

FERRAMENTAS E PROCESSOS BIM DE AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

BIM TOOLS AND PROCEDURES FOR ENERGY EVALUATION AND OPTIMIZATION IN BUILDINGS

Luis M. Santos¹, João Pedro Couto²

Abstract — Currently there is a growing concern about climate change resulting from increased CO₂ emissions, leading to an increasing demand of buildings that are more sustainable and energy efficient. The AEC industry have been acquiring more demanding standards of sustainability and energy efficiency, requiring analysis processes to be more complex and integrated with each other. Therefore, it has become vital to implement BIM, enabling greater efficiency in the collaborative process between actors. Thus, the use of BIM can contribute to sustainability through forecasting energy consumption and their usage costs with credibility, reliability and consistency of results. The study of the benefits and barriers to the introduction of BIM in energy analysis of buildings and the analysis of the interoperability between BIM tools and specialized software for energy analysis becomes relevant, as well as the study of workflows that provide good efficiency, which will boost its correct implementation in the AEC industry.

Index Terms — BIM, Interoperability, Sustainability, Energy Analysis

INTRODUÇÃO

As significativas alterações climáticas, resultantes do aumento das emissões que provocam o efeito de estufa, tem sido objeto de crescente preocupação nos últimos vinte e trinta anos. Este efeito refere-se à capacidade de certos gases serem capazes de reterem parte de uma radiação específica do sol, usualmente a infravermelha, que está fortemente ligada ao aquecimento global da Terra.

Relatórios de monitorização indicam uma evolução crescente constante no registo de emissão de CO₂ até cerca de 1950, verificando-se um agravamento muito significativo após essa data, tendo aumentado cerca de 7 vezes mais a emissão de CO₂ até aos dias de hoje [1].

O protocolo de Kioto marca um ponto de viragem, passando a Europa a assumir um papel ativo na tentativa de diminuição das emissões GHG e consequentemente muito menos tolerante e mais rigorosa. Nesse sentido, a União Europeia tem procurado implementar medidas e planos estratégicos através da criação de Diretivas Europeias que visem proporcionar grande impacto na melhoria da eficiência energética dos edifícios, no desenvolvimento da produção de energia renováveis e consequente diminuição da emissão de GHG [2]. Desta forma estabeleceu-se que, como metas a

atingir até 2020, se deveria reduzir as Emissões GHG em 20% relativamente aos valores existentes em 1990; aumentar a Eficiência Energéticas nos Edifícios em 20% do consumo de energia primária e aumento da contribuição das Energias Renováveis para pelo menos 20% do total das necessidades energéticas existentes na Europa [2] [3] [4].

Na procura de atingir as metas estabelecidas até 2020, a União Europeia, através da Diretiva 2002/91/CE (EPBD), estabelece um conjunto de medidas que visam o aumento da eficiência energética em edifícios e consequente redução de consumo da energia primária. Esta diretiva viria a servir de suporte para a revisão da legislação nacional e introdução à certificação energética, na qual são estabelecidos pela primeira vez limites máximos de consumo de energia e requisitos mínimos térmicos para os elementos construtivos da envolvente do edifício. Mais tarde a Diretiva 2010/31/EU (EPBD recast), reformula a EPBD inicial de 2002 clarificando e reforçando disposições originais e introduzindo novas medidas que se revelam bastantes ambiciosas e exigentes. Dentro dessas novas disposições, introduz-se o conceito de edifício NZEB, o qual deve ser aplicado a todos os edifícios novos governamentais públicos até 2018 e a todos os edifícios em geral até 2020 [5] [6]. Este objetivo impõe à indústria AEC novos padrões de sustentabilidade e eficiência energética mais exigentes, que obrigam a processos de análise mais complexos e integrados entre si.

Na Europa os edifícios residenciais e comerciais significam um consumo de cerca de 40% de energias primárias, sendo em Portugal de cerca de 30% do consumo de energia final. Apesar de ainda se verificar que Portugal se encontra abaixo da média europeia, constata-se uma tendência para aumentar o consumo em Portugal devido à procura de melhores condições de conforto térmico. Posicionando-se este sector como o segundo maior contribuidor em termos de emissões de GHG, quer por razões energéticas quer ambientais, revela-se portanto muito importante a intervenção e procura de implementação de metodologias que facultem um aumento de eficiência energética, proporcionando um grande impacto ambiental, económico e social [2].

A procura de altos níveis de eficiência energética que possibilitem uma diminuição do consumo energético primário, impostos por legislação europeia e nacional, bem como a implementação do novo conceito de edifício NZEB, obriga a indústria AEC a processos de análise interdisciplinares coordenados e mais integrados entre si, que possibilitem o conhecimento partilhado e atualizado relativo

¹ Luis M. Santos, MSc Student at the University of Minho, luis.santos@cm2s.eu

² João Pedro Couto, Assistant Professor at the University of Minho, jpc@civil.uminho.pt

ao edifício em estudo, desde a fase de concepção até à fase de construção.

A implementação de metodologias e ferramentas BIM na indústria AEC, revela-se portanto de grande importância, possibilitando maior eficiência no processo colaborativo entre os diversos intervenientes.

DEFINIÇÃO E CONCEITO DE BIM

O conceito de Building Information Modeling (BIM) foi criado pelo Prof. Charles Eastman, tendo identificado os princípios conceptuais a nível de representação e de organização da informação em vários livros e artigos, de sua autoria, desde do final dos anos 70. Jerry Laiserin generalizou e popularizou o termo BIM, como o nome comum de uma representação digital do processo de construção, de modo a facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade de informação em formato digital, uniformizando desta forma as várias terminologias existentes.

BIM é uma nova tecnologia e uma nova forma de trabalhar. BIM é muito mais que uma simples implementação de *software*, requerendo que nos afastemos do método tradicional, no qual as equipas trabalham dentro da sua base de informação não partilhada, e evoluamos para a partilha de base de dados, comum a todos, em que um só protótipo digital contenha informação coordenada e acessível a todos os *stakeholders* [7].

Segundo Eastman [8], a definição de BIM consiste numa tecnologia de modelação associada a processos com o objetivo de produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios. Os modelos são caracterizados pela inclusão dos componentes do edifício através de objetos paramétricos que contêm a representação gráfica e atributos que permitem ser manipulados de forma inteligente e que os identifiquem perante os *softwares*; pela possibilidade da informação agregada aos objetos paramétricos permitir processos de análise, nomeadamente extração de quantidades, especificações de produtos e análises energéticas; pela consistência e não redundância de informação no caso de modificação dos objetos de forma a produzir informação coordenada, atualizada e fidedigna em todas as vista e relatórios de informação do modelo.

BIM apresenta-se como um processo integrado baseado em informação coordenada e fidedigna relativa ao projeto, desde da fase de concepção até à fase de construção e posteriormente na fase de operação do edifício já construído. Ao adotar o BIM, arquitetos, engenheiros, construtores e donos de obra podem facilmente criar informação e documentação coordenada, que possibilite uma rigorosa visualização da aparência, simulação e análise do desempenho do edifício nas diversas vertentes, estimativa de custos e tempos de construção e materializar o projeto com segurança, maior rapidez, maior economia e com reduzidos impactos ambientais [9].

Ao contrário dos modelos 3D executados por *softwares* de CAD que apenas incluem a definições geométricas nas três dimensões sem qualquer tipo de informação agregada, os modelos BIM representam o edifício em 3D como um protótipo, sendo a sua representação organizada segundo

pavimentos, paredes, tetos, coberturas, janelas, portas, espaços/zonas e outros elementos construtivos com informações associadas a cada um dos elementos. Apesar do modelo BIM poder ser visualizado em 3D, a informação agregada ao mesmo possibilita que este possa ser utilizado por *softwares* de análise específicos, nomeadamente de estimativa de custos, simulação energética, níveis de luminosidade, análise de dinâmica de fluidos e verificação de regulamentação na construção [10].

SIMULAÇÃO E ANÁLISE ENERGÉTICA

Os *softwares* de simulação e análise energética já existem à bastante tempo, tendo ganho maior ênfase a sua utilização na última década. Estes *softwares* operavam geralmente de forma isolada, ou seja, não existia transferência automatizada de informação entre os projetos das diversas especialidades (Arquitetura, Estruturas e MEP) para o programa de simulação e análise energética. Deste modo, toda a informação era introduzida manualmente, o que se verificava um processo moroso com duplicação de processo e sujeito a erros de interpretação do projeto das especialidades, originando modelos de simulação efetuados sobre configurações espaciais erradas.

Verificando-se que as ferramentas de simulação energética e térmica detalhada estão cada vez mais a ser usadas, envolvendo todas as equipas técnicas na concepção dos edifícios, e que os *softwares* de análise de edifícios são cada vez mais sofisticados, integrados e fáceis de usar, deparamos com a oportunidade e a necessidade desenvolver o nosso conhecimento relativamente ao desempenho dos edifícios, com especial ênfase para otimização energética [11].

Na indústria AEC, uma análise avançada de simulação energética e térmica efetuada através de programas de modelação de edifícios tornou-se indispensável na concepção e obtenção de edifícios de alto desempenho. A fase de projeto conceptual de modelação térmica é usada para fornecer ao designer o primeiro *feedback* sobre o impacto das várias configurações do edifício relativamente ao desempenho energético e térmico anual [12].

As ferramentas de simulação térmica do edifício têm como objetivo a previsão dos níveis de desempenho térmico de um determinado edifício e o conforto térmico dos seus ocupantes. De forma generalizada, estas fornecem dados do comportamento energético e térmico do edifício, permitindo a criação e comparação de diferentes soluções construtivas e de *design* [13].

Para a execução de uma avaliação de conforto térmico é necessário considerar pelo menos seis fatores: níveis de atividade humana, resistência térmica das roupas, ar, temperatura, temperatura média radiante, velocidade do ar e pressão de vapor no ar ambiente [14].

Para a execução de uma simulação energética é necessário o conhecimento de alguns dados de *input*, tais como: configuração geometria, incluindo o *layout* e a configuração dos espaços (superfícies e volumes), agrupamento de espaços em zonas termicamente homogêneas, localização e orientação do edifício, elementos construtivos incluindo as suas propriedades térmicas, tipo de uso, incluindo o uso funcional,

cargas e ganhos internos e horário de funcionamento com ocupação de pessoas, utilização da iluminação e equipamentos, aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e suas características, taxas de ocupação e dados meteorológicos [13].

A precisão dos resultados obtidos de uma simulação energética é determinada pela fiabilidade e rigor dos dados de entrada. Esta entrada de dados consiste, principalmente, a geometria do edifício; cargas internas; sistemas de HVAC e componentes; dados meteorológicos; dados operacionais, estratégias, cronogramas e parâmetros específicos de simulação (Figura 1).

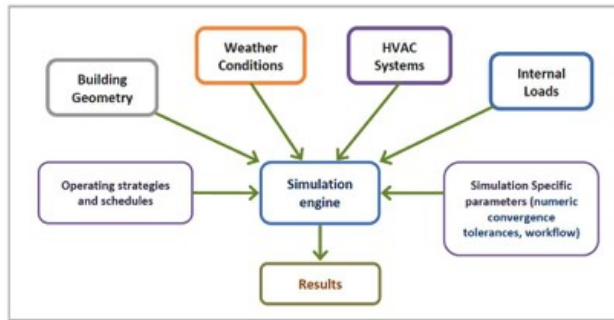


FIGURA 1

INPUTS NECESSÁRIOS A UMA SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

Os resultados podem ser apresentados sob a forma de texto, gráfico ou código. Estes resultados geralmente incluem os seguintes *outputs*:

- Resultados quantificáveis para avaliação do desempenho energético de acordo com objetivos e regulamentação.
- Resultados quantificáveis para estimativa de utilização de energia primária por cada espaço, pelo edifício todos, bem como uma estimativa do custo de energia que o edifício gastará.
- Estimativa de custos e gastos de energia utilizada ao longo do ciclo de vida do edifício.

BIM E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA

Com a evolução das metodologias e ferramentas BIM, também os programas de simulação e análise energética evoluíram, permitindo a interoperabilidade com as ferramentas BIM.

Esta evolução deu origem a processos de análise mais céleres e rigorosos que proporcionem a avaliação energética na fase inicial do projeto, onde as mudanças de otimização possam ocorrer com grandes impactos a nível de otimização de projeto mas com muito pouco custo económico para as equipas projetistas e donos de obra.

Do mesmo modo, as ferramentas de modelação paramétrica tridimensional passaram a incorporar motores de cálculo que permitem executar simulações energéticas preliminares, passando assim as equipas de arquitetura a ter intervenção direta e de forma integrada no workflows das análises

energéticas, que até aqui apenas fornecia o projeto à equipa de análise energética, a qual lhe daria o *feedback*.

O método tradicional em CAD geralmente impossibilita análises energéticas nas fases iniciais de projeto, sendo estas, tipicamente realizadas depois dos projetos de arquitetura estarem concluídos, o que resulta numa ineficácia no processo de alteração, com consequências económicas e de otimização da sustentabilidade [15].

Com o desenvolvimento da interoperabilidade entre as ferramentas BIM e os principais programas de simulação e análise energética, é agora possível importar dados de projetos sem que existam duplicação de processo e trabalhos, minimizando a ocorrência de erro. Dentro dos dados que se podem importar está a geometria do edifício, implantação e orientação solar do edifício, localização com os respetivos dados climáticos, localização e dimensão de vãos e aberturas, localização e dimensão de palas e elementos que provoquem sombreamentos, etc.

As ligações directas entre o BIM e ferramentas de análise energética são uma importante evolução da tecnologia BIM, permitindo a criação de ferramentas de análise que tenham uma relação explícita entre si, resultando num melhor intercâmbio de dados de forma coordenada e contínua que economiza tempo, recursos, esforço e reduz o risco [11].

Estudos indicam que as fases iniciais do projeto do edifício são as mais importantes para se tomarem decisões relativamente às medidas sustentáveis a implementar. Para que se efetuem simulações nas fases iniciais dos projetos é necessário que o modelo contenha dados de informação relativa à forma e localização do edifício, materiais e definição dos sistemas MEP. Este facto abre uma oportunidade para que a implementação do BIM possa incorporar medidas de otimização energética desde das fases iniciais de projeto, uma vez que o modelo virtual é um repositório de toda a informação inerente ao edifício [16].

Demonstrando o valor da tomada de decisões na fase inicial do projeto, a Figura 1 identifica a curva ideal do processo de *design* de uma construção como sendo a número 4, que corresponde à curva da metodologia BIM.

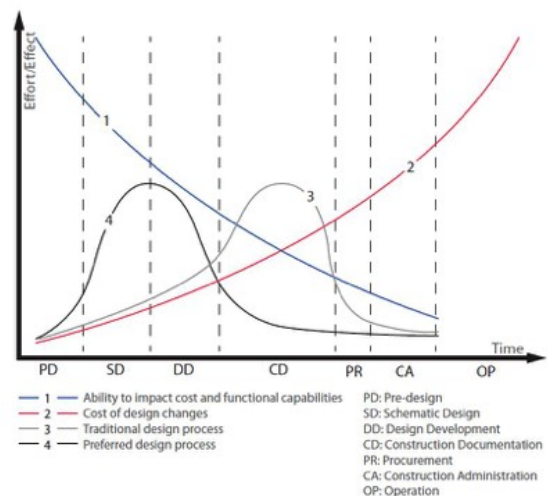


FIGURA 2

DIAGRAMA DA “CURVA DE MACLEAMY”

Com introdução da metodologia BIM no *workflow* de otimização da eficiência energética, as simulações energéticas passam a fazer parte de processo integrado, possibilitando a análises expeditas de múltiplas soluções com a obtenção de resultados quantificáveis rigorosos e fidedignos [17].

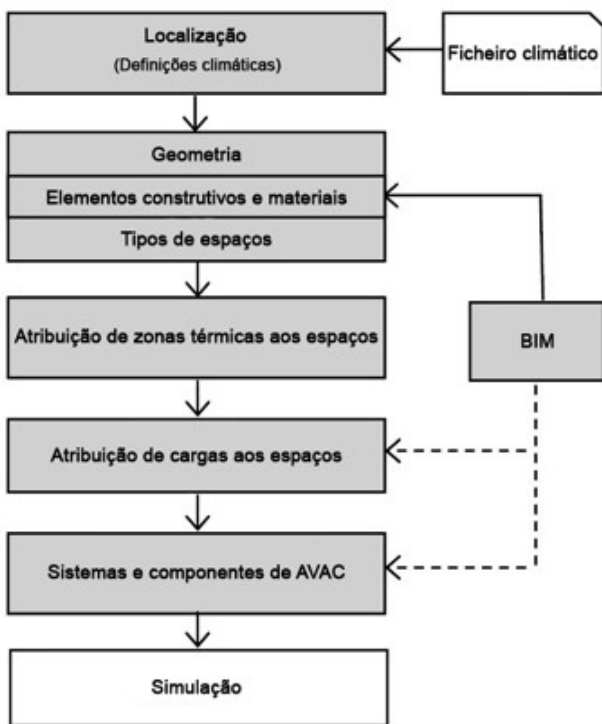


FIGURA 3
WORKFLOW IDEAL PARA A EXECUÇÃO DE SIMULAÇÕES ENERGÉTICAS
DETALHADAS COM RECURSOS A FERRAMENTAS BIM

As ferramentas BIM possibilitam a otimização de um edifício mais sustentável, através de uma fácil análise dos elementos construtivos, desempenho energético, sustentabilidade, resultando na obtenção de projetos mais rigorosos e eficientes, bem como na redução de perdas de recursos naturais e menor impacto na obra [18].

Da mesma forma, estas possibilitam a otimização energética através de estudos de vãos e do correto dimensionamento dos elementos de sombreamento; estudos de sombras e movimentação do sol; análises de predominância e interação de ventos com o edifício promovendo o arrefecimento passivo eficiente dos edifícios por ventilação natural; análises de níveis de luminosidade entre os quais o fator luz dia, promovendo a economia de energia utilizada em iluminação artificial; análise e previsão das transferências de energia e de radiação solar relevantes para o comportamento térmico, lumínico e de consumo de energia de um edifício;

Outra vantagem associada à implementação da metodologia BIM, traduz-se na sua utilização para a certificação de edifícios sustentáveis, através dos vários sistemas de certificação disponíveis. O BIM poderá contribuir para o fornecimento de informação necessária aos parâmetros do sistema de certificação relativos aos valores energéticos, e

outros, podendo o projeto evoluir de forma a otimizar esses mesmos parâmetros, resultando numa melhor classificação sustentável do edifício [16].

Nesse sentido, a utilização de metodologias e ferramentas BIM contribuirá para a sustentabilidade através de previsão de consumos de energia e seus respetivos custos de utilização com credibilidade, fiabilidade e consistência de resultados, podendo ainda beneficiar de estimativas rigorosas e completas na fase inicial de concepção, viabilizando tomadas de decisão antecipadas; melhorias nas análises de custo do ciclo de vida de um edifício, possibilitando ainda a medição e verificação de resultados durante a ocupação do mesmo, o que proporciona uma oportunidade de aprender processos e soluções implementadas que se verifiquem validadas.

NOTAS FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

Com a implementação de metodologias BIM no workflow de simulação e análise energética evidencia-se a maior facilidade e eficiência introduzida nos processos, com redução de tempos e minimização de erros, permitindo de forma rápida e rigorosa aferir resultados quantificáveis nas fases iniciais de projeto; maior impacto na sustentabilidade dos edifícios com baixos custos de projeto, sendo estes últimos ainda mais acentuados na fase de Operação e Manutenção dos edifícios.

Como futuras perspectivas de investigação sugere-se que seja desenvolvido conhecimento na área da interoperabilidade (IFC e gbXML) entre as ferramentas BIM, por forma a que a simbiose entre os programas de modelação paramétrica tridimensional BIM e os programas de análise energética detalha seja mais eficiente, integrada e coordenada.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Universidade do Minho e ao Centro do Território e Ambiente a disponibilização dos meios e condições para a realização do trabalho.

Especial agradecimento ao meu orientador de tese de mestrado, Prof. Doutor João Pedro Couto, pelo seu apoio e incentivo no desenvolvimento deste artigo e da evolução do meu percurso académico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEA. CO2 Emissions from fuel combustion – Highlights. International Energy Agency. Paris : OECD, 2009.
- [2] Gonçalves, Helder. Eficiência Energética: edifícios e áreas urbanas. ENERGIA 2020 - Um Objetivo a 10 anos. [Online] 9 de Fevereiro de 2010. http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/docs/SumarioEficiencia%20Energetica_HelderGoncalves.pdf.
- [3] European Commission. Europe 2020 targets. Europe 2020. [Online] Janeiro de 2007. <http://ec.europa.eu/europe2020/targets/eu-targets/>.
- [4] Agência Europeia do Ambiente. Contexto da política energética. Agência Europeia do Ambiente. [Online] 19 de Março de 2012. <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/energy-policy-context>.
- [5] ADENE. Lisboa : ADENE, 2012. Net Zero-Energy Buildings Conference.

- [6] Concerted Action EPBD. Concerted Action - Energy Performance of Buildings. [Online] 2013. <http://www.epbd-ca.eu/>.
- [7] Pittard, Steve. What is BIM? [Online] 2013. http://www.rics.org/Global/Downloads/What_is_BIM_1_.PDF.
- [8] Eastman, Chuck, et al. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2^o Edition. New Jersey : John Wiley & Sons, 2011.
- [9] Autodesk. Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling. [Online] 2008. http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf.
- [10] The National 3D-4D-BIM Program. GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview. Washington : U. S. General Services Administration, 2007.
- [11] Attia, S. Building Performance Simulation Tools: Selection Criteria and User Survey. Belgium : Université Catholique de Louvain: Louvain La Neuve, 2010.
- [12] U.S. General Services Administration (US GSA). Information Delivery Manual (IDM) for BIM Based Energy Analysis as Part of the Concept Design BIM. U.S.A : Statsbygg and Senate, 2010.
- [13] Maile, T., Fischer, M. e Bazjanac, V. Building Energy Performance Simulation Tools—A Life-Cycle and Interoperable Perspective. Stanford, CA, USA : Stanford University, 2007.
- [14] Fanger, P.O. . Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York, USA : McGraw-Hill Book Company, 1970.
- [15] Schlueter, Arno e Thesseling, Frank. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. Automation in Construction. 2009, Vol. 18, pp. 153-163.
- [16] Azhar, Salman, et al. Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. Automation in Construction. 2011, Vol. 20, pp. 217-224.
- [17] Aksamija, Ajla. BIM-Based Building Performance Analysis: Evaluation and Simulation of Design Decisions. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. 2012.
- [18] Amorim, Sergio. BIM – Building Information Modelling: Uma tecnologia para o futuro imediato da construção. Sinduscon-Rio. 2010, pp. 13-31.