

As metodologias BIM como auxiliar no projeto de reabilitação energética de edifícios

J. P. Carvalho, MEng

Universidade do Minho
id7314@alunos.uminho.pt

S. M. Silva, PhD

Universidade do Minho
sms@civil.uminho.pt

R. Mateus, PhD

Universidade do Minho
ricardomateus@civil.uminho.pt

L. Bragança, PhD

Universidade do Minho
braganca@civil.uminho.pt

RESUMO

Atualmente o edificado europeu é responsável por 40% do total da energia consumida e por 36% da emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa. A reabilitação energética do edificado existente, especialmente daquele construído antes da entrada em vigor da primeira regulamentação térmica, aliada a práticas sustentáveis, é um passo essencial e uma prioridade da UE para que os seus Estados-Membro reduzam a sua dependência energética e as suas emissões de gases de efeito de estufa, tornando os seus edifícios mais sustentáveis. Neste contexto, o presente estudo mostra a reabilitação energética de um edifício residencial português, construído no final da década de 60, utilizando uma abordagem baseada no Building Information Modelling (BIM) durante as fases iniciais de projeto. A metodologia BIM foi utilizada com o objetivo de realizar análises de desempenho energético do caso de estudo, de maneira a analisar as vantagens desta abordagem na identificação dos melhores cenários de reabilitação energética. Após a referida análise, foi possível constatar que a utilização de metodologias BIM, permite aos projetistas a rápida realização de comparações entre as possíveis soluções a adotar, auxiliando assim a tomada de decisão. Ao mesmo tempo, possibilita ainda a redução de tempo e custos durante as fases iniciais de um projeto e, conseqüentemente, promove a eficiência e a sustentabilidade do edificado.

INTRODUÇÃO

Na União Europeia (UE), os edifícios são responsáveis por 40% do total de energia consumida e por 36% de emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa. Nos últimos anos, tem-se assistido a um aumento da procura por edifícios mais sustentáveis, com proprietários e regulamentação a exigir edifícios mais eficientes. Prova disso, foram as atualizações nos regulamentos europeus, que estabelecem requisitos energéticos mínimos para os edifícios, de maneira a reduzir a dependência energética e as emissões de carbono dos Estados Membro (Konstantinou and Knaack 2011, Almeida, Ferreira et al. 2013, Bragança, Mateus et al. 2013).

Dado que a maioria do edificado existente em Portugal foi construído antes de 1990, ou seja, antes das primeiras regulamentações térmicas, estes tendem a apresentar um baixo desempenho energético. É essencial pensar sobre a eficiência energética para um desenvolvimento sustentável e isso significa otimizar o uso de energia sem comprometer a qualidade do ambiente interior, através do uso de tecnologias eficientes e soluções de construção passivas e ativas (Horta 2012, Machado 2014). A

reabilitação energética de edifícios apresenta um potencial considerável na conservação de energia e outros benefícios sustentáveis, apresentando-se como uma boa solução para a diminuição da dependência energética na Europa. Reduções nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) podem ser alcançadas apenas atuando devidamente nos edifícios existentes, de forma a melhorar o desempenho energético dos mesmos (Galante and Pasetti 2012, Costa, Bragança et al. 2014). Aliado a este facto, estudos anteriores (Konstantinou and Knaack 2011) comprovaram que o impacto ambiental de uma reabilitação é inferior ao impacto de uma demolição e posterior construção, sendo esta mais uma vantagem para a sustentabilidade do ambiente construído.

Segundo Azhar e Brown (Azhar and Brown 2009), a fase de projeto é a mais importantes no que toca à tomada de decisão relativamente às medidas sustentáveis a adotar num edifício, sendo por isso importante procurar métodos que permitam atuar nesta fase. Surge assim o Building Information Modelling (BIM), que apresenta um enorme potencial em processos de reabilitação pois ao possibilitar que informações multidisciplinares se sobreponham dentro de um único modelo, permite que sejam verificadas incompatibilidades rapidamente, melhora a colaboração e comunicação entre os diversos atores, reduz tempos e minimiza custos (Bryde, Broquetas et al. 2013). Além disso, cria também a oportunidade para introduzir medidas sustentáveis, realizar análises de desempenho energético ao longo do projeto e auxilia ainda a tomada de decisão dos projetistas nas fases iniciais do projeto, ao mesmo que promove o desenvolvimento de edifícios com melhor desempenho e mais eficientes (Azhar and Brown 2009, Motawa and Carter 2013).

Apesar do uso do BIM ser mais vocacionado para novas construções, este já começa a ser utilizado em projetos de reabilitação, mas ainda não atingiu todo o seu potencial (Gökgür 2015). Atualmente, muitos projetistas ainda não estão cientes dos benefícios da aplicação desta metodologia em processos de reabilitação e também ainda não existem muitos estudos na área por parte da comunidade científica.

Ainda assim, é possível listar as principais vantagens da utilização do BIM tanto em construções novas como em processos de reabilitação, nomeadamente (Clemente and Cachadinha 2012, Gökgür 2015):

- Gerar desenhos precisos em qualquer fase do projeto, economizando tempo;
- Estimar custos e quantidades de uma forma precisa e automatizada;
- Realizar simulações do desempenho energético;
- Reduzir o uso de recursos;
- Gerir os resíduos no local;
- Detetar conflitos e incompatibilidades numa fase inicial do projeto;
- Atualizar automaticamente modificações no projeto em todos os desenhos;
- Facilitar a implementação de técnicas LEAN, uma vez que é necessária uma coordenação rigorosa entre toda as partes;
- Apoiar a colaboração, coordenação e planeamento de atividades de construção.

Apesar dos benefícios já terem sido provados, no que diz respeito à utilização generalizada do BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, apenas 36% das empresas da Europa Ocidental o utilizam (Azhar and Brown 2009). Este facto, pode justificar-se com a resistência à mudança face aos processos tradicionais a que as equipas de projeto estão habituadas. Outras possíveis razões prendem-se com o elevado investimento inicial necessário em formação e programas informáticos, que também conduz a quebras de produtividade durante a fase de adaptação. Restrições de interoperabilidade entre plataformas e ferramentas e a falta de normalização também contribuem negativamente para a implementação generalizada do BIM (Azenha 2014).

Pode-se assim afirmar que a reabilitação do edificado existente apresenta grande potencial para alcançar edifícios mais eficientes e reduzir as suas emissões de CO₂ (Mickaityte, Zavadskas et al. 2008, INE/DGEG 2011) e, devido à complexidade deste tipo de operações, o uso do BIM poderá ser essencial para desenvolver edificações mais sustentáveis.

Com base neste contexto, este trabalho pretende discutir a contribuição da metodologia BIM em processos de reabilitação energética durante as fases iniciais de projeto. Para tal, recorre-se a um caso de

estudo, de forma a demonstrar a aplicabilidade do BIM e a compreender quais os benefícios que trás para os projetos de reabilitação.

METODOLOGIA

De forma a avaliar alguns dos benefícios do BIM em projetos de reabilitação, foi selecionado um caso de estudo, representativo do parque edificado. Assim, com base numa análise do parque edificado português, foi selecionada uma habitação construída no final da década de 60, sem isolamento térmico na envolvente.

Para que o processo de reabilitação esteja integrado na metodologia BIM, todos os processos a realizar devem estar interligados, ou seja, é necessário criar um modelo através de um programa de modelação e, posteriormente, usá-lo, direta ou indiretamente, para efetuar análises do desempenho energético em programas especializados. Assim sendo, foi realizado um modelo base no Revit 2015, que contém as características da habitação, no ano em que esta foi construída. Este modelo base é, de seguida, exportado para o Green Building Studio (GBS) e para o DesignBuilder (DB), de forma a poder avaliar as necessidades energéticas da habitação e comparar os resultados dos diferentes programas. A escolha destas ferramentas foi realizada de acordo com as capacidades de interoperabilidade entre elas e entre a plataforma de modelação.

No que diz respeito à reabilitação energética propriamente dita, para melhorar o desempenho da habitação, foi definido um conjunto de medidas de reabilitação que incluiu a introdução de isolamento térmico, substituição dos envidraçados e caixilharias existentes, introdução de sistemas de climatização eficientes e de sistemas de produção de energia a partir de fontes renováveis.

Duas soluções para melhorar o desempenho passivo da habitação foram definidas: i) a introdução de um sistema External Thermal Insulation Composite System (ETICS); e ii) a introdução de fachadas ventiladas. Para cada uma das soluções, foram analisadas 3 espessuras de isolamento, tendo por base os Guias para a Eficiência Energética da ADENE (ADENE 2016, ADENE 2016). No final, foram criados sete modelos virtuais diferentes (um modelo base mais seis cenários de reabilitação) que foram analisados no GBS e no DB (Figura 1).

Os resultados das duas soluções foram comparados entre si e com a solução base e estimou-se o período de retorno nominal, pressupondo que os custos de energia se mantêm constantes ao longo do tempo.

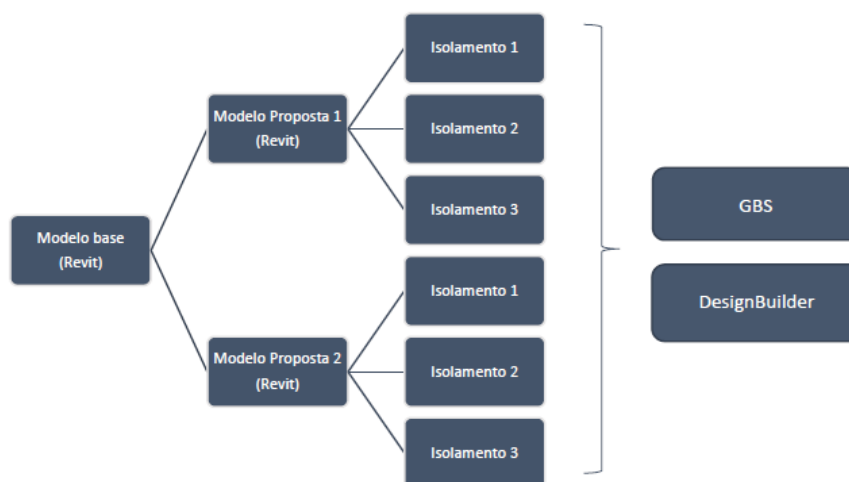


Figura 1. Metodologia de simulação

CASO DE ESTUDO

A habitação selecionada para o caso de estudo, com um piso e 90 m² de área bruta, foi construída no final da década de 60. A distribuição e dimensão das diversas divisões encontra-se apresentada na Figura 2. A área total de envidraçados é de 6.3 m² (correspondendo a 7% da área bruta), as janelas possuem vidro simples e caixilharias em alumínio.

As paredes exteriores são simples de tijolo furado de 15cm, rebocadas em ambas as faces (Figura 2). A cobertura inclinada de duas águas é constituída por telhas cerâmicas e suportada por uma estrutura em madeira. A laje de esteira é aligeirada e rebocada na face interior, enquanto que a laje de piso é maciça revestida com tacos de madeira.

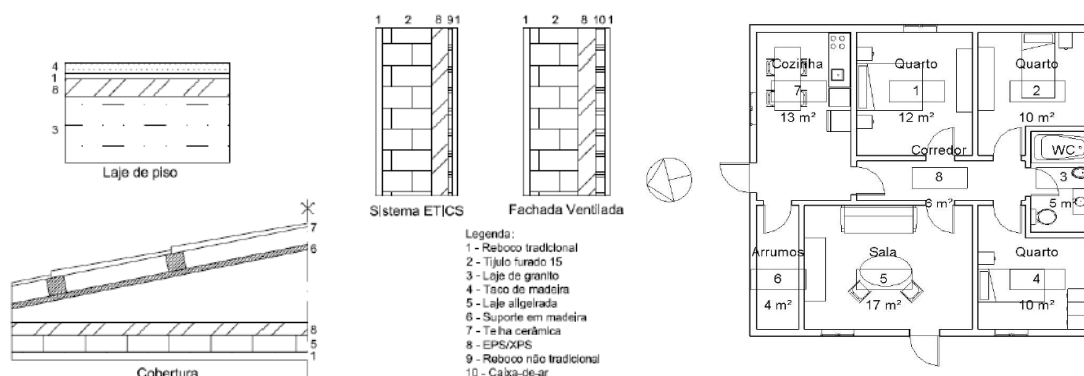


Figura 2. Pormenores construtivos e planta do caso de estudo

As propostas de reabilitação analisadas são a combinação de um conjunto de intervenções a efetuar na envolvente do edifício, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das soluções de reabilitação

| Paredes exteriores | | Laje de piso | | Laje de esteira | | Envidraçados |
|---|----------------------|---------------------------|----------------------|--|----------------------|---|
| Sistema | Espessura isolamento | Sistema | Espessura isolamento | Sistema | Espessura isolamento | Sistema |
| ETICS com isolamento em EPS, primário e reboco para acabamento | 4cm | Isolamento térmico em XPS | 4cm | Isolamento térmico em XPS sobre a laje de esteira com manutenção da telha cerâmica | 4cm | Vidro duplo com película de baixa emissividade e caixilharia em PVC |
| | 6cm | | | | | |
| | 8cm | | | | | |
| Fachada ventilada com isolamento em XPS e placa de gesso laminado | 4cm | 6cm | 6cm | 6cm | 6cm | 6cm |
| | 6cm | | | | | |
| | 8cm | | | | | |

Para realizar a simulação, foi necessário detalhar o modelo BIM com alguns parâmetros necessários às ferramentas de simulação. Após a modelação da arquitetura (Figura 3), foram definidas as características dos materiais (densidade e condutividade térmica), a localização do projeto e os espaços e as zonas criadas. Estes últimos têm de ser executados para todas as divisões da habitação, pois são aqui definidas as suas características, como o tipo de utilização, taxas de ventilação, luminosidade, número de ocupantes, entre outros. No fim, antes do processo de exportação para as ferramentas de análise, as definições de energia devem ser ajustadas à realidade (tipo de edifício, tipo de serviço, fase do projeto, entre outros).



Figura 3. Modelo BIM do projeto de arquitetura

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentadas as necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento obtidos para o modelo base através do GBS e do DB. Em todas as simulações, as necessidades energéticas para iluminação e para os equipamentos domésticos foram mantidas constantes. As temperaturas de conforto foram estabelecidas em 23 °C para a estação de arrefecimento e 18 °C para a estação de aquecimento, dado que estas se encontram fixamente definidas no GBS.

Tabela 2. Necessidades energéticas para climatização do modelo base

| GBS | DB | GBS | DB |
|--|-------|--|------|
| Necessidades anuais de aquecimento (kWh/m ²) | | Necessidades anuais de arrefecimento (kWh/m ²) | |
| 52.75 | 43.92 | 5.11 | 3.66 |

Após simulação dos cenários de reabilitação propostos, foram obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 através do GBS e do DB respetivamente. Nas Tabelas 3 e 4 são apresentadas as necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento, as poupanças anuais conseguidas e a redução energética dos cenários de reabilitação face ao modelo base. Através da sua análise, é possível verificar que as necessidades energéticas podem ser reduzidas em, pelo menos, 50% até a um máximo superior a 60% apenas atuando na envolvente da habitação. Nesta fase de projeto é já possível constatar a importância do BIM, pois possibilitou uma rápida e fácil edição e simulação dos modelos de reabilitação propostos. Fornece assim uma base sólida de apoio à decisão dos projetistas, para que estes possam escolher o melhor cenário de reabilitação e ter conhecimento das poupanças geradas por todos os cenários, ao mesmo tempo que economizam tempo durante esta fase do projeto.

Tabela 3. Necessidades energéticas de climatização e poupanças anuais das soluções de reabilitação propostas – GBS (PE: Paredes Exteriores; EH: Elementos Horizontais)

| | Proposta 1 - ETICS | | | Proposta 2 – Fachada Ventilada | | |
|------------------|--|--------------------|------------------------------|--|--------------------|------------------------------|
| | Necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento (kWh/m ²) | Poupança anual (€) | Varição face modelo base (%) | Necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento (kWh/m ²) | Poupança anual (€) | Varição face modelo base (%) |
| PE:4cm EH:4cm | 22.99 | 506.3 | -56.8 | 22.64 | 542.5 | -60.9 |
| PE:6cm EH:4cm | 22.69 | 541.7 | -60.8 | 21.32 | 562.5 | -63.1 |
| PE:8cm EH:4cm | 21.36 | 561.9 | -63.1 | 20.53 | 574.8 | -64.5 |
| PE:4cm EH:6cm | 22.96 | 537.4 | -60.3 | 20.70 | 572.3 | -64.2 |
| PE:6cm EH:6cm | 20.75 | 571.4 | -64.1 | 19.55 | 590.0 | -66.2 |
| PE:8cm EH:6cm | 19.49 | 590.8 | -66.3 | 18.62 | 604.3 | -67.8 |

Tabela 4. Necessidades energéticas de climatização e poupanças anuais das soluções de reabilitação propostas – DB

| | Proposta 1 - ETICS | | | Proposta 2 – Fachada Ventilada | | |
|------------------|--|--------------------|-------------------------------|--|--------------------|-------------------------------|
| | Necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento (kWh/m ²) | Poupança anual (€) | Variação face modelo base (%) | Necessidades anuais de aquecimento e arrefecimento (kWh/m ²) | Poupança anual (€) | Variação face modelo base (%) |
| PE:4cm EH:4cm | 23.96 | 363.8 | -49.6 | 21.73 | 398.2 | -54.3 |
| PE:6cm EH:4cm | 21.73 | 398.2 | -54.3 | 20.73 | 413.6 | -56.4 |
| PE:8cm EH:4cm | 20.40 | 418.6 | -57.1 | 19.84 | 427.2 | -58.3 |
| PE:4cm EH:6cm | 22.60 | 384.8 | -52.5 | 20.52 | 416.8 | -56.9 |
| PE:6cm EH:6cm | 20.49 | 417.2 | -56.9 | 19.34 | 435.0 | -59.4 |
| PE:8cm EH:6cm | 19.23 | 436.6 | -59.6 | 18.48 | 448.2 | -61.2 |

Como também é possível verificar nas Tabelas 3 e 4, os resultados fornecidos pelas duas ferramentas apresentam ligeiras diferenças entre eles. Este facto poderá ser justificado pelos diferentes métodos de cálculo dos programas e/ou por diferenças em alguns parâmetros de simulação (visto que o GBS é uma ferramenta baseada na nuvem, alguns dos parâmetros estão pré-definidos e só podem ser alterados através de codificação). No entanto, em termos comparativos das soluções, os resultados de ambas as ferramentas são idênticos, aumentando as poupanças e diminuindo as necessidades energéticas, conforme a espessura do isolamento térmico aumenta.

A diferença entre as duas ferramentas é de cerca de 4% quando se modifica a espessura do isolamento nas paredes exteriores e de 1%, no caso da variação da espessura do isolamento nos elementos horizontais da habitação.

Além das análises de desempenho energético, ambas as ferramentas apresentam outras potencialidades. A Tabela 5 apresenta a estimativa do potencial fotovoltaico da habitação (GBS) e, com base na área da cobertura disponível, no custo de investimento e na orientação da habitação, a quantidade de energia que é possível produzir localmente, as poupanças anuais geradas e ainda o período de retorno do investimento estimado. No presente caso, considerando uma área de captação solar de 50 m² (metade da área da cobertura), anualmente é possível gerar energia suficiente para suprimir as necessidades energéticas da habitação.

Tabela 5. Potencial fotovoltaico - GBS

| Orientação | Inclinação | Área de captação | Energia anual (kWh) | Potenciais poupanças/ano | Retorno do investimento |
|------------|------------|------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| W | 23 | 50 | 8528 | 1706 € | 6.8 |
| E | 23 | 50 | 8399 | 1680 € | 6.9 |

Nota: Tipo de painel - *Single Crystalline c/* 13.8% eficiência; Custo painel - 249.92 €/m²; Custo energia - 0.20 €/kWh.

Além do potencial fotovoltaico, o GBS, possibilita também estimar as poupanças de água geradas através da implementação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais, apresentadas na Tabela 6. Além deste sistema, é ainda possível considerar o reaproveitamento de águas cinzentas e/ou a existência de fontes de água no local.

Tabela 6. Poupança de água com reaproveitamento das águas pluviais – GBS

| Precipitação anual (mm) | Área de captação (m ²) | Tipo de superfície | Litros de água por ano | Potenciais poupanças/ano |
|-------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
| 1750 | 100 | Alcatrão/Gravilha | 140 000 | 97 € |

O DB, permite também estimar o potencial solar térmico, e realizar análises das condições de iluminação natural nos espaços (Figura 4). Como é possível constatar, dada a área de envidraçados ser consideravelmente pequena, existe um défice de iluminação natural na maior parte da habitação.

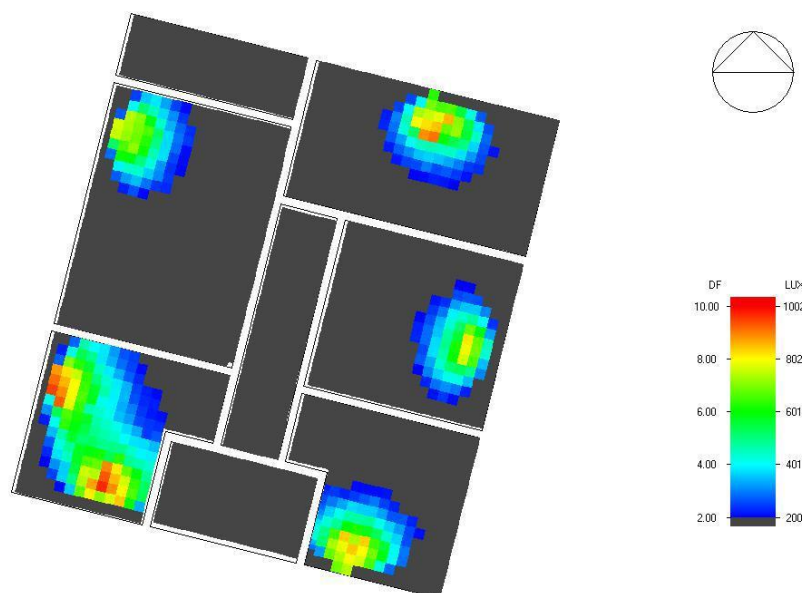


Figura 4. Iluminação natural existente – DB

Relativamente à viabilidade económica das propostas de reabilitação sugeridas, são apresentados nas Tabelas 7 e 8, os custos das intervenções e o respetivo período de retorno do investimento nominal, com e sem a consideração de um sistema fotovoltaico (por questões de simplificação, são apenas apresentadas as análises para os resultados provenientes do GBS, pois os mesmos são idênticos no caso do DB).

Através da análise da Tabela 7, é possível constatar que os tempos de retorno do investimento acima dos 20 anos para o sistema ETICS e superiores a 29 anos para a fachada ventilada. Ou seja, apesar das poupanças geradas pela fachada ventilada serem superiores às geradas pelo sistema ETICS, o custo de investimento desta não compensa quando comparado ao sistema ETICS.

Pode-se verificar que o tempo de retorno do investimento, para ambos os sistemas, diminui conforme se aplica mais espessura de isolamento nos elementos horizontais. O mesmo não se verifica com o aumento da espessura do isolamento nas paredes exteriores, que aumenta o tempo de retorno da fachada ventilada e diminui o do sistema ETICS. Este resultado está relacionado com as diferenças de preços entre as várias espessuras dos materiais de isolamento para as diferentes soluções.

Tabela 7. Análise económica das propostas de reabilitação - GBS

| | Proposta 1 - ETICS | | | Proposta 2 – Fachada Ventilada | | |
|------------------|--------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|---|
| | Poupança anual (€) | Custo total da Intervenção (€) | Período de retorno do investimento (anos) | Poupança anual (€) | Custo total da Intervenção (€) | Período de retorno do investimento (anos) |
| PE:4cm EH:4cm | 506.3 | 11859 | 23.4 | 542.5 | 16296 | 30.0 |
| PE:6cm EH:4cm | 541.7 | 12108 | 22.4 | 562.5 | 16982 | 30.2 |
| PE:8cm EH:4cm | 561.9 | 12432 | 22.1 | 574.8 | 17691 | 30.8 |
| PE:4cm EH:6cm | 537.4 | 12129 | 22.6 | 572.3 | 16566 | 29.0 |
| PE:6cm EH:6cm | 571.4 | 12378 | 21.7 | 590.0 | 17252 | 29.2 |
| PE:8cm EH:6cm | 590.8 | 12702 | 21.5 | 604.3 | 17961 | 29.7 |

Já os mesmos resultados, considerando a integração de um sistema fotovoltaico de 50 m² (admitindo que este é capaz de gerar poupanças na ordem dos 1600 €/ano, de acordo com a Tabela 5) estão apresentados na Tabela 8, onde se verifica uma redução de, em média, 48% no tempo de retorno do investimento de 22.3 anos, para 11.5 anos no caso do sistema ETICS.

No sistema de fachada ventilada, essa redução é de 54% no tempo de retorno do investimento para 13.6 anos. Em ambas as hipóteses, verifica-se ainda que o tempo de retorno tende a assemelhar-se entre os diversos cenários de reabilitação.

Tabela 8. Análise económica das propostas de reabilitação com sistema fotovoltaico - GBS

| | Proposta 1 - ETICS | | | Proposta 2 – Fachada Ventilada | | |
|------------------|--------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|---|
| | Poupança anual (€) | Custo total da Intervenção (€) | Período de retorno do investimento (anos) | Poupança anual (€) | Custo total da Intervenção (€) | Período de retorno do investimento (anos) |
| PE:4cm EH:4cm | 2106 | 24359 | 11.6 | 2143 | 28796 | 13.4 |
| PE:6cm EH:4cm | 2142 | 24608 | 11.5 | 2163 | 29482 | 13.6 |
| PE:8cm EH:4cm | 2162 | 24932 | 11.5 | 2175 | 30191 | 13.9 |
| PE:4cm EH:6cm | 2137 | 24629 | 11.5 | 2172 | 29066 | 13.4 |
| PE:6cm EH:6cm | 2171 | 24878 | 11.5 | 2190 | 29752 | 13.6 |
| PE:8cm EH:6cm | 2191 | 25202 | 11.5 | 2204 | 30461 | 13.8 |

CONCLUSÃO

O presente artigo teve como objetivo analisar os benefícios da utilização da metodologia BIM numa operação de reabilitação energética para melhorar o desempenho energético de um caso de estudo.

Para tal, recorreu-se à plataforma Revit para criar um modelo BIM e às ferramentas Green Building Studio (GBS) e DesignBuilder (DB) para realizar análises de desempenho energético. No que diz respeito à ferramenta de modelação, esta apresenta potencialidades quando integrada em metodologias BIM. Contudo e apesar de realizar simulações energéticas simplificadas, esta plataforma não é vocacionada para tal, pois ainda existem vários parâmetros que não podem ser introduzidos ou a sua introdução encontra-se condicionada.

Relativamente às ferramentas de análise, apesar das diferenças, foi possível realizar uma

comparação coerente. O GBS aparenta ainda estar um pouco distante do DB, no que diz respeito à quantidade e detalhe da informação que podem ser introduzidas. O GBS é baseado na nuvem e vários parâmetros das simulações são fixos, tornando difícil a sua alteração para adaptação a um caso de estudo específico. Além disso, a sua base de dados ainda se encontra em desenvolvimento, apresentado um défice de opções no que diz respeito a sistemas de climatização e dados relativos às atividades no interior da habitação. No entanto, o GBS apresenta algumas funcionalidades e características interessantes, nomeadamente, o simulador de consumo de água, a estimativa do potencial fotovoltaico e uma alargada base de dados que cobre as características climáticas de diferentes locais. O DB, com a sua interface do EnergyPlus, apresenta vasta reputação a nível mundial e já tem provas dadas, sendo necessário aumentar a sua base de dados, nomeadamente, os dados climáticos para diferentes locais. Além disso, para a sua utilização, é necessária uma licença e o utilizador deve possuir conhecimentos alargados sobre todos os parâmetros que podem influenciar a simulação.

Completado o processo de simulação e análise energética, foi possível listar algumas conclusões sobre os benefícios que o BIM pode trazer para este tipo de projetos:

- Perceber os impactos da espessura e tipo de isolamento térmico nos diferentes elementos da envolvente do edifício, de forma a definir um cenário de reabilitação ótimo;
- Analisar o cenário de reabilitação mais adequado com base em análises energéticas e económicas;
- Estudar a possibilidade de integrar sistemas de energias renováveis e de redução do consumo de água;
- Avaliar o potencial de redução das emissões de carbono;
- Calcular a quantidade de materiais e estimar os custos de ciclo de vida;
- Produzir um modelo 3D do edifício e desenhos detalhados dos elementos construtivos em fases iniciais do projeto.

Relativamente à integração da metodologia BIM, esta apresenta mais vantagens durante as fases mais preliminares de projeto. A sua utilização permite comparar rapidamente vários cenários de reabilitação, prever os consumos energéticos e de água, estimar custos e poupanças, analisar o potencial fotovoltaico e solar térmico e ainda verificar o cumprimento de algumas exigências regulamentares de forma simples. Pode então ser concluído que o BIM é um importante método de auxílio aos projetistas durante as fases iniciais de um projeto, servindo como suporte à tomada de decisão na escolha das melhores soluções a adotar, sem que seja despendido demasiado tempo e recursos financeiros. Dado todos os benefícios que a metodologia BIM apresenta, é previsível que a curto prazo, se venha a tornar uma importante ferramenta na materialização de edifícios mais eficientes e, por conseguinte, mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ADENE (2016). 10 Soluções para Eficiência Energética - Isolamento de Coberturas.
- ADENE (2016). 10 Soluções para Eficiência Energética - Isolamento de Paredes.
- Almeida, M. G. d., M. Ferreira and M. Pereira (2013). Cost optimal building renovation with a net zero energy target for the Portuguese single-family building stock built before 1960. SB13 Portugal–International Conference on Sustainable Building contribution to achieve the EU 20-20-20 targets., Multicomp.
- Azenha, M., J. C. Lino, B. Caires (2014). Introdução ao BIM - Slides de apoio às aulas teóricas do MIEC da UM.
- Azhar, S. and J. Brown (2009). "BIM for sustainability analyses." *International Journal of Construction Education and Research* 5(4): 276-292.
- Bragança, L., R. Mateus and M. Pinheiro (2013). Portugal SB13: contribution of sustainable building to meet EU 20-20-20 targets. International Conference Portugal SB13-contribution of sustainable building to meet EU 20-20-20 targets, Multicomp.
- Bryde, D., M. Broquetas and J. M. Volm (2013). "The project benefits of building information modelling (BIM)." *International journal of project management* 31(7): 971-980.

- Clemente, J. and N. Cachadinha (2012). Building information modeling como ferramenta de visualização de realidade aumentada em obras de reabilitação—um caso de estudo. Congresso Construção 2012, ITeCons.
- Costa, R. J., L. Bragança, R. Mateus and J. C. Bezerra (2014). "Reabilitação sustentável de edifícios antigos: contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade." *Revista Engenharia Civil* 49: 65-90.
- Galante, A. and G. Pasetti (2012). "A methodology for evaluating the potential energy savings of retrofitting residential building stocks." *Sustainable Cities and Society* 4: 12-21.
- Gökgür, A. (2015). Current and future use of BIM in renovation projects, Chalmers University of Technology.
- Horta, R. M. C. (2012). Construção sustentável de edifícios de balanço energético quase zero, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- INE/DGEG (2011). Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010. Lisboa.
- Konstantinou, T. and U. Knaack (2011). "Refurbishment of residential buildings: a design approach to energy-efficiency upgrades." *Procedia Engineering* 21: 666-675.
- Machado, R. A. (2014). Reabilitação de edifícios visando a eficiência energética, Universidade do Minho.
- Mickaityte, A., E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas and L. Tupenaite (2008). "The concept model of sustainable buildings refurbishment." *International Journal of Strategic Property Management* 12(1): 53-68.
- Motawa, I. and K. Carter (2013). "Sustainable BIM-based evaluation of buildings." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 74: 419-428.