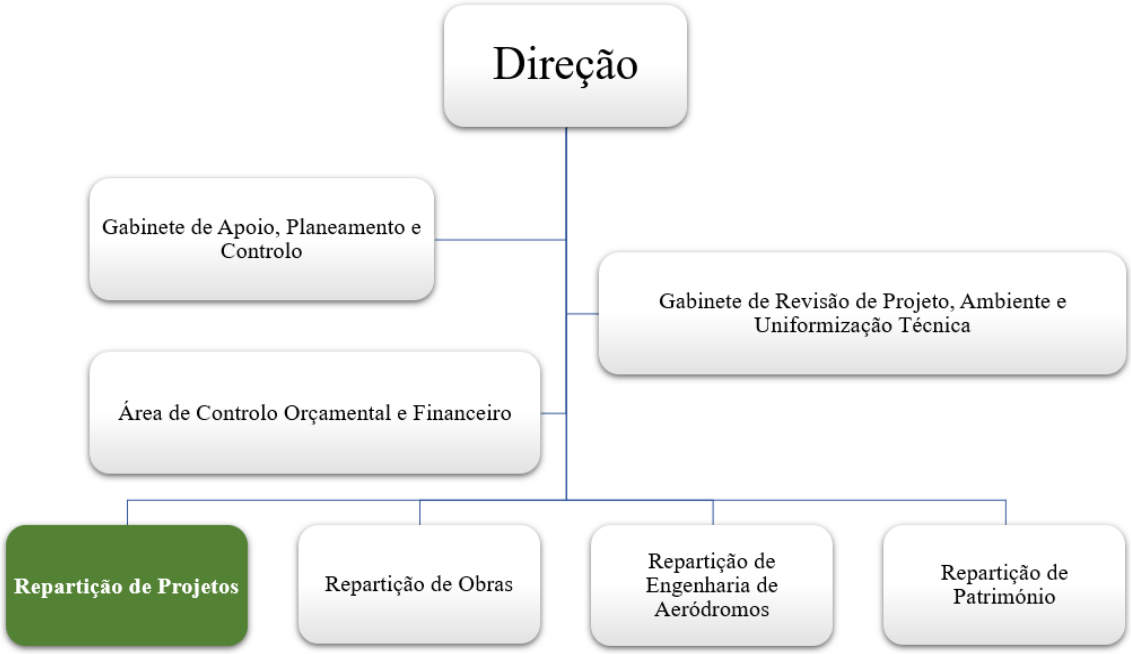


Figura 20 – Estrutura hierárquica da DI.
Fonte: adaptado de CEMFA (2019)

O CVI, na FA, genericamente, inicia-se na RP, de acordo com as diretivas do Diretor DI, tramitando para a Repartição de Obras, onde a empreitada é adjudicada após procedimento de contratação pública. Após execução do objeto da empreitada, é efetuada a receção provisória da infraestrutura e a documentação da infraestrutura é colocada na plataforma digital MIE, gerida pela Repartição de Património. Cabe à RP promover e elaborar estudos e projetos, assim como elaborar a documentação necessária à contratação pública (FA, 2012).

A GP na DI possui o nível estratégico (Direção), intermédio/setorial (Chefes de Repartição) e de execução (sub-repartições) (R. Mendes, *op. cit.*).