

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

CONSULTING
INNOVATION
FOR GROWTH

INOVA+T

CENTRO DE INOVAÇÃO DE MATOSINHOS
RUA DR. AFONSO CORDEIRO, 567
4450-309 MATOSINHOS, PORTUGAL

Benchmarking internacional da Maturidade do Setor da Construção Metálica e Mista na adoção do BIM e das BAT

CMM – Associação de Construção Metálica e Mista

PORTO | LISBOA | BRUXELAS | HEIDELBERG | VARSÓVIA

CONSUL-
TING
DIGITAL
INTERNATIONAL

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 ENQUADRAMENTO	5
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 METODOLOGIA	7
2. ESTADO DA ARTE	8
2.1 BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES (BAT)	8
2.2 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)	11
2.3 INTEROPERABILIDADE	13
2.4 POTENCIALIDADES E FUNCIONALIDADES DO BIM	15
3. PANORAMA INTERNACIONAL DA ADOÇÃO DO BIM	18
3.1 NÍVEIS DE MATURIDADE NA ADOÇÃO DO BIM	18
3.2 POLÍTICAS DE DIFUSÃO	20
3.3 NORMALIZAÇÃO	25
3.4 BENCHMARKING INTERNACIONAL DA ADOÇÃO DO BIM	27
3.4.1 E.U.A	29
3.4.1.1 National Building Information Modeling Standard (NBIMS)	30
3.4.1.2 GSA Building Information Modeling	30
3.4.2 FINLÂNDIA	31
3.4.2.1 Common BIM Requirements (COBIM)	32
3.4.3 SINGAPURA	32
3.4.4 REINO UNIDO	33
3.4.3.1 AEC (UK) Protocol	33
3.4.3.2 PAS 1192:2 (Especificações de acesso público)	34
3.4.5 ITÁLIA	34
3.4.6 FRANÇA	35
3.4.7 ESPANHA	37
3.5 BIM EM PORTUGAL	38
3.6 MATRIZ COMPARATIVA DO GRAU DE MATURIDADE DE ADOÇÃO DO BIM A NÍVEL INTERNACIONAL	40
4. PROJETOS DE REFERÊNCIA EM BIM	44
4.1 Novo Aeroporto Internacional da Cidade do México	44
4.2 PHOENIX MEDIA CENTRE, BEIJING	45
4.3 Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões	46
4.4 MAAT - MUSEU DE ARTE, ARQUITETURA E TECNOLOGIA	48
5. CONCLUSÃO	50

Sumário Executivo

O presente estudo está estruturada em cinco Capítulos distintos:

Capítulo 1: No primeiro capítulo, é efetuado um enquadramento geral em que a temática abordada na presente dissertação se insere, e de seguida define-se os principais objetivos e metodologia aplicada, bem como a sua estrutura organizacional.

Capítulo 2: “Estado de Arte”, que pretende fazer uma revisão bibliográfica de uma forma sucinta, levando a compreender o conceito BIM (o seu funcionamento, as suas potencialidades e funcionalidades) e a ficar sensibilizado para a mudança de paradigma na indústria que é necessária em prol da integração de metodologias e ferramentas BIM nos processos tradicionais.

Capítulo 3: Refere-se à caracterização do nível de implementação da metodologia BIM a nível Internacional, onde é efetuado um levantamento de iniciativas governamentais e privadas em prol da sua aplicação, e o estado do BIM a nível Nacional, onde são apresentadas algumas atividades e iniciativas de divulgação e aprendizagem sobre a temática, sendo dados. A recolha desta informação tem como objetivo contribuir para a compreensão da temática e para perceber como esta se tem desenvolvido e aplicado ao longo do tempo.

Capítulo 4: em conformidade com as vantagens que esta metodologia acarreta e a importância que tem adquirido no Mundo, neste capítulo são referidas construções de referência a nível nacional e internacional nas quais foi utilizada este tipo de tecnologia.

Capítulo 5: apresenta as notas finais, as principais conclusões obtidas e perspectivas futuras de pesquisa e desenvolvimento para investigações posteriores relacionadas com o tema.

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

O setor da Metalurgia e da Metalomecânica tem vindo a ganhar proeminência no mercado nacional, assumindo atualmente um papel de relevo e dinamismo, que é demonstrado através do elevado potencial e know-how técnico e, alavancado pelos diversos anos de experiência e reconhecido pela atuação eficaz e o seu colossal destaque no progresso e desenvolvimento das indústrias portuguesas.

Em 2019 o setor do metal registou um novo recorde de exportações, que se traduziu no valor de 19.590 milhões de euros, anunciou a Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal (AIMMAP). No que diz respeito aos destinos das exportações no ano passado, os principais países foram Espanha, Alemanha e França, com um valor de 4.723 milhões, 3.265 milhões e 3.034 milhões de euros, respetivamente. Em relação ao crescimento, numa comparação em termos homólogos, as exportações para a Alemanha foram as que mais subiram, cerca de 11,2% seguindo-se Espanha, com um crescimento de 8,8% no volume exportado, e França, com mais de 4,9% [1].

A par disto, o desafio de continuar a crescer fora da Europa foi apenas “parcialmente conseguido”, um vez que as exportações para os Estados Unidos, o principal mercado fora da União Europeia, mantiveram-se aproximadamente no mesmos valores do ano anterior (500 milhões de euros), devido à guerra comercial que aquele país em concreto mantém com a China e também a certas restrições de alguns estados americanos relativamente a alguns produtos e equipamentos que podem ser consideradas como potencial material militar [1].

Cada vez mais, a diferenciação dos produtos e equipamentos das empresas portuguesas, a aposta no “design” e na tecnologia, bem como a “excelente relação qualidade/preço” dos produtos portugueses são as razões destacadas para o crescimento das exportações do setor do meta [1].

O ano de 2019 para o setor metalúrgico e metalomecânico português ficou também marcado por cinco recordes mensais, com o mês de maio a representar “o melhor de sempre” para o setor com cerca de 1.884 milhões de euros em exportações. Os meses de março, setembro, outubro e novembro foram os outros quatro meses com novos máximos, tendo todos eles registado valores de mais de 1.700 milhões de euros [1].

Atendendo ao facto que a fileira da construção metálica e mista - e os demais setores de mercado que cruza - se caracterizar pelo seu elevado nível de competitividade e exigência, não surpreende que as empresas nacionais se tenham, ao longo deste período de crescimento, dotado de uma componente tecnológica e de inovação avançada, aproximando-se consecutivamente das Universidades e dos Centros de Investigação, reforçando a sua capacidade de inovação e disponibilizando ao mercado novos produtos e

serviços de maior valor acrescentado, a par de um elevado nível de qualidade, rigor e precisão. Contudo, as mudanças geopolíticas em curso (Brexit, política protecionista dos EUA, entre outros) evidenciam a necessidade de, por um lado, diversificar mercados para minimizar eventuais impactos resultantes destas mudanças e, por outro lado, assegurar todas as condicionantes para acelerar a penetração em novos mercados e/ou a continuidade da relação já anteriormente estabelecida, sem quaisquer perdas de qualidade, com maior flexibilidade e maior grau de incorporação de inovação, o que passa, incontornavelmente, por acelerar a maturidade tecnológica do setor, nomeadamente no que se refere a metodologias de trabalho colaborativas e à adoção das melhores tecnologias disponíveis atualmente. Como tal, as empresas nacionais devem ter como foco a capitalização do trabalho realizado e exponenciar a competitividade num contexto global, através do aumento da eficiência dos seus processos e da diferenciação pela qualidade, flexibilidade e inovação.

De facto, e apesar do consecutivo investimento das empresas do setor em tecnologia produtiva, com vista a capacitar-se e à sua produção para responder aos desafios do mercado, a verdade é que se observa um evidente gap tecnológico no setor no que respeita à incorporação e adoção de novas tecnologias e metodologias de trabalho nos seus processos organizacionais, como é o caso do BIM.

Particularmente, o processo de conceção, projeto e produção nacional apresenta ainda uma forte componente “manual”, ou seja, apesar de o processo ser desenvolvido com recurso a diferentes ferramentas tecnológicas, a verdade é que todas as fases e todos os passos necessário implicam um elevado esforço humano, temporais e financeiros. A transposição deste gap e a conseqüente afirmação em mercados internacionais passa, assim, pela plena migração do setor para o paradigma da indústria 4.0, por via da digitalização dos seus processos, promovida, por sua vez, pela total adoção do BIM.

1.2 OBJETIVOS

O projeto Digital_Steel apresenta-se como um instrumento estratégico na promoção e aceleração da transição das PME do setor nacional da construção metálica e mista para o novo paradigma produtivo e colaborativo da Indústria 4.0. Especificamente, e incidindo de forma particular na digitalização dos processos, o presente projeto pretende capacitar e qualificar as PME do setor para a adoção e endogeneização de metodologia de trabalho colaborativas que – pela forte incorporação tecnológica – permitirão uma minimização do trabalho “manual”, uma maximização da utilização dos recursos (humanos, temporais e financeiros), promovendo um aumento substancial da eficiência da qualidade, da flexibilidade e da inovação, vetores inquestionáveis da competitividade internacional.

Em conformidade com o contexto Nacional do setor da construção metálica e mista anteriormente apresentado, observa-se um claro Gap Tecnológico no setor, que se caracteriza por empregar as melhores tecnologias disponíveis nos seus processos produtivos, mas por se apresentar ainda num estágio muito inicial no que respeita à incorporação e

adoção das novas tecnologias nos seus processos organizacionais e de gestão, nomeadamente em fase de projeto.

Decorrente da expansão da utilização da metodologia BIM por todo o mundo e das políticas da comunidade europeia no sentido de estimular o crescimento da implementação de BIM, é importante perceber o nível de maturidade do BIM da parte da indústria da construção metálica e mista em Portugal, de forma a criar normativas e protocolos para impulsionar essa implementação. Assim, o corrente estudo é realizado no sentido de procurar perceber como é que esta tecnologia está a afetar o setor da construção em Portugal e identificar medida de ação para estimular a implementação desta tecnologia que pode ajudar a otimizar e reformar a indústria da construção portuguesa.

1.2.1 METODOLOGIA

O presente estudo teve como ideia base a elaboração de um estudo de benchmarking com o intuito de aferir a maturidade do Setor da Construção Metálica e Mista da implementação da metodologia BIM a nível internacional e em Portugal.

Na fase inicial do presente estudo pretende-se chegar a um estado do conhecimento, ou estado da arte, que englobe os conceitos base que sustentem a revisão da literatura. Para tal, é necessária uma pesquisa bibliográfica objetiva, com a finalidade de conhecer e dominar a temática proposta neste documento.

Assim, a metodologia do estudo passou pela definição dos países de referência na implementação do BIM. Uma vez que o presente estudo foca-se na maturidade do setor a nível internacional.

Através de uma revisão da literatura, pretende aprofundar-se os conhecimentos relativos à implementação do BIM nos processos em vários países diferentes. Esta revisão tem como principal desafio manter a objetividade e a capacidade de resumir processos que levam anos a desenvolver e a implementar. O universo de estudo consiste no conjunto de países, à escala global, que se apresentam como países industrializados uma vez que estarão naturalmente mais bem informados em relação aos que têm uma construção menos evoluída.

2. ESTADO DA ARTE

O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) caracteriza-se pela sua ineficiência e pouca produtividade, a par de uma enorme relutância em adotar novas tecnologias que viabilizem a desmaterialização de processos e a interoperabilidade, limitando a competitividade do setor. A par disto, surge o facto de se verificarem consecutivas derrapagens nos prazos e custos das obras de construção, o que contribui para uma crescente descredibilização da Indústria da construção em Portugal.

Assim sendo, atualmente, a setor da AEC enfrenta mudanças e desafios relevantes, quer em termos tecnológicos, quer institucionais, onde se incluem [2]:

- Otimização da gestão de elevado volume de informação;
- Necessidade de aplicação de práticas sustentáveis;
- Preocupações energéticas globais;
- Melhoria e aumento da produtividade, por exemplo utilizando práticas LEAN.

Cada vez mais – e muito como consequência do seu forte pendor exportador – o setor da construção metálica e mista apresenta-se como um setor mais exigente, dinâmico, complexo e em que a sua sustentabilidade engloba diferentes fases e intervenção; neste contexto, as tecnologias BAT e a metodologia BIM podem surgir como um contributo importante para que possam ser atingidos níveis máximos de qualidade e precisão, que se traduzirão automaticamente num mais eficaz controlo nos prazos de execução.

A endogeneização destas tecnologias permitirá um aumento exponencial na eficiência e na eficácia dos processos das empresas do setor pela promoção da qualidade, da flexibilidade e da inovação, o que resultará em claros ganhos de competitividade, críticos para singrar no mercado internacional.

2.1 BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES (BAT)

A constante evolução tecnológica tem promovido e acelerado o esbatimento de fronteiras, criando condições ótimas à colaboração transnacional, oferecendo oportunidades quase inesgotáveis para novos negócios, novas parcerias e cooperação. Assim, as Best Technologies Available (BAT), como a Realidade Aumentada e a Robótica que são consideradas as tecnologias de ponta do setor da construção metálica e mista, surgem com o intuito de aumentar a maturidade tecnológica e digital do setor, promovendo a cooperação tecnológica e a consequente transferência de tecnologia e especialização e aumentar a visibilidade internacional.

Durante muitas décadas, os projetos desenvolvidos no setor da AEC consistiam, essencialmente, em representações a duas dimensões em suporte de papel, sendo que muitas vezes um projeto de uma determinada especialidade era feito de uma forma independente e autónoma sem considerar as implicações que teria nas restantes especialidades.

O avanço da tecnologia e a procura constante de novos métodos inovadores levaram ao desenvolvimento, não só de utensílios e máquinas que facilitam o nosso dia-a-dia, mas principalmente de sistemas que permitem aumentar a realidade em que vivemos.

Os primeiros indícios de Realidade aumentada ou RA surgem por volta de 1960 com o investigador Ivan Sutherland. Sutherland desenvolveu um capacete de visão ótica direta para visualização de objetos 3D no ambiente real [3].

Realidade aumentada ou RA, consiste na integração de informação virtual no mundo real com recurso a sensores de movimento como giroscópio e acelerómetro, sendo os mesmo transmitidos ao utilizador através de óculos translúcidos ou câmaras acopladas a um dispositivo computacional (como smartphones), podendo visualizar a sobreposição dos elementos virtuais no mundo real. Ou seja, permite adicionar aos objetos do mundo real informação preceptiva, vinda de uma base de dados com ajuda de computadores. Em suma a definição de RA pode ser dada em três pontos distintos:

- Combina elementos virtuais com o ambiente real;
- É interativa e tem processamento em tempo real;
- É concebida em três dimensões.

A criação de uma RA implica a coordenação entre diferentes componentes, tanto de hardware como de software.

A RA pode funcionar utilizando uma de três abordagens diferentes, segundo:

1. SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) esta é a forma mais eficaz de sobrepor imagens virtuais em objetos no mundo real, que consiste em, simultaneamente localizar sensores nas suas proximidades e mapear a estrutura do ambiente que o rodeia. Esta abordagem resolve alguns dos problemas mais complexos na criação de simulações em RA, o mesmo consiste na sua integração num conjunto de algoritmos desenhados para a resolução de problemas de localização e de mapeamento [4].



Figura 1: R.A. com recurso a S.L.A.M [4]

2. A RA com base em marcador ou reconhecimento utiliza uma câmara para identificar marcadores visuais ou objetos como códigos QR em duas dimensões ou

marcadores NFT (Natural Feature Tracking), de forma a demonstrar apenas a sobreposição quando os marcadores são detetados pelo dispositivo em utilização. Esta tecnologia depende da capacidade da câmara em distinguir os marcadores dos outros objetos na vida real. Uma vez reconhecido o marcador é demonstrado no ecrã e apresentada uma versão 3D virtual do objeto o que permite o seu manuseamento virtual e um display das informações contidas no modelo virtual [4].



Figura 2: - RA com recurso a marcador [4].

3. RA com base em localização. Contrariamente a RA com base em reconhecimento, esta tecnologia baseia -se em reconhecimento geoespacial via GPS, bússola digital e acelerómetro para detetar e fornecer informação relativa as redundâncias e localização do utilizador em RA, sendo que o display de informação é ativado com base nos mesmos. Sendo este o tipo de RA de maior difusão e utilização devido a sua facilidade de interação, tendo assim a maior utilização em mapas e serviços de localização [4].



Figura 3: R.A. com base em localização [4].

2.2 BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

A par desta evolução surge ainda o BIM (Building Information Modelling) que se apresenta como uma metodologia de trabalho inovadora e impactante, que promove a dinâmica de digitalização da indústria e amplia a importância de melhores desempenhos e processos mais eficientes. Este conceito parte de uma filosofia que se baseia na minimização dos custos através da maximização dos recursos, permitindo a utilização de ferramentas que possibilitam a minimização de tempo e custo na fase do projeto pela centralização de toda a informação, num único modelo partilhado. Tal promove a minimização de perdas de informação e a homogeneização da linguagem utilizada (eliminando dificuldades de interpretação), tornando fácil e simples a execução de adaptações e/ou a incorporação de sugestões / novos dados, o que se apresenta como crucial quando em causa está a cooperação transnacional.

Em conformidade com o *BIM Handbook Building Information Modelling* (BIM), o BIM é considerado o desenvolvimento mais promissor na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A partir desta tecnologia é possível construir o modelo virtual de um edifício, que fica concluído quando o modelo for capaz de gerar de forma automática informações precisas da geometria dos elementos que o constituem. De forma complementar, deve ser capaz de suportar informações relacionadas com a construção, fabrico e encadeamento das atividades necessárias para a construção do edifício, sendo que a modelação feita deve ser capaz de responder a todo o ciclo de vida do edifício. Além disso, o BIM acomoda outras funções tais como fornecer bases para as novas formas de construção e mudanças no relacionamento entre as equipas de projeto. No entanto, é necessário implementar esta metodologia de forma adequada, pois só assim é que se consegue um processo de conceção e construção o mais integrado possível, obtendo-se como resultado edifícios com qualidade superior a custos mais baixos e redução na duração do projeto [5].

Em termos práticos, o BIM pode ser entendido como uma representação virtual de um projeto em três dimensões que pode ser utilizado na tomada de decisão, no planeamento, na estimativa de custos e na manutenção do edifício. Porém, o *BIM Handbook* define esta metodologia como sendo uma tecnologia de modelação assistida por computador com a finalidade de gerir a informação de um projeto de construção mais direcionado para a produção, construção e análise de modelos de informação. Por outro lado, *The National Building Information Model Standard Project Committee* define o BIM como sendo uma representação digital das características físicas e funcionais de um projeto servindo como recurso partilhado de conhecimento para obter informações sobre o projeto em questão, as quais são utilizadas na tomada de decisão em todo o ciclo de vida do mesmo. Há ainda quem defenda que o *Building Information Modelling* pode ser visto como uma evolução do CAD (Computer-Aided Design) e a sua implementação poderá contribuir para um aumento efetivo da eficiência na indústria da construção através de uma maior colaboração

entre os diferentes intervenientes do projeto, o que irá proporcionar uma diminuição das incompatibilidades entre as diferentes especialidades, bem como na repetição de trabalhos relacionados com correções e ajustamentos do projeto [6].

De forma genérica, pode-se considerar que o BIM é uma metodologia de modelação e um conjunto de processos associados, com a finalidade de produzir, comunicar e analisar modelos de uma determinada construção. Além disso é uma metodologia de partilha de informação entre todos os intervenientes do projeto (arquitetos, engenheiros, projetistas, empresa(s) de construção, dono de obra) (Figura 4) passando por todas as fases do ciclo de vida do edifício (projeto, construção, manutenção, desconstrução) (Figura 5). Como tal, necessita de um modelo digital em três dimensões, o qual pode conter diversas informações relacionadas com o projeto, nomeadamente, características geométricas, propriedades (físicas e mecânicas), atributos, prazos, custo de construção, entre outras. Além disso, tem a capacidade para guardar informações paramétricas com relação entre os diversos elementos e ainda permite o apoio nos fluxos de trabalho entre as diferentes atividades relacionadas com o processo construtivo [7].

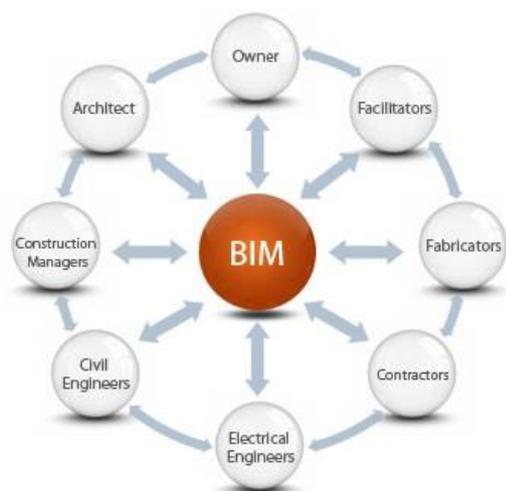


Figura 4: BIM s todos os intervenientes do projeto Figura 5: BIM aplicado a todo o ciclo de vida do projeto [8].

Esta metodologia permite efetuar uma simulação do projeto num ambiente virtual e como resultado é possível extrair-se com facilidade quantidades e propriedades dos materiais. Além disso, trata-se de um processo que engloba todas as especialidades num único modelo virtual permitindo uma colaboração mais precisa e eficiente quando comparada com o método tradicional [9].

Pode ainda ser considerada de igual forma como sendo uma tecnologia e um processo. O BIM trata-se de uma tecnologia quando depende da interoperabilidade entre as tecnologias de informação e comunicação, mais conhecidas como TIC, as quais são utilizadas ao longo do ciclo de vida do empreendimento, sendo que permite responder a todos os problemas de interoperabilidade existentes entre a indústria das AEC. Em contrapartida,

pode ser considerado um processo quando é suportado pela colaboração dos vários intervenientes, aplicado também a todo o ciclo de vida do projeto [10].

2.3 INTEROPERABILIDADE

Como se pode constatar, toda a descrição da metodologia BIM converge para a noção de interoperabilidade.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (I-E triplo) define interoperabilidade como "A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas." Isto significa que a partilha de informação entre colaboradores está dependente da interoperabilidade dos seus sistemas. O acesso a uma metodologia colaborativa avançada, materializada na centralização e compatibilização de todas as especialidades num só modelo aumenta as exigências a nível dos requisitos de interoperabilidade.

A interoperabilidade, decorre da implementação da metodologia BIM e é extremamente relevante, uma vez que permite vários canais de comunicação entre os diferentes intervenientes, enquanto numa metodologia BIM com um estado de maturidade elevado, toda a informação referente ao projeto está centrada num único modelo, como representado na Figura 6. Com a partilha deste modelo através dos vários intervenientes é possível trabalhar a partir da mesma plataforma, minimizando desta forma os erros e omissões provenientes de falhas na interpretação e tradução de informação. Porém, a interoperabilidade neste caso é posta em causa quando está relacionada com os softwares utilizados [11].

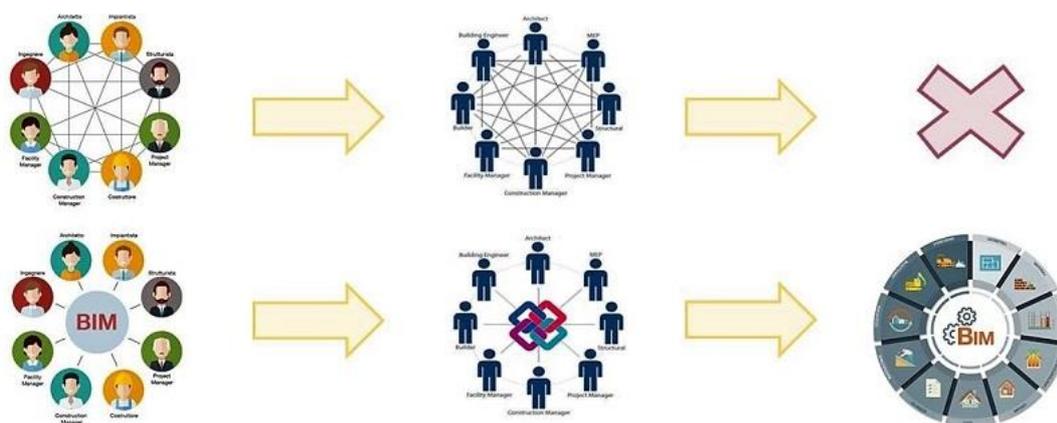


Figura 6: Diferenças na troca de informação entre as abordagens em estudo [10].

Interoperabilidade é definida como sendo a capacidade de implementar e gerir relações colaborativas entre os diferentes intervenientes de um projeto. No entanto, em termos de software, interoperabilidade descreve a capacidade de diferentes programas trocarem informações entre si, sem perder informação ou então perder o mínimo possível. Ao longo dos anos, existiram várias iniciativas para responder aos problemas de interoperabilidade,

sobretudo, através da criação de formatos universais de classificação e organização dos elementos de construção [11].

É ainda importante referir que a interoperabilidade é também vista, além da sua definição tecnológica, como uma filosofia de trabalho entre os diferentes agentes implicados. Mais do que tornar possível a troca de dados entre dois softwares distintos, é possível ser descrita como a capacidade de implementar e gerir uma relação de cooperação entre os agentes das diferentes áreas interdisciplinares, criando desta forma um verdadeiro projeto colaborativo e partilhado entre todos. [10]

Em suma, o maior propósito da interoperabilidade é a troca de informação, promovendo a cooperação. Para tal, a buildingSMART, que se assume como uma referência mundial para a transformação da indústria AEC através da criação e adoção de diretrizes internacionais abertas, condensa a definição da interoperabilidade do BIM na conjugação de 3 constituintes principais (ver Figura 7): Industry Framework Dictionaries (IFD), Information Delivery Manual (IDM) e Industry Foundation Classes (IFC) [11].

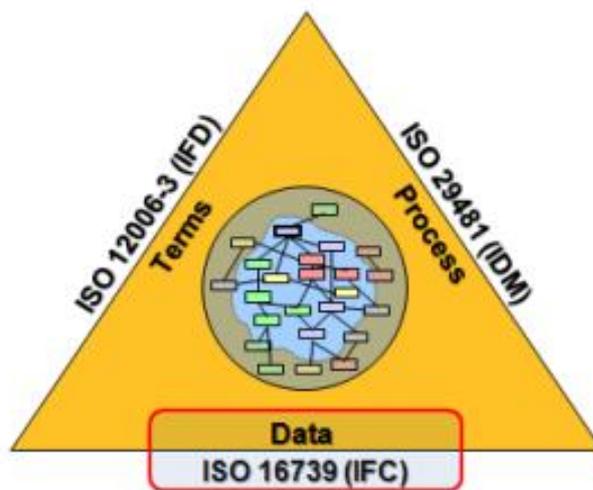


Figura 7: Trinómio base para a interoperabilidade em BIM [12].

2.4 POTENCIALIDADES E FUNCIONALIDADES DO BIM

A metodologia BIM, assim como outras metodologias, apresenta diversas potencialidades e funcionalidades, que se tornam relevantes para os projetos. As principais potencialidades e funcionalidades podem ser observadas na Figura 8 [13].



Figura 8: Potencialidades e Funcionalidades do BIM [13].

As funcionalidades do modelo ajustam-se às diferentes fases de um projeto, no qual se distinguem diferentes níveis de informação nos modelos BIM à medida que este ganha complexidade e informação.

Numa fase inicial do projeto é criado um modelo tridimensional paramétrico - modelo BIM designado por BIM 3D. O modelo permite facilidade de interpretar visualmente um edifício, permitindo uma visualização muito próxima do real, havendo software que facilita a navegação dentro do modelo, com a integração de várias especialidades. Assim, existe uma maior sensibilidade na deteção de erros e melhorias a introduzir no projeto, permitindo aos utilizadores gerar livremente as vistas desejadas de forma automática e instantânea, possibilitando também atualização imediata de alterações. Com estes modelos BIM, é possível proceder à verificação automática de conflitos entre as diversas especialidades, como por exemplo de um elemento estrutural a ser atravessado por uma conduta de AVAC, erro muito recorrente nos projetos de AEC [14].

Uma das tarefas mais importantes e mais meticulosas na atividade da construção reside na medição de quantidades do projeto, tarefa fundamental para orçamentação e planeamento. Nos métodos tradicionais, esta tarefa poderia demorar semanas e estava sempre sujeita à ocorrência de erros. Com o modelo BIM, é possível extrair a quantidade exata de forma automatizada, auxiliando os utilizadores no planeamento e gestão da construção, possibilitando ainda o teste de várias soluções de forma a otimizar os resultados [15].

Uma outra funcionalidade importante do BIM é a capacidade de importar e exportar dados contidos nos modelos entre diferentes softwares potenciando análises ao nível de estruturas, verificação de normas, análises de eficiência energética, entre outros [16].

Quando se adiciona ao modelo a variável tempo, surge o BIM 4D, planeamento e controlo de tempos. A possibilidade de acrescentar a variável tempo na informação presente no modelo permite visualizar cronogramas de obra, simulando as fases da execução da construção, o que permite uma visão única da evolução do edifício ao longo do tempo. Esta potencialidade traz, como principais vantagens, a otimização das atividades e a projeção de cenários futuros [16].

O BIM 5D, planeamento dos custos, tem em consideração toda a informação relacionada com custos. Esta ferramenta permite obter diferentes simulações, antes do início da obra, estudando adaptações ou alterações de materiais que permitem conduzir a um maior rigor no controlo dos custos. Representa, assim, uma ferramenta de apoio à decisão, constituindo uma verdadeira mais-valia para a gestão dos custos de uma obra, pois permite um maior controlo dos custos, e, conseqüentemente, evita derrapagens nos orçamentos da obra. O BIM 6D, operação/manutenção, está associado à fase mais longa e dispendiosa do ciclo de vida de um edifício. Esta dimensão consiste na gestão das instalações permitindo, devido à base de dados gerada com as atualizações do modelo que contempla a informação sobre todos os elementos, diferentes análises, como por exemplo, consumo de energia, emissões associadas e a certificação de edifícios verdes. Existem no mercado soluções de software que contemplam a possibilidade de agendar a manutenção preventiva, além disso existe facilidade de acesso à informação numa situação de urgência e possibilidade de efetuar simulações para uma maior eficiência na sustentabilidade do edificado [17].

Tal como ilustrado na Figura 9, a metodologia BIM permite acompanhar todas as fases do ciclo de vida de uma construção, desde o projeto até ao desmantelamento/demolição e pressupõe a existência de um sistema colaborativo entre os intervenientes no projeto, tal como já referido anteriormente. Devido ao sistema colaborativo, é possível transitar informação, dando origem a documentos importantes que auxiliam na manutenção e gestão do edifício. No fim de vida do edificado, devido à informação sobre os materiais utilizados na construção, existe maior facilidade na sua separação permitindo otimização dos materiais cujo destino seja reciclagem ou reutilização, havendo menor quantidade de material que não será valorizado, seguindo para aterro, por exemplo [18].



Figura 9: Processo Colaborativo [13].

Esta nova forma de visualizar os projetos introduz uma mudança de processos e troca de informação entre todos os participantes de um projeto. Apresenta-se, assim, um novo paradigma de trabalho que implica colaboração constante e continuada em todas as fases de um projeto. Sendo o trabalho desenvolvido e partilhado por todos os responsáveis guardado numa base de dados e realizado através de uma plataforma de software especializado e interoperável, as informações ficam legíveis para todos [19].

A tecnologia BIM tem vindo a estimular uma nova metodologia de trabalho, estimulando um novo paradigma que está a alterar a forma como se projeta e controla a construção. Esta metodologia está em crescente evolução, numa busca de melhoria contínua e numa procura das suas potencialidades [20].

3. PANORAMA INTERNACIONAL DA ADOÇÃO DO BIM

3.1 NÍVEIS DE MATURIDADE NA ADOÇÃO DO BIM

A implementação da metodologia BIM é uma questão complexa, uma vez que a adoção desta tecnologia implica novos processos de projeto e formulação dos métodos de trabalho com vista a uma maior coordenação, interoperabilidade e partilha de informação entre os diversos intervenientes [21].

A clara definição dos diversos níveis de maturidade é fundamental para que se consigam implementar as metodologias e as ferramentas BIM de uma forma eficiente nas diversas organizações. Através do esclarecimento dos níveis de maturidade, torna-se possível para as partes interessadas posicionarem-se no seu nível de maturidade atual e terem uma noção evidente das atividades e procedimentos que devem seguir no seu processo de implementação BIM [21].

Neste sentido, em março 2011, o governo do Reino Unido emitiu o PAS 1192, um documento estratégico para a adoção do BIM, no qual define um modelo que permite aferir o nível de sofisticação em que o BIM é praticado [13] pelas empresas. De acordo com esse documento, os diferentes níveis de maturidade BIM definem-se de acordo com a tecnologia utilizada para o desenvolvimento dos projetos, CAD ou BIM, tendo também em atenção os processos de partilha de informação, como se pode verificar na Figura 10 [22].

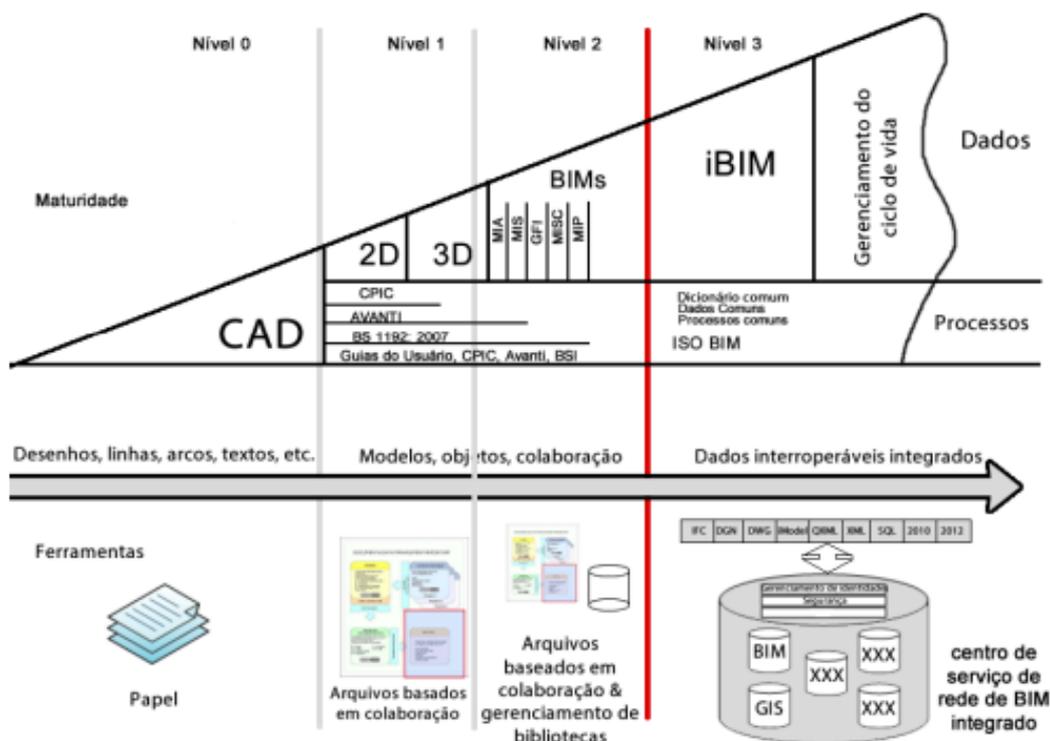


Figura 10: Nível de maturidade BIM [22].

É possível observar, que o modelo BIM da maturidade indica, em formato gráfico, a exigência da adoção de normas e o aumento do conhecimento BIM ao longo do tempo. A inclinação crescente no gráfico divide-se por linhas verticais com o intuito de criar segmentos de maturidade, a partir de Nível 0 e subindo para o Nível 3, deixando em aberto futuros níveis mais elevados para os quais ainda não existem atualmente condições de serem praticados. Cada “nível” é definido por um conjunto progressivo de práticas, protocolos e normas relativas à utilização das tecnologias de informação e gestão da informação na conceção, construção e em todos os processos adjacentes [23] [22].

A necessidade de definir uma metodologia de trabalho surge, no âmbito da situação atual da indústria em Portugal, como um primeiro passo fundamental para uma adoção BIM bem-sucedida. Isto porque a falta de normalização respeitante à implementação do BIM faz com que a definição de níveis de maturidade, tal como se apresenta neste caso (caso do Reino Unido), se revele vaga, pouco precisa e dificilmente adaptável à realidade da indústria. Para o efeito, e com o intuito de estabelecer um referencial comparativo entre os diferentes países, a presente escala será adotada para este fim.

Como tal o presente documento divide os objetivos para a realização de um setor da construção completamente orientado ao BIM através de 4 níveis de maturidade: nível zero; nível um; nível dois e nível três [23].

Assim sendo, o nível zero de maturidade (Sem BIM, Baixa Colaboração, CAD) corresponde à metodologia tradicional, ou seja, uma metodologia que prevê apenas a utilização de ficheiros CAD, sem qualquer sistema de informação, tipicamente partilhado no formato 2D em papel ou sem normalização técnica que regule essa partilha [23].

No nível 1 de maturidade (Colaboração Parcial, 2D3D) está compreendida a metodologia tradicional com projeto em CAD 2D e 3D com uma ferramenta de colaboração gerando um ambiente de troca de dados gerido por normalização, pelo que se definem estes procedimentos colaborativos [23].

O nível 2 de maturidade (Colaboração Total, 4D-5D) é atingido quando os modelos BIM substituem os tradicionais ficheiros CAD. Neste nível, é criado um ambiente colaborativo estruturado em diferentes especialidades de projeto e modelos parciais (BIM models) com ferramentas que permitem interligar os dados de cada modelo BIM. Pode incluir aplicações BIM 4D (Planeamento e Controlo dos tempos e BIM 5D (Planeamento dos Custos) [23].

Por fim, o nível 3 de maturidade (Integração Total, Open BIM, 6D), toda a informação é criada e gerida por modelos BIM, havendo normalização dedicada a esta nova forma de trabalho, otimizando os processos colaborativos, sendo que toda a informação gerada é integrada e interoperável entre os intervenientes e disponibilizada através de plataforma web, ou seja, constitui a obtenção de um modelo único e totalmente integrado, através de um servidor colaborativo. Deste modo eliminam-se os riscos de projetos conflituosos. Todas as partes podem aceder e modificar esse mesmo modelo, e o benefício é que ele remove a camada final de risco de informações conflitantes, isto é conhecido como “Open BIM” [23].

3.2 POLÍTICAS DE DIFUSÃO

A implementação de BIM numa determinada organização depende inteiramente das atividades desenvolvidas para preparar a organização para essa implementação, para implementar ou desenvolver os seus entregáveis BIM do projeto e os seus processos de trabalho. A adoção da metodologia BIM numa determinada empresa baseia-se em três etapas: 1) a propensão a implementar BIM, 2) a capacidade BIM e 3) a maturidade BIM [24].

A propensão a implementar BIM baseia-se no nível de preparação e atividades de planeamento de preparação desenvolvidas precedentemente à implementação da metodologia BIM.

Por outro lado, a capacidade BIM representa a habilidade mínima que uma organização ou equipa devem possuir para serem capazes de obter resultados satisfatórios dos seus trabalhos em BIM e é conseguida através da concretização das diversas etapas [24].

A maturidade BIM, por sua vez, caracteriza-se pela melhoria gradual e contínua em qualidade dentro das capacidades BIM e é expressa pelos níveis de maturidade BIM que as equipas e a organização ambicionam. As três fases de implementação encontram ilustradas na Figura 11, abaixo. A adoção de BIM corresponde ao ponto de adoção em que uma organização adota as ferramentas e processos de uma modelação baseada em objetos, após um período de planeamento e preparação e a partir daí dá-se a evolução em capacidade BIM. Salienta-se que todas as evoluções representadas na figura são precedidas de um investimento em recursos e formação dos recursos humanos [25].

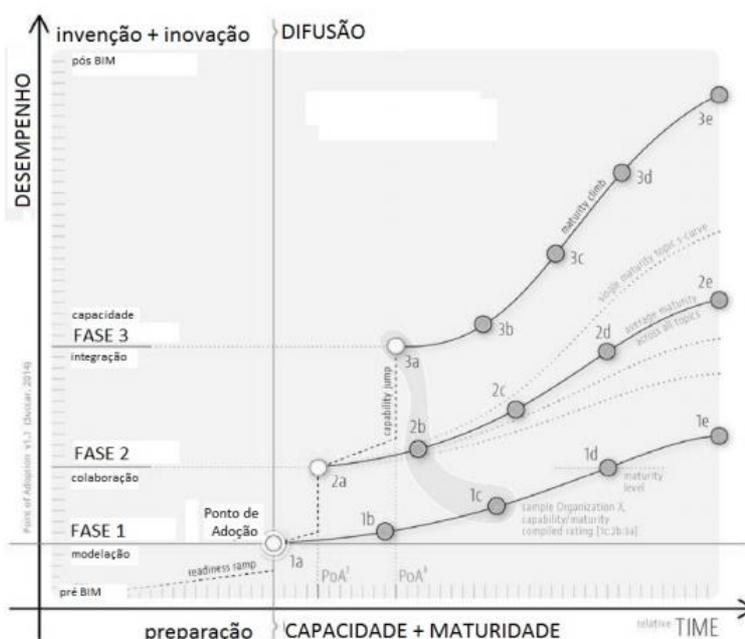


Figura 11: Implementação de BIM numa organização segundo o modelo do ponto de adoção, adaptado de [24].

A difusão de BIM traduz-se na propagação dos processos BIM numa população ou num mercado. Segundo Gerosk há dois tipos de modelos de difusão da adoção de uma tecnologia, o modelo epidémico e o modelo *probit*.

O modelo epidémico diz respeito à difusão da tecnologia e baseia-se no fato da população conhecer a sua existência e os seus benefícios e na difusão da sua utilização através da comunicação entre os indivíduos. Ao focar-se numa população inteira, o modelo epidémico corresponde à agregação gradual da utilização de um novo processo num dado mercado [24].

Por outro lado, o *modelo probit* baseia-se no efeito da tomada de decisão individual na difusão da tecnologia, decisão essa que é influenciada por diversos fatores. Assim sendo, pode ser influenciada pelo contágio de um parceiro que já adotou a nova tecnologia, pelo patamar social que representa a ocasião em que um indivíduo adota a inovação tecnológica quando um número suficiente de indivíduos nas mesmas condições também adotarem. Outro fator que se considera relevante é a aprendizagem social, que representa como um indivíduo adota a tecnologia quando estão disponíveis provas suficientes que indivíduos que já adotaram retiraram benefícios que comprovam o valor acrescentado da inovação tecnológica. Uma forma de pressão na tomada de decisão é o seguimento das normativas da indústria em favor do novo processo [24].

Outros autores afirmam ainda que a melhor forma para uma tecnologia inovadora ser aceite é quando o dono de obra impõe em contrato a sua utilização, uma vez que é não negociável [26].

A difusão da metodologia BIM é de análise mais complexa uma vez que o BIM não é uma simples solução tecnológica mas antes uma difusão combinada de novos processos, esquemas de trabalho e tecnologias [26].

A aplicação de BIM num dado mercado ou país pode ser baseada em cinco modelos, proposto por Succar e Kassem [24].

O modelo A está relacionado com as áreas de difusão e clarifica como é que as tecnologias, processos e políticas BIM interagem com as fases de capacidade BIM, criando novas áreas para análise e planeamento da difusão de BIM, como se pode verificar na Figura 12, e que podem ser implementadas e forma independente ou coletiva. Assim, este modelo permite obter uma classificação alvo para uma análise comparativa do mercado [24].

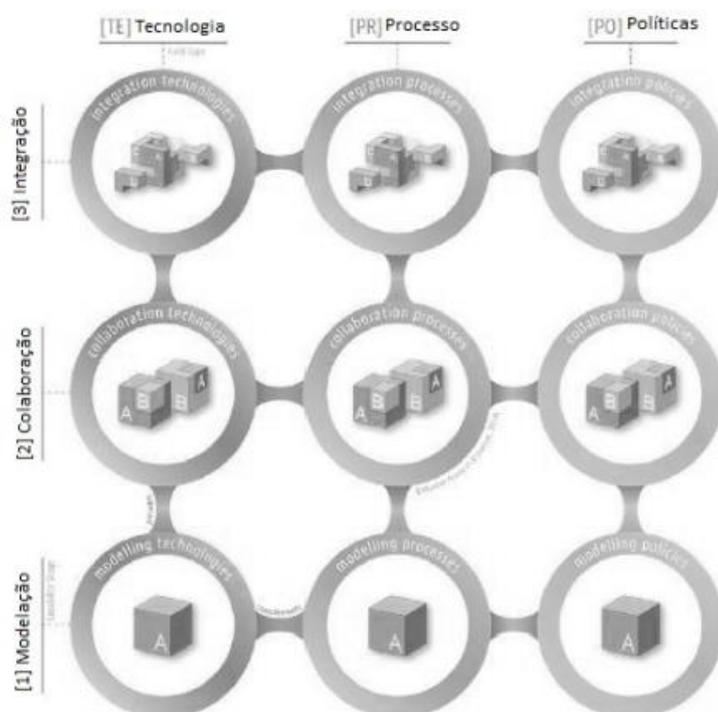


Figura 12: Modelo de áreas de difusão, adaptado de [24].

O modelo B depende da análise da maturidade dos componentes. Através do presente modelo é possível medir e definir a maturidade BIM de organizações de grandes dimensões ou países. Este modelo permite identificar as áreas BIM com que cada interveniente vai ter de interagir. Um esquema deste modelo é demonstrado na Figura 13.

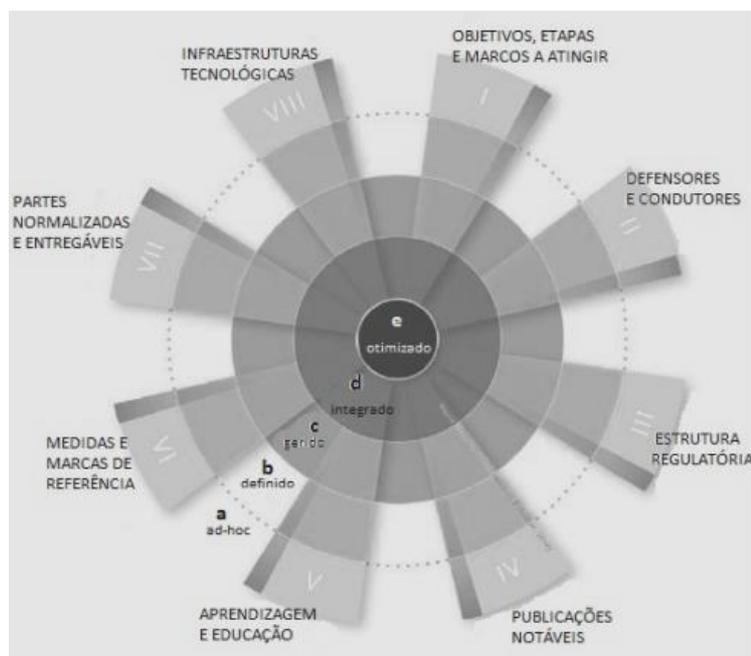


Figura 13: Modelo de maturidade BIM, adaptado de [24].

O modelo C diz respeito às dinâmicas de difusão. Este modelo permite analisar como se iniciou a difusão e a partir de que intervenientes. Este modelo considera três dinâmicas de difusão: de cima para baixo (top-down), de baixo para cima (bottom-up) e a partir do meio (middle-out).

A primeira dinâmica caracteriza a implementação através da imposição de normativas por parte das autoridades, que assim influenciam as organizações do mercado a implementarem a tecnologia inovadora.

A dinâmica de baixo para cima deriva da aprendizagem através da utilização e prática das tecnologias inovadoras por parte das pequenas organizações. Esta dinâmica torna o processo de implementação da nova tecnologia mais lento mas mais eficaz para a adoção de novos processos de gestão e para lidar com resistência à mudança [27].

Por último, a dinâmica a partir do meio, é caracterizada pela implementação através de grandes organizações ou associações da indústria, seguindo-se a difusão para as pequenas organizações abaixo na cadeia de fornecimento, que sofrem pressões para implementar esta tecnologia, por imposição, para trabalharem com estas grandes organizações ou associações, e para as entidades governamentais acima, por pressão para serem criadas normativas que dizem respeito à tecnologia. A Figura 14 esquematiza as pressões que as organizações sofrem no sentido de implementar uma tecnologia inovadora e como a tomada de decisão de um individuo de implementar uma tecnologia inovadora e como a tomada de decisão de um individuo influencia outros [24].

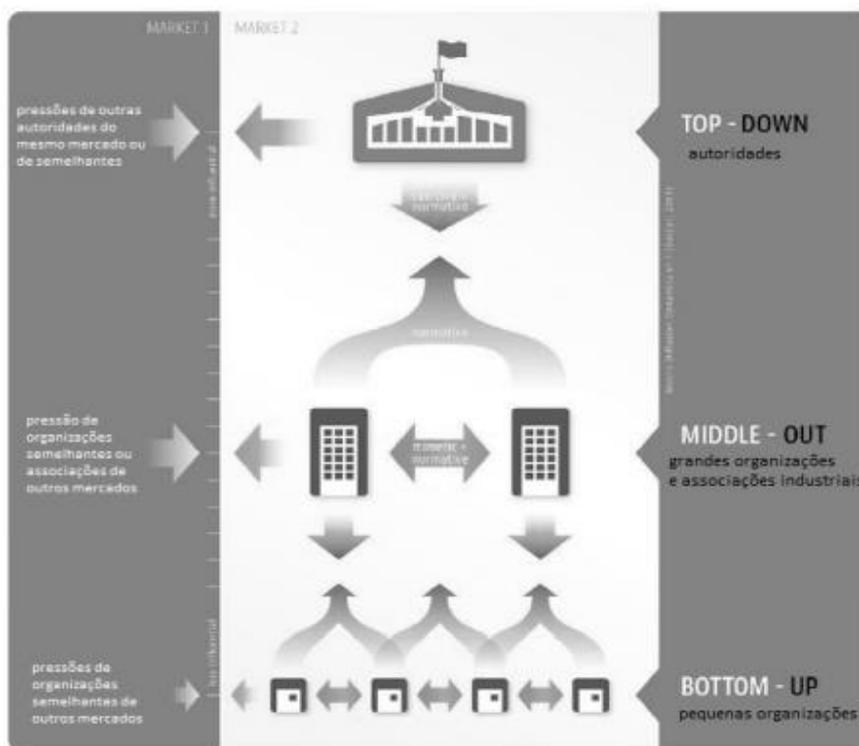


Figura 14: Modelo de dinâmicas de difusão [24].

O modelo D diz respeito às políticas no sentido de promover a implementação da tecnologia. Como tal, este modelo identifica três atividades cruciais para implementação - comunicar, empreender e monitorizar - que podem seguir uma abordagem passiva, ativa ou assertiva em conformidade com a intensidade das políticas traçadas para estimular a adoção da tecnologia. O modelo D aparece amplamente representado na Figura 15. Este modelo pode ser utilizado para estruturar a política de intervenção ou como uma ferramenta de diagnóstico para comparar diferentes ações em diferentes países ou mercados [24].

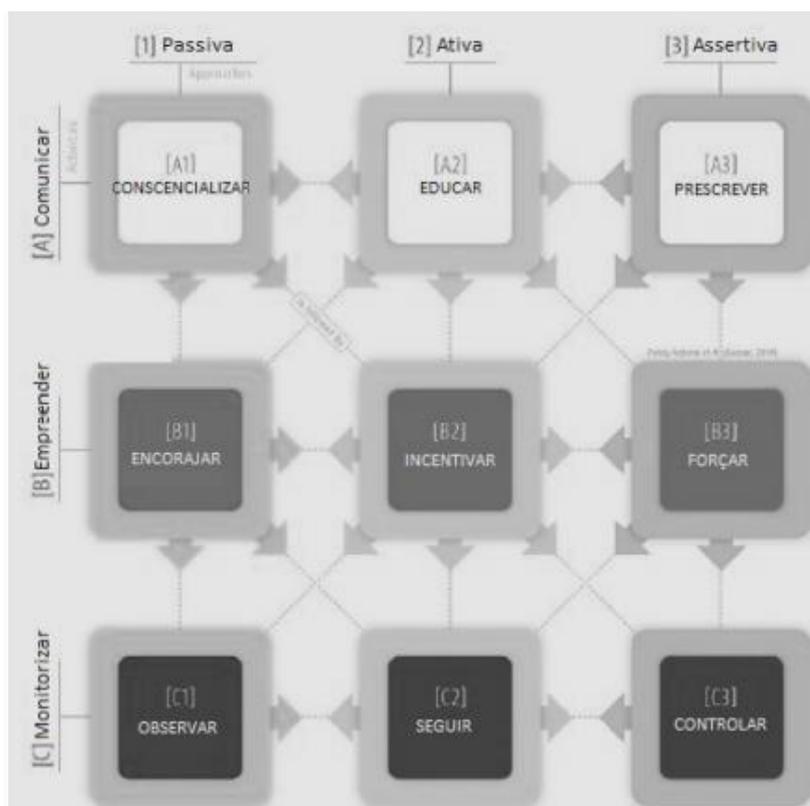


Figura 15: Modelo de ações políticas, adaptado de [24].

O modelo E incide caracteriza as responsabilidades na difusão dos intervenientes da indústria. Este modelo identifica nove intervenientes BIM, distribuído por três áreas BIM. Este modelo, esquematizado na Figura 16 pode ser utilizado para comparar as atividades relativamente à difusão de BIM realizadas por um interveniente em relação a outros intervenientes dentro do mesmo grupo ou de outros grupos do mercado, ou pode ser utilizado para comparar as atividades de difusão de BIM do mesmo interveniente em diferentes países [24].

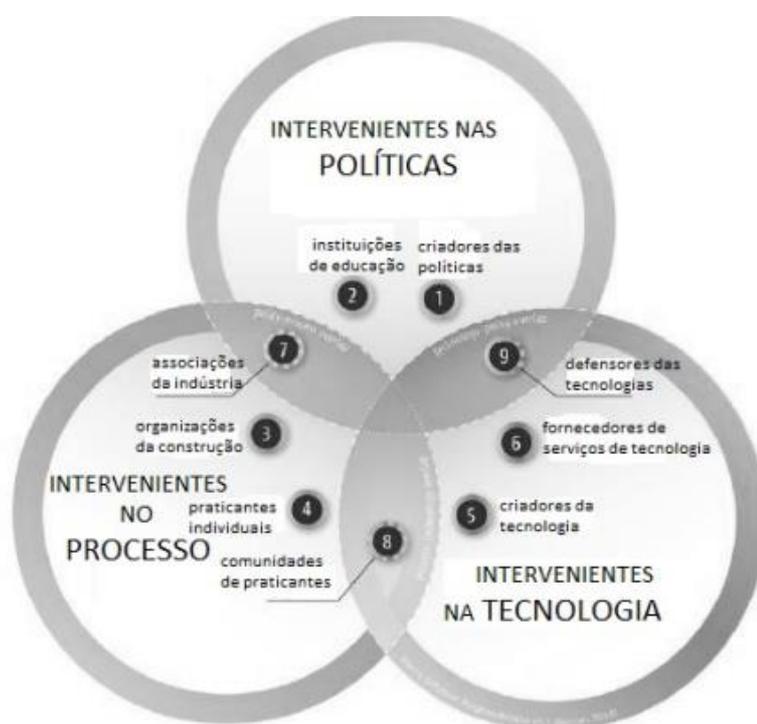


Figura 16: Modelo de responsabilidades na difusão, adaptado de [24].

Estes modelos desenvolvidos por Succar e Kassem funcionam como uma ferramenta pensada para realizar uma avaliação sólida da difusão BIM a grandes escalas, como um mercado ou um país, e alicerçar o desenvolvimento de políticas específicas de adoção de BIM.

3.3 NORMALIZAÇÃO

Com o intuito de promover a implementação BIM nas empresas AEC, o papel desempenhado pelo governo de cada país é fundamental, nomeadamente através da criação e consequente imposição de normas ou na promoção de benefícios (por exemplo, fiscais) para quem adote o BIM. Tendo em conta que a implementação do BIM na AEC envolve inúmeros estádios, métodos e intervenientes, o que conduz a um processo longo e penoso, a adoção integral da metodologia tem-se vindo a demonstrar de difícil aceitação tanto em Portugal, como em muitos dos países onde se reúnem esforços para atingir esse fim [28].

Com o objetivo de combater estas adversidades, vários países já criaram, ou estão em processo de criação, de normas que tornem obrigatória a utilização de plataformas BIM na elaboração e execução de projetos de engenharia, arquitetura e construção.

Entre estes encontra-se o Reino Unido, que definiu como obrigatório a utilização da metodologia BIM em obras públicas a partir do ano de 2016. Também se verificam outros casos tais como: Finlândia, onde desde 2001 que a *Senate Properties* desenvolve projetos de impulsionamento do BIM no país e onde em 2007 foi publicada a primeira norma - *National Common BIM requirements, COBIM* - de utilização BIM; Singapura, que desde

1999 reúne esforços para o desenvolvimento de estratégias de adoção do conceito impondo a utilização obrigatória até 2015; o Brasil, mais concretamente no Estado de Santa Catarina onde se exigiu que a metodologia seja adotada nas obras públicas até 2018; Norte da Europa (Noruega) onde através da norma Statsbygg BIM Manual criada por entidades norueguesas, o BIM foi implementado no ano de 2011.

Também com o intuito de ajudar à implementação correta e criteriosa da metodologia BIM, têm vindo a desenvolver-se diversos manuais e guias que abordam o assunto. É nos Estados Unidos da América que se tem dado mais importância a esta questão e, por isso, ao longo dos anos surgem entidades como o National Institute of Building Science ou a Charles Pankow Foundation que desenvolveram guias como o *National Building Information Modelling Standard*, *BIM Project Execution Planning guide* e *BIM Planning Guide for Facility Owners*. A título individual ainda é de referir o guia *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* elaborado por Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks e Kathleen Liston [29] [30].

Todos estes manuais e guias têm servido de auxiliares na implementação do BIM em países por todo o mundo, inclusive os referidos no parágrafo anterior [30].

- O *National Building Information Modelling Standard (NBIMS)* é um guia desenvolvido pelo National Institute of Building Science com o intuito de “... estabelecer padrões necessários para acelerar a inovação nas áreas de processos e infraestrutura de modo a que os utilizadores finais pertencentes às diferentes facetas da indústria possam ter acesso eficiente à informação necessária para criar e operar instalações otimizadas...”
- Os guias *BIM Project Execution Planning Guide* e o *BIM Planning Guide for Facility Owners* são duas ferramentas que se enquadram no âmbito da Computer Integrated Construction (CIC) Research Program.

O primeiro foi desenvolvido em 2007 conjuntamente com a Charles Pankow Foundation, e têm como objetivo “... garantir que todos os intervenientes BIM estão a par das oportunidades e responsabilidades associadas com a incorporação do BIM no seguimento de trabalhos do projeto...”. Este guia fornece um procedimento estruturado para criar e implementar um *BIM Project Execution Plan*, que garanta a comunicação entre todos os participantes no projeto durante as fases iniciais deste [31].

O segundo, desenvolvido em 2011, surge como resposta a uma necessidade identificada pelo grupo de trabalho da CIC, que afirmam ser necessário “... desenvolver um guia para proprietários e operários que inclua procedimentos de desenvolvimento de estratégias de integração do BIM ao longo de toda a organização...”.

A CIC desenvolveu ainda o *BIM Planning Website*, que funciona como “hub2 ” para todos os utilizadores dos referidos guias, e também como auxiliar para o correto uso de definições BIM [32].

- O *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners Managers Designers Engineers and Contractors* é um guia desenvolvido por Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks e Kathleen Liston, que aborda a temática da implementação BIM, oferecendo uma visão e conhecimento profundo das tecnologias BIM, das questões negociais e organizacionais que advém da implementação BIM e das vantagens que o BIM proporciona a todos os membros envolvidos no projeto [33].

É ainda importante salientar que, apesar de já existirem países na União Europeia que utilizam esta metodologia há bastante tempo, tendo já as próprias normas, outros há que ainda estão a dar os primeiros passos; ou seja, observa-se uma heterogeneidade alargada no que respeita aos níveis de adoção do BIM na EU. O relatório McGraw-Hill Construction (2013) refere que a utilização de BIM apresenta uma aceleração nos sectores privados e público de forma a recolher benefícios ao nível de rapidez e eficácia de entrega do projeto, na qualidade do produto e na redução de custos. Um recente impulso na implementação desta metodologia, foi protagonizada pela decisão do Parlamento Europeu, em Janeiro de 2014, em modernizar as regras públicas europeias de concursos, recomendando a adoção de novas tecnologias, como o BIM. A implementação da diretiva europeia *European Union Public Procurement Directive (EUPPD)* propõe que todos os 28 estados membros devem encorajar o uso de BIM para os projetos a realizar na União Europeia em 2016. Esta diretiva num curto prazo, impulsionou um crescimento da implementação da metodologia BIM em todo o continente europeu

Atualmente podem-se enumerar as seguintes normas ISO (Organização Internacional para Padronização) [12]:

- ISO 29481 -1/ ISO 29481-2 (Building information modelling - Information delivery manual);
- ISO 16739 (Industry Foundation Classes - IFC);
- ISO 120063 (Building construction - Organization of information about construction works).

3.4 BENCHMARKING INTERNACIONAL DA ADOÇÃO DO BIM

No que diz respeito à informação sobre as tecnologias e processos BIM, os países industrializados estão naturalmente mais bem informados em relação aos que têm uma construção menos evoluída. Neste contexto, é já possível identificar iniciativas individuais que alguns países têm vindo a promover, no sentido de orientar e acelerar a maturidade da adoção do BIM nos seus setores. Assim, e naturalmente, observa-se a existência de países onde a utilização do BIM em edifícios já é obrigatória, como é o caso da Finlândia, um país onde, desde há mais de 30 anos se tem vindo a desenvolver investigação e implementação do BIM na construção, sendo um dos países precursores do BIM e onde existem, presentemente, várias diretrizes BIM.

Noutros países, como é o caso do Reino Unido, foram definidas metas a partir das quais a implementação do BIM passa a ser uma realidade obrigatória. O governo do Reino Unido tem em curso um programa legislativo com o objetivo de tornar obrigatória a utilização de BIM em obras públicas, funcionando como um motor do desenvolvimento das organizações.

Por fim, o país que reúne o maior número de iniciativas analisadas em BIM e onde a sua implementação tem registado um maior crescimento são os EUA. Neste país, existem inúmeras organizações e universidades que têm publicado normas ou diretrizes. Assim, a normalização BIM nos EUA é muito dispersa e consiste em várias recomendações e guias para a implementação do BIM.

Para que seja possível uma análise mais detalhada destes guias e diretrizes, salientam-se [34].

- U.S.A, *National Building Information Modelling Standards*, desenvolvidos pelo *National Institute of Building Science*, que representa o culminar de inúmeras iniciativas BIM americanas que iniciaram em 2003 com o *National 3D-4D-BIM program da General Service Administration (GSA)*. A GSA é considerada como a entidade que mais promove iniciativas de implementação BIM. É responsável pela construção e operação de todos os edifícios federais dos Estados Unidos o que faz dela o maior cliente público do sector da construção. Em 2007 inclusive tornou obrigatória a utilização do BIM para validação de todos os seus Projetos quanto às disposições regulamentares dos espaços dos edifícios no âmbito do programa *Spatial Program Validation*;
- Finlândia, *National Common BIM requirements (COBIM)*, surge depois de o BIM ter assumido um papel central na investigação e desenvolvimento da construção guideline publicada em 2007 pela organização pública *Senate Properties* finlandesa. Desde 2001 que esta entidade desenvolve projetos-piloto que culminaram numa crescente generalização do BIM a nível nacional. Esta norma tem a aprovação de organizações e empresas nacionais e internacionais;
- Reino Unido, *PAS1192-2 Specification for information management using BIM* e também o *AEC (UK) BIM protocol*, impulsionados pelo *Cabinet Office* britânico, responsável pelas metas estratégicas entretanto estabelecidas de utilização BIM obrigatória a partir de 2016. O objetivo é transformar a indústria num líder BIM global em curto espaço de tempo, centralizado na implementação BIM. A estratégia do governo do Reino Unido foi implementada em 2011 com a intenção de tornar obrigatório até 2016 a utilização do BIM nos Projetos de obras públicas, cumprindo um plano de implementação faseado em 5 anos. Esta medida teve um impacto tremendo nas Organizações da indústria AECO, que se viram confrontadas com o problema de desenvolver as necessárias capacidades tecnológicas para cumprir com tal obrigatoriedade. Foi criado inclusive, um grupo de apoio

designado de BIM Task Group para auxiliar clientes do setor público e para auxiliar a cadeia de fornecimento do setor privado a reinventar as suas práticas de trabalho para facilitar a implementação do BIM.

É possível observar através da Figura 17, que têm surgido um pouco por todo o mundo iniciativas de legislação e regulamentação sobre o BIM. Algumas das iniciativas surgem com vista à imposição numa lógica top-down, do topo para baixo, ou seja, de organizações governamentais para organizações não-governamentais, bem como iniciativas da indústria e donos de obra, numa lógica bottom - up [8].



Figura 17: Perspetiva global da implementação BIM em todo o mundo [8].

Importa pois, analisar em detalhe em que medida estas diferentes medidas individuais dos países se encontra já materializada numa efetiva adoção do BIM. Neste sentido, será dado destaque aos países que apresentam já um maior nível de maturidade na adoção do BIM, podendo - dessa forma - servir de exemplo (por via da partilha de boas práticas) para Portugal. Assim:

3.4.1 E.U.A

Os Estados Unidos da América não são apenas os pioneiros na investigação da tecnologia BIM, como também os maiores produtores e consumidores de produtos e soluções BIM, pelo que é previsível que a evolução se prolongue ao longo do tempo [35].

Segundo McGraw_Hill, em 2012 cerca de 71% dos engenheiros e arquitetos Americanos utilizavam a tecnologia BIM nos seus projetos o que representou um crescimento de cerca de 75% em 5 anos. [35]

Desde Setembro de 2006 que o BIM tem carácter obrigatório em todos os projetos suportados pela General Services Administration, que consiste numa entidade americana que gere e apoia os diversos organismos federais [36]. Esta entidade foi impulsionadora do “National 3D-4DBIM program” que, juntamente com outras iniciativas BIM americanas, permitiram à National Institute of Building Science os meios necessários para desenvolver

um documento normativo de referência nacional intitulado “National Building Information Modelling Standards”.

A indústria americana já tem uma maturidade considerável e, aliada à dimensão do mercado, assume o seu estatuto de potência económica ao dar o exemplo desde montante com muitas universidades e organizações a investigarem o tema e a produzirem contribuições valiosas, o que leva à existência de bastantes guiões de ajuda ou documentos normativos [36].

3.4.1.1 National Building Information Modeling Standard (NBIMS)

O NIBS iniciou o desenvolvimento de National Building Information Model (NBIMS) com o intuito de promover a troca de dados e informações ao longo de toda a vida útil do edifício, definir um conjunto de dados para obtenção de uma padronização nacional BIM e organizar toda essa informação para que se torne útil, atual e acessível a todos os intervenientes da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) [37].

O NBIMS é responsável por fornecer uma base de dados abrangente com o propósito de permitir uma avaliação comparativa de todos os custos, rendimento das operações e seus impactos na empresa, assim como a saúde e ambiente, baseando-se no modelo de dados IFC [37].

A norma BIM nos EUA tem vindo a ser desenvolvida através da compilação de várias regras/requerimentos/guias para implementação de BIM pelas variadas entidades tais como empresas de construção, universidades e instituições estatais.

Atualmente já se encontra em votação as propostas para uma terceira versão desta norma, contudo neste documento iremos fazer uma análise da versão disponível para consulta que corresponde à segunda versão que tem como intenção o incentivo a práticas mais produtivas por todos os intervenientes para todo o ciclo de vida de um projeto. Com dois principais públicos-alvo que são: a) os vendedores e produtores de software; b) os utilizadores da indústria que projetam, constroem, possuem e operam no ambiente construído. A norma está dividida em 5 capítulos principais e 2 de anexos [38]:

- Âmbito;
- Normas de referência;
- Termos e definições;
- Normas de troca de informação;
- Documentos práticos;
- Anexo A;
- Anexo B.

3.4.1.2 GSA Building Information Modeling

A principal organização governamental que promove ativamente o BIM nos EUA é a General Services Administration (GSA) através do seu programa 3D-4D BIM descreve os seguintes objetivos [35]:

- Estabelecer políticas para uma gradual adoção do BIM nos projetos de grandes dimensões;
- Incentivar a utilização de aplicações piloto BIM em projetos atuais e futuros;
- Fornecer apoio especializado para projetos que implementem a tecnologia BIM;
- Avaliar a situação da indústria e identificar o momento ideal para implementação;
- Efetuar parcerias com fornecedores BIM, associações profissionais, organizações produtoras de open-standards, instituições de ensino e investigação. Para que os seus objetivos fossem cumpridos a GSA lançou algumas iniciativas para promoção do BIM, nomeadamente [35]:
 - Promoção de projetos-piloto com BIM;
 - Digitalização dos edifícios a laser;
 - Obrigatoriedade de apresentar os projetos e análises no formato IFC;
 - A tecnologia avatar simula as pessoas. O modelo BIM é testado com pessoas eletrónicas programadas com comportamentos como, caminhar, correr ou até detetar uma saída de emergência mais próxima o que irá permitir que um edifício seja estudado para uma situação de emergência;
 - Demonstração da eficiência energética dos projetos;
 - Comunicação da adoção do BIM através do lançamento do US National BIM standard;
 - Colaboração com empresas criadoras de software;
 - Colaboração internacional.

3.4.2 FINLÂNDIA

Há mais de 30 anos que o BIM na Finlândia tem um papel fundamental na investigação e Desenvolvimento na área da Construção.

O RATAS-project deu os primeiros passos na década de 80 com a introdução dos conceitos como objetos, atributos, relações e modelos reconhecidos para o setor da construção.

Na década de 90 e nos primeiros anos de 2000 surgiram vários projetos tecnológicos criados pela Finnish Funding Agency for Technology (TEKES), estes projetos fizeram com que a Finlândia fosse um dos impulsionadores do BIM. Mas a verdadeira implementação do BIM deu-se a 1 de Outubro de 2007, altura em que o Estado, através do Senate Properties, passou a exigir a entrega de todos os projetos utilizando modelos dentro do standard IFC [39].

Atualmente a utilização do BIM está bastante difundida e é uma ferramenta de utilização diária para muitos profissionais do setor. Desde o lançamento de Senate Properties que existem diversas diretrizes BIM o que permite que haja uma grande abundância de projetos BIM. Devido a esta abundância de modelos criados e à diversidade de processos de modelação, a qualidade é muito variável. Uma modelação pouco cuidada leva a incompatibilidades entre os diferentes intervenientes da construção [40].

3.4.2.1 Common BIM Requirements (COBIM)

Esta publicação é o resultado de um desenvolvimento do projeto COBIM. A necessidade para estes requisitos surge na rápida adoção do BIM na indústria da construção. Durante todas as fases de um projeto, as partes envolvidas têm a necessidade crescente de definir com mais precisão o que está a ser modelado e as técnicas de modelação utilizadas. A COBIM é apoiada por diversas entidades desde empresas, universidades, produtores e utilizadores de BIM [41]. A COBIM está dividida nas seguintes treze partes:

- Requisitos gerais BIM;
- Modelar de uma situação inicial;
- Projeto de arquitetura;
- Projeto MEP;
- Projeto de estruturas;
- Garantia de qualidade;
- Extração de quantidades;
- Uso de modelos para a visualização;
- Uso de modelos para análise MEP;
- Análise energética;
- Gestão de um projeto BIM;
- Uso de modelos na gestão de edifícios;
- Uso de modelos na construção.

3.4.3 SINGAPURA

Singapura foi um dos primeiros países do mundo a implementar um sistema de informático baseado em BIM para a entrega de projetos. A autoridade para a construção e edificação liderou um esforço conjunto com várias agências para criar a norma, designada *Singapore BIM guide* [35].

Esta norma foi considerada como a que contém informação mais completa no que diz respeito aos detalhes sobre os elementos do modelo quando comparada com outras normativas e guias de boas práticas (Likhitruangsilp e Ruangpin). No entanto, normas que especifiquem demasiado os elementos componentes do modelo pode levar a modelos demasiado grandes e pesados que se podem tornar difíceis de gerir.

Em Singapura é possível submeter os projetos através de um sistema informático e a verificação dos planos é feita informaticamente, o que em si mesmo, desde logo, exige o uso do BIM e o seguimento das normas IFC. As normalizações adotadas são baseadas nas orientações da Aliança Internacional para a Interoperabilidade (IAI) [35].

Neste sentido, em 2010 foi promovido o desenvolvimento de um plano a 5 anos para a endogeneização da implementação de BIM (até 2015), com o propósito de 80% da indústria o adotasse e de garantir, legalmente, que os projetos de engenharia e arquitetura com áreas superiores a 5000 m² fossem submetidos em BIM. Considerando as várias vantagens que advêm da utilização de BIM, o governo de Singapura, por intermédio do BCA,

criou um novo plano estratégico, tendo este como foco a utilização de BIM 7D (Facility Management) e Smart City [42]. Traduzindo-se num enorme benefício para todas as partes envolvidas na gestão e operação, possibilitando a coordenação das atividades a realizar, facilitando a comunicação fluida e colaborativa entre equipas e agilizando a partilha de informação, que se pretende em tempo real. Assim, foi possível otimizar as intervenções de manutenção, redesenhando planos de manutenção de equipamentos e sistemas, menos generalistas e mais focados no desempenho eficiente que se pretende atingir - zero falhas inesperadas - zero interrupções de serviço.

3.4.4 REINO UNIDO

Ao contrário do que acontece na maioria dos países, no Reino Unido está em curso um programa legislativo que tem como principal objetivo a obrigatoriedade da utilização do BIM em obras públicas. Em maio de 2011, *UK Cabinet Office* publicou a *Government Construction Strategy*, este documento tem uma secção dedicada ao BIM, na qual especifica que o governo ia exigir o BIM 3D, até 2016. O documento admite que existe falta de sistemas compatíveis, normas e protocolos e os diferentes requisitos e necessidades das várias equipas de projeto, tem inibido a adoção do BIM a cem por cento. No entanto o governo irá focar-se na obtenção de normas que permitam que todos os intervenientes da AEC trabalhem de forma colaborativa através do BIM [43]

Estas exigências do governo são apoiadas pela *AEC (UK) BIM Standard Committee* que publicou até à data as normas *AEC (UK) BIM Standard* (em Novembro de 2009), e a *AEC Standard* para os softwares *Revit* (em Junho de 2010) e *Bentley* (em Setembro 2011) [43]. Todas estas normas têm como propósito fornecer protocolos e procedimentos para que as empresas do AEC no Reino Unido façam a transição de CAD para BIM. Estas normas são escritas por uma comissão que inclui profissionais da AEC que estão a utilizar o BIM no seu dia-a-dia, por isso, as normas não são simplesmente teóricas, mas podem ser aplicadas na implementação do BIM [43].

3.4.3.1 AEC (UK) Protocol

Em 2000 foi formada a iniciativa AEC (UK) com o propósito de introduzir melhorias ao nível dos processos de conceção, produção de informação, gestão e transmissão de informações, tendo como objetivo inicial a criação de convenções CAD. Com o evoluir das tecnologias e das necessidades a iniciativa foi-se alargando, sendo expectável que alcance todos os aspetos relacionados com a produção de dados de projeto e de troca de informações entre os intervenientes [33].

O momento de transição do CAD para o BIM deu-se em 2009 com a reformulação da comissão onde foram incluídos novos membros de empresas especialistas em software BIM. Esta comissão foi fundada com o intuito de responder às crescentes necessidades de normalização da indústria [33].

No mesmo ano, foi publicada a primeira versão do *AEC (UK) BIM Protocol* sendo atualizado em 2012 [33]:

- Introdução;
- Melhores práticas;
- Plano de execução do projeto BIM;
- Trabalho colaborativo em BIM;
- Interoperabilidade;
- Segregação de dados;
- Métodos de Modelação;
- Estrutura das pastas e convenção de identificação;
- Estilos de apresentação;
- Recursos;
- Anexos.

3.4.3.2 PAS 1192:2 (Especificações de acesso publico)

PAS 1192-2:2013 "Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling". A finalidade desta norma é apoiar o objetivo de alcançar a maturidade BIM nível 2, especificando os requisitos para este. Os requisitos passam por construir um código de práticas para a produção colaborativa de informações de engenharia, arquitetura e construção, definidas em BS1192:2007 [44].

Descreve o uso compartilhado de modelos criados num ambiente de dados comum como sendo a única fonte de informação em qualquer projeto.

3.4.5 ITÁLIA

Em Dezembro de 2017 foi assinado em Itália o "*Decreto BIM*", que tem como propósito a implementação da obrigatoriedade de utilização de ferramentas BIM de forma progressiva.

Este decreto veio complementar o art.º 23 do novo Código de Aquisições que é responsável pela definição dos procedimentos e cronograma de obrigatoriedade de uso de BIM. As metas para a implementação de BIM estabelecidas em Itália são as seguintes segundo [45]:

- Obrigação de metodologia BIM para empreitadas de valor superior a cem milhões de euros em 2019.
- Entre 2019 e 2021 - Utilização de BIM para empreitadas com um elevado número de intervenientes e com elevada complexidade de normas de segurança. A partir de 2020 - Implementação de BIM em plena capacidade, tornando-se obrigatória para todo o trabalho regular, exceto residencial que não envolva problemas de segurança no trabalho.
- Em 2025 - Aplicação obrigatória para todos os projetos inferiores a um milhão de euros.

Este planeamento e metas de implementação foram impostas de forma a garantir uma transição suave e atempada dando tempo para a formação de mão-de-obra apta para trabalhar em BIM. O uso de plataformas interoperáveis será considerado utilizando formatos abertos como o IFC [45].

3.4.6 FRANÇA

O plano de transição digital da indústria da construção, o *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment* (PTNB), promovido pelo governo francês, visa atingir até 2022 a difusão completa das estratégias BIM no projeto/gerenciamento das obras públicas e das grandes infraestruturas.

O PTNB foi apresentado pelo Conselho dos Ministros em dezembro de 2014 e financiado por um período de 3 anos com 20 milhões de euros adquiridos do fundo FCAC (*Fonds de Compensation de l'Assurance Construction*) [46].

Em janeiro 2015 o Ministério nomeou o presidente do PTNB, Bertrand Delcambre, que estabeleceu os seguintes objetivos para adoção do BIM [47]:

- Experimentar, capitalizar e incentivar os atores a trabalhar em ambientes BIM, no dia-a-dia da construção;
- Acompanhar o crescimento profissional dos técnicos da construção sobre novas tecnologias BIM;
- Acompanhar o desenvolvimento de ferramentas adequadas para todos os setores, com especial atenção ao BIM;
- Promover um clima de confiança nestas novas ferramentas digitais, incentivando também a elaboração de novas normas, a fim de facilitar o “diálogo” entre os vários softwares.

O plano também visa atingir os seguintes objetivos secundários [47]:

- Apoiar os atores do sistema francês da economia digital;
- Incentivar os contratantes a utilizar a tecnologia BIM nas licitações públicas.
- Acompanhar as empresas construtoras pequenas na utilização de ferramentas digitais;
- Demonstrar a eficácia da tecnologia digital em todas as fases do processo de construção, ou seja, nas fases de projeto, construção, manutenção e desmantelamento;
- Demonstrar a utilidade do BIM, realçando o progresso alcançado em termos de redução de custos e tempos, maior qualidade e melhor produtividade;
- Promover o uso de ferramentas digitais nas fases de gerenciamento e manutenção de edifícios;
- Colocar o edifício digital ao serviço do cidadão com um caderno digital para acompanhamento e manutenção do próprio edifício;
- Promover a formação contínua dos atores do setor;

- Garantir a interoperabilidade das ferramentas;
- Desenvolver projetos piloto a serem utilizados como modelos de referência;
- Respeitar o “copyright” e a propriedade intelectual dos projetos;
- Reduzir os problemas resultantes da má comunicação entre os atores;
- Participar na elaboração do direito digital.



Plateforme Collaborative PTNB

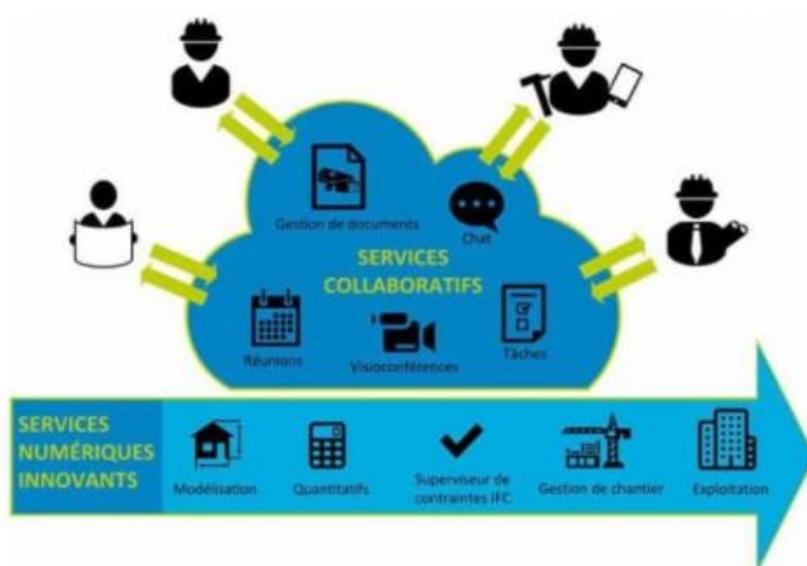


Figura 18: Plano de Digitalização Francês [47].

A par dos trabalhos desenvolvidos, entre as principais dimensões a merecer especial atenção, o PTNB identificou a normalização como uma das ações mais estratégicas. Após discussão entre especialistas, foi identificada a necessidade de garantir que as normas em preparação se harmonizam com os processos aplicados pelos diferentes intervenientes em França, incluindo as PME, que por vezes não dispõem dos recursos suficientes para desenvolver este tipo de atividades [47].

Para o efeito, focaram num trabalho a nível nacional, com uma ligação forte a nível europeu (CEN) e internacional (ISO), organizado em quatro temáticas principais [48]:

- Gestão BIM ou partilha de informação entre diferentes intervenientes (Information Delivery Manual, BIM Execution Plan, ISO 19650);
- Modelação BIM ou comunicação máquina-máquina (Industrial Foundation Classes [IFC], BIM Collaboration Format [BCF], Model View Definition [MVD]);

- Dicionários, classificações e objetos BIM (gestão do ciclo de vida dos produtos, norma experimental XP P07-150);
- Temáticas transversais como repositórios de dados (que permitem a prestação estruturada de informações heterogéneas) ou “Dados interligados” (que ligam todos os documentos associados a um determinado projeto).

O presente trabalho continua no sentido de assegurar até 2022 a difusão completa das estratégias BIM no projeto/gerenciamento das obras públicas e das grandes infraestruturas.

3.4.7 ESPANHA

O Ministério do Desenvolvimento espanhol, através do comité BIM, promoveu a criação do projeto es.BIM para acelerar a disseminação desta metodologia na Espanha.

O projeto es.BIM surge com o intuito de [49]:

- Promover a disseminação do BIM na indústria da construção espanhola, a partir de um grupo de trabalho que preveja uma participação aberta em todos os setores, quer públicos quer privados.
- Incentivar a utilização do BIM em todo o ciclo de vida de uma infraestrutura.
- Sensibilizar as administrações públicas para a utilização dos protocolos BIM nas licitações de obras públicas.
- Estabelecer um programa para adaptar a norma às metodologias BIM.
- Desenvolver protocolos nacionais que tornem homogénea a utilização do BIM.
- Realizar um plano universitário com o intuito de formar pessoal técnico especializado.
- Promover a digitalização no planeamento de infraestruturas para torná-las mais sustentáveis.
- Incentivar a utilização do “open BIM” e estabelecer os níveis de segurança para cada classe de operador.
- Colocar a indústria da construção espanhola entre as melhores no mundo para a utilização do BIM.
- Suportar as instituições espanholas nos eventos internacionais da indústria da construção.

A equipa do es.BIM é responsável por elaborar relatórios periódicos sobre a evolução da estratégia BIM na Espanha. O último relatório, de abril 2018, realça os seguintes dados [49]:

- 37% das empresas espanholas acredita que o BIM não é prioritário;
- 29 % dos profissionais possui um mínimo de formação no BIM;
- Apenas 11% possui boa familiaridade com o BIM.

O BIM em Espanha, portanto, ainda tem um longo caminho a percorrer. De acordo com a comissão es.BIM, isso é devido, sobretudo, à natural resistência à mudança por parte das empresas de construção e do mundo profissional, que se mostram relutantes em abdicar de práticas e métodos que já utilizam há muitos anos e nos quais confiam.

Para tentar incentivar a familiaridade das empresas com estas novas metodologias de trabalho, as políticas públicas são orientadas a exigir o BIM como requisito essencial nas licitações públicas [49].

3.5 BIM EM PORTUGAL

Em Portugal, a utilização de modelação com recurso a ferramentas BIM ainda é pouco difundida, no entanto é notório um crescimento na utilização do BIM com especial relevância entre empresas de maior dimensão. As vantagens na utilização de BIM tornam-se mais evidentes para as empresas quando se trata da construção de novos edifícios ou da exploração e manutenção de ativos imobiliários de elevado valor patrimonial. Apesar dos elevados custos inerentes à implementação de BIM, que se apresenta como uma justificação para o ritmo lento de adoção desta metodologia, a crescente adesão está diretamente associada às vantagens obtidas pela utilização da mesma [50].

Em Portugal, uma das principais iniciativas de dinamização do BIM partiu da Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (PTPC), que criou um grupo de trabalho sobre esta temática, denominado GT BIM. Este grupo de trabalho é constituído por docentes de várias universidades do país, como por exemplo a Universidade do Minho, a Universidade do Porto e o Instituto Superior Técnico de Lisboa, e por profissionais com vasta experiência em BIM. O principal objetivo deste grupo é promover a reflexão sobre o setor e implementação de iniciativas e projetos de investigação, desenvolvimento e inovação, com o intuito de contribuir para um aumento da competitividade e promover a cooperação entre empresas, entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN), associações, federações, confederações, entidades públicas e privadas do setor da construção e obras públicas [51].

Com o intuito de garantir uma melhoria da competitividade global do setor da construção nacional, em contexto de internacionalização, crescimento e construção sustentável a PTPC pretende cumprir com os seguintes objetivos [51];

- Competitividade - intensificar a prática da inovação nas empresas, impulsionando o trabalho em rede entre parceiro com ligações ao setor e garantindo a difusão de resultados e a transferência de tecnologia;
- Vigilância tecnológica - criar um polo de vigilância tecnológica sobre a produção científica, relacionada com a atividade construção, e de certa forma promover a produção e disseminação do conhecimento;
- Inovação relacionada com as tecnologias sistemas, processos e produtos - promover o investimento em atividades de Investigação, Desenvolvimento e Inovação no sentido de fomentar o desenvolvimento tecnológico aplicado, como é o caso da reformulação de processos, respondendo adequadamente às atuais e futuras exigências da sociedade;
- Inovação relacionada com métodos de gestão - desenvolver novos conceitos e metodologias de gestão relevantes para o setor;

- Inovação relacionada com as tecnologias de informação - promover o desenvolvimento de tecnologias de informação ao serviço das empresas.

O BIMForum Portugal, por sua vez, é um grupo de trabalho constituído por projetistas, empresas de construção, instituições de ensino superior e empresas representantes de diferentes softwares BIM, constitui uma das iniciativas portuguesas e tem como missão promover e acelerar a implementação do BIM no setor AEC. Como tal, o BIMForum Portugal procura obter diferenciação e vantagem competitiva dos envolvidos entre os seus pares internacionais através de promoção do BIM em Portugal no desenvolvimento de melhores práticas e padrões para a gestão da construção virtual.

Esta iniciativa tem como foco as seguintes áreas [52]:

- Projetistas - pretende criar e promover regras práticas com o BIM, promovendo a colaboração entre projetistas das várias especialidades;
- Empreiteiros e Subempreiteiros - fomentar a colaboração na definição de metodologias BIM de forma a garantir uma melhoria no processo de planeamento e controlo das obras;
- Dono de Obra - pretende criar um repositório de normas, orientações e especialistas que apoiem o dono de obra na tomada de decisão em tornar as suas obras BIM e assim influenciar todo o setor;
- Entidades Fiscalizadoras - Desenvolvimento e fomentação dos meios de colaboração com outras áreas de impacto, para uma maior facilidade e aceleração na adoção do BIM;

A par disto surgiu o BIMCLUB que é constituído por um conjunto de pessoas do meio académico, envolvidas numa dinâmica de divulgação do BIM em Portugal, fomentando a partilha de conhecimento e práticas colaborativas. Esta iniciativa académica tem em vista o estabelecimento de uma plataforma virtual de discussão informal e promoção de iniciativas relacionadas com a implementação e divulgação do BIM, particularmente dirigido a estudantes e docentes. A génese desta plataforma vem realçar o importante papel das instituições de ensino no desenvolvimento de futuros profissionais no apoio à inovação e aproximação do mercado neste novo paradigma [53].

De todas as iniciativas de disseminação e apoio à implementação BIM em Portugal, realça-se a Comissão Técnica de Normalização BIM, mais conhecida por CT 197.

A CT 197, coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST), é a comissão técnica nacional de normalização vocacionada para as questões associadas ao BIM, que visa a “normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção e acompanhar os desenvolvimentos do CEN/TC 442, Comité Técnico do CEN (European Committee for Standardization) relativo a normalização BIM” [54].

Como principais ações desenvolvidas ou em desenvolvimento, salientam-se as seguintes:

- Guia para a contratação BIM;
- Plano de Execução BIM;

- Especificações para bibliotecas de objetos e propriedades;
- Metodologias BIM;
- Plano de implementação e maturidade BIM.

Como tal, a CT197 encontra-se dividida em 4 Subcomissões de Trabalho: a Subcomissão 1 - Maturidade e Plano de Ação; Subcomissão 2 - Trocas e Requisitos de Informação; Subcomissão 3 - Metodologias BIM; e Subcomissão 4 - Modelação e Objetos BIM. É importante salientar, que é ao nível da Subcomissão 3 que são realizados os trabalhos para a normalização BIM em Portugal ao propor uma adenda de apoio à contratação.

A subcomissão 3 tem como objetivo focar os processos e as metodologias BIM, sendo particularmente importante a identificação dos diversos atores, usos BIM e instrumentos disponíveis, o mapeamento de processos e trocas de informação, o desenvolvimento de guias metodológicos e o apoio à implementação do BIM na indústria.

É ainda importante referir que o Guia de Contratação BIM de Portugal, publicado em 2017, relata que o BIM surgiu no setor AEC como solução de modernização e reestruturação, e alerta que o mercado de construção portuguesa pode alcançar até 2025, 10% em poupanças com o BIM, correspondendo a um valor de 1.700 milhões de euros. Este montante pode ser considerado realista já que, conforme citado na introdução deste documento, prevê-se entre 15 a 25% de poupança, ao nível global, pela implementação do BIM, até 2025. Além disso, há um forte impacto ambiental pela diminuição de desperdícios na adoção destas medidas (CT197-BIM, 2017).

3.6 MATRIZ COMPARATIVA DO GRAU DE MATURIDADE DE ADOÇÃO DO BIM A NÍVEL INTERNACIONAL

Como referido ao longo deste capítulo, a ideia de implementar o conceito BIM no setor da construção a nível nacional depende de variados fatores, inclusive da vontade e determinação dos agentes envolvidos direta e indiretamente na indústria da AEC.

A análise do estado atual da indústria e o seu enquadramento económico, assim como o estudo e aprendizagem baseados em casos de implementação BIM de sucesso em Portugal são alguns dos pontos base para o desenvolvimento de um modelo de maturidade BIM adequado, mas não prescinde da definição daquilo a que se pode chamar de visão/missão a transmitir.

Posto isto, e com base na informação recolhida estabeleceu-se uma matriz que permitisse comparar o estado de maturidade na adoção do BIM de cada um dos países analisados.

	Projetos para acelerar a disseminação da metodologia BIM	Comissão dedicada ao BIM	Políticas publicadas orientadas à exigência de BIM	Normas, Protocolos e Guias	Estratégia, Visão e Metas	Condutores e Líderes	Estrutura Regulatória	Medição e Otimização	Educação e Aprendizagem
E.U.A	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Finlândia	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Singapura	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Reino Unido	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Itália	●	●	●	●	●	●	●	●	●
França	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Espanha	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Portugal	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda: ● Consolidado ● Em consolidação ● Não Consolidado

Tabela 1: Matriz de maturidade dos países selecionados para o presente estudo.

Sendo este avanço de significância ímpar para o sector da construção metálica e mista e respetivas indústrias satélites, compreende-se que a utilização da metodologia BIM seja cada vez mais disseminada e inclusive de carácter obrigatório para alguns países. Como tal, há países em que o processo de implementação do BIM é já bastante avançado e profundo, onde a utilização de BIM em obras de investimento público é obrigatória e que já publicaram normas para a utilização das ferramentas BIM, como nos Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Singapura e Finlândia.

A necessidade de guias de boas práticas e normalização BIM é cada vez maior com o aumento da adoção de metodologias BIM. Nos EUA foram desenvolvidos esforços nesse sentido para ajudar a definir melhor os processos colaborativos em 2007 e 2008, quando muitas empresas estavam a começar a adotar BIM e ferramentas BIM nos seus processos de trabalho e o BIM já era uma ferramenta emergente. Como as empresas estavam a dar os primeiros passos, a normalização produzida e os guias de boas práticas eram muito flexíveis uma vez que a tecnologia e as técnicas ainda estavam a evoluir. Com a evolução da tecnologia e com o BIM a tornar-se uma prática corrente no setor, foram desenvolvidas melhores práticas e atualizadas as normas para as tornar mais compreensivas e ajustadas às necessidades da indústria - resultou na norma National Building Information Modeling Standards (NBIMS). A par disto, destaca-se a autoridade de Singapura para a construção e edificação que liderou um esforço conjunto com várias agências em 2008 para criar a norma, designada *Singapore BIM guide*.

A par dos trabalhos desenvolvidos, Espanha através do projeto es.BIM providenciou e acelerou a disseminação desta metodologia, envolvendo empresas e profissionais de diferentes áreas da indústria AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção. Tendo como principal objetivo a promoção da partilha de boas práticas BIM e o apoio à implementação do BIM em Espanha.

A implementação BIM em Portugal ainda se encontra numa fase relativamente atrasada em relação ao resto da Europa. Trata-se de um ganho que merece o investimento da indústria nacional e exige uma abordagem comum e coordenada. Este objetivo requer liderança e a influência, em matéria de adjudicação de contratos, dos governos e dos donos de obra do setor público, que representam o maior cliente isolado da indústria da construção. A digitalização do setor da construção representa uma oportunidade, única numa geração, para superar estes desafios estruturais, tirando partido da disponibilidade geral de boas práticas noutros setores da indústria e de métodos e ferramentas de engenharia, de fluxos de trabalho digitais e de competências tecnológicas para transitar para um nível de desempenho superior e tornar o setor da construção num setor digital.

Por um lado, é importante reconhecer a necessidade de requalificação das empresas no quadro da digitalização da construção e do emergente paradigma da indústria 4.0. Por outro lado, é crucial compreender a natureza extremamente fragmentada da indústria da construção e encontrar formas de gerir a mudança potenciando a integração da fileira da construção. A requalificação, modernização e integração da indústria são desafios com-

plexos, que envolvem uma mudança cultural e organizacional. Assim, é importante desenvolverem-se guias de apoio à mudança, instrumentos de simplificação da requalificação, iniciativas de potenciação de sinergias e *networking* e planos de otimização e inovação contínua.



4. PROJETOS DE REFERÊNCIA EM BIM

A metodologia BIM está a dinamizar o setor AECO à escala mundial, como resposta a um processo de desenvolvimento de projeto de cada vez maior complexidade e exigência. Enfrentamos todos os dias desafios tecnológicos, questões de sustentabilidade e eficiência, e pressão para encurtar custos e tempos de execução. O método tradicional de gestão da construção já não consegue acompanhar esta exigência de forma eficiente. A metodologia BIM leva à mudança de mentalidades e ao aumento da cooperação entre os intervenientes no setor da construção, potenciando claramente a produtividade e a competitividade do sector.

As obras de referência selecionadas - duas a nível mundial e duas a nível nacional - enquadram-se no presente estudo como o exemplo da aplicação prática dos procedimentos teóricos abordados nos capítulos anteriores. Dadas as vantagens que esta metodologia acarreta e a importância que tem adquirido no Mundo, têm surgido inúmeras construções nas quais foi utilizada esta metodologia e os *softwares* associados para a realização de projetos, da construção e da manutenção dos edifícios.

4.1 Novo Aeroporto Internacional da Cidade do México



Figura 19: Novo aeroporto da Cidade do México [55].

O novo aeroporto localiza-se na área do Lago Texcoco da Cidade do México. O solo é húmido e extremamente macio; a extração de água da subsuperfície aquífera leva a um assentamento de até 30cm por ano. A área é altamente sísmica, com as condições do solo a complicar os efeitos sísmicos [55].

Localizar o projeto aqui levou a que a resposta da engenharia de estruturas seja uma cobertura metálica leve em catenárias invertidas, que abrange grandes vãos, por forma a minimizar as cargas sísmicas. A forma funicular da cobertura, desenvolvida em estreita colaboração com a equipa projetista da arquitetura. A cobertura pode ser rapidamente montada em elementos pré-fabricados, e permite um movimento significativo dos suportes [55].

O projeto tem acreditação LEED platina - a acreditação mais exigente a nível da sustentabilidade -, muito devido à importância dada à ventilação natural, ao controlo das cargas térmicas e da incidência solar, e ao reaproveitamento das águas pluviais [55].

Ao nível da arquitetura foram realizados 120 modelos BIM, divididos por área e disciplina; ao nível da cobertura, 130 modelos; ao nível dos equipamentos e das estruturas, 35 modelos. Os modelos BIM são LOD 200 e atingirão LOD 300 no projeto de execução [56].

Utilização do BIM:

- Parametrização da complexa geometria do projeto.
- Enorme escala, complexidade e magnitude do projeto.
- Criar plantas do espaço.
- Análise da engenharia de estruturas.
- Visualização dos vários espaços.
- Programação dos espaços.
- Revisão do desenho.
- Coordenação ao nível do 3D-BIM e clash detection precoce.
- Cálculo de cargas térmicas.
- Pré-fabricação dos elementos constituintes da cobertura.
- Produção de peças desenhadas (foram produzidas 5000 plantas).
- Manutenção do aeroporto (7D-BIM).

4.2 PHOENIX MEDIA CENTRE, BEIJING



Figura 20: PHOENIX MEDIA CENTRE [57].

A forma não-linear do edifício obrigou a uma abordagem avançada da equipa de projeto e desde o início levou-a pelo caminho da modelação detalhada em 3D. A geometria complexa da fachada induziu à parametrização do design e da engenharia de estruturas [57].

Shao Weiping, o arquiteto responsável pelo projeto, afirmou que recorreu a tecnologia dos softwares 3D o que permitiu à arquitetura conceber e executar o projeto – que exigiu um elevado grau de precisão. Envolto num toro composto por 3,800 painéis de vidro, o edifício obrigou a que cada um tivesse dimensões e pormenorizações diferentes [57].

A evolução para um common data environment (CDE) em BIM adveio da vantagem em integrar informação não-geométrica. Este passo foi considerado pela equipa como essencial para mitigar uma série de riscos, poupar tempo e aumentar a qualidade, por comparação com métodos mais tradicionais. Reconhecem, contudo, que tiveram dificuldades para ir contra as convenções de desenho e de elementos de entrega. Tiveram de se auto forçar a pesquisar workflows alternativos por forma a conseguirem fazer uma troca de informação e um ambiente de interoperabilidade que funcionasse na perfeição [57].



Figura 21: Planta do edifício [57]

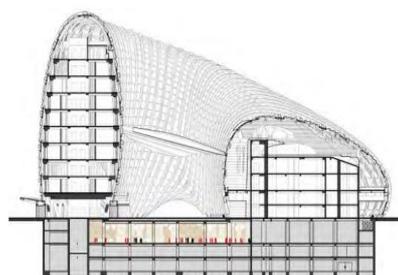


Figura 22: Corte do edifício [57]

As equipas projetistas trabalharam em BIM, atingindo o nível 7D-BIM. A arquitetura baseou o seu modelo no programa Digital Project da Gehry Technologies [57].

Utilização do BIM, ao nível da:

- Geometria complexa da arquitetura e da estrutura.
- Controlo da ventilação, dentro e fora do edifício.
- Conversão da diagrid1 numa rede de canais em miniatura, capazes de transportar as águas pluviais para a miríade de piscinas refletoras que rodeiam o edifício.

4.3 Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões



Figura 23: Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões [58].

O Terminal de Cruzeiros de Leixões é um pequeno complexo portuário situado no Molhe Sul, em Matosinhos, Portugal.

O Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões é um dos grandes projetos promovidos pela APDL - Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, integrado no Plano Estratégico de Desenvolvimento do Porto de Leixões e que resulta de uma dinâmica de cooperação territorial, interligando dois principais objetivos: por um lado o de melhorar a eficácia comercial do porto, associada à atividade dos cruzeiros e, por outro lado, o de integração urbana, associado ao incremento da sociabilidade com a população envolvente [59].

A complexidade arquitetónica do edifício conduziu à elaboração de diversos modelos de cálculo de forma a efetuar o estudo dos vários elementos constituintes do projeto [59].

Segundo os projetistas de engenharia do gabinete Newton, a utilização do BIM deveu-se aos seguintes pontos [58]:

- Transmissão de informação, quer entre projetista de estruturas e projetista de arquitetura, quer com o dono de obra, para comunicação visual de soluções.
- A estrutura em si, altamente hiperestática, com uma redistribuição complexa de esforços entre os diversos elementos estruturais, só foi possível de calcular e analisar com todas as suas particularidades realizando uma modelação completa.
- Medição exata das lâminas, elementos de grande dimensão e com dupla curvatura, cuja quantificação também teria sido mais difícil através de outra tecnologia.

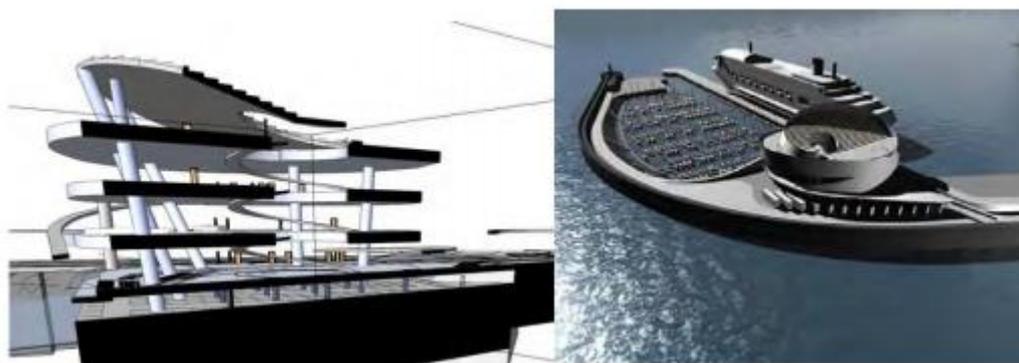


Figura 24: Modelo 3D [58].

4.4 MAAT - MUSEU DE ARTE, ARQUITETURA E TECNOLOGIA

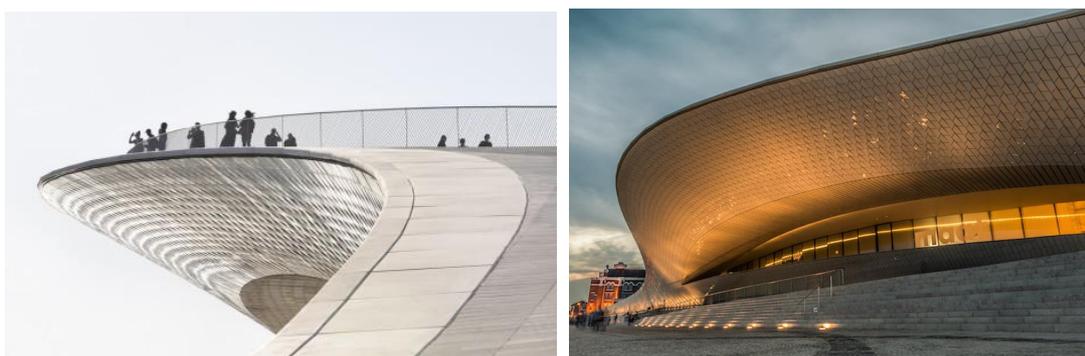


Figura 25: MAAT - Museu de Arte, Arquitetura e Tecnologia [60].

O Museu de Arte, Arquitetura e Tecnologia da Fundação EDP é um museu à margem do rio Tejo, em Lisboa. Assim, a arquiteta Amanda Levet, propôs uma nova relação com o rio e com o mundo, este museu é um edifício poderoso, mas sensível e baixo, que explora a convergência da arte contemporânea, da arquitetura e da tecnologia [60].

O Modelo BIM foi desenvolvido pela empresa modelical com base em informação CAD. A modelical fez posteriormente a implementação e a modelação de toda a informação de projeto, deu formação em Revit Architecture à equipa e forneceu apoio ao projeto e à criação de conteúdos (Modelical, 2017). A ConsulCAD, Lda. foi convidada a desempenhar as funções de BIM management, apoio à preparação de obra e gestão do modelo 3D através da utilização intensiva dos softwares Building Design Suite (Revit Arquitetura /Estruturas /MEP), Autodesk Inventor, Tekla, Rhino [60].

Recorreram à utilização do BIM:

- Apoio à construção.
- Aferição de compatibilidades.
- Planeamento.
- Manipulação da informação para a preparação da obra e estaleiro.



Figura 26: Desenho técnico ilustrativo da circulação [60].

5. CONCLUSÃO

Com a execução do presente estudo aferiu-se que a metodologia BIM representa uma grande revolução no setor da construção moderna, uma vez que permite a construção colaborativa em ambiente virtual do empreendimento, unindo visualização tridimensional, acesso a informação e muitas potencialidades de uso. Benefícios do BIM como a antecipação de interferências e a identificação de erros, quando comparados a processos tradicionais.

Tal como tem vindo a ser referido ao longo de todo o estudo, o BIM tem sido uma das grandes apostas deste setor nos últimos anos, onde se vê cada vez mais empresas a apostar neste conceito, procurando demonstrar que as vantagens associadas a todo este processo são significativas quando comparados com todo o processo tradicional. Não menos importante, procuram sempre que possível minimizar as suas limitações, através da implementação de um processo de melhoria contínua.

A clara definição dos diversos níveis de maturidade é fundamental para que se consigam implementar as metodologias e as ferramentas BIM de uma forma eficiente nas diversas organizações. Através do esclarecimento dos níveis de maturidade, torna-se possível para as partes interessadas posicionarem-se no seu nível de maturidade atual e terem uma noção evidente das atividades e procedimentos que devem seguir no seu processo de implementação BIM.

A par disto, em março 2011 o governo do Reino Unido emitiu um documento estratégico para o BIM, no qual se define um modelo que permite aferir o nível de sofisticação em que o BIM é praticado. Os diferentes níveis de maturidade BIM definem-se de acordo com a tecnologia utilizada para o desenvolvimento dos projetos, CAD ou BIM, tendo também em atenção os processos de partilha de informação,

Pelo mundo fora, vários países já tornaram o BIM obrigatório nas suas obras públicas. Uns através de alterações da lei, como Singapura e os EUA; outros através da criação de orientações e diretivas, como a Finlândia. Outros tantos aplicando limites máximos ao custo do empreendimento a partir dos quais o projeto terá que ser executado sobre plataforma BIM, que é o que se passa na Finlândia. Existem até governos, como o do Reino Unido, a implementar o BIM com o objetivo de reduzir emissões de carbono. Todos estes países têm em comum a forte aposta na I&D do BIM como base para as suas estratégias de crescimento.

À semelhança do que se passa em vários países do mundo, Portugal terá todo o interesse em adotar plataformas BIM nas suas obras públicas. As vantagens associadas prende-se na maior transparência nos processos de concurso à poupança de recursos, sem esquecer a modernização e melhoria da capacidade concorrencial do tecido empresarial do sector da construção. Caberá ao Estado exigir que nos concursos de obras públicas todos os elementos sejam entregues em plataformas BIM, o que constitui o objetivo principal e o cerne de todas as vantagens da implementação. A transição da situação atual para a obrigatoriedade do BIM terá de ser tanto gradual e escalonada como firme e assertiva. Maximizam-se assim as possibilidades de êxito. Através da utilização das plataformas BIM,

conseguem alcançar-se processos de construção mais rigorosos, controlados e transparentes.

De um modo geral, pode concluir-se que o BIM traz facilidades e mais eficiência nas construções, porém não se conseguirá com facilidade, visto que para usufruir desses benefícios é preciso que a sociedade, no geral, se adeque a este novo cenário, desde o cliente ao empreiteiro. Assim, a aposta em ações de formação e em guias de procedimentos são fundamentais para um aumento progressivo de níveis de conhecimento e maturidade entre parceiros e utilizadores, que são fatores determinantes para o sucesso da implementação BIM em Portugal.



6. BIBLIOGRAFIA

- [1] AIMMAP, “Metal Portugal,” [Online]. Available: <https://www.metalportugal.pt/p533-exportacoes-do-setor-metalurgico-e-metalomecanico-tiveram-o-melhor-resultado-mensal-de-sempre-em-mar-pt>.
- [2] M. VENANCIO, “Avaliação Da Implementação De Bim - Building Information Modeling em Portugal”.”. *Dep. Eng. Civil, Fac. Eng. da Univ. do Porto, Porto, Port..*
- [3] C. e. K. T. G. (KIRNER, “Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.”. *XIII SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA.*
- [4] NewGensApp, ““Know the augmented reality thechnology,” 2017.”.
- [5] Eastman, “C. et al., 2008. “BIM Handbook”,” John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey..
- [6] J. A. M. & L. P. Lino, em “ *Integração da Metodologia BIM na Engenharia de estruturas*”, Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012., 2012.
- [7] L. Masotti, ““Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil”,” 2014.
- [8] P. M. (Carvalho, “Análise estatística do Estado de Implementação da Tecnologia BIM no setor da construção em Portugal,” Faculdade de Engenharia Universidade do Porto .
- [9] S. 2. Azhar, ““Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry””.
- [10] J. & C. N. 2. Patacas, “ “Metodologia para suporte da colaboração na indústria AEC baseada em BIM e em interoperabilidade”,” Congresso Construção 2012.
- [11] A. 2. Poças, ““Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM””.”. *Universidade do Minho. Tese de Mestrado..*
- [12] B. L. J. C. A. M. & L. N. (Caires, “Implementação e Coordenação BIM.,” Universidade do Minho-Integrated Design Process. Guimarães, Portugal. .
- [13] M. L. J. C. & C. B. (Azenha, “BIM na Engenharia Civil: Projeto e ConstruçãoIntrodução ao BIM. Universidade do Minho, IDP-Integrated Design Process.”. *Guimarães, Portugal. .*
- [14] A. C. (Barbosa, ““A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia””.”. *Instituto Superior de Engenharia do Porto. Tese de Mestrado..*
- [15] J. & S. S. 2. Costa, ““Comparação De Processos De Levantamento De Quantitativos: TRADICIONAL E BIM””.”. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído..*

- [16] B. 2. Ferreira, “Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação”. *Universidade do Porto. Tese de Mestrado.*
- [17] J. 2. “. Gouveia, “Planeamento da execução de uma obra e a sua relevância no mercado”. *Universidade da Madeira. Tese de Mestrado.*
- [18] D. e. a. 2. Migilinskas, “The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation,” *SciVerse ScienceDirect.*
- [19] A. & M. J. 2. Monteiro, “Building Information Modeling - Funcionalidades e Aplicação”. *2º Fórum Internacional de Gestão da Construção - GESCON 2011.*
- [20] N. 2. Sampaio, “Metodologia de controlo da qualidade de modelos BIM para análises 4D e 5D”. *Universidade do Minho. Tese de Mestrado.*
- [21] D. M. B. e. J. M. V. 2. Bryde, “The project benefits of Building Information Modelling (BIM)”. *International Journal of Project Management no. 31 (7):971-980. .*
- [22] B. 2. Succar, “The five components of BIM performance measurement”, *Comunicação apresentada em Proceedings of CIB World Congress, Salford.*
- [23] L. 2. Sabol, “Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling”. *BIMcost estimating.*
- [24] B. e. M. K. 2. Succar, “Macro-BIM adoption: Conceptual structures”, *Automation in Construction no. 57:64-79, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001028>.*
- [25] M. H. Construction, “The business value of BIM for construction in major global,” 2015.
- [26] A. e. K. N. H. 2. Porwal, “Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects”, *Automation in Construction no. 31:204-214, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002439>.*
- [27] Y. P. C. L. K. M. K. C. U. e. K. O. 2. Arayici, “Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice”, *em Automation in Construction no. 20(2) 189-195.*
- [28] Y. C. P. K. L. K. M. U. C. e. O. K. (. Arayici, “BIM adoption and implementation for architectural practices”. *Structural survey, 29(1), 7-5.*
- [29] F. A. A. Pinho, “Norma BIM Portuguesa,” 2015.”.
- [30] i. Singh, “BIM Adoption and Implementation Around the World: Initiatives by Major Nations”. *Geospatial Media Commun., 2017.*
- [31] V. (. Thein, “Industry Foundation Classes (IFC). BIM Interoperability Through a Vendor-Independent File Format”.

- [32] R. e. B.-C. B. 2. Howard, “ “Building information modelling - Experts’ views on standardisation and industry deployment”,” em *Advanced Engineering Informatics no. 22 (2):271-280*.
- [33] M. (2012)., “SmartMarket Report - The Business Value of BIM in North America”, McGraw-Hill Professional Publishing..
- [34] A. A. (. Costa, “Instituto Português da Qualidade (O Paradigma BIM e a normalização como fator de competitividade),” [Online]. Available: <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Pages/Paradigma-BIM-e-anormalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>. .
- [35] A. K. W. F. K. a. N. A. (. Wong, ““Government roles in implementing building information modelling systems Comparison between Hong Kong ans the United States”,” em *Construction Innovation, Vol.11, pp. 61-76*..
- [36] A. (. B. P. (2012)., ““Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction””.
- [37] V. (. Bazjanac, “ “Impact of the U.S. national building information model standard (NBIMS) on building energy performance simulation”,” em *Lawrence Berkeley National*.
- [38] A. K. D. W. F. K. W. a. N. A. Wong, ““Attributes od Building Information Modelling Implementations in various contries”,” em *Departament of Building and real Estate, the hong kong Polythecnic University*.
- [39] B. 1.-4. (2014), “Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employer’sinformation exchange requirements using COBie - Code of practice”..
- [40] “. B. I. M. S. D. 5.0”., Construction Industry Council..
- [41] COBIM, (2012) “Common BIM Requeriments”, Finlândia..
- [42] T. (. Froese, AEC future directions for IFC-based interoperability, ITCON, Vol. 8, pp..
- [43] L. (. Kemlani. [Online]. Available: <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>. AECbytes..
- [44] R. [. a. CHAREF, Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Reviewof Literature and Assessment of Professional Views., United Kingdom. (2018).
- [45] B. n. E. d. e. a. e. c. P. -. P. 2. [Online]. Available: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/bim-na-europa-disseminacao-e-adocao-em-cada-pais-parte-2/>.
- [46] “BIM no Mundo,” [Online]. Available: <https://bimmda.com/pt/bim-no-mundo>.
- [47] “BIM na França: até 2022 difusão completa graças à plataforma KROQI,” [Online]. Available: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/bim-na-franca-ate-2022-difusao-completa-gracas-a-plataforma-kroqi/>.

- [48] BIMWORLD, “CONSTRUCTION, REAL ESTATE AND INFRASTRUCTURE INTO THE DIGITAL ERA,” [Online]. Available: <https://bim-w.com/en>.
- [49] EsBim, “Implantación del BIM en España,” [Online]. Available: <https://www.esbim.es/es-bim/>.
- [50] A. A. (Costa), “Instituto Português da Qualidade. (O paradigma BIM e a normalização como fator de competitividade),” [Online]. Available: <http://www1.ipq.pt/PT/Site/Destaques/Pages/Paradigma-BIM-e-anormalizacao-como-fator-de-competitividade.aspx>.
- [51] P. (2011), “Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (Missão, Visão e Valores),” [Online]. Available: <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/missao-visao-e-valores>.
- [52] B. (2013), “BIM Fórum Missão, áreas de impacto e Vetores estratégicos,” [Online]. Available: <http://www.bimforum.com.pt/>.
- [53] M. J. S. F. C. & (Silva), “Roadmap Proposal for Implementing Building Information Modelling (BIM) in Portugal.” *Open Journal of Civil Engineering*.
- [54] O. d. N. Sectorial, “O BIM E A DIGITALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO,” [Online]. Available: <http://www.ct197.pt/index.php/bim-e-a-digitalizacao>.
- [55] L. : Foster+Partners., “FOSTER+PARTNERS (2016) - New International Airport Mexico City,” [Online]. Available: <http://www.fosterandpartners.com/projects/new-international-airport/>.
- [56] e. (N. I. A. f. M. C. e. - I. d. BIM. [Online]. Available: <http://www.esbim.es/en/casos-de-exito/nuevo-aeropuerto-internacional-ciudad-demexico/>.
- [57] J. (GIOVANNINI), “Phoenix International Media Center, Designed by BIAD -The latest icon in Beijing is the headquarters of China’s largest private broadcaster—and it wasn’t designed by a foreign architect,” *Architect Magazine*, [Online]. Available: http://www.architectmagazine.com/design/buildings/phoenix-international-mediacentre-designed-by-biad_o.
- [58] C. D. E. (NEWTON), “Terminal de Cruzeiros de Leixões,” Porto : Newton, [Online]. Available: <http://www.newton.pt/pt/blog/201111/terminal-cruzeiros-leixoes.aspx>.
- [59] V. (DELAQUA), “Terminal de Cruzeiros de Leixões / Luís Pedro Silva,” *Archdaily*, [Online]. Available: <http://www.archdaily.com.br/br/779908/terminal-de-cruzeiros-de-leixoes-luis-pedro-silva-arquitecto>.
- [60] A. (LEVETE), “MAAT / AL_A,” *Archdaily*, [Online]. Available: <http://www.archdaily.com/796913/maat-al-a>.

- [61] C. T. P. S. R. a. L. K. (. Eastman, "" BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Engineers ans Contractors"". *John Wiley & Sons, Canada.*
- [62] Out-Low.com, ""Building Information Modelling"".
- [63] D. 2. Simões, ""Manutenção de edifícios apoiada no modelo BIM"". *Técnico Lisboa. Tese.*
- [64] A. (. B. P. (2012)., ""Implementing UK BIM Standards for the Architectural,Engineering and Construction industry""..

