

IMPLEMENTAÇÃO BIM E INTEGRAÇÃO NOS PROCESSOS INTRAORGANIZACIONAIS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO. ESTUDO DE CASO

João Parreira^{1*}, Nuno Cachadinha²

1: Departamento de Engenharia Civil
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa
Monte da Caparica, Portugal
e-mail: jpparreira@gmail.com, web: <http://www.fct.unl.pt>

2: Technion, Israel Inst. Of Technology
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa
Monte da Caparica, Portugal
e-mail: ncachadinha@fct.unl.pt web: <http://www.fct.unl.pt>

Palavras-chave: BIM, Implementação, Construção civil, TIC, SI, AEC

Resumo. *O modelo tradicional de gestão da construção já não é suficiente para garantir de forma eficiente o cumprimento das exigências da indústria. O building information modeling (BIM) permite a mudança deste paradigma, na busca de maior produtividade e competitividade das entidades que fazem parte da indústria AEC. É assim fundamental que as empresas incluam no seu planeamento estratégico a aposta na tecnologia BIM, já que se prevê que num futuro próximo surgirão alterações profundas na legislação do sector, nos métodos de trabalho e gestão tradicionais.*

É de grande interesse o estudo das funcionalidades desta tecnologia no sector empresarial e como as suas funcionalidades e potencialidades poderão interagir com outros processos organizacionais tradicionais. Este trabalho propõe uma abordagem de implementação BIM em empresas de construção, tendo em conta a interoperabilidade intraorganizacional ao nível dos processos e dos sistemas de informação (SI) BIM ou tradicionais, tanto contabilísticos como de gestão de obras/projetos. Esta assenta numa proposta de modelo de mapas de processos desde a fase de concurso à produção, baseado na análise de referências bibliográficas, incluindo discussões e recomendações das mais relevantes associações e grupos de estudo em BIM, estudos de caso e normas BIM. O modelo integra os métodos de gestão BIM como a modelação 3D, 4D (tempo), 5D (custo) e a sua operacionalização com os processos pré-existentes.

As alterações profundas ao sistema organizacional das partes chave interessadas resultam em ganhos relevantes de eficácia e eficiência nos principais processos operacionais dos construtores de suporte ao planeamento e coordenação, deteção de conflitos, orçamentação, gestão das compras e fornecedores e controlo financeiro.

1. INTRODUÇÃO

A relutância da indústria da construção em adoptar novas tecnologias já é há muito conhecida. Só recentemente começou a incluir no seu planeamento estratégico a adoção da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), em grande parte devido ao uso por parte de arquitetos e engenheiros projetistas. Esta tendência crescente é visível um pouco por todo o mundo, prevendo-se alterações legislativas profundas no sector. Também a maneira como os contratos são geridos e administrados está a sofrer alterações, com a adoção de novos modelos de contrato, tal como o *Integrated Project Delivery*. Este modelo tem ganho popularidade à medida que o BIM tem vindo a ser cada vez mais uma aposta estratégica de vários investidores públicos e privados [1]. Este considera uma colaboração efetiva entre o dono de obra, o arquiteto/projetista e construtor desde o início ao fim do projeto.

Por trás das vantagens do BIM está uma elevada complexidade e um contexto socioeconómico bastante rígido e sensível à mudança, o que leva a alguns atores da indústria encontrarem grandes dificuldades de implementação. Isto porque, em parte, os seus esforços foram baseados em falhas de compreensão do conceito e inadequado planeamento, o que, aliado a outros fatores, leva a um desencorajamento de uma gestão eficiente de recursos, servindo de entrave à necessidade de inovação. A transição de um processo tradicional bastante enraizado no 2D ou 3D em CAD para uma nova abordagem de modelos construtivos BIM requer mais do que a aquisição de *Software* e formação. Ao permitir que o empreendimento seja representado por elementos "inteligentes", a alteração dos processos de planeamento, construção e operação/manutenção de qualquer infraestrutura ou empreendimento leva a alterações relevantes ao nível da própria estrutura organizacional das empresas.

Para facilitar esta mudança é essencial a definição de um plano de implementação, onde deve ser incluído o levantamento e mapeamento dos processos internos pré-existente, a definição de objetivos de utilização BIM que acrescentem valor à organização e a inclusão nos processos operacionais existentes da tecnologia BIM e das relações intraorganizacionais resultantes.

Apesar de existirem várias propostas e linhas de orientação para a implementação de BIM, estas abordam essencialmente a implementação do ponto de vista do projeto e da interoperabilidade entre entidades externas, deixando espaço de desenvolvimento na parte das relações dentro das próprias organizações, em particular nas empresas construtoras, onde as relações e processos internos são bastante complexos.

Este estudo pretende apoiar a implementação BIM e enquadra-se no âmbito da indústria AEC, em particular nas empresas de construção. Incide na inclusão nas suas operações correntes desta nova metodologia, tendo por base a interoperabilidade ao nível de processos e dados. Pretende assim dar resposta à seguinte questão central de investigação; Como suportar a implementação BIM ao nível dos processos operacionais pré-existent (intraorganizacionais), em empresas de construção? Para isso serão consideradas as seguintes hipóteses de estudo:

- ✓ É possível mapear um processo colaborativo entre órgãos internos numa empresa de construção, de modo a contribuir para uma melhor implementação BIM;
- ✓ A colaboração interdepartamental pode ser suportada e melhorada através de dados de informação resultantes do BIM.

De acordo com algumas entidades de referência internacional, tais como o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB), na construção tradicional os custos totais de falhas ou custos da não-qualidade representam 5 a 10% do valor do empreendimento [2]. Estudos no âmbito nacional demonstram que as empresas construtoras portuguesas estão dentro dos valores de referência internacionais [3] [4]). Com isto, revela-se de grande interesse para a AEC, em particular, às empresas de construção, a implementação BIM, já que este tipo de tecnologia pode ser uma ferramenta de redução substancial erros de conceção e construção.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1. Enquadramento

A tecnologia BIM iniciou uma revolução sem precedentes na indústria da construção, potenciando um melhor desempenho económico e financeiro em todos os ciclos de vida do projeto e do produto. A influência BIM começa a refletir-se nas agências de regulação e entidades governamentais. No caso de países como o Reino Unido investimentos acima de €5M são obrigados a recorrer a este tipo de tecnologia e em alguns países do Norte da Europa já é obrigatória a disponibilização, em qualquer obra pública, de formatos normalizados como os *Industry Foundation Classes* (IFCs), registado na *International Standardization Organization* (ISO) [5]. Esta tendência, só agora começou a notar-se em Portugal, que seguirá certamente o mesmo caminho.

A mudança de paradigma da gestão da Construção, relativamente às últimas três décadas, que o BIM promove, terá um enorme impacto, na indústria e na sociedade, através de um menor consumo de recursos financeiros, humanos e materiais, ou seja, uma redução do desperdício, que poderá resultar numa redução substancial das perdas no mercado da construção estimadas em 464 Biliões de € anuais, só nos EUA [6].

Atualmente, no contexto financeiro que se vive, uma aposta em BIM pode trazer um entendimento comum e eficiência a uma indústria fustigada por conflitos, de grande complexidade e de elevados desperdícios. Este contexto criou um ambiente de inovação e abriu portas a várias designações com vista à caracterização BIM, como sejam os conceitos de 4D, 5D e 6D.

A tecnologia BIM comporta as características físicas e funcionais de uma estrutura composta por objetos "inteligentes", podendo apresentar múltiplas perspetivas como desenhos 2D, listas, textos, imagens 3D, animações, elementos de tempo (4D), custo (5D) e modelação virtual de infraestruturas, com todos os seus aspetos de gestão e manutenção ao longo de todo o ciclo de vida (6D) [1].

2.2. Interoperabilidade e sistemas de informação

A interoperabilidade pode ser definida como a habilidade de implementar e gerir relações colaborativas entre membros de um projeto multidisciplinar. Em média a falta de interoperabilidade pode levar a 3,1% dos custos do investimento global da construção, sendo que 2/3 destes são devidos à introdução manual de dados entre aplicações e duplicação de funções e tarefas. O mesmo estudo aponta que a produtividade na construção decresceu significativamente nas últimas quatro décadas, cerca de 20%. Na sua origem estão dificuldades em abandonar o modelo tradicional e a falta de comunicação e colaboração em projetos cada vez mais complexos, com menores períodos de execução e maior exigência de qualidade [7].

O conhecimento sobre SI, BIM ou tradicionais, é essencial para que na implementação BIM numa empresa seja possível a integração entre sistemas e uma interação que permita aumentar os graus de eficiência operacionais.

O BIM como ferramenta serve o intuito de manipulação de modelos BIM e apresenta duas importantes características, a primeira é que o modelo da construção é constituído por elementos paramétricos 3D que representam a realidade (física) dos componentes, as suas relações e outros dados não geométricos, a segunda é que diferentes vistas do modelo resultam de uma única fonte o que permite a sincronização, para que uma alteração numa vista do modelo seja refletida em outras e integradas num modelo único (alçados, cortes, vistas 3D, lista de quantidades...). Cada ferramenta BIM possui a sua própria linguagem, no entanto, em ambiente colaborativo é essencial a partilha e troca de dados entre aplicações. A interoperabilidade pode ser conseguida através da utilização de IFCs que são utilizados para transferir, entre aplicações distintas, dados que representam os elementos do modelo e as suas relações. Promovido pela IAI (International Alliance for Interoperability) desde 1995 é um modelo essencial para o sucesso do BIM [6].

2.3. Casos de estudo e Return on Investment (ROI)

Num estudo recente foram questionados donos de obra, arquitetos, engenheiros e construtores com o objetivo de determinar o real valor do BIM para utilizadores e não utilizadores. Os dados apresentados no relatório, indicam que 63% dos utilizadores das ferramentas BIM vêm um retorno positivo no seu investimento e destes existem ainda 15% que afirmam que o ROI é superior a 50% [7].

A *Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE)* baseada em 32 grandes projetos utilizando BIM indica benefícios como [8]:

- ✓ redução em 40% de trabalhos não orçamentados;
- ✓ precisão na estimativa dentro dos 3%;
- ✓ redução em 80% no tempo de orçamentação;
- ✓ economia de 10% do valor de contrato resultantes da resolução de conflitos;
- ✓ redução de 7% no tempo de projeto.

Na *Holder Construction Company*, Atlanta, Georgia foram realizados dois estudos de caso. O primeiro, um Hotel em Atlanta, Georgia, intitulado *Hilton Aquarium*, num projeto de 37M€ onde foi estimada uma economia de 0,2M€ correspondentes a 590 deteções de conflitos resolvidos antes da construção e evitando meses de atrasos e custos associadas. O segundo, um empreendimento comercial *One Island East Project*, projeto de 240M€ onde foram detetados 2.000 conflitos o que assumindo uma proporção idêntica ao caso anterior corresponderia a cerca 0,8M€ [9].

Apesar dos estudos referidos anteriormente serem importantes para uma análise custo-benefício, de implementação BIM numa empresa, a maior parte dos resultados levam a uma interpretação ambígua e inconclusiva por omitirem detalhes de cálculo do ROI, como a recolha dos dados e métodos de análise. Já um estudo conduzido por *Lee et al* sobre o ROI na implementação BIM num projeto de reabilitação urbana intitulado "*D3 City project*" conduziu a conclusões bastantes consistentes sobre o ROI. Neste estudo considerou-se a probabilidade de deteção dos erros utilizando o método tradicional concluindo-se que o ROI variava entre 22 a 97%, se consideramos apenas custos diretos dos erros, e 624% a 699%, se for considerarmos custos indiretos de atrasos relativos a um mês [10]. Com base nestes valores rapidamente se conclui a sua grande viabilidade já que os custos de implementação rondam em média 1% do valor da construção [11].

2.4. Problemática e Implementação BIM

Existem várias propostas e linhas de orientação de implementação BIM sendo a mais completa definida no programa de investigação da associação *Computer Integrated Construction* [12]. Apesar de ser uma importante referência foca principalmente a implementação do ponto de vista do projeto, do gestor de projeto e da interoperabilidade entre entidades externas.

Para as Construtoras, a mudança para BIM representa uma rotura com a abordagem tradicional, em que, de acordo com algumas entidades de referência internacionais, como por exemplo a *McGraw-Hill Construction*, permitirá não só reduzir as falhas do modelo tradicional como aumentar a produtividade. É referido que 87% dos especialistas estão a experimentar valores retorno de investimento (ROI) positivos. Outro facto curioso é que, 62% de entidades que mediram o ROI concluíram que o aumento da produtividade é superior a 10%. Num grupo de estudo constituído por donos de obra, projetistas e arquitetos são as empresas construtoras que reportam resultados mais positivos (71%). Isto apesar do BIM ter sido inicialmente desenvolvido com o enfoque nos projetistas e arquitetos e sendo algo relativamente novo para os construtores, estes reconhecem cada vez mais o valor acrescentado à medida que o conhecimento sobre esta tecnologia aumenta [13].

Na indústria da construção, muitos construtores disponibilizam serviços através de concursos públicos ou privados para a execução de um determinado projeto no qual serão responsáveis pela gestão da construção recorrendo a um misto de "fazer" e "comprar" (subcontratar), regime conceção-concurso-construção. Por outro, lado existem também construtores que assumem a elaboração do projeto e a execução da obra, num regime de conceção-construção. Outros oferecem ainda serviços

para além da execução da construção, ou seja, operação e manutenção das infraestruturas.

Os sistemas de informação utilizados por estas empresas estão presentes nos principais processos e operações chave como: orçamentação, planeamento e calendarização, controlo de custos, contabilidade e compras. Para tarefas relacionadas com o projeto de execução, como orçamentação e planeamento, partem usualmente de documentação desligado dos modelos 2D do projeto ou mesmo 3D em CAD o que torna uma atividade de elevada dependência de imputação manual onde desperdício e o retrabalho são frequentes. Mais relevante se torna quando o construtor é envolvido numa fase tardia, perdendo-se a mais-valia que poderia introduzir de numa fase inicial de conceção, onde a sua experiencia seria fulcral nas alterações.

A implementação BIM envolve várias partes interessadas com diferentes âmbitos, expectativas e necessidades convergindo no final para um objetivo comum de execução eficaz e eficiente do empreendimento. Já que todos potencialmente podem beneficiar, todos devem suportar os custos inerentes ao uso e implementação desta tecnologia. Na implementação existe um custo inicial necessário e uma perda de produtividade associada enquanto se obtém os recursos necessários e à medida que se evolui na curva de aprendizagem. Os construtores que ultrapassam a fase inicial, em média entre 6 a 8 meses, experienciam benefícios, incluindo aumento de produtividade, redução dos custos de garantias, redução de erros no terreno e por algum tempo uma vantagem competitiva à medida que o mercado atinge maturidade na utilização da tecnologia BIM [11]. No plano de implementação deve ser destacado [6]:

- ✓ Identificar os objetivos, valor estratégico e uso específico;
- ✓ Desenho do processo BIM - garantir que funciona com os processos existentes. Identificar onde os novos processos requerem mudanças na organização. Definir mapas de processo;
- ✓ Troca de informação e colaboração - partilhar informação nas várias fases é crítico para o sucesso, devendo-se garantir que a equipa seja flexível neste âmbito. Utilizar normas sempre que possível para facilitar a conduta de colaboração como a *National Building Information Modeling StandarTM* (NBIMS). Definir procedimentos internos;
- ✓ Infraestrutura tecnológica necessária - Requisitos de *hardware*, *software* e *network*. Como estas ferramentas trabalham melhor num ambiente colaborativo, são necessárias medidas que garantam o acesso à internet tanto na sede como no estaleiro de obra. Permitindo a atualização e sincronização do modelo independentemente do local de trabalho.

A escolha da ferramenta BIM deve ter em conta a simplicidade no uso, funcionalidade, interoperabilidade entre software, fornecedor reconhecido com capacidade de suporte, formação e o ambiente organizacional (*hardware*, comunicação entre a equipa e parceiros).

3. METODOLOGIA

A seleção do tema e formulação do problema resultou de um esforço conjunto entre a Universidade Nova de Lisboa e a empresa Stap conseguindo-se uma sinergia entre os objetivos académicos e os interesses e expectativas da indústria.

A maioria da informação proveio das publicações e artigos da *Automation in Construction*, *Buildsmart Alliance* e *Construction Owners Association of America*. Por último a consulta de documentação técnica e de manuais de Softwares comerciais de gestão, contabilidade e modelação BIM. O trabalho foi desenvolvido do seguinte modo:

- ✓ Estado presente - levantamento e mapeamento de processos operacionais comuns existentes em empresas de construção;
- ✓ Estado futuro - desenho e mapeamento de processos com vista a suportar implementação BIM e integração de SI, com base na análise da bibliografia;

4. ABORDAGEM PROPOSTA

4.1. Levantamento de processos (Estado presente)

O sucesso da implementação está diretamente ligado à determinação e gestão dos requisitos. Os requisitos incluem a quantificação e documentação das necessidades e expectativas das partes interessadas. É assim essencial o mapeamento dos processos organizacionais internos da organização e da troca de informação (extração de dados) entre departamentos e aplicações de modelação BIM e outros SI. Para o desenho do modelo é necessário distinguir o estado presente do estado futuro. No estado presente (Figura 1) o mapa de processos pretende representar as relações intraorganizacionais existentes através de um levantamento exaustivo dos procedimentos operacionais internos em empresas de construção.

De acordo com os procedimentos específicos da indústria e consoante cada sistema de gestão da qualidade, no processo comercial a equipa responsável pela proposta elabora, utilizando software específico, o orçamento através da constituição de fichas de preços com os recursos necessários à execução dos trabalhos (consultando diversos fornecedores e subempreiteiros especializados). Neste processo, é também elaborado o plano de trabalhos (PT), para efeitos de concurso, assim como os correspondentes cronogramas de recursos, exigidos no programa de concurso.

No período decorrido entre a adjudicação e o início dos trabalhos, o dep. Produção valida a adjudicação e nomeia um diretor de obra, que em conjunto com o dep. Planeamento planifica o desenvolvimento de atividades, prevendo as necessidades de mobilização de meios, consultas a realizar aos fornecedores e o aprovisionamento de recursos. Em consonância com os procedimentos específicos de planeamento e execução de obras, são elaborados dois documentos essenciais à gestão tradicional da obra: o PT para a execução e o reorçamento, que ao serem integrados levam a previsões orçamentais e cronogramas de mão-de-obra, equipamento e materiais. O PT pode ser realizado recorrendo a software tipo CandyTM ou equivalente definindo as sequências das atividades, assim como o tipo de ligação existente, de modo a simular no programa o processo produtivo. O reorçamento consiste numa reavaliação, por parte da direção de obra, dos recursos que cada artigo do mapa de quantidades necessita para ser executado, constituindo se possível uma base mais concreta do que a do orçamento que deu origem à proposta, isto é, considerando a estratégia assumida relativamente aos recursos a utilizar (internos ou externos). O valor da margem obtida no reorçamento poderá coincidir ou não com a definida no fecho do orçamento. Após a sua conclusão, o dep. Planeamento validará e aprovará o reorçamento e o PT, permanecendo até à conclusão da obra como uma referência constituindo a “baseline” para acompanhamento do desenvolvimento da obra. A sua alteração só será realizada em casos devidamente justificáveis.

Iniciada a obra e logo que seja definida uma estimativa de custo e prazo, deve ser estipulada a previsão orçamental como base de comparação para a avaliação do avanço da obra. Com vista à gestão e controlo da obra são analisados mensalmente, vários documentos e relatórios, desde os custos e benefícios, mensais e acumulados, aos desvios verificados de prazos e custo.

Utilizando software tradicional específico, é registado o valor do trabalho realizado de cada item do mapa de quantidades, criando-se um relatório mensal (Auto de Medição Mensal de Produção e de Faturação). O valor estimado para as quantidades realizadas é então comparado com os custos reais mensais.

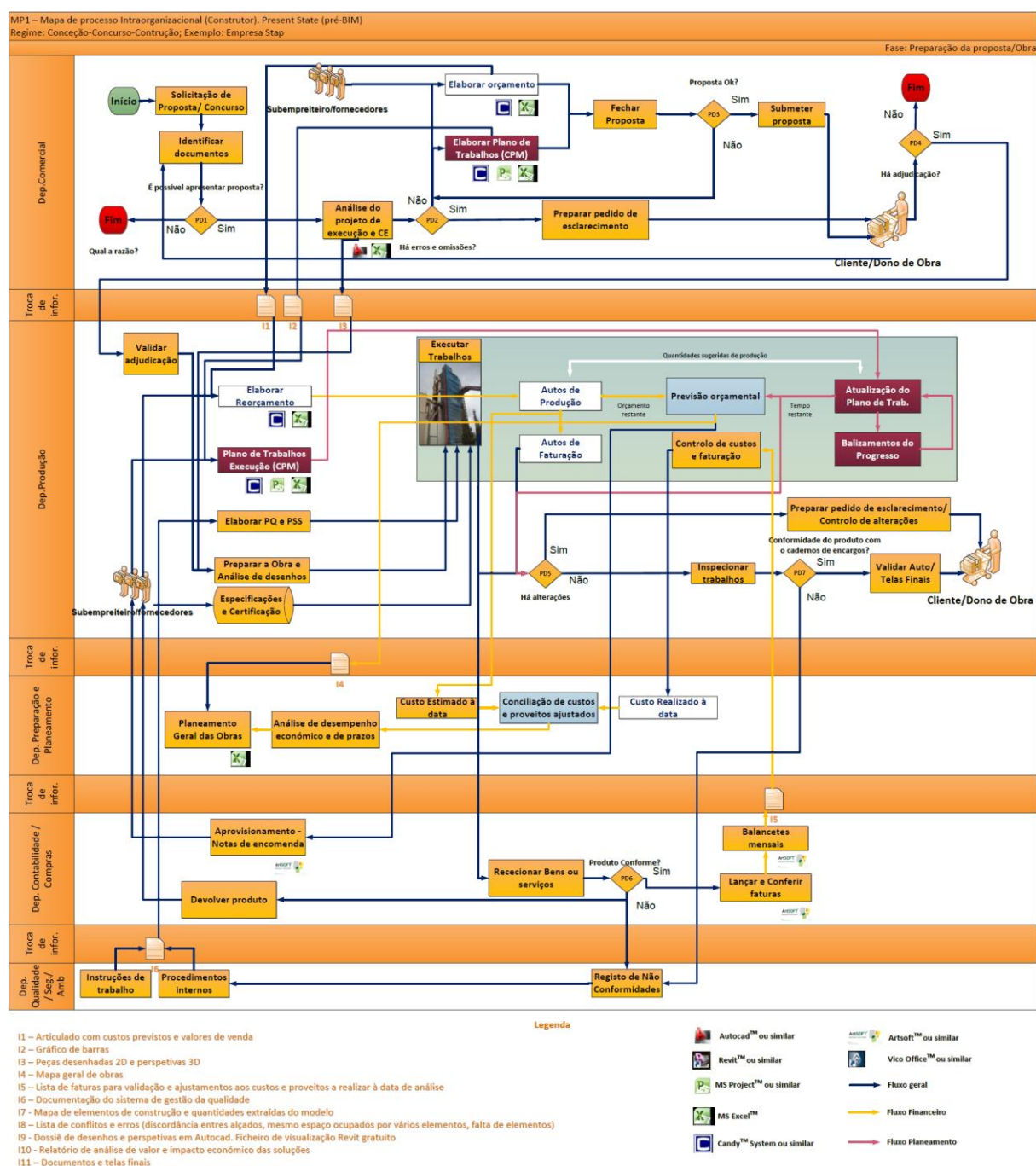


Figura 1. Mapa de Processos pré-BIM (estado presente).

4.2. Desenho do Modelo (Estado futuro)

No estado futuro (Figura 2) o mapa de processos detalhado sofre algumas alterações face ao mapa de processos tradicional. A análise ao valor potencial BIM e os principais processos a implementar neste modelo proposto são identificados na Tabela 1.

Tabela 1. Uso BIM para o modelo proposto.

Processo	Valor Ganho	Descrição
3D - Peças desenhadas.	✓ Atualização automática de peças desenhadas por extração direta do modelo 3D paramétrico; ✓ Aumentar a comunicação entre equipas de construção e projeto.	Utiliza o modelo para extração de peças desenhadas com componentes 2D e 3D para serem utilizadas na frente de obra durante a construção.
3D - Coordenação	✓ Maior precisão e eficiência que método tradicional de utilização de desenhos 2D; ✓ Reduzir custos e tempos de operação; ✓ Coordenar o projeto através de um modelo; ✓ Eliminar conflitos no terreno.	É realizada a deteção automática de conflitos entre os vários projetos de especialidades. Apoia o processo de coordenação do trabalho no terreno já que antecipa a deteção de problemas antes da construção ou instalação.
3D - Registo de dados.	✓ Compilar registos históricos; ✓ Reduzir disputas e contestações (validação do produto pela comparação das especificações expectáveis do modelo com o produto final entregue); ✓ Apoiar a gestão da manutenção e suporte da modelação de projetos de reabilitação ou renovação da infraestrutura; ✓ Garantir a conformidade dos produtos rececionados.	O modelo 3D contém a descrição precisa das condições físicas e ambientais de uma infraestrutura e dos seus elementos arquitetónicos, estruturais, mecânicos e outros equipamentos. Com atualização contínua do modelo e a capacidade de armazenar mais informação, o modelo apresenta a descrição precisa do espaço com ligação a informação como os números de série, garantias e histórico de manutenção de todos os componentes da infraestrutura. Pode conter ainda especificações dos componentes (<i>as-built</i>) que permite ao dono de obra monitorizar o projeto relativamente à conformidade do produto e validar autos de faturação e formalizar a receção do produto.
4D - Planeamento da exploração e utilização do estaleiro da obra	✓ Identificar conflitos críticos de espaço e tempo; ✓ Verificar se os métodos construtivos previstos são exequíveis; ✓ Apoiar a preparação e organização do estaleiro e frentes de obra ao longo do progresso da construção; ✓ Simulação da utilização de instalações temporárias, áreas de montagem e entregas de material para todas as fases da construção;	O modelo 4D é usado para representar graficamente, simultaneamente elementos permanentes e temporários com a calendarização das atividades de construção. Pode incluir recursos de mão-de-obra, materiais e associadas entregas, e localização do equipamento. Como os componentes do modelo 3D estão diretamente ligados à calendarização, a visualização do planeamento e dos recursos podem ser analisados ao longo de diferentes espaços temporais e físicos.
4D - Planeamento da sequência construtiva	✓ Melhorar entendimento comum da programação da construção e das datas chave; ✓ Melhorar o aprovisionamento e compras. ✓ Antecipar a deteção conflitos entre frentes de trabalho; ✓ Aumentar a capacidade de análise de soluções para resolução de conflitos; ✓ Aumentar a produtividade e diminuir o desperdício em obra.	O modelo 4D é usado para planear efetivamente as fases de construção. É uma ferramenta importante de visualização e comunicação. Permite apoiar implementação de planos de monitorização e prevenção de segurança e ambiente em obra.
5D - Estimativa de custos	✓ Automatizar a estimativa de quantidades; ✓ Maior capacidade de cumprimento do orçamento; ✓ Explorar diferentes opções de projeto mais vantajosas; ✓ Reduzir o tempo de orçamentação; ✓ Reduzir tempo de <i>procurement</i>. ✓ Melhorar as previsões (prazo e custo). Aumentar o controlo sobre as alterações ao projeto.	O modelo 3D é usado para gerar extração automática de quantidades de trabalho e estimativa de custos. Este processo permite de um modo eficiente ver o impacto de alterações de modo a promover um melhor desempenho económico. Extração de desenhos para compras e quantidades em cada especialidade ou tipo de trabalho de modo a facilitar aprovisionamentos e encomendas.

Apesar da tecnologia BIM ser útil logo na fase de concurso, neste trabalho, o enfoque será sobre a fase de produção (após a adjudicação). Inicialmente, tal como na fase pré-BIM, a equipa de Produção recebe, do dep. Comercial, a proposta e caso a obra reúna um conjunto de pré-requisitos em função do seu valor e especialidades envolvidas, interagirá com a equipa de Planeamento de obra que será responsável pela modelação BIM e quaisquer outros processos associados. Posteriormente a equipa de Produção recebe a informação detalhada do projeto de execução, com o modelo 3D e as vistas gráficas dos seus componentes, assim como a possibilidade de extração de quantidades e outras informações de cada elemento do modelo.

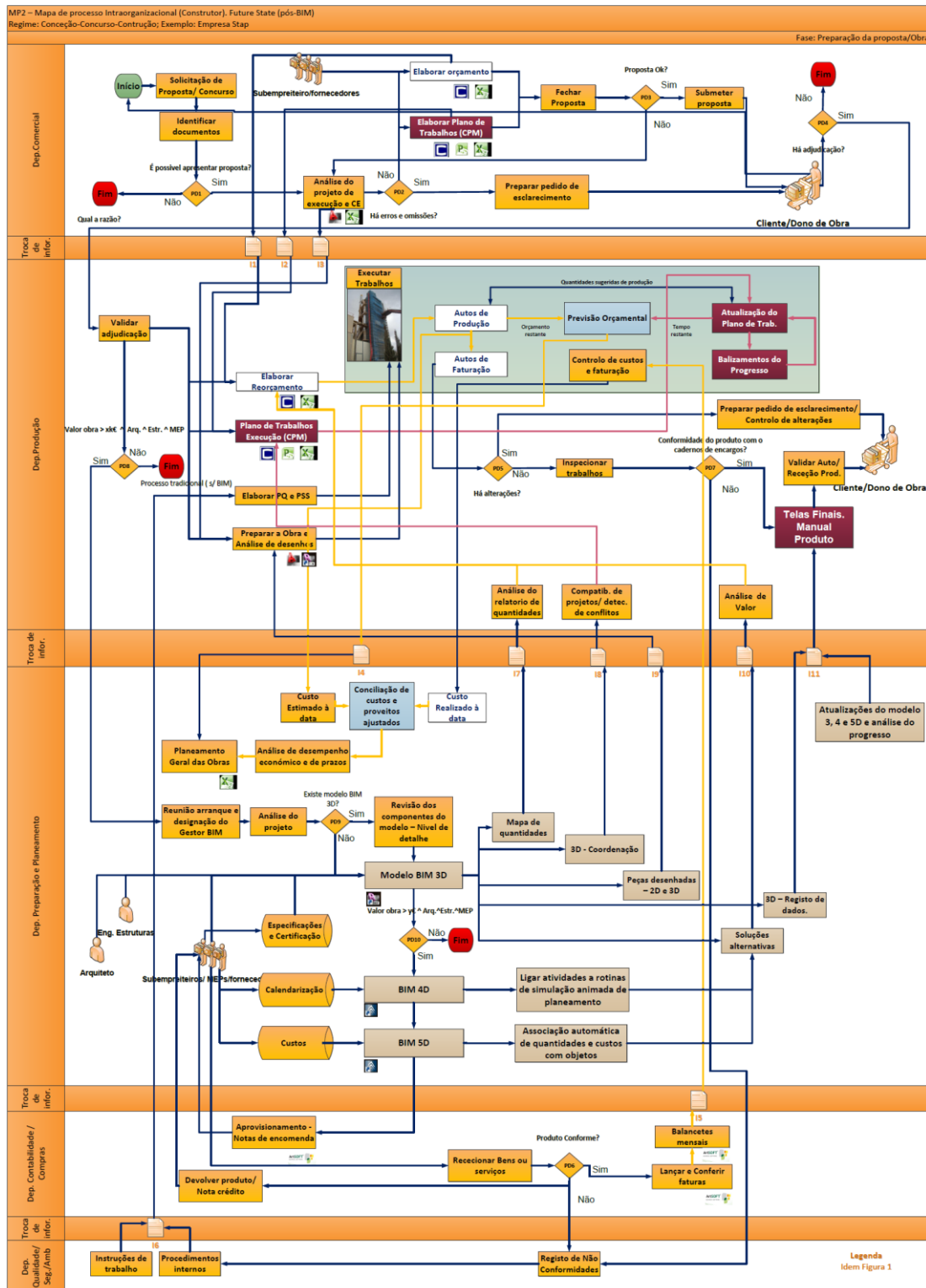


Figura 2. Mapa de Processos pós-BIM (estado futuro).

Para além do processo 3D pode ser vantajoso introduzir o 4D e o 5D resultando num maior controlo sobre os custos e prazos previstos potenciando um melhor desempenho económico da obra.

A conformidade do produto é assegurada pelo processo 3D - Registo de dados, através da inclusão no modelo das especificações dos componentes como as características e propriedades do elemento a fornecer e instalar. O acompanhamento do progresso do projeto, de todos os elementos que se pretender controlar, são validados formalmente quer na perspetiva do fornecedor quer do cliente.

4.3. Análise de Sensibilidade

No desenho do modelo estão previstos dois cenários, projetos modelados em 3D, numa aplicação BIM, ou desenhado em CAD a 2D e posteriormente importado para a aplicação BIM e modelado em 3D. Esta distinção é importante porque determina o grau de esforço e custos necessários numa fase de inicial com impacto direto no ROI. As disciplinas (arquitetura, estrutura e outras especialidades) devem ser consideradas já que o potencial BIM é tanto maior quanto maior for o número e complexidade assim como a maturidade e capacidade de resposta nos processos BIM dos subempreiteiros e fornecedores. Por último é importante considerar os dois principais regimes contratuais em Portugal, Conceção-Concurso-Construção ou Conceção-Construção. O primeiro, o mais comum, leva a que a influência nas alterações, a participação e análise de valor do construtor seja reduzida e com isso também o potencial de utilização BIM. No segundo a utilização do BIM é bastante mais vantajosa visto que é possível a integração numa fase inicial do projeto entre as diversas equipas do construtor, fornecedores, projetistas e dono de obra.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Condicionantes

A realidade portuguesa está longe de conseguir atualmente uma implementação BIM com o grau de maturidade que exige esta abordagem proposta, devido à pouca formação de base académica das partes interessadas, ao facto da maioria projetistas, construtores e fornecedores não possuírem conhecimentos sólidos sobre esta matéria, poucas oportunidades de aplicação, pouca colaboração numa cadeia muito segmentada e ainda devido à pouca exigência dos donos de obra privados e públicos neste âmbito.

O BIM pode ser implementado em várias fases do projeto e em vários processos internos de uma construtora, mas o custo de implementação relativamente ao valor ganho deve ser considerado quando se determinam as áreas apropriadas, níveis de detalhe e esforço necessários ao processo de modelação da informação. De referir ainda que para uma boa análise de conflitos, o construtor deve garantir um nível de detalhe apropriado e suficiente, que permita identificar elementos mecânicos, estruturais, arquitetónicos e outros.

Inicialmente o BIM deve ser implementado em áreas e atividades específicas e não de modo geral em todos os processos organizacionais. Ou seja, deve ser implementado ao nível dos processos essenciais e necessários para maximizar os resultados com um nível mínimo de custos. Os objetivos delineados em função desempenho dos processos operacionais e não operacionais das empresas como a maior produtividade (fazer mais ou igual em menos tempo), redução do desperdício e maior capacidade de decisão baseada em informação de qualidade e quantidade.

5.2. ROI

Cada empresa deve recorrer a um método de avaliação sobre o valor e tipo de obra acima do qual existe retorno do investimento com a utilização BIM considerando os processos 3D, 4D e 5D (Tabela 1) e investimento associado.

Uma forma expedita de consideração sobre esses valores é: utilizando alguns valores de referência de ROI do capítulo do estado do conhecimento (Lee et al, 2011), fixando custos mínimos de implementação BIM para cada dimensão (3D, 4D e 5D) considerado um orçamento

mínimo que inclua recursos humanos, formação e aquisição de *Software* e *Hardware*.

Outra forma de cálculo pode ser através da realização de um diagnóstico interno de falhas na empresa a todos os níveis operacionais incluindo o impacto em todos departamentos internos.

De qualquer modo, cada organização deve elaborar um *business case* onde identifique e justifique os limites e valores onde a tecnologia BIM poderá ser economicamente vantajosa tendo em conta o tipo de organização, a sua área de negocio e os seus processos organizacionais.

5.3. Discussão

O modelo desenvolvido permite entender o processo geral BIM, identificar a troca de informação que será partilhada entre equipas e definir as várias atividades BIM a executar. Este mapa de processos serve de base para identificar aspetos importantes na implementação como a integração dos dados das aplicações BIM com aplicações de gestão de projetos e contabilísticas, requisitos das entregas BIM e sobre as necessidades de infraestruturas tecnológicas (hardware, software, network).

O desenvolvimento do modelo ao nível da execução deve ser partilhado e trabalhado entre elementos da equipa, dono de obra, subcontratados e fornecedores para que a participação ativa entre as partes interessadas antecipando erros, solucionando problemas e reduzindo custos

É possível identificar melhorias no fluxo de trabalho dos processos operacionais/administrativos na área comercial, produção, compras, contabilidade, qualidade e uma redução de tempos de espera processuais tanto em sede como na obra. Através da definição do fluxo de informação e integração da informação, este modelo permite aos departamentos adquirir uma capacidade de decisão célere, coerente, transparente e automatizada.

A redução dos erros de desenho utilizando a deteção de conflitos é dos pontos fortes do BIM visto que a deteção automática é um método bastante eficiente para identificação de objetos que ocupem o mesmo espaço, próximos demais para adequado acesso, insolação, segurança, manutenção, ou seja, quaisquer condicionalismos que se queiram considerar. A vantagem da automatização 3D sobre o método tradicional de deteção de conflitos manual com desenhos 2D é evidente, sendo que, o sistema baseado no BIM permite ao construtor seletivamente verificar conflitos entre sistemas, como os mecânicos, estruturais e arquitetónicos. Existem dois tipos de tecnologia de deteção de conflitos disponíveis no mercado. Uma faz parte das aplicações de modelação BIM a outra são aplicações específicas que integram a linguagem BIM mas com ferramentas próprias de análise.

A gestão da comunicação pode ser feita através de uma plataforma comum que serve as necessidades de informação de cada uma das partes interessadas chave, desde a estrutura interna da empresa, ao dono de obra, fiscalização, arquitetos e projetistas.

As compras geridas e controladas pelo software *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa, é complementada pelo acompanhamento físico da obra onde a direção de produção reporta através das aplicações de planeamento, integradas com o modelo BIM. A informação sobre os elementos de construção nestes vários níveis contribui para a transparência do circuito dos recursos envolvidos. Através da modelação BIM obtém-se uma única lista de materiais ou articulado de obra.

Os elementos armazenados no modelo BIM contêm informações sobre a geometria e outras que permitem o acompanhamento e gestão do projeto, incluindo dados necessários para a sistematização de relatórios periódicos de quantidades, custos e prazos de produção.

O trabalho colaborativo intraorganizacional contribui para uma redução substancial de falhas de comunicação e aumenta a capacidade de resolução de conflitos.

O modelo proposto aplica-se a construtoras, nomeadamente a médias e grandes empresas que apresentem processos internos na linha dos descritos no capítulo 4, sigam os principais *Standards* e boas práticas de organização e gestão de obras e integrem nos seus processos operacionais sistemas de informação de gestão de projetos e contabilísticos.

6. CONCLUSÕES

Tão importante como a interoperabilidade entre diferentes intervenientes da indústria AEC é a

interoperabilidade dentro das próprias organizações. Este trabalho pretendeu demonstrar que o método proposto pode ser aplicado à definição e sistematização de processos tradicionais e BIM, especificando as trocas de informação que ocorrem entre órgãos internos em empresas de construção, que poderá igualmente ser utilizado em normas e linhas de orientação da indústria AEC. Se as organizações mapearem os seus processos *standard* neste âmbito, torna-se possível a execução prática da tecnologia BIM, o que facilitará às partes interessadas a colaboração e organização num formato normalizado com informação consistente.

O método proposto mostra-se adaptado à realidade das empresas de construção e à sistematização dos processos internos interdepartamentais. No entanto, a par deste ganho de produtividade assiste-se a um complexo processo de implementação. A transição de desenhos para o modelo BIM não é fácil, dado que a exploração das oportunidades oferecidas por esta tecnologia é acompanhada por alterações profundas ao sistema organizacional das empresas, sendo necessário um esforço elevado na formação e na reestruturação ao nível organizacional e cultural.

Como campos futuros de pesquisa considera-se de interesse o estudo da adaptação deste modelo ao regime contratual de conceção-construção, e a avaliação da oportunidade de evoluir na direção de novos modelos contratuais e de operação, em particular a *Integrated Project Delivery*, bem como da identificação da mais-valia obtida pela definição das várias relações de colaboração intraorganizacionais existentes. Outra área que se perspectiva de grande interesse será a integração dos procedimentos inerentes ao sistema de gestão da qualidade na abordagem proposta neste estudo.

AGRADECIMENTOS

À empresa Stap em geral por ter acreditado neste trabalho e ter colaborado ativamente na estruturação e organização dos conteúdos e o ter incluído no seu plano estratégico de inovação.

O segundo autor reconhece e agradece ainda à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) o financiamento atribuído através da Bolsa de Licença Sabática SFRH/BSAB/1234/2012, que suportou parcialmente a elaboração deste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks e K. Liston, *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling*. 2ª Edição., John Wiley & Sons, Inc, (2011).
- [2] International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) - *Building Pathology. A State-of-the Art Report*. Publicação 155, Maio, (1993).
- [3] J. Parreira e V. Córias, *Custo das falhas em empresas vocacionadas para a reabilitação de edifícios*. CINPAR, (2008).
- [4] R. Almeida, *Avaliação e modelação dos custos da não-qualidade em empresas de construção*, (2011).
- [5] P. Taborda e N. Cachadinha, *BIM nas Obras Públicas do Reino Unido*. EUAU, (2011).
- [6] NIBS - *National Building Information Modeling Standard*, (2007).
- [7] McGraw-Hill Construction - *The Business Value Of BIM*, (2009).
- [8] J. Kunz, *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center For Integrated Facility Engineering, (2012).
- [9] S. Azhar, *Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*, (2008).
- [10] G. Lee, H. Park e J. Won, *D3 City project — Economic impact of BIM-assisted design validation*, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea, (2011).
- [11] Associated General Contractors of America - *Contractors Guide to BIM*. 1º Edição, (2006).
- [12] Computer Integrated Construction Research Program - *BIM Project Execution Planning Guide*. Pennsylvania, (2010).
- [13] McGraw-Hill Construction, *Interoperability in the Construction Industry*, (2007).