

Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação

André Monteiro
Investigador, FEUP
agcm@fe.up.pt

João Poças Martins
Professor Auxiliar, FEUP
jppm@fe.up.pt

Área Científica - CT 7

Resumo

Building Information Modeling (BIM), uma metodologia inovadora de abordagem à gestão da informação na construção baseada num modelo virtual do edifício, vem ganhando cada vez maior protagonismo no sector da construção fruto das grandes potencialidades que oferece aos utilizadores.

A generalidade das ferramentas BIM oferece um conjunto padrão de benefícios de utilização imediatos, cujos resultados se traduzem em projectos mais detalhados, na produção de informação de forma mais expedita e fiável, na redução de erros e conflitos de projecto, e numa optimização geral dos custos e prazos na execução de tarefas.

Neste artigo de revisão do estado da arte, são apresentados os princípios teóricos básicos da tecnologia, são revistas as principais aplicações práticas e respectivos benefícios de utilização, são discutidos os requisitos de implementação, e por fim, é contextualizada a aplicação dos BIM no contexto do processo construtivo.

Palavras-chave: BIM, IFC, modelo virtual, informação integrada.

1. Introdução

Building Information Modeling (BIM) representa uma nova abordagem à gestão da informação da construção. De aplicação maior à fase de projecto, as aplicações BIM apresentam uma abrangência que se estende a todo o ciclo de vida da construção. Os processos de trabalho envolvendo ferramentas BIM desenvolvem-se à volta de um modelo tridimensional do edifício onde é integrada uma parte substancial da informação relevante.

A associação das ferramentas BIM a uma nova dimensão das tradicionais ferramentas CAD 2D é frequente, ainda que lamentavelmente errada, na medida em que esta descrição define apenas as ferramentas CAD 3D. As potencialidades das ferramentas BIM garantem uma panóplia de funcionalidades que vai muito além das permitidas pelas ferramentas CAD 3D, beneficiando dos princípios de automação que regem os modelos BIM. As ferramentas BIM encerram um potencial e um leque de funcionalidades de tal ordem vasto que se admite que qualquer alteração na abordagem à gestão de informação na construção deverá considerá-las nos novos processos.

Apesar das actuais ferramentas BIM apresentarem já modelos robustos e abrangentes, adequando cada vez mais as funcionalidades às exigências de utilização, verifica-se que a comunidade técnica não partilha o entusiasmo da comunidade académica em relação a estas tecnologias. Exigindo uma mudança considerável dos processos, a implementação das ferramentas BIM em gabinetes de projecto e empresas de construção afigura-se complicada, pelo que actualmente, a comunidade técnica argumenta que as vantagens em utilizar estas tecnologias não cobrem as novas exigências impostas pela aplicação dos novos processos.

Conhecer os reais benefícios de aplicação das ferramentas BIM será decisivo para ultrapassar esta barreira. Estudos internacionais da aplicação das ferramentas BIM em contextos reais vêm corroborando, em certa medida, as afirmações das companhias de software em relação aos benefícios prestados pelas suas ferramentas. Em Portugal, a utilização de ferramentas BIM é registada apenas de forma pontual.

2. Retrospectiva Histórica

A origem dos conceitos BIM remonta para as teorias desenvolvidas desde os finais da década de 70 por Charles M. Eastman sobre modelação de dados de produtos da construção [1], partilhando os mesmos princípios conceptuais a nível de representação e organização da informação [2]. O termo BIM "Building Information Modeling" foi utilizado pela primeira vez

por um arquitecto da Autodesk, Phil Bernstein, sendo depois generalizado por Jerry Laiserin como um nome comum para a representação digital dos processos de construção [3], característica de um pequeno conjunto de aplicações então disponíveis no mercado. O Graphisoft ArchiCAD é apontado como a primeira implementação dos princípios BIM numa aplicação comercial [4,5].

3. BIM: teoria

3.1. Definição

Building Information Modeling (BIM) designa os processos de produção e gestão da informação durante o ciclo de vida da construção [6]. As aplicações mais correntes utilizam o modelo tridimensional do edifício (Building Information Model, também designado por BIM) como um repositório dinâmico para integração da informação da construção.

3.2. Conceitos

3.2.1. Modelação orientada por objectos

BIM utiliza uma abordagem de modelação orientada por objectos. Este método consiste na programação de estruturas de dados, isto é, a definição de entidades ou objectos, numa organização semelhante à forma como os objectos reais interagem. Por outro lado, cada entidade ou objecto corresponde não só ao modo de representação, isto é, às propriedades que definem o objecto, como também a todos os operadores que o criam, manipulam, eliminam e actualizam correctamente, possibilitando assim o funcionamento e autonomia de cada objecto em particular [2]. Por outras palavras, a modelação é feita através da definição e assemblagem de objectos "ricos", ou seja, desenha-se uma parede com dadas propriedades e não as linhas que definem a parede e as suas propriedades.

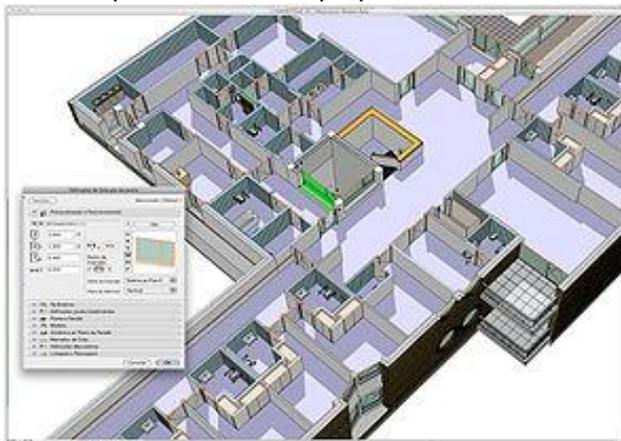


Figura 1 - Exemplo da modelação orientada por objectos [7].

3.2.2. Relações Paramétricas

A metodologia das relações paramétricas consiste na atribuição de relações de vizinhança aos vários elementos que compõem o modelo. As relações de vizinhança são processadas através de parâmetros que definem constrangimentos e implicações associados às entidades, o que resulta num modelo "inteligente" que adapta automaticamente todos os elementos do modelo quando se dá valores a parâmetros de apenas um dos elementos.

3.2.3. Interoperabilidade

Interoperabilidade define-se como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem dados entre si de forma a ser possível utilizar a informação recebida [8]. O termo é frequentemente utilizado no contexto das tecnologias de informação, embora também possa ser aplicado a diferentes sistemas, nomeadamente levando em conta factores sociais, políticos e organizacionais.

3.2.4. Industry Foundation Classes (IFC)

O modelo IFC é um formato universal para representação dos produtos da construção e troca de dados entre sistemas. Não sendo ainda um formato de interoperabilidade standard (a última versão, IFC 2x4, está em processo de aguardar certificação total da International Organization for Standardization), é já habitual a utilização das especificações IFC nas aplicações BIM mais correntes.

Actualmente, o desenvolvimento e manutenção do modelo encontram-se ao cargo do Model Support Group, grupo de investigação e desenvolvimento inserido na iniciativa buildingSMART. O modelo IFC apresenta uma estrutura hierárquica por módulos. Cada módulo agrupa uma série de entidades onde são definidos conceitos. As entidades dos módulos superiores de cariz mais específico referenciam uma ou mais entidades dos módulos inferiores mais genéricos. As entidades IFC definem objectos, relações e propriedades.

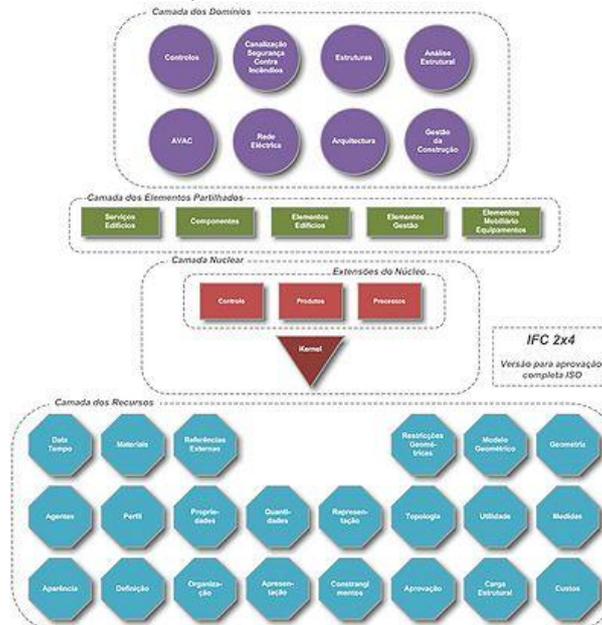


Figura 2 - Estrutura da base de dados do modelo IFC, versão 2x4 - traduzido de [9].

O modelo IFC foi desenvolvido com base num pressuposto de interactividade com o utilizador. O âmbito do modelo é demasiado abrangente para incluir todas as especificações existentes a nível mundial na indústria da construção, logo, o modelo foi estruturado de forma a possibilitar a entrada de informação de forma expedita. A alteração de entidades nucleares do modelo só pode ser feita segundo um rigoroso processo de avaliação e certificação, no entanto, a adição de propriedades pode ser realizada por cada utilizador sem precisar de submeter as especificações à buildingSMART, visto que todo o processo se desenvolve ao nível das aplicações de modelação BIM. Este processo designa-se por adição de property sets.

3.2.5. Fluxo IFC

Num fluxo IFC os dados são extraídos da base de dados da fonte e atribuídos às respectivas instâncias IFC presentes no conversor e guardadas num formato neutro. O conversor da base de dados do receptor capta os dados em IFC e associa-os aos respectivos dados do modelo receptor [8].

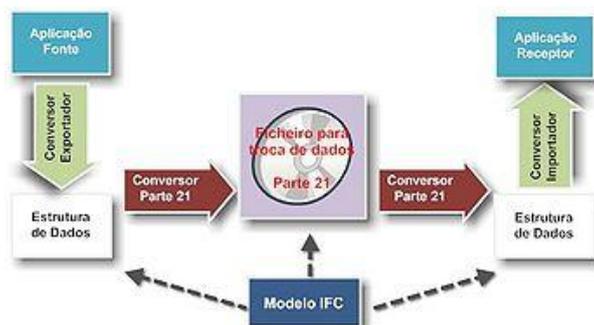


Figura 3 - Processo de troca de dados entre aplicações utilizando o modelo IFC - traduzido de [10].

Os problemas associados a este processo não estão tão associados à sua mecânica ou à qualidade dos conversores mas antes às restrições impostas pelas diferentes dimensões das bases de dados dos modelos proprietários e do modelo IFC. Por exemplo, num cenário onde a fonte e o receptor pertencessem ao mesmo modelo, no fim do processo, os dados representados no receptor iriam conter omissões em relação aos dados representados na fonte, pois a transição “fonte - conversor” representa logo à partida uma transição incompleta.

4. BIM: aplicação

4.1. Benefícios de utilização

Os BIM surgem como uma tecnologia de tal forma promissora que se pode afirmar que quaisquer esforços no sentido de melhorar gestão de informação devem ser enquadrados num modelo de informação. De outra forma, as iniciativas terão um carácter algo avulso e um tempo de validade limitado pelo inevitável aparecimento de tecnologias de âmbito mais alargado, actualmente em desenvolvimento [11].

Entre as potenciais vantagens identificadas para a indústria da construção, associadas à adopção deste tipo de tecnologia, contam-se as seguintes [12]:

- Pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos;
- Propagação de alterações rápida e directa;
- Automatização de fluxos de trabalho;
- Compilação da informação relevante;
- Integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível administrativo;
- Simplificação da recolha de informação produzida em projectos anteriores ou proveniente de fontes de informação externas;
- Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projectistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projectos;
- Eliminação da introdução repetida de dados, evitando-se os erros associados;
- Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projecto e com as verificações das especificações elaboradas;
- Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- Simplificação da introdução de modificações em projectos;
- Melhoria da cooperação interdisciplinar.

Embora se preveja que as primeiras entidades a sentirem as vantagens oferecidas pelos BIM sejam os projectistas, espera-se que se façam sentir efeitos benéficos de segunda ordem devidos à alteração dos processos de trabalho resultantes da introdução de uma nova entidade abstracta no processo construtivo: o repositório de informação. Com efeito, a existência de uma base de dados partilhada pelos diversos intervenientes, contendo a generalidade das informações produzidas durante o processo construtivo, alterará radicalmente a forma como é feita actualmente a gestão de informação.

4.2. Requisitos de implementação

No curso das impressões recolhidas junto de profissionais com alguma experiência na área, foram identificados alguns requisitos de implementação que é necessário considerar:

- **Receptividade dos futuros utilizadores:** é essencial que percebam exactamente de que forma se beneficia com a mudança para uma metodologia BIM de modo a assegurar a motivação dos utilizadores;
- **Qualificação de quem introduz informação nova no modelo:** o responsável ou líder de projecto, deverá ser altamente qualificado, devendo dominar os aspectos de modelação e compatibilização de projectos, dado ser esta a figura que define e gere o que é modelado e de que forma;
- **Controlo da informação introduzida no modelo:** a informação deverá ser constantemente validada pelos vários utilizadores e em última instância pelo gestor, de modo a evitar a propagação de erros em cadeia;
- **Responsabilidades individuais claramente definidas e explícitas contratualmente:** sendo um modelo BIM um sistema centralizador, é necessário definir as tarefas individuais bem explicitamente para evitar a desresponsabilização do utilizador;
- **Padronização do sistema de modelação:** fluxo de informação do tipo BIM-BIM e não BIM-CAD, ou vice-versa, de modo a evitar a introdução ou omissão de informação de projecto vital;
- **Padronização de métodos e processos:** especificação da metodologia de trabalho, a nível de recursos de modelação, guias de trabalho e normas de modelação. Os processos deverão estar claramente especificados para evitar perdas de informação;
- **Padronização do software BIM:** num fluxo BIM, há grande vantagem em utilizar software da mesma marca, de modo a assentar os fluxos nos formatos proprietários e robustos das empresas de software, por oposição aos formatos universais mas incompletos, como o IFC.

4.3. Funcionalidades

4.3.1. Dimensão do modelo

Os modelos BIM mais ambiciosos dizem-se "nD". Esta designação caracteriza o âmbito dimensional que vai além das clássicas três dimensões do espaço euclidiano.

A quarta dimensão de um modelo BIM é o factor tempo. A capacidade de retratar o ciclo de vida da construção, estratificando o modelo por fases de execução da construção, permite uma visão única da evolução do edifício ao longo do tempo. Por outro lado, esta arquitectura pode ser aproveitada no contexto das aplicações de planeamento dos processos produtivos.

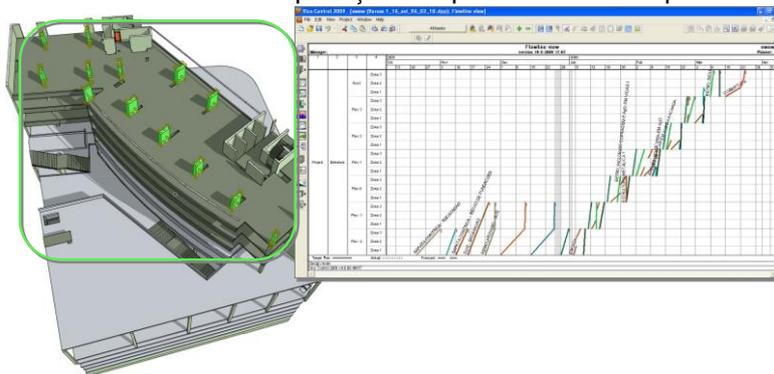


Figura 4 - Produção de um planeamento de tarefas baseado por localizações, a partir de um modelo BIM [7].

A quinta dimensão de um modelo BIM corresponde à associação de custos. A capacidade de atribuir valores aos elementos do edifício apoia e agiliza, em certa medida, os processos de orçamentação. Esta funcionalidade beneficia da extracção automática de quantidades para evitar erros de medição e a propagação de inconformidades, assegurando estimativas sempre coerentes com o estado actual do projecto.

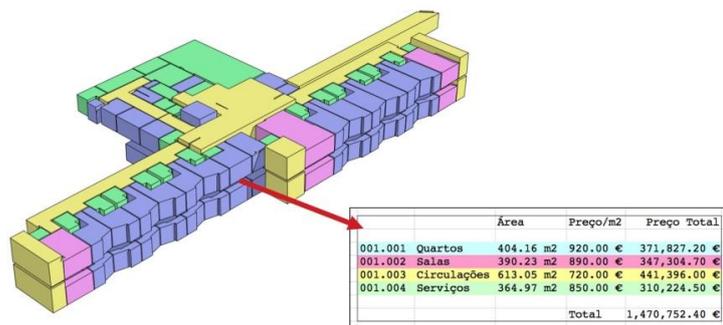


Figura 5 - Exemplo da estimativa orçamental por meio de uma ferramenta BIM [7].

A escala temporal e os custos são, actualmente, as dimensões "extra" mais divulgadas, no entanto, o potencial dos BIM permite outras dimensões, sobretudo a nível de simulações e cálculo. Em alguns casos já vai sendo possível utilizar a extracção automática de quantidades e a atribuição de parâmetros aos elementos para proceder à simulação de cenários para análise estrutural e análise energética.

4.3.2. Concepção

As mais correntes aplicações BIM são autênticas ferramentas de design de edifícios. A modelação do edifício vai mais além da simples concretização dos esboços em papel para formato digital, sendo possível usar a aplicação para testar diferentes tipos de soluções, sempre limitadas pelos parâmetros de consistência de um modelo de construção. A modelação desenvolve-se com recurso a bibliotecas ou famílias de elementos, editáveis por cada utilizador. A criação de bibliotecas pré-definidas para cada projecto assegura a compatibilidade do modelo com os materiais e processos de construção pretendidos para cada obra, o que aumenta significativamente a construtibilidade do projecto e reduz as incompatibilidades e ajustes necessários entre o projecto de concepção e o projecto de execução.

4.3.3. Visualização

Os processos de visualização num modelo BIM são automáticos, isto é, o utilizador define o tipo de vista pretendido e o modelo gera-a. Isto inclui plantas, alçados, cortes, pormenores e elementos 3D. Visto que a modelação obedece a regras paramétricas, todas as vistas são actualizadas em tempo real, garantindo a consistência do modelo quer na fase inicial, quer na fase final e a rapidez na produção de informação visual.

As capacidades de visualização dos BIM permitem uma melhor percepção global do modelo global durante todo o ciclo de vida do edifício, o que significa que é possível retratar várias fases da construção. Por outro lado, uma funcionalidade deste tipo permite obter um modelo muito aproximado ao produto final em fases mais adiantadas do projecto, reduzindo substancialmente a imprevisibilidade associada a vários aspectos dos processos de construção.

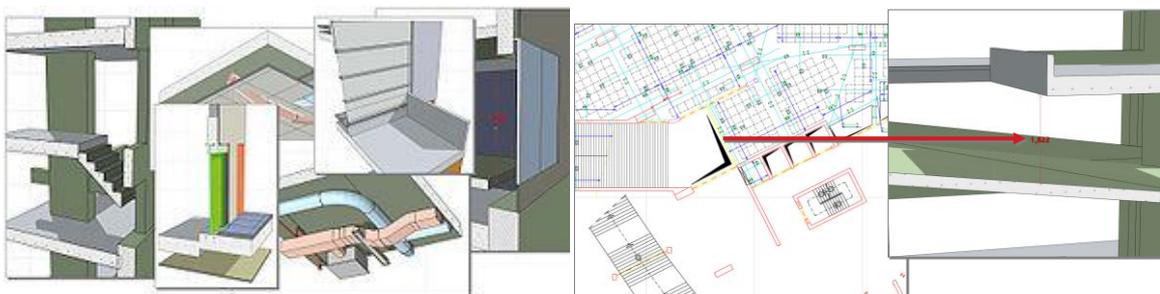


Figura 6 - Inspeção visual de um modelo completo para efeitos de detecção de erros e omissões [7].

Outra funcionalidade que decorre da visualização potenciada do modelo é a capacidade de efectuar uma inspecção visual, permitindo uma verificação manual de erros de altimetria, erros em ligações entre elementos, sobreposição de elementos e omissão de elementos.

4.3.4. Quantificação

A abordagem de modelação por elementos obriga à especificação de parâmetros para cada um dos elementos. Certos parâmetros tais como comprimentos, altura, espessura e área, são standard. Outros parâmetros tais como custo de material, custo de construção, tempo de construção, fabricante, histórico de propriedade, entre outros, são definíveis por utilizador. Actualmente, várias aplicações BIM já permitem efectuar listagens por elementos, por parâmetros e por quantidades. Deste modo, é possível extrair automaticamente certas quantidades do modelo. Mediante a capacidade de interoperabilidade, as quantidades podem depois ser aproveitadas por outras aplicações para executar operações de orçamentação, planeamento e gestão da construção.

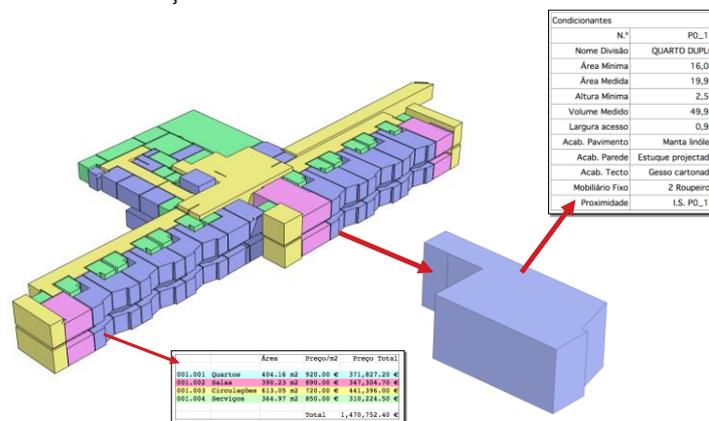


Figura 7 - Extracção automática de quantidades [7].

4.3.5. Colaboração

A abrangência das ferramentas BIM permite centrar um volume significativo da informação referente ao ciclo de vida do edifício num único modelo. A partilha deste modelo com os vários colaboradores permite que o trabalho seja realizado a partir da mesma plataforma, minimizando os erros e omissões provenientes da interpretação e tradução deficiente da informação, e permitindo uma optimização da harmonia do modelo à medida que novos dados são acrescentados. A partilha de um modelo BIM é, contudo, condicionada pela (falta de) interoperabilidade entre os formatos proprietários das aplicações. O formato standard IFC encontra-se já em várias das mais importantes aplicações BIM e constitui uma das poucas formas de ultrapassar o problema da interoperabilidade. Embora a sua utilização não se concretize numa correspondência total entre diferentes modelos proprietários, o formato assegura a transmissão de uma parte substancial da informação.



Figura 8 - Compatibilização de especialidades [7].



A compatibilização de projectos de especialidades diferentes é das tarefas mais difíceis a nível de gestão de projectos. A tendência das ferramentas BIM aponta cada vez mais no sentido de trabalho com toda esta informação num só modelo. Actualmente existem aplicações que não só permitem a agregação de projectos de diferentes especialidades, como possuem ferramentas que realizam uma verificação da compatibilidade dos modelos, identificando sobreposições, conflitos, erros e omissões no modelo global.

4.3.6. Documentação

A produção de documentação técnica da construção é um dos trabalhos mais penosos nos processos de construção, quer a nível de documentação para licenciamento, contratação ou preparação de obra. A automatização dos processos de produção de documentos técnicos a partir de um BIM agiliza substancialmente estas tarefas. As aplicações BIM mais correntes focam sobretudo a produção de peças desenhadas, incluindo ferramentas para criação de layouts, concebidas com a finalidade de apoiarem a impressão das peças. A componente "inteligente" do modelo assegura a actualização em tempo real dos layouts quando são introduzidas alterações no modelo.



Figura 9 - Peças desenhadas retiradas a partir de uma ferramenta BIM [7].

Algumas aplicações BIM também produzem documentação escrita, sobretudo a nível de mapas de quantidades, isto é, listagens de quantidades, sejam medidas ou elementos, extraídas automaticamente a partir do modelo. As peças desenhadas, no entanto, contêm mais informação nomeadamente a nível de articulado, mapas de trabalhos, especificações técnicas, memória descritiva e estimativas orçamentais. O ProNIC é uma ferramenta que normaliza as especificações e automatiza a produção desta documentação. Uma ferramenta capaz de automatizar a produção de toda a documentação técnica, escrita e desenhada, seria algo como a junção de uma aplicação BIM e o ProNIC.



Figura 10 - Mapas de quantidades retirados a partir de uma ferramenta BIM [7].

4.3.7. Integração com software de análise de performance energética

A sustentabilidade e performance energética do edifício assumem cada vez maior importância nos projectos de edifícios. Com a proliferação dos modelos BIM, começam a aparecer no mercado aplicações de análise da performance energética do edifício, capazes de integrar informação retirada de modelos BIM. A utilização destas ferramentas num modelo de projecto corresponde a um meio altamente expedito de testar e validar soluções.

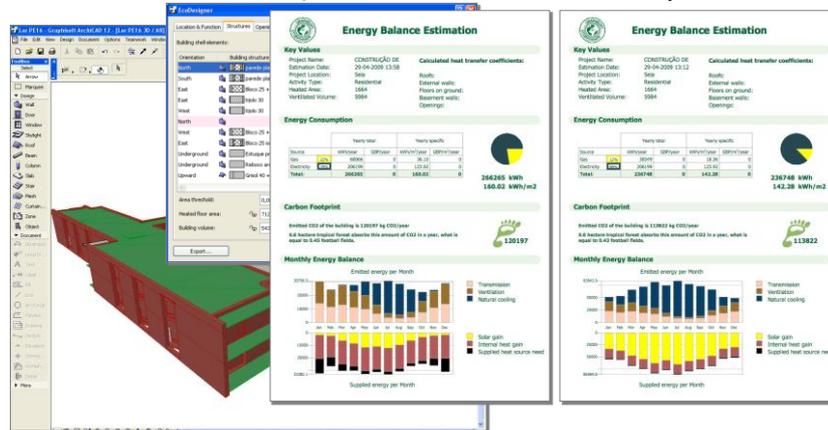


Figura 11 - Software de análise energética a partir de um modelo BIM [7].

4.4. Ciclo de vida

As ferramentas BIM foram desenvolvidas para abordar todo o ciclo de vida da construção. Correspondendo a uma tecnologia que pretende substituir as aplicações CAD tradicionais, as ferramentas BIM destinam-se à aplicação para lá da fase de concepção. Com efeito, estudos recentes [13,14] revelam que em projecto os benefícios sentidos são mais de ordem funcional, o que se traduz numa maior qualidade e rapidez, enquanto na fase de execução, os benefícios se traduzem em ganhos concretos com a redução de prazos e custos. As exigências de modelação para cada fase da obra variam. Os BIM fornecem uma ampla gama de funcionalidades para os modelos nas várias fases.

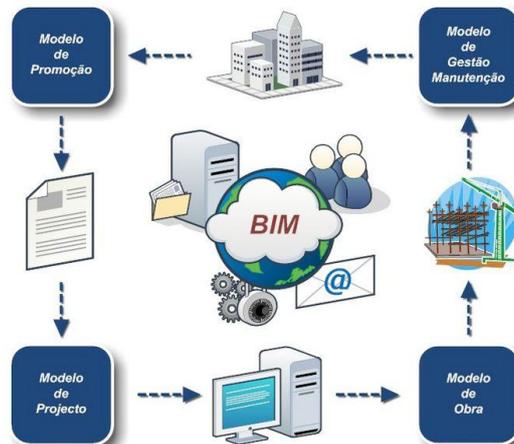


Figura 12 - Aplicação de ferramentas BIM no ciclo de vida da construção.

Na fase de promoção e viabilidades, é possível utilizar o modelo BIM para produzir uma versão pouco detalhada do modelo com a finalidade de fazer os primeiros estudos de viabilidades e usufruir das capacidades de produção de renderings para fins promocionais.

A fase de concepção corresponde à fase de maior utilização dos modelos BIM por se tratar da etapa onde o modelo é detalhado ao pormenor. Assim, as funcionalidades BIM apoiam o utilizador no teste de novas soluções, na coordenação de projectos, na produção documental e na criação de renderings.

O modelo de obra é utilizado para detecção de erros e omissões, coordenação de projectos, orçamentação, planeamento e gestão de obra.

Na fase de utilização, toda a informação recolhida no seguimento da construção pode ser agrupada num modelo de apoio à gestão e manutenção do edifício.

5. Conclusões

As ferramentas BIM foram apresentadas numa perspectiva teórica e também prática. Os produtos directos dos BIM mostram, em relação às tradicionais ferramentas CAD, uma evolução assinalável a nível de automação, manifestando-se numa capacidade acrescida a nível da coordenação de projectos e da produção de informação documental. Actualmente, as grandes aplicações práticas das ferramentas passam pela produção de vistas, a extracção de quantidades e a detecção de erros e omissões na coordenação dos vários projectos.

O levantamento realizado sobre o estado actual de utilização dos BIM mostra que ainda se trata de um processo nas fases iniciais.

A análise do potencial das ferramentas, quando utilizadas em condições de alta performance, deixa antever benefícios práticos que perspectivam um aumento significativo da produtividade e da eficiência nos processos de gestão da informação na construção, o que em termos concretos se materializa num acréscimo de qualidade e numa redução de prazos e custos procedimentais.

6. Bibliografia

- (1) C.I. Yessios, "Are We Forgetting Design?", AECbytes Viewpoint #10 (2004).
- (2) C.M. Eastman, "Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction", (1999).
- (3) J. Laiserin, "Comparing Pomes and Naranjas", The Laiserin Letter - Analysis, Strategy and Opinion for Technology Leaders in Design Business (2002).
- (4) J. Laiserin, "Graphisoft on BIM", The Laiserin Letter - Analysis, Strategy and Opinion for Technology Leaders in Design Business (2003).
- (5) I. Howell, B. Batcheler, "Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential, Some Success and Several Limitations", (2005).
- (6) G. Lee, R. Sacks, C.M. Eastman, "Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system", Automation in Construction 15(6), 758-776 (2006).
- (7) M. Krippahl, "Building Information Model: Modelação 3D", Gestão da Construção Mota-Engil Engenharia (2009).
- (8) A. Monteiro, Avaliação da aplicabilidade do modelo IFC ao licenciamento automático de projectos de redes de distribuição predial de água, Tese de Mestrado Integrado, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Construções Civas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- (9) b.I.L. IAI, "Industry Foundation Classes; IFC2x Edition 4", (2010).
- (10) C. Eastman, BIM handbook a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley and Sons Ltd, New Jersey, 2008.
- (11) J.P.d.S. Poças Martins, Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção, Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos, Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- (12) M. El-Desouki, A.H. Hosny, A Framework Model for Workflow Automation in Construction Industry International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure, Cairo, Egipto, 2005.
- (13) C. McGraw-Hill, Building Information Modeling (BIM) - Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity, in: C. McGraw-Hill (Ed.), SmartMarket Report, 2008.
- (14) C. McGraw-Hill, "The Business Value of BIM - Getting Building Information Modeling to the Bottom Line", SmartMarket Report (2009).