



Sara Raquel dos Reis Figueira da Silva

Licenciada em Ciências de Engenharia Civil

Aplicação do BIM à Reabilitação Energética de um Edifício Público

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios

Orientador: Doutora Maria João Falcão Silva, Laboratório de Engenharia Civil
(LNEC)

Coorientador: Professor Doutor Fernando F. S. Pinho, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT UNL)

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Paulina Faria, FCT-UNL

Arguente: Prof. Doutora Maria Fernanda Silva Rodrigues, UA

Vogal: Prof. Doutor Luís Correia Baltazar, FCT -UNL

Vogal: Prof. Doutora Maria João Falcão Silva, LNEC



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Julho, 2019

Aplicação do BIM à Reabilitação Energética de um Edifício Público

Copyright © Sara Raquel dos Reis Figueira da Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha Mãe.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pela oportunidade de concretizar este estágio enriquecendo e complementando a minha formação curricular.

Ao meu coorientador, Professor Doutor Fernando Farinha da Silva Pinho, por ter estabelecido a ligação com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil e ter confiado na minha capacidade para o desenvolvimento desta dissertação. Agradeço a sua disponibilidade, conselhos e sugestões.

À minha orientadora, Doutora Maria João Falcão da Silva, pela sua disponibilidade, dedicação e compromisso, capacidade crítica, partilha dos seus conhecimentos e por me incentivar sempre a ir mais além e procurar a excelência.

À Doutora Paula Couto, pela simpatia, comentários, sugestões e críticas construtivas que foram uma ajuda essencial para o desenvolvimento desta dissertação.

Por último quero agradecer ao Arquiteto Pedro Melo, Arquiteta Inês Rodrigues e Arquiteto Nuno Manteigas pela simpatia, disponibilidade e ajuda no esclarecimento de dúvidas durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus colegas de curso pela amizade e bons momentos passados ao longo do meu percurso académico.

Às minhas amigas por serem as minhas confidentes e por estarem sempre ao meu lado ao longo deste percurso.

Ao João, pelo seu apoio incondicional, paciência, amor e amizade e por acreditar sempre em mim e me incentivar sempre a fazer melhor e nunca desistir.

À minha família, em especial à minha Avó, irmãs e ao Messias por estarem sempre presentes e me apoiarem.

À minha Mãe, por ser o meu pilar e fonte de inspiração, por todos os valores que me transmitiu ao longo da minha vida, por acreditar sempre em mim, nunca me deixar desistir e pelo seu amor incondicional.

Resumo

A reabilitação de edifícios tem vindo a crescer nos últimos anos, sendo, atualmente, uma das áreas com maior investimento por parte do setor público e privado. De facto, o objetivo da reabilitação de um edifício é aumentar o seu ciclo de vida, permitindo uma maior adaptabilidade. Aumentando os padrões de qualidade, consumindo menos quantidade de materiais e energia, comparativamente ao recurso da construção nova. Desta forma, entende-se que a reabilitação de edifícios se evidencia como uma área em que um dos princípios orientadores deverá ser a sustentabilidade.

A reabilitação energética de edifícios existentes representa um elevado potencial de poupança a diferentes níveis. Dado que o consumo energético dos edifícios tem aumentado significativamente devido à maior exigência de conforto dos habitantes, à baixa qualidade construtiva e à inadequação do edifício ao contexto climático e ambiental onde se insere, torna-se inevitável implementar soluções que corrijam e até previnam estes problemas. Neste sentido, as técnicas de construção sustentável devem tornar-se parte integrante das estratégias de reabilitação de forma a possibilitar uma salvaguarda dos recursos para as gerações vindouras.

O presente trabalho pretende estudar a forma como a utilização de ferramentas digitais permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação energética de um edifício com interesse público, utilizando uma abordagem apoiada na metodologia BIM. São apresentadas diferentes análises realizadas do ponto de vista do desempenho energético do edifício, testando diferentes soluções construtivas e analisando cada uma delas, permitindo validar qual a solução mais eficaz e quais as vantagens da utilização do BIM numa fase inicial de projeto. As principais conclusões obtidas permitiram observar que a utilização da metodologia BIM numa fase de projeto inicial constitui uma mais-valia que deve ser tida em consideração por todos os intervenientes de uma obra, no entanto, deve existir algum cuidado com a fiabilidade deste tipo de ferramentas dado as suas limitações atuais, contudo estas são bastante úteis pois permitem a simulação rápida de várias soluções numa fase muito preliminar do projeto.

Palavras-chave: Reabilitação de edifícios, Reabilitação sustentável, BIM, Eficiência Energética Edifícios de interesse público,

Abstract

The rehabilitation of buildings has been growing in recent years, and is currently one of the areas with greater investment by the public and private sector. In fact, the goal of building rehabilitation is to increase its life cycle, allowing for greater adaptability. Increasing quality standards, consuming less quantity of materials and energy, compared to the use of new construction. In fact, it is understood that the rehabilitation of building is evidenced as an area where one of the guiding principles should be sustainability.

Existing building energy rehabilitation represents a high potential for savings at different levels. Given that the consumption of building has increased significantly due to the greater demand for comfort of the inhabitants, the low constructive quality and the inadequacy of the building to the climatic and environmental context where it becomes inevitable to implement solutions that correct and even prevent these problems. In this sense, sustainable building techniques must become an integral part of rehabilitation strategies in order to safeguard resources for future generations.

The present work intends to study how the use of digital tools as well as their efficient approach in the energy rehabilitation of a building with public interest, using an approach based on BIM methodology. Different analyzes are performed from the point of view of the building's performance in terms of energy, testing different constructive solutions and analyzing each of them, allowing the validation of the most effective solution and the advantages of using BIM in an early stage of the project. The main conclusions obtained showed that the use of the BIM methodology in an initial design phase is an added value that should be taken into consideration by all project stakeholders, however, there should be some care with reliability of these tools given their current limitations, however these are quite useful as they allow for the rapid simulation of various solutions at a very early stage of the project.

Keywords: Building Rehabilitation, Sustainable Rehabilitation, BIM, Energy Efficiency, Building of public interest

Índice do Texto

1. Introdução	1
1.1 - Enquadramento geral	1
1.2 - Objetivos	2
1.3 - Metodologia	2
1.4 - Estrutura e organização	3
2. Sustentabilidade na reabilitação	5
2.1 - Considerações iniciais	5
2.2 - A reabilitação no setor AECO	5
2.3 - Reabilitação Urbana	7
2.4 - Reabilitação de edifícios	10
2.5 - Reabilitação sustentável	14
2.6 - Considerações finais	20
3. Building Information Modeling (BIM)	21
3.1 - Considerações iniciais	21
3.2 - Enquadramento histórico.....	21
3.3 - Níveis de desenvolvimento (LOD).....	24
3.4 - Dimensões BIM	26
3.5 - Vantagens e desvantagens da utilização de BIM	28
3.6 - Impacto da utilização de BIM na Reabilitação	29
3.7 - Considerações finais	32
4. Avaliação energética do caso de estudo	33
4.1 - Considerações iniciais	33
4.2 - Descrição do edifício	33
4.2.1 - Enquadramento histórico.....	33
4.2.2 - Localização e caracterização geral.....	35
4.2.3 - Outras características	37
4.3 - Intervenções estudadas	42
4.4 - Modelação	46

4.4.1 - Escolha da ferramenta	46
4.4.2 - Faseamento proposto	49
4.5 - Resultados obtidos	65
4.5.1 S1 - Situação atual	65
4.5.2 S2 - Introdução de isolamento térmico no paramento exterior	69
4.5.3 S3 - Alteração dos vãos envidraçados	72
4.5.4 S4 - Introdução de isolamento térmico no paramento exterior e alteração de vãos envidraçados	75
4.6 - Análise comparativa de resultados	77
4.7 - Considerações finais	80
5. Conclusões e desenvolvimentos futuros	83
5.1 - Conclusões	83
5.2 - Desenvolvimentos futuros	84
Referências bibliografias	85
Anexos	91
Anexo I – Alçados de edifício	92
Anexo II – Relatórios de desempenho energético.....	95
Anexo III – Artigo e Poster – Congresso Construção 2018.....	108
Anexo IV – Resumo e Poster – 8th ICBR 2018.....	120
Anexo V – Resumo – Congresso REHABEND 2018	124

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Evolução das obras de reabilitação e construção nova no total de obras concluídas entre 2012-2017.....	6
Figura 2.2 - Peso das obras de reabilitação no total de obras concluídas entre 2012 e 2017.....	6
Figura 2.3 - Exemplo de uma reabilitação urbana.....	8
Figura 2.4 - Principais fases do ciclo de vida dos edifícios.....	16
Figura 2.5 - Objetivos da sustentabilidade na sua tripla dimensão.....	18
Figura 3.1 - Ciclo BIM.....	22
Figura 3.2 - Evolução temporal da indústria AECO.....	24
Figura 3.3 - Níveis de desenvolvimento (LOD).....	26
Figura 3.4 - Criação do modelo BIM.....	30
Figura 4.1 - Cronologia da conceção do INIAV.....	34
Figura 4.2 - Edifício sede do INIAV.....	35
Figura 4.3 - Localização edifício principal INIAV.....	36
Figura 4.4 - Ala intervencionada no edifício principal.....	37
Figura 4.5 - Cobertura vista pelo interior do edifício: (a) vista geral; (b) vista pormenorizada.....	38
Figura 4.6 - Perspetiva da cobertura do edifício pelo exterior.....	39
Figura 4.7 - Revestimento de piso; (a) zona de corredores do piso 1 e do piso 0 (b) zona de laboratórios.....	39
Figura 4.8 - Revestimento de piso; (a) zona de corredor piso -1; (b) Revestimento de escritórios.....	40
Figura 4.9 - Envolvente envidraçada do edifício.....	40
Figura 4.10 - Sistema de iluminação LED.....	41
Figura 4.11 - Instalações do sistema de ventilação no exterior do edifício.....	41

Figura 4.12 - Zona de cobertura destinada a área técnica com unidade de tratamento de ar (UTA).....	42
Figura 4.13 - Combinações adequadas de medidas de economia de energia	43
Figura 4.14 - Sistema de isolamento térmico compósito exterior	45
Figura 4.15 - Modelo tridimensional do edifício	47
Figura 4.16 - Zona do edifício alvo de reabilitação que foi escolhido para nova modelação.....	47
Figura 4.17 - Biblioteca de objetos do software ArchiCAD	48
Figura 4.18 - Exemplo de composições de elementos opacos	49
Figura 4.19 - Janela referente a todos aos materiais de construção	51
Figura 4.20 - Modelo do edifício	51
Figura 4.21 - Modelo estrutural do edifício	52
Figura 4.22 - Visualização de Zona 3D.....	52
Figura 4.23 - Categoria de zona	53
Figura 4.24 - Selo de zona.....	53
Figura 4.25 - Método de construção automático de zona Aresta Interna.....	54
Figura 4.26 - Janela de configuração de Blocos Térmicos no ArchiCAD.....	55
Figura 4.27 - Blocos térmicos elaborados pelo autor	56
Figura 4.28 - Lista de estruturas	57
Figura 4.29 - Lista de vãos.....	57
Figura 4.30 - Localização de Projeto	58
Figura 4.31 - Definições ambientais	58
Figura 4.32 - Janela referente aos Perfis de ocupação presentes no programa	59
Figura 4.33 - Editor de perfil diário.....	60
Figura 4.34 - Janela referente aos sistemas do edifício	60
Figura 4.35 - Janela referente aos fatores de fonte de energia.....	61
Figura 4.36 - Fontes de energia para electricidade	61
Figura 4.37 - Janela referente aos custos de energia	62
Figura 4.38 - Exemplo de relatório energético obtido.....	64

Figura 4.39 - Valores chave referentes ao relatório energético solução S1.....	65
Figura 4.40 - Balanço energético da solução S1	66
Figura 4.41 - Consumo de energia solução S1	67
Figura 4.42 - Consumo de energia por objetivos (solução S1)	68
Figura 4.43 - Impacto ambiental do edifício solução S1	68
Figura 4.44 - Valores chave relativos à solução S2	69
Figura 4.45 - Balanço energético do edifício para solução S2	70
Figura 4.46 - Consumo de energia por objetivos para solução S2.....	70
Figura 4.47 - Consumo de energia por objetivos (solução S2)	71
Figura 4.48 - Impacto ambiental total do edifício para solução S2.....	71
Figura 4.49 - Valores chave obtido para solução S3	72
Figura 4.50 - Balanço energético para solução S3.....	73
Figura 4.51 - Consumo de energia por objetivos para a solução S3	73
Figura 4.52 - Gráficos relativos ao consumo de energia por objetivos solução S3	74
Figura 4.53 - Impacto ambiental do edifício solução S3.....	74
Figura 4.54 - Valores chave solução S4	75
Figura 4.55 - Balanço energético solução S4	76
Figura 4.56 - Consumo de energia por objetivos solução S4	76
Figura 4.57 - Gráficos relativos ao consumo de energia por objetivos solução S4	77
Figura 4.58 - Impacto ambiental solução S4	77
Figura 4.59 - Coeficientes de transmissão térmica para as soluções estudadas	78
Figura 4.60 - Balanço energético das necessidades anuais de aquecimento do edifício para as soluções estudadas.....	78
Figura 4.61 - Balanço energético das necessidades anuais de arrefecimento do edifício para as soluções estudadas.....	78
Figura 4.62 - Emissão de CO ₂ para as soluções estudadas	79
Figura 4.63 - Custo anual de energia para as soluções estudadas	79
Figura 6.1. - Edifício do INIAV.....	109
Figura 6.2. - Modelo tridimensional desenvolvido no software ArchiCAD	110
Figura 6.3. - Janela de configuração para simulação energética no ArchiCAD	111

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Programas de Reabilitação Urbana.....	9
Tabela 2.2- Tabela cronológica de regulamentos na construção em Portugal	12
Tabela 3.1 – Pontos relevantes para cada nível BIM	28
Tabela 4.1 - Soluções de reforço do isolamento térmico de paredes exteriores.	44
Tabela 4.2 - Tabela quantitativa dos blocos térmicos por piso.....	56
Tabela 4.3 - Valor correspondente à tarifa de electricidade para negócios EDP	62
Tabela 4.4 - Valor correspondente à tarifa de gás para negócios EDP	63
Tabela 4.5 - Valor relativo ao preço do petróleo.....	63

Lista de Siglas e Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BDS	<i>Building Description Systems</i>
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
CAD	<i>Computer Assisted Design</i>
CO2	Dióxido de Carbono
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DGPC	Direção Geral de Proteção de Culturas
EAN	Estação Agronómica Nacional
ECH	Estatística da Construção e Habitação
EFN	Estação Florestal Nacional
EPDB	Desempenho Energético dos Edifícios
EVN	Estação Vitivinícola Nacional
ENMP	Estação Nacional de Melhoramento de Plantas
EZN	Estação Zootécnica Nacional
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agrária
INIAP	Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas
INRB	Instituto Nacional de Recursos Biológicos
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIA	Instituto de Investigação Agrária
INIAV	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
JESSICA	Apoio europeu conjunto para o investimento sustentável nas zonas urbanas
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNIV	Laboratório Nacional de Investigação Veterinária
LOD	<i>Level Of Development</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidade Territoriais para Fins Estatísticos
RBA	Regulamento do Betão Armado
RCCTE	Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RECRIPH	Regime especial de comparticipação e financiamento na recuperação de prédios urbanos em regime de propriedade horizontal
REHABITA	Regime de apoio à recuperação habitacional em áreas urbanas antigas
REBA	Regulamento Estruturas de Betão Armado
REBAP	Regulamento de estruturas de betão armado e pré-esforçado
RECRIA	Regime especial de comparticipação na remuneração de imóveis arrendados
RECS	Regulamento de desempenho energético de comércio e serviços
REH	Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação
RGEU	Regulamento Geral das Edificações urbanas
RQSECE	Regulamento da qualidade dos sistemas energéticos e climatização em edifícios
RSA	Regulamento de segurança e ações para estruturas de edifícios de betão armado e pontes
RSECE	Regulamento dos sistemas energéticos e climatização em edifícios
RSEU	Regulamento de salubridade das edificações urbanas
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SOLARH	Sistema de solidariedade de apoio à reabilitação de habitação própria permanente

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1 Enquadramento geral

O parque edificado português é de um modo geral um parque envelhecido, encontrando-se degradado e a necessitar de intervenções de reabilitação. Neste contexto, a reabilitação de edifícios é uma parte do setor da construção que se tem vindo a afirmar como apresentando maior potencial de evolução. A reabilitação de edifícios visa conferir a estes uma melhoria significativa de qualidade, não só em relação ao seu estado atual, mas também, em grande parte, em relação à qualidade que tinham à data da sua construção (Paiva, 2000).

A aposta na reabilitação de edifícios permite reduzir a utilização de recursos, tentando diminuir, assim, o impacto ambiental provocado pelo sector da construção e tornando-o mais eficiente. A fusão entre a reabilitação e a construção sustentável permite prolongar a vida útil de um edifício sem necessidade de construir um novo edifício de raiz, reduzindo desta forma os recursos naturais assim como a produção de resíduos, incrementando soluções construtivas mais amigas do ambiente (Mota, 2013).

Neste sentido, a execução de um estudo prévio numa fase inicial da reabilitação de um edifício é extremamente importante, de forma a compreender quais as melhores soluções para o tipo de edifício em estudo. Para isso, a utilização de ferramentas tecnológicas permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação do edificado sendo possível a tomada de decisões numa fase inicial da obra e tentando desta forma ser uma vantagem ao longo de todo o ciclo de vida desta.

O Building Information Modeling (BIM) surge como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a estas novas exigências do processo de conceção construção e manutenção de edifícios. O BIM traduz, portanto, uma representação digital de um objeto construído pelas suas características físicas e funcionais que envolve a aplicação, manipulação e manutenção de informação relativa a todo o ciclo de vida de um determinado edifício através de um modelo de dados, visual, rico e consistente (Eastman, 2011).

No sector da construção nova o BIM tem vindo a mostrar os seus potenciais benefícios no que diz respeito ao planeamento, projeto, análise energética, construção e entregas de projetos de edifícios construídos de origem. No setor da reabilitação o projeto não envolve apenas construção, mas também planeamento, ativo histórico, manutenção preventiva, documentação, investigação e pesquisa. O BIM pode assim ser uma mais-valia na tomada de decisão de um

projeto de reabilitação, oferecendo novas ferramentas para o setor para apoiar essas atividades através da colaboração digital e gestão eficiente de informação (Antonopoulou et al., 2017).

Deve-se considerar que, por ser uma tecnologia inovadora, a modelação em BIM aplicada ao sector da reabilitação sustentável é uma mais-valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, através de simulações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente eger quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício.

1.2 Objetivos

O trabalho desenvolvido compreende a análise de um tema bastante pertinente e atual, que se prende com a forma de como podem ser incorporadas as ferramentas digitais no apoio a intervenções de reabilitação de edifícios mais sustentáveis, tentando desta forma contribuir para colmatar alguns problemas que o sector da construção tem a nível ambiental.

Torna-se necessário mostrar que cada vez é mais importante olhar para a reabilitação de edifícios como uma solução integrada num parque habitacional cada vez mais envelhecido e obsoleto e que precisa com urgência de intervenções e estratégias mais sustentáveis e eficientes.

O objetivo principal é compreender de que forma as ferramentas digitais, atualmente disponíveis no mercado, apoiadas pela metodologia BIM, podem permitir abordagens mais eficazes e eficientes no processo de reabilitação sustentável de um edifício. Utilizou-se esta metodologia, que permite a tomada de decisão e implementação de estratégias de acordo a intervenção realizada, num edifício com interesse público com o objetivo de o tornar mais eficiente, diminuindo assim a sua pegada ecológica e simulando a eficiência energética do mesmo.

Pretende-se, concretizar com exemplos práticos de simulações energéticas através da utilização de uma ferramenta digital, e verificar o que poderá ser um bom caminho na direção de um futuro mais sustentável.

1.3 Metodologia

O desenvolvimento da dissertação focou-se nas seguintes etapas:

- i) **Delimitação do campo da análise:** Definido um foco de estudo no tema escolhido, devido à dimensão e diversidade que este tema apresenta.
- ii) **Pesquisa bibliográfica:** Desenvolvimento de pesquisa bibliográfica com foco em: a) análise da reabilitação no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção e Operação

- (AECO); b) reabilitação urbana, c) reabilitação de edifícios; d) reabilitação sustentável e os seus pilares; e) metodologia BIM;
- iii) **Revisão e análise da literatura:** Para sustentar a aplicação prática do caso de estudo, foi efetuada uma revisão e análise da bibliografia recolhida para as temáticas identificadas em ii) e enquadradas no âmbito da presente dissertação;
- iv) **Aplicação prática do caso de estudo:** Modelação e avaliação energética de um edifício de interesse público, de forma a permitir compreender como as ferramentas digitais apoiadas na metodologia BIM podem constituir uma mais-valia em projetos de investimento para reabilitação de património edificado existente, tornando-a mais eficiente, sustentável e permitindo a redução da pegada Ambiental;
- v) **Análise de resultados:** Apresentação dos resultados obtidos da avaliação energética realizada. Os resultados permitem demonstrar de que forma as ferramentas digitais BIM podem contribuir para uma reabilitação de edifícios mais sustentável e eficiente, sendo proposta uma metodologia de abordagem de projeto.

1.4 Estrutura e organização

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos de forma a auxiliar a compreensão da metodologia: desenvolvida e a análise dos resultados obtidos.

O **Capítulo 1**, corresponde à introdução, onde são apresentados os objetivos do trabalho, as motivações para a escolha do tema, a metodologia proposta e a estrutura organizativa do trabalho.

O **Capítulo 2** refere-se a um enquadramento feito ao panorama da reabilitação do parque habitacional português, através de uma revisão da bibliografia obtida. Neste capítulo é abordada: i) a temática da reabilitação no setor AECO; ii) as diferentes alternativas de apoio económico à reabilitação urbana existentes atualmente em Portugal; iii) uma perspetiva geral sobre os vários regulamentos para a reabilitação de edifícios existentes em Portugal; iv) a reabilitação sustentável e os seus pilares estruturantes, por forma a perceber e enquadrar quais as medidas que devem ser tomadas para minimizar os impactos ambientais provocados pelo setor e perceber de que forma a reabilitação pode ser mais sustentável promovendo uma melhor eficiência energética.

No **Capítulo 3** é abordado o conceito de *Building Information Modeling*, sendo apresentado: i) um enquadramento histórico sobre o tema; ii) os diferentes níveis de desenvolvimento (LOD) e dimensões BIM; iii) vantagens e desvantagens do BIM e qual a sua importância num contexto de reabilitação, com particular ênfase numa componente sustentável.

O caso de estudo é apresentado no **Capítulo 4**, tendo sido escolhido como suporte para as aplicações práticas. Ainda no mesmo capítulo é exposta a metodologia de investigação para o cumprimento dos objetivos definidos e explicado todo o processo inerente à preparação do edifício para a avaliação energética. Neste capítulo é feita também uma análise dos resultados obtidos, avaliando em que medida as ferramentas digitais apoiadas na metodologia BIM podem constituir-se como ferramentas úteis em projetos de reabilitação em edifícios de interesse público.

O **Capítulo 5** apresenta as conclusões finais sobre o trabalho desenvolvido e perspetiva desenvolvimentos futuros que se identifiquem, como resultado do estudo, serem relevantes no âmbito do tema abordado no desenvolvimento da dissertação.

CAPÍTULO 2

Sustentabilidade na reabilitação

2.1 Considerações iniciais

No presente capítulo faz-se um enquadramento teórico sobre a sustentabilidade na reabilitação, sendo abordada a importância que a reabilitação de edifícios pode ter quando comparada com a construção nova tendo em conta que esta última utiliza de forma excessiva os recursos disponíveis. Com a reabilitação procura-se dar mais atenção aos materiais e métodos envolvidos procurando reduzir o impacto do setor da construção no meio ambiente.

Neste sentido, irá ser abordada a temática da reabilitação no setor da construção, sendo feita referência aos vários programas existentes e facilitadores da reabilitação urbana. Será elaborada, por ordem cronológica, uma breve síntese dos regulamentos na área da reabilitação existentes em Portugal.

Para finalizar irá ser abordada a questão da reabilitação sustentável, sendo referido o impacto ambiental do setor da construção no que se refere à libertação de CO₂ provocada pelos materiais utilizados.

2.2 A reabilitação no setor AECO

O aumento da população observado desde a segunda metade do séc. XX, leva a um maior consumo de recursos naturais, principalmente na indústria de construção, que tem vindo a acompanhar este crescimento, e como consequência originado demasiados impactos ambientais. O crescimento no setor da construção acarreta uma ocupação excessiva do solo, muitos desperdícios e ainda grandes alterações nos ecossistemas naturais,(Vilhena, 2013).

Existe cada vez mais a necessidade de sensibilizar os intervenientes do setor da construção, desde o dono de obra, ao projetista, diretor de obra e empreiteiro para uma consciencialização mais ecológica de forma a conseguir que o setor se torne mais sustentável, tornando a construção dos edifícios mais eficiente. Esta situação já se vai colocando em prática a nível mundial, tentando-se que haja uma revolução na utilização de materiais e tecnologias e na determinação do custo total dos edifícios, considerando soluções sustentavelmente mais apelativas e vantajosas para os utilizadores.

Neste sentido, a reabilitação de edifícios assume um papel importante no setor da construção pois, para além de resolver as anomalias visíveis e a degradação física do edificado, permite

melhorar as condições de conforto e aumentar a eficiência energética e hídrica do edifício, reduzindo a poluição ao longo de todo o seu ciclo de vida (Dinis, 2010).

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) para a Estatística da Construção e Habitação (ECH) de 2017, verifica-se que o número total de obras concluídas reduziu substancialmente em relação ao ano de 2012. No entanto, considerando o número de obras de reabilitação concluídas em cada um dos anos referidos anteriormente, verifica-se que comparativamente a 2012, no ano de 2017 a percentagem de obras deste tipo cresceu cerca de 2% tendo em conta o número total de obras concluídas nos respetivos anos (Figura 2.1).

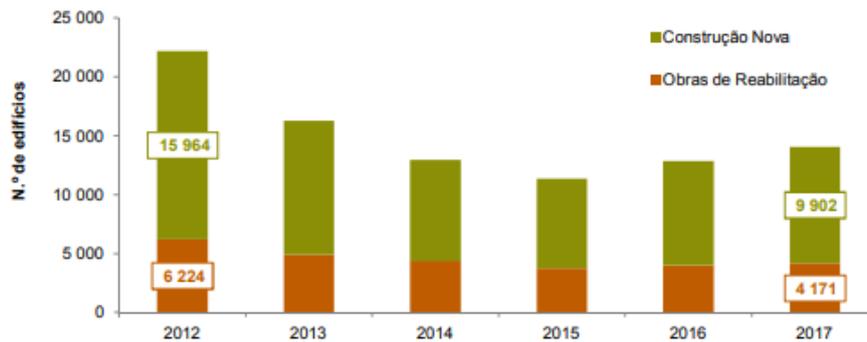


Figura 2.1 Evolução das obras de reabilitação e construção nova no total de obras concluídas entre 2012-2017 (INE, 2017)

Em 2017 registou-se que os maiores valores absolutos de obras de reabilitação concluídas foram registados nas regiões Norte e Centro com 1 746 e 1 207 edifícios, respetivamente. Ao nível regional, as obras de reabilitação revelaram uma maior expressão na Região Autónoma da Madeira, representando 41,4% do total de obras concluídas naquela região em 2017, verificando-se assim um aumento de 7.7% face a 2012(INE, 2017). É preceitvel pela observação do gráfico patente na Figura 2.2 que as obras de reabilitação começaram a ter um valor significativo em Portugal.

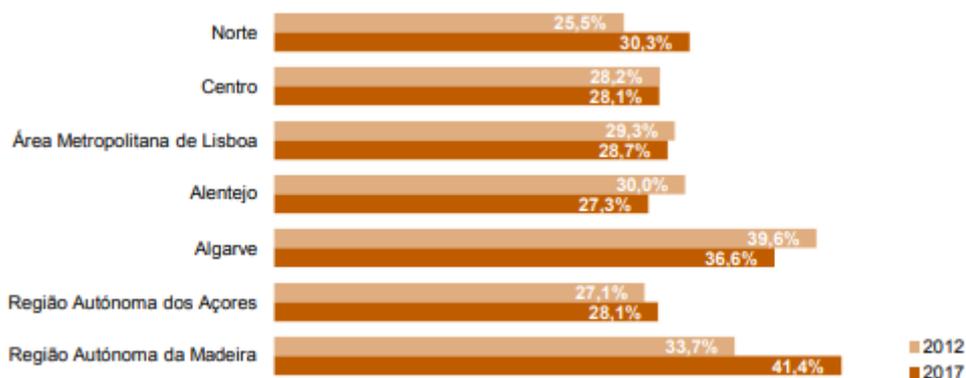


Figura 2.2 Peso das obras de reabilitação no total de obras concluídas entre 2012 e 2017. (INE, 2017)

Reabilitar tornou-se uma prática corrente e um conceito aplicável não só ao património arquitetónico e tradicional urbano, mas também a muito do património edificado e urbano ainda recente que, pela sua deficiente qualidade construtiva, sofre de patologia inesperadas face ao seu curto tempo de vida (Cabrita et al., 1992).

A preservação de uma construção existente apresenta, várias vantagens económicas em comparação com as atividades de demolição ou reconstrução do edificado, designadamente: i) menores custos de demolição; ii) menores custos em licenças e taxas; iii) aprovação mais fácil do projecto; iv) menores custos de estaleiro; v) menor consumo de novos materiais (Appleton, 2009).

A reabilitação e a valorização do património edificado revelam assim uma grande aposta no processo de desenvolvimento sustentável do parque habitacional atual.

2.3 Reabilitação Urbana

O termo Reabilitação Urbana surgiu, inicialmente, em 1929 nos EUA, ligado a uma política de substituição de habitações precárias. Na Europa, e até ao início da década de 60 do século XX, apesar do conceito se ter tornado corrente após a II Guerra Mundial, devido à necessidade de reconstrução de grande parte das cidades europeias, destruídas por este conflito, a Reabilitação Urbana estava apenas associada à intervenção nos edifícios históricos e de valor patrimonial elevado (Castanheira, 2013). Em Portugal, a Reabilitação Urbana despontou nos anos 60 do século passado, tendo acompanhado as diversas evoluções quanto às suas metodologias, abordagens e âmbitos de atuação, sendo atualmente uma ferramenta indispensável no campo de ação política das cidades e da habitação (Romão, 2015).

A Reabilitação Urbana libertou-se do estigma de intervenção meramente física e é, atualmente, um processo de regeneração do tecido urbano, atuando para além dos objetivos e intenções de renovação urbana que se desenvolve, sobretudo, numa missão geral ou processo de mudança estrutural física do desenvolvimento urbano do que propriamente num objectivo bem definido, e por último, da revitalização urbana, que sugere uma necessidade de ação mas que falha em especificar um método preciso de abordagem. A Reabilitação Urbana, apesar de ser um termo elástico, pode ser simplesmente entendido como um investimento num local após um período de desinvestimento (Porter et al., 2013). A Reabilitação Urbana traduz uma visão compreensiva e integrada de ações que levam à resolução dos problemas urbanos. No entanto, a regeneração do tecido urbano só acontece se coexistir em dimensões sustentáveis (Colantonio et al., 2011).

A Reabilitação Urbana é um processo que tende para a regeneração do espaço urbano em todas as suas dimensões e que entra em rutura com a renovação, apresentando um misto de revitalizações, reabilitação, salvaguarda e reutilização, e um mecanismo essencial para a concretização do Desenvolvimento Urbano Sustentável (Tavares, 2008). Em suma, este conceito

pode ser entendido como as ações de intervenção necessárias para garantir as condições de segurança, funcionalidade e conforto, respeitando a arquitetura, tipologia e sistema construtivo.

Considera-se que o objetivo primordial de uma intervenção de reabilitação numa estrutura física do tecido urbano (como, por exemplo, um edifício) é de prolongar o seu ciclo de vida e diminuir os seus impactos, através da redução dos consumos energéticos e de materiais, dotando-o de maior adaptabilidade às suas funções e aumentando os padrões de qualidade (Dinis, 2010). Neste sentido, Reabilitação Urbana surge como uma oportunidade para fomentar o Desenvolvimento Sustentável, aplicando os processos construtivos inerentes a modelos sustentáveis, para a resolução dos problemas urbanos e apresentando, neste domínio, claras vantagens sobre a construção nova (Freitas, 2012).

Em relação à construção nova, a reabilitação tem a capacidade de promover a coesão social e territorial, revitalizando os bairros degradados ou em declínio, através da diversificação e fixação de atividades dentro desta estrutura urbana, reduzindo o fluxo migratório da sua população para a periferia, controlando a expansão urbana. Esta nova vitalidade, fomentada pela multifuncionalidade destas áreas urbanas, melhora a habitabilidade e vivência destes espaços e conduz à preservação dos valores sociais e culturais das suas comunidades (Dias, 2012).



Figura 2.3 - Exemplo de uma reabilitação urbana (w1,2019)

De forma a promover a reabilitação urbana em Portugal, têm vindo a ser implementados diversos programas económicos. Destes programas, realçam-se os seguintes:

Tabela 2.1 Programas de Reabilitação Urbana

Sigla	Regulamento	Data	Âmbito
RECRIA	Regime especial de comparticipação na remuneração de imóveis arrendados	1988	Nacional
REHABITA	Regime de apoio à recuperação habitacional em áreas urbanas antigas	1996	Nacional
RECRIPH	Regime especial de comparticipação e financiamento na recuperação de prédios urbanos em regime de propriedade horizontal	1996	Nacional
SOLARH	Sistema de solidariedade de apoio à reabilitação de habitação própria permanente	1999	Nacional
JESSICA	Apoio europeu conjunto para o investimento sustentável nas zonas urbanas	2009	Europeu

O **RECRIA** (Regime especial de comparticipação na recuperação de imóveis arrendados, 1988) foi criado com o objetivo de financiar a execução de obras de conservação e beneficiação para a recuperação de fogos e imóveis em estado de degradação. As comparticipações, a fundo perdido, são concedidas pelo Estado e pelos respetivos municípios. Esta medida tinha como objetivo igualmente impulsionar o processo da reabilitação urbana, criando melhores condições de vida nos centros urbanos, e com isto conservar o património urbano edificado. O sucesso do programa RECRIA levou à necessidade de adotar-se uma nova solução que apoiasse financeiramente os proprietários de frações autónomas em edifícios com regime de propriedade horizontal, no caso de necessitarem de proceder a obras de conservação nesses prédios.

O **REHABITA** (Regime de apoio à recuperação habitacional em áreas urbanas antigas, 1996) traduz um apoio financeiro que apoia as entidades municipais gestoras da reabilitação urbana, sendo uma extensão do programa RECRIA, pois, as obras participáveis pelo RECRIA têm um apoio adicional de 10%, a fundo perdido. Ou seja, este apoio financeiro apoia os municípios na recuperação de zonas urbanas antigas. Paralelamente ao programa RECRIA, este programa tem como objetivo apoiar a execução de obras de conservação, beneficiação ou reconstrução de edifícios habitacionais e as ações de realojamento (provisório ou definitivo) decorrente dessas intervenções.

No projeto **RECRIPH** (Regime especial de comparticipação e financiamento na recuperação de prédios urbanos em regime de propriedade horizontal, 1996) o valor da comparticipação é suportado em 60% pelo Instituto da Habitação Urbana e 40% pelo município respetivo.

Na medida em que os regimes anteriores ainda se encontram vedados a muitos interessados, principalmente devido a diversas limitações legais relacionadas com questões de propriedade, foi necessário implementar uma nova solução surgindo assim o projecto **SOLARH** (Sistema de solidariedade de apoio à reabilitação de habitação própria permanente, 1999) de forma a permitir a outros interessados (por exemplo a proprietários idosos com rendimentos reduzidos e agregados familiares com fracos recursos económicos em que os titulares desses rendimentos

tenham encargos com pessoas dependentes), a possibilidade de realização de pequenas obras de conservação e beneficiação. A realização destas obras é feita, através da realização de empréstimos sem juros. Com isto, continua-se com o objetivo de melhorar as condições de habitabilidade e requalificar o já degradado parque habitacional urbano.

A nível europeu, existe o programa **JESSICA** (Joint European Support for sustainable investment in city áreas/apoio europeu conjunto para o investimento sustentável nas zonas urbanas, 2009), lançado em julho de 2009, que permite aos Estados Membros utilizar verbas para a criação de Fundos de Desenvolvimento Urbano, destinados a apoiar operações sustentáveis de reabilitação urbana, inseridas no contexto de programas integrados de desenvolvimento urbano. A iniciativa JESSICA é desenvolvida pela Comissão Europeia e pelo Banco Europeu de Investimento, em colaboração com o Banco de Desenvolvimento do Conselho da Europa (Lopes, 2017).

Em 2009 surge também o Regime jurídico para a reabilitação urbana que apesar de não contemplar fundos de investimentos como os programas abordados anteriormente foi um regime importante para reestruturar as intervenções de reabilitação com base em dois conceitos fundamentais; i) o conceito de área de reabilitação urbana, cujo o objetivo é determinar a parcela territorial que justifica uma intervenção integrada no âmbito deste diploma e ii) operação de reabilitação urbana, que corresponde à estruturação concreta das intervenções a efetuar no interior da respetiva área de reabilitação urbana (DL n.º307/2009, 2009).

Posteriormente foi elaborado, em 2014, o regime excecional e temporário para a reabilitação urbana (RERU) por forma a complementar as medidas consagradas no Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro, com a redação dada pela Lei n.º 32/2012, de 14 de agosto, que visa dispensar as obras de reabilitação urbana da submissão a determinadas normas técnicas aplicáveis à construção, quando as mesmas, por terem sido orientadas para a construção nova e não para a reabilitação de edifícios existentes, possam constituir um impedimento à dinamização da reabilitação urbana (DL n.º53/2014, 2014).

2.4 Reabilitação de edifícios

A reabilitação pode ser definida como um conjunto de ações destinadas à conservação das partes importantes, tanto a nível estético, histórico ou funcional conferindo a possibilidade de reutilização de um determinado edifício. Estas intervenções devem permitir satisfazer os níveis de desempenho e exigências funcionais contemporâneas, criando uma harmonia entre a identidade original e a atual (Appleton, 2011b).

No passado, a reabilitação era considerada como pouco lucrativa e com pouca viabilidade económica. Atualmente, constata-se que o desenvolvimento económico pode ser estimulado pela reabilitação do património, com o aumento da atratividade nos centros urbanos, no âmbito

do turismo, criação de emprego no sector da construção, economia de materiais, de infraestruturas e de ocupação do solo (Paiva et al., 2006).

Alguns autores, defendem cada vez mais a reabilitação como a solução para voltar a atrair população aos centros históricos, apresentando vantagens económicas e ambientais relevantes. Por isso, a reabilitação assume um papel cada vez mais importante na medida que pode atenuar os efeitos provocados pela crise no setor da construção (A. P. de M. Martins, 2014).

Neste sentido, a reabilitação tem como finalidade solucionar eventuais danos físicos, construtivos e ambientais que, caso não sejam alvo de intervenção de recuperação e modernização, podem ser conduzidos ao abandono e posteriormente à sua ruína (Andreescu et al., 2016).

Estas operações visam também assegurar a longevidade do património urbano e arquitetónico, para as gerações futuras primando pela maior reutilização possível dos elementos estruturais e materiais existentes, respeitando assim os princípios de reabilitação ao nível da autenticidade, compatibilidade e reversibilidade das técnicas usadas (Appleton, 2011b). Para além de todas as operações mencionadas anteriormente, as obras de reabilitação têm também de salvaguardar as exigências de durabilidade nas intervenções que são feitas nos edifícios antigos, pois estas são mais rígidas do que nos edifícios modernos, devido aos seus tempos de vida serem superiores (Paiva et al., 2006). Para que este tipo de intervenções tenha o sucesso desejado um dos pontos fundamentais é a utilização da regulamentação específica para cada tipo de intervenção.

Atualmente, existem cada vez mais regulamentos vocacionados para obras de reabilitação os quais tentam ajudar os técnicos a fazerem as escolhas mais corretas para cada tipo de obra cumprindo desta forma os requisitos mínimos exigidos por lei. Em Portugal existe cerca de 1 milhão de edifícios a necessitar de obras de reabilitação. Os atuais regulamentos técnicos da construção foram idealizados sobretudo para construções novas e não tiveram muitas vezes em conta as diferentes realidades relativas a edifícios antigos e de diferentes épocas de construção. A necessidade de cumprimento integral desses regulamentos tem originado muitas dificuldades, quer técnicas quer económicas, as quais são muitas vezes inultrapassáveis, constituindo assim um forte entrave à recuperação dos edifícios antigos e dessa forma à regeneração do tecido urbano. No entanto a regulamentação existente caminha no sentido de ultrapassar esta dificuldade em cumprir os regulamentos propostos, pois para executar uma obra segundo os parâmetros admissíveis em Portugal tem de ser regido pelos regulamentos e leis impostas (LNEC et al., 2014).

Com a evolução da regulamentação em Portugal (Tabela 2.2) é possível constatar que as intervenções estão a mudar em relação aos potenciais benefícios, económicos e ambientais da eficiência energética, tanto nos intervenientes políticos como no resto da sociedade. Os padrões de conforto do edificado desenvolveram-se até aos dias de hoje. A introdução destes padrões tornam a construção mais exigente, através de normas técnicas, que são realizadas com o

objetivo de melhorar a construção e alcançar condições de conforto superiores (LNEC et al., 2014).

Tabela 2.2- Regulamentação térmica em Portugal

Data	Regulamento	Sigla	Decreto
1951	Regulamento geral das edificações urbanas.	RGEU	Decreto nº38382 de 7 agosto 1951
1990	Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios.	RCCTE	Decreto-Lei nº40/90 de 6 de fevereiro de 1990
1992	Regulamento da qualidade dos sistemas energéticos e climatização em edifícios.	RQSECE	Decreto de lei nº156 de 27 de julho 1992
1998	Regulamento dos sistemas energéticos e climatização em edifícios.	RSECE	Decreto nº118 de 7 maio 1998
2006	Regulamento das características de comportamento térmico do edifício.	RCCTE	Decreto nº80 de 4 abril 2006
2013	Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação.	REH	Decreto-Lei nº118/2013 de 20 de agosto 2013
	Regulamento de desempenho energético de comércio e serviços.	RECS	

Portugal teve o seu primeiro regulamento na área das edificações urbanas correntes, chamado de Regulamento de Salubridade das edificações Urbanas (RSEU) aprovado pelo Decreto de 14 de fevereiro de 1903 (Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas, 1903), (LNEC, 2005).

Na década de 1950, foi introduzido o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), tendo sido criado com o propósito de estabelecer normas na área da construção. Contudo, a crescente introdução de novos materiais e tecnologias, o aumento dos padrões de conforto e a introdução de legislação própria na área da construção conduziu à promulgação de legislações e à revisão das mesmas para assim acompanhar a evolução na construção (Martins, 2014).

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), surge em 1990 constituindo um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, pois foi o primeiro instrumento legal que estabeleceu requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer na estação quente quer na estação fria. Tentando também garantir a diminuição de efeitos patológicos na construção derivados das condensações superficiais e no interior dos elementos da envolvente (LNEC, 2005a).

O primeiro regulamento com requisitos térmicos a aplicar a sistemas energéticos em edifícios, surgiu em 1992, com o Decreto-Lei 156/92, de 27 de julho, Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RQSECE) (DL nº156/1992, 1992) . Tinha como objetivo regulamentar as condições em que eram definidas as dimensões e o processo de instalação de sistemas AVAC de modo a assegurar a sua qualidade e uso racional de energia. Este nunca foi aplicado, tendo sido revogado pela Comissão Europeia por conter várias deficiências e por falta de notificação à mesma. Entrou em processo de revisão, no sentido de serem introduzidas as correções necessárias à harmonização com o direito comunitário.

Em 1998 tendo sido aprovado pelo Decreto-Lei nº118/98, de 7 de maio, surge o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que veio substituir o regulamento anterior e procurava introduzir algumas medidas de racionalização, fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar num edifício tentando desta forma evitar o seu sobredimensionamento, contribuindo assim para a sua eficiência energética, evitando investimentos desnecessários. Este regulamento é sobretudo utilizado para edifícios de serviços e tem como objetivo a adoção de algumas medidas de racionalização energética, em função da potência dos sistemas instalados, por forma a diminuir os consumos. A prática da aplicação do RSECE veio demonstrar alguma indiferença por parte da maioria dos intervenientes no processo.

Assim, a instalação de sistemas de climatização foi sendo tratada, maioritariamente, directamente entre fornecedores e clientes, remetendo-se na prática, a aplicação do Regulamento exclusivamente para o nível da responsabilidade técnica dos projectistas ou dos instaladores ou, simplesmente, dos fornecedores dos equipamentos (DL nº79/2006, 2006).

A 4 de abril de 2006 surge o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, designado por (SCE) aprovado pelo Decreto-Lei nº78/2006 e constitui-se hoje como a principal ferramenta para a avaliação do desempenho energético dos edifícios. Em 2007 é implementado por via da transposição da Diretiva Europeia relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPDB), permitindo acompanhar a evolução legislativa da eficiência energética, aliada à promoção das condições de conforto térmico e da qualidade do ar interior nos edifícios. A gestão do SCE foi atribuída à Agência para a Energia (ADENE) por forma a assegurar o bom funcionamento do sistema, ficando responsável pela aprovação dos certificados, criação de um portal online para a certificação e peritos qualificados para a certificação. As entidades supervisoras ficaram a cargo da Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (ADENE, 2018).

Em 2006 é também elaborado um novo Decreto-Lei nº80/2006, para o Regulamento das Características de Comportamento Térmico do Edifício, aparecendo assim como uma grande revisão ao antigo RCCTE elaborado em 1990 devido às novas exigências dos edifícios. A primeira versão do RCCTE requeria de revisão pois era pouco exigente na limitação de consumos devido às questões de viabilidade económica face a baixos consumos. As principais diferenças foram: i) o aumento da exigência dos requisitos da envolvente de referência para

cerca de 40%; ii) alteração na metodologia de cálculo das necessidades de energia; iii) alterações significativas nos dados climáticos e das condições de conforto; iv) maior detalhe na análise das pontes térmicas, elaborando a diferenciação entre as pontes térmicas planas e lineares; v) maior complexidade no cálculo dos ganhos solares úteis e da renovação do ar. Para além das alterações apresentadas o novo regulamento introduziu a determinação das necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias, como também a utilização de equipamentos com recurso a energia proveniente de fontes renováveis para a preparação de águas quentes sanitárias, sujeitando, como tal, o setor residencial a caminhar na direção das energias renováveis e da sustentabilidade (DL nº80/2006, 2006).

No mesmo ano, surge também uma revisão ao RSECE, introduzindo assim as alterações necessárias para que este regulamento se tornasse mais exigente tanto na fase de projeto, como na fase de utilização e manutenção, pois este era desprezado pela maioria dos intervenientes no processo e a aplicação do mesmo só existia ao nível da responsabilidade técnica dos projectistas ou dos instaladores. Estas novas modificações fizeram com que fossem impostos limites ao consumo por tipologia, não só de sistemas de climatização, mas também de outros sistemas energéticos dos edifícios (DL nº79/2006, 2006).

Em 2013, surge o Decreto-Lei 118/2013 onde estão incluídos o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético de Comércio de Serviços (RECS). Existindo assim uma reorganização de três diplomas destintos num único diploma mais amplo, facilitando a interpretação do mesmo. Neste novo diploma é feita a distinção entre aplicação do REH e do RECS, passando o primeiro a ser definido para edifícios de habitação e o segundo para edifícios de comércio e serviços. O objetivo deste novo diploma é promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, otimizando o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos, ao mesmo tempo que reconhece as singularidades técnicas de cada tipo de edifícios naquilo que é mais relevante para a caracterização e melhoria do desempenho energético (DL nº118/2013, 2013).

A tendência é que Portugal continue a caminhar no sentido da eficiência energética e da vanguarda do uso de energia provenientes de fontes renováveis, tentando desta forma optar por uma intervenção ao nível da construção quer seja ela nova ou de reabilitação o mais sustentável possível.

2.5 Reabilitação sustentável

A preocupação com o desenvolvimento sustentável começou a emergir na segunda metade do século XX quando o Homem se consciencializou do desgaste que as suas políticas de desenvolvimento estavam a provocar no meio ambiente.

De facto, foi por esta altura que se começou a constatar que a biodiversidade no planeta estava a diminuir, que os recursos não eram infinitos, que não era possível continuar a apostar nos sistemas energéticos provenientes de fontes não renováveis, nem tão pouco continuar a apostar na política existente no que toca ao destino a dar aos resíduos produzidos pelo ser humano, verificando-se assim o aumento do consumo de recursos naturais, devido a um aumento significativo da população, que se mostra cada vez mais desenvolvida e exigente ao nível do conforto. (Mateus et al., 2006).

O conceito de sustentabilidade compreende a preservação dos valores culturais, tendo sempre presente o aproveitamento e a reutilização do construído, poupando recursos e energias. Neste sentido, de acordo com trabalhos anteriores, a reabilitação constitui uma oportunidade de promover a sustentabilidade ambiental, podendo conciliar a preservação do património, a atualização das condições de funcionamento e conforto, e a melhoria do desempenho ambiental (Delgado, 2008).

O desenvolvimento sustentável desafia os mais variados setores, sendo o da construção talvez um dos mais importantes e aquele que consome mais recursos, principalmente não renováveis. Atendendo à utilização excessiva de recursos por parte da construção tradicional tem vindo a ser necessário alterar paradigmas, no sentido de conferir maior sustentabilidade ao setor da construção, tentando dar mais atenção aos materiais e métodos utilizados procurando assim reduzir a influência e o impacto ambiental destes (Appleton, 2011a).

Ao contrário de países como a Dinamarca, Inglaterra, Noruega ou a Suécia, a temática do desenvolvimento sustentável é bastante recente em Portugal. De facto, este deixou de ser apenas um aspeto a considerar por ambientalistas tendo, nos anos mais recentes, passado a ser tema de debate na sociedade e fator diferenciador a ter em conta no setor da construção. A sustentabilidade na construção tem-se afirmado como uma mais-valia nestes países do norte da Europa, potenciando as vendas de produtos e soluções com a marca sustentável (Mateus et al., 2006).

Com vista a minimizar os impactes ambientais e promover uma melhor eficiência energética na reabilitação de edifícios, torna-se fundamental estabelecer medidas que permitam orientar para a sustentabilidade na reabilitação. Estas medidas devem ser aplicadas em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios, desde a fase de análise e diagnóstico, fase de projecto, fase de construção, fase de utilização/manutenção e a fase de desconstrução, como mostra a Figura 2.4.



Figura 2.4 Principais fases do ciclo de vida dos edifícios

No que se refere à fase de **análise e diagnóstico** considera-se necessário (Dinis, 2010):

- i) Análise dos aspetos históricos, arquitetónicos e construtivos e da zona urbana envolvente;
- ii) Estudo sobre o estado de conservação, segurança, anomalias, soluções construtivas e materiais existentes;
- iii) Avaliação das características que afectam a sustentabilidade como a orientação solar, massa térmica, nível de conforto térmico e acústico, ventilação natural, consumos energéticos e hídricos;
- iv) Elaboração de ensaios e prospecções relevantes para identificação de causas das anomalias do estado físico dos materiais e elementos construtivos;
- v) Determinação de técnicas e intervenções necessárias para a resolução de anomalias.

Relativamente ao **projeto**, regista-se (Dinis, 2010):

- i) Determinação da intervenção a realizar para potencializar a utilização dos recursos existentes;
- ii) Resolução dos problemas detetados na fase de análise e diagnóstico e execução dos objetivos definidos para a intervenção;
- iii) Determinação das melhores soluções em termos de qualidade, durabilidade e custos;
- iv) Concretização de projectos das várias especialidades (arquitetura, estrutura, térmica, acústica, distribuição e drenagem de águas, instalações eléctricas e climatização);

- v) Deliberação de materiais, tecnologias e processos construtivos a realizar em todos os projetos;
- vi) Ponderação de diversos fatores para garantir a sustentabilidade do edifício, no que respeita ao aumento do desempenho energético e hídrico, na melhoria da qualidade do ar, melhoria do conforto térmico e acústico, melhoria da iluminação;
- vii) Diminuição da emissão de gases e utilização de materiais ecológicos e reutilização dos existentes.

A **construção** contempla (Dinis, 2010):

- i) Escolha ponderada da entidade construtora e subempreiteiros de forma a garantir a probabilidade de erros e atrasos;
- ii) Informação à população sobre objetivos e prazos de intervenção;
- iii) Proteção do património e espaço público envolvente;
- iv) Diminuição do impacto visual, impacto ambiental e poluição sonora, prevenindo a poluição dos solos, ar e degradação características ecológicas;
- v) Seleção de materiais aplicando-os de forma a potenciar uma melhor desconstrução, considerando o consumo de energia, produção de resíduos e qualidade do ar interior;
- vi) Minimização e controlo dos consumos de energia e água;
- vii) Prevenção e redução da produção de RCD e separação dos mesmos para reciclagem, valorizando-os.

Para a **utilização/manutenção** regista-se (Dinis, 2010):

- i) Informação consciente da população para os consumos excessivos de recursos e para a qualidade do ambiente interior;
- ii) Formação e elaboração de manual de utilização e manutenção para utilizadores;
- iii) Realização de sistemas de monitorização para detetar possíveis erros ou anomalias nos sistemas e tecnologias adotadas.

Finalmente a **desconstrução** regista que (Dinis, 2010):

- i) A sustentabilidade desta fase está ligada às decisões tomadas nas fases de projeto e construção garantindo uma gestão eficaz de RCD através da adoção de materiais com elevada capacidade de reciclagem, de reutilização que não originem RCD com substâncias perigosas e facilite a desconstrução e reduzam consumos de energia;
- ii) Separação dos RCD, reciclando e valorizando os resíduos, ao invés da deposição em aterros;

No entanto, não são só estas medidas que foram faladas anteriormente que ajudam a minimizar o impacto da construção a nível ambiental e a promover o seu desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável implica a preocupação pelas gerações futuras e a manutenção ou melhoria da salubridade e integridade do ambiente a longo prazo, incluindo preocupações com a qualidade de vida. A primeira definição para este conceito surge em 1987 pela Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento no Relatório de Brundtland, intitulado de “*O nosso futuro comum*”, onde se afirma que “*o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades*” (Brundtland, 1987).

Após as duas principais cimeiras sobre este tema, a conferência das Nações Unidas, no Rio de Janeiro, sobre o Ambiente e Desenvolvimento em 1992 e a Conferência das Nações Unidas, em Joanesburgo, sobre o Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável em 2002, foi possível concluir que o desenvolvimento sustentável deve estar assente em três dimensões: i) económica; ii) social e iii) ambiental (Lopes, 2010) (Figura 2.5).



Figura 2.5 Objetivos da sustentabilidade na sua tripla dimensão (Serageldin e Steer (1994) por Pinheiro (2006)).

Na atualidade, a sustentabilidade apresenta uma estreita ligação à reabilitação, na medida em que rentabiliza e reduz a utilização de recursos, diminui a necessidade de consumo de novos recursos e a produção de novos impactos. O potencial da sustentabilidade na reabilitação reside nas prioridades assumidas, nas soluções propostas e nas técnicas de intervenção executadas, sendo necessário considerar, durante todo o ciclo de vida dos edifícios (Pinheiro, 2006).

No que se refere à componente **ambiental** são de registar elementos da maior relevância: i) água; ii) energia; iii) materiais (Pinheiro, 2006).

Ao nível da **água** pretende-se: i) seleção de materiais ou componentes com baixa quantidade de água incorporada; ii) seleção de aparelhos sanitários e de dispositivos de utilização mais edificiente; iii) reutilização de águas através de sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais para posterior reutilização (Pinheiro, 2006).

Relativamente à **energia** são de registar: i) aumentos do nível de desempenho energético da envolvente; ii) reforço do desempenho térmico dos vãos envidraçados; iii) reforço do isolamento térmico da envolvente opaca do edifício; iv) seleção de eletrodomésticos energeticamente eficientes; v) aplicação de lâmpadas compactas de baixo consumo; vi) aplicação de sistemas de águas quentes solares; vii) instalação de sensores de presença nos espaços exteriores; viii) aplicação de sistemas para a produção doméstica de energia elétrica e de calor a partir de fontes renováveis; ix) adoção de sistemas de ventilação natural (Pinheiro, 2006).

Para os **materiais** deve-se acautelar: i) aquisição de materiais locais; ii) adoção de materiais de acordo com a sua durabilidade; iii) adoção de materiais/produtos com menor energia incorporada e menores emissões de CO₂; iv) adoção de materiais de baixa toxicidade; v) adoção de materiais com capacidade de reciclagem ou reutilização (Pinheiro, 2006).

No que se refere à sustentabilidade **social** registam-se: i) adaptação às características estéticas dos edifícios envolventes; ii) proteção do património durante a fase de construção; iii) cumprimento das exigências funcionais de segurança; iv) aplicação de soluções que aumentem a iluminação natural; v) monitorização da qualidade do ar, temperatura interior e humidade relativa; vi) redução/eliminação de potenciais fontes de contaminantes (Pinheiro, 2006).

Finalmente a sustentabilidade **económica** contempla: i) elaboração do manual de utilização e manutenção; ii) avaliação de custos de periodicidade de manutenção; iii) controlo rigoroso do processo de construção (Pinheiro, 2006).

A aposta na reabilitação de edifícios permite reduzir os recursos necessários, quando comparada por exemplo com a construção nova e torná-la mais eficiente. A fusão entre a reabilitação e a construção sustentável permite prolongar a vida útil de um edifício sem necessidade de construir um novo edifício de raiz, reduzindo desta forma os recursos naturais assim como a produção de resíduos necessários, incrementando soluções construtivas mais amigas do ambiente. Por outro lado, a preservação de edifícios permite diminuir a desertificação que se verifica em alguns centros urbanos e impedindo a fuga de população para as periferias (Pinheiro, 2006).

A construção sustentável surge também como uso adequado do solo e dos recursos naturais, reduzindo o impacto ambiental. Na reabilitação, a sustentabilidade reflete-se em adaptações, essas adaptações representam custos e esses custos vão-se amortizando ao longo da fase de utilização (Mota, 2013).

2.6 Considerações finais

Por forma a colocar em prática todas as fases e objetivos para uma reabilitação mais sustentável é necessário andar a par com a tecnologia e informação. Neste sentido, o *Building Information Modeling* aparece no setor da construção como possibilitando a introdução de mais valias na reabilitação de edifícios. De facto, esta nova metodologia permite procurar melhores soluções na fase de projecto, tentando minimizar os riscos e custos em obra, tornando-a mais edficiente e ecologicamente mais sustentável.

CAPÍTULO 3

Building Information Modeling (BIM)

3.1 Considerações iniciais

No presente capítulo irá ser descrito, numa primeira fase, o enquadramento teórico sobre a metodologia BIM, (Building Information Modeling), onde será referida a sua génese e qual a sua importância para todo o setor da construção. Seguidamente será abordado o tema relacionado com o conceito de nível de desenvolvimento (Level of Development – LOD), tentando mostrar a importância e mais-valia deste conceito para os profissionais do setor. Serão também apresentadas as dimensões BIM que existem e explanadas quais as suas principais funcionalidades, propriedades e importância ao longo de todo o processo de modelação de um projeto BIM. Posteriormente serão igualmente identificadas as vantagens e desvantagens da utilização da metodologia BIM. Por último, irá ser abordado o impacto que esta metodologia oferece para o setor da Reabilitação.

3.2 Enquadramento histórico

O setor da arquitetura, engenharia e construção e operação (ACEO) está, hoje em dia, perante mudanças e desafios tecnológicos e institucionais muito interessantes. Com a procura por uma abordagem mais sustentável cada vez mais se tenta uma otimização do projeto de forma a reduzir o seu impacto ambiental através da diminuição de consumos energéticos, de emissões de gases e de utilização excessiva de água potável. Para além do referido, com o aumento da complexidade das construções torna-se necessário recorrer a inovações tecnológicas que facilitem o processo de construção e a sua manutenção.

Neste sentido, surge o Building Information Modeling (BIM) como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a estas novas exigências do processo de conceção, construção e manutenção de edifícios. O BIM estabelece assim, um conjunto de políticas, processos e tecnologias interrelacionados, e proporciona uma metodologia para gerir o projeto do edifício e os seus dados, num formato digital, ao longo da vida do edificado (Lino et al., 2012).

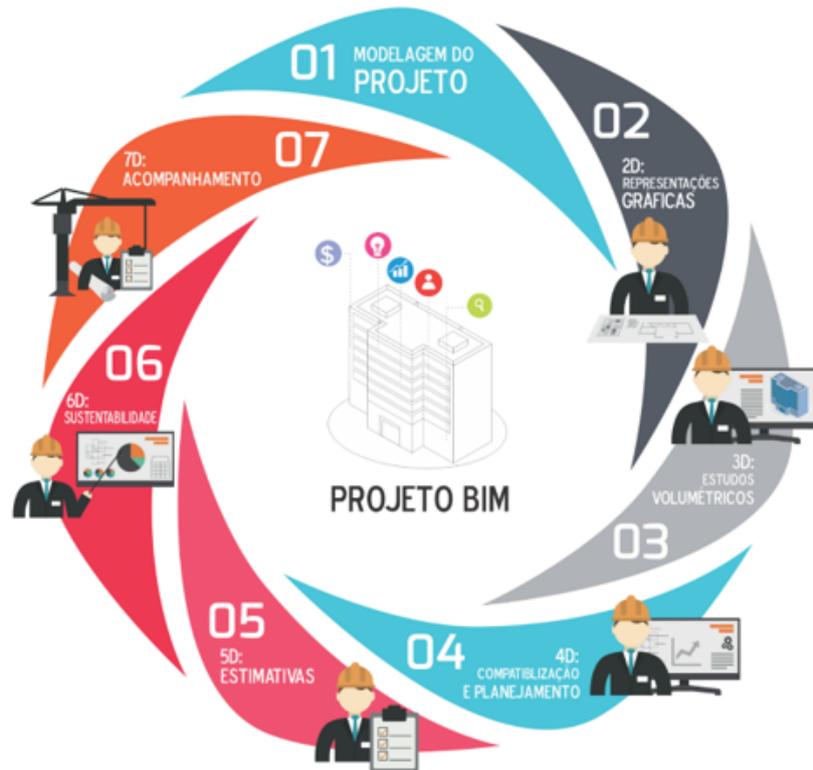


Figura 3.1 Ciclo BIM (w2, 2019)

O conceito BIM traduz um processo colaborativo em constante mudança e desenvolvimento, baseado fundamentalmente num processo de partilha de informação entre todos os intervenientes, ao longo de todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento (Figura 3.1). No BIM os modelos de informação digitais contêm para além dos dados sobre as características geométricas dos elementos que compõem o edifício tal como os modelos em CAD (Desenho Assistido por Computador) já os forneciam, incluem também uma panóplia de funcionalidades, nomeadamente dados relacionados com as diferentes especialidades de engenharia, tais como, as estruturas, redes prediais, informações ao nível da sustentabilidade da construção, gestão de dados como informações de planeamento ou o custo da construção. (Lino et al., 2012)

O início do conceito BIM surge com o arquiteto Charles M. Eastman, professor na Faculdade de Arquitetura Georgia Tech, que simultaneamente com a sua equipa foi o autor de um dos primeiros projetos criados com êxito recorrendo a um banco de dados de um edifício, o Building Description Systems (BDS). (Saepro, 2017) O BDS, criado no final dos anos 70 foi o primeiro software de modelação de edifícios a utilizar uma base de dados, apoiados por uma biblioteca pré-definida de elementos de construção que posteriormente dariam forma a um modelo, permitindo que o utilizador condicionasse e reutilizasse a informação organizada por categorias de atributos, incluindo o tipo de material e fornecedor. (Venâncio, 2015)

Foram também desenvolvidos, sobretudo no Reino Unido na década de 70, diversos softwares, sendo, porém, na Hungria, em 1984, que foi criado um software onde se encontrava incorporada a metodologia BIM, tal como é atualmente conhecida. O software da empresa Graphisoft, na data designado por Radar, tornou-se na altura no primeiro software BIM disponibilizado para um computador pessoal. Usava uma tecnologia semelhante ao BDS, tendo a sua denominação anos mais tarde sido alterada para ArchiCAD. O desenvolvimento do software foi lento, na medida em que os seus criadores tiveram que lutar com um contexto de negócios que lhes era desfavorável, com inúmeras adversidades socioeconómicas, principalmente com limitações ao nível do software dos computadores pessoais contribuindo para que o Archicad não tivesse sido usado em projetos de grande escala durante muito tempo (Dyson, 1991).

Nos Estados Unidos, Leonid Raiz, juntamente com Irwin Jungreis, criaram uma empresa de software chamada Software Charles River, com o objetivo de criar um software que pudesse executar projetos mais complexos que os desenvolvidos pelo software ArchiCAD. Neste sentido, em 2000, a empresa desenvolveu um programa designado Revit. Em 2002, a Autodesk adquiriu a empresa de software Charles River e começou a promover o Revit (Dyson, 1991).

Tanto a Autodesk, através do software Revit, como a Graphisoft, através do ArchiCAD, foram as empresas que mais dinamizaram e continuam a ser ainda os grandes impulsionadores, para a aceitação do BIM (Faia et al., 2004).

Atualmente, as empresas como a Autodesk, Bentley Systems, Graphisoft, Tekla, são fomentadores do desenvolvimento de sistemas CAD, apostado assim no BIM e tentando desenvolver várias soluções baseadas neste conceito. As soluções são constituídas essencialmente por ferramentas especializadas para responder às solicitações dos projetos de arquitetura, estruturas e instalações prediais, bem como à total integração desses projetos entre si através de um único modelo (Faia et al., 2004).

Na última década tem existido um grande esforço no sentido do desenvolvimento e evolução do BIM, já existindo em alguns países normalização específica neste sentido, e em outros a obrigatoriedade do licenciamento eletrónico de projetos a partir do BIM. No entanto, constata-se que ainda existe um grande caminho para percorrer para a implementação dos modelos BIM, desde uma mudança de mentalidades, à falta de conhecimentos específico na área e também não existência de uma política de incentivo para a implementação deste tipo de modelo na indústria (Giollo et al, 2016). Todavia o futuro da construção está em constante evolução e dirige-se no sentido de todos os projetos serem desenvolvidos e modelados em BIM.

A utilização de modelos de informação requer algumas alterações significativas nos procedimentos e práticas de trabalho tradicionais. Apesar das atuais ferramentas BIM apresentarem já modelos robustos e abrangentes, adequando cada vez mais as funcionalidades às exigências de utilização, verifica-se uma certa resistência por parte da comunidade técnica, pois esta não partilha o mesmo entusiasmo da comunidade académica em relação a estas

tecnologias. Contudo, sendo uma estratégia recente e em fase de crescimento a implementação do BIM no sector da construção apresenta-se complicada, pelo que atualmente, 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 (Oliveira, 2017).

Os estudos internacionais desenvolvidos no que se refere à aplicação das ferramentas BIM em contextos reais vêm corroborando, em grande 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 (Monteiro et al., 2011).

O BIM surge como uma tecnologia de tal forma promissora que se pode afirmar que quaisquer esforços no sentido de melhorar a gestão de informação devem ser enquadrados em modelos de informação mais abrangentes (Martins, 2009).

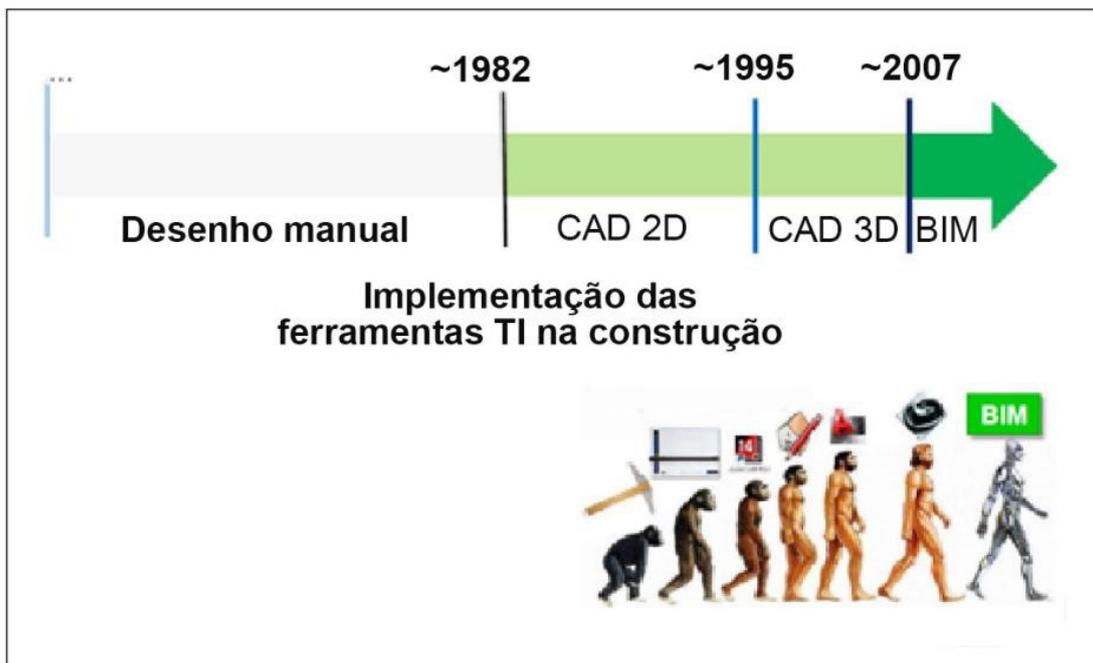


Figura 3.2 - Evolução temporal da indústria AECO (Venâncio, 2015).

3.3 Níveis de desenvolvimento (LOD)

O nível de desenvolvimento (Level of development LOD), (Figura 3.3), permite aos profissionais do setor da AECO terem definições claras e conseguirem distinguir, com elevado nível de clareza e credibilidade, os conteúdos inseridos nos modelos BIM durante as várias fases dos processos de conceção e construção.

A incorporação dos níveis de desenvolvimento constitui um elemento chave para classificar os requisitos mínimos de modelação exigidos para desenvolver cada utilização BIM. A utilização desta metodologia permite definir as limitações para a utilização dos elementos introduzidos pelos vários intervenientes do projeto no modelo, bem como as exigências para o desenvolvimento de determinadas funcionalidades BIM (Eastman et al., 2011).

Com vista a que a sua utilização seja respeitada na elaboração de projetos BIM, consideram-se os seguintes níveis de desenvolvimento (Reinhardt & Bedrick, 2017):

- i. **LOD100.** O elemento do modelo é representado graficamente como um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz outros requisitos ou informações relacionadas a outro elemento do modelo. Corresponde a modelos simples que tem em atenção o tamanho do projeto e a sua forma global.
- ii. **LOD 200.** Corresponde a uma fase no qual o modelo se encontra mais desenvolvido, os elementos possuem geometrias com dimensões, formas, quantidade e localização próximas aos reais. Outras propriedades de informações não gráficas podem estar vinculadas ao elemento.
- iii. **LOD 300.** Adiciona ao LOD 200 informações mais específicas relativas a quantidades, formas, tamanho e localização que refletem as condições reais do modelo. Este nível de desenvolvimento permite ao projetista obter documentação ao nível do projeto de execução assim como servir de base na preparação de desenhos para fornecedores, subempreiteiros ou até mesmo na definição de mapas de trabalhos, quantidades e estimativa de custos do projeto;
- iv. **LOD 350.** Mantém praticamente o mesmo grau de desenvolvimento do LOD anterior com a exceção de permitir acrescentar ao modelo características físicas do objeto, por exemplo, um elemento de parede de alvenaria LOD 350 deve incluir todas as informações, como é o caso das vigas de ligação, ou batentes, que permitam ao utilizador do modelo coordenar o elemento de parede com os outros sistemas da estrutura;
- v. **LOD 400.** Funciona da mesma forma que o nível LOD 300, porem a informação colocada neste elemento do modelo deve ser mais detalhada devendo incluir pormenores relacionados com o projeto de forma a permitir gerar documentos de fabricação e montagem para a construção;
- vi. **LOD 500.** Os elementos refletem o modelo (as-built) conforme constituído em termos de dimensões, forma, localização, quantidade, posição, dados técnicos e fabricante. Com este nível de detalhe, o modelo tem especial interesse quando se pretende aprofundar o estudo na área da manutenção de edifícios.

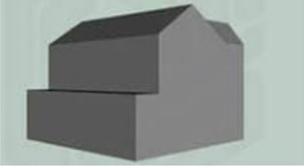
Projeto conceptual	Desenvolvimento do projeto	Desenvolvimento de construção
 LOD 100	 LOD 200	 LOD 300
Apresentação	Construção	Modelação As-built
 LOD 350	 LOD 400	 LOD 500

Figura 3.3 - Níveis de desenvolvimento (LOD) (adaptado de w3,2019)

3.4 Dimensões BIM

A ideia por trás do BIM é a construção de um modelo colaborativo em que se introduzam todas as informações para a gestão do projeto, durante todo o ciclo de vida de uma construção. Assim, os projetistas trabalham sobre uma mesma base sendo possível antever e corrigir as inevitáveis incompatibilidades entre os projetos das várias especialidades, permitindo que o BIM seja uma mais-valia ao nível das melhorias da produtividade, eficiência e qualidade dos projetos, estimativas de custos, planeamento e gestão da obra. Na fase de utilização da obra, toda a informação recolhida durante a construção pode ser agrupada num modelo, servindo de apoio à gestão e manutenção do edifício (Monteiro et al., 2011).

A estratégia BIM permite utilizar tecnologias de base de dados para integrar a informação e relacionamentos entre modelos, criando modelos inteligentes de informações com varias dimensões (nD), que podem ser entendidas como “camadas” de informações que são adicionadas dependendo da informação que o modelo contém sobre o edifício (Lopes, 2017) . De forma genérica, atualmente identificam-se sete dimensões que se passam a descrever.

A segunda dimensão (**2D**) também designada por **sistema CAD** corresponde à representação bidimensional de edifício (plantas, cortes, alçados) e a toda a documentação com qualidade e detalhe.

Na terceira dimensão (**3D**) também designado por **modelo colaborativo**, o modelo inclui dados integrados a partir do qual as várias partes interessadas, tais como arquitetos, engenheiros, construtores, fabricantes e proprietários do projeto podem extrair e gerar pontos de vista e

informações de acordo com as suas necessidades. As visualizações tridimensionais permitem ver em tempo real as modificações feitas em projeto por um dos intervenientes automaticamente. Verifica-se colaboração multidisciplinar de forma mais eficaz na modelação e análise de problemas espaciais e estruturais complexos. Para além disso, podem ser retirados a partir destes modelos todas as plantas, cortes, renders, sendo possível identificar como a arquitetura interage com o projeto estrutural. O modelo contém informação tanto ao nível da sua constituição material como propriedades geométricas, permitindo ao software detetar conflitos entre elementos, ou seja, colisões ou inconsistências espaciais.

A dimensão **4D**, também designada por **Planeamento Construtivo**, é utilizada para representar graficamente elementos permanentes e temporários com a calendarização das atividades de construção. Nela é possível efetuar a recolha de informação necessária para o planeamento das fases construtivas e a gestão de todas as especialidades a intervir. Este planeamento torna possível ao gestor acompanhar o avanço físico da construção. De facto, esta dimensão traduz uma ferramenta importante de visualização e comunicação, permitindo apoiar implementação de planos de monitorização e prevenção de segurança e ambiente em obra.

A quinta dimensão (**5D**), ou **Planeamento Financeiro**, é obtida após a elaboração das dimensões 3D e 4D onde é executado um modelo composto por elementos que são quantificáveis em espaço e tempo permitindo assim uma análise de custo de atividades relacionadas. O modelo permite de um modo eficiente ver o impacto de alterações de modo a promover um melhor desempenho económico.

No que se refere à sexta dimensão (**6D**), **Sustentabilidade**, o BIM permite a realização de análises energéticas detalhadas sobre o consumo, avaliação do impacto ambiental, e a obtenção de estimativas de energias mais completas e precisas logo desde o início do processo de projeto. Permite medir e verificar durante a construção quais os melhores processos de escolha de instalações para um alto desempenho. Esta dimensão tem um ganho um papel importante da maior relevância no setor ACEO.

O BIM **7D, Facility Management**, traduz modelos digitais ricos em informação pois a informação é adicionada ao modelo durante todas as dimensões referidas anteriormente e é usado por gestores da operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida. Permite aos intervenientes extrair e controlar os dados de ativos relevantes, tais como o estado dos componentes, especificações, manutenção, manuais de operação, datas de garantia (Eastman et al., 2011).

Na tabela seguinte é possível observar um resumo com os pontos mais relevantes de cada dimensão BIM.

Tabela 3.1 – Pontos relevantes para cada nível BIM (Venâncio, 2015)

BIM 3D	BIM 4D	BIM 5D	BIM 6D	BIM 7D
Modelação Paramétrica	Planeamento	Orçamentação	Sustentabilidade e Análise energética	Gestão e Manutenção do edifício
Levantamento e recolha de dados	Simulação do faseamento construtivo	Extração de quantidades	Análise Termo energética	Análise do ciclo de vida
Modelos BIM de apoio a áreas de logística, higiene e segurança no trabalho e pré-fabricação	Validação visual dos autos de medição	Simulação de cenários	Análise da sustentabilidade	Integração e extração de dados
Criação de modelo 3D, Animação e Renders	Aprovação de fases de pagamentos	Análise de custos de trabalhos	Estudo solares e dos materiais	Planos de manutenção BIM
---	---	Análise de custos em modelos conceptuais	Certificação energética e ambiental	Modelos BIM as-built com informação integrada como manuais e equipamentos
---	---	---	---	Apoio Técnico

3.5 Vantagens e desvantagens da utilização de BIM

Entre as potenciais vantagens identificadas para a indústria da construção, associadas à adoção deste tipo de tecnologia, contam-se as seguintes (J. P. P. Martins, 2009): i) pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos; ii) propagação de alterações rápida e direta; iii) automatização de fluxos de trabalho; iii) compilação da informação relevante; iv) integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível de informação externas; v) criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projetistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projetos; vi) eliminação da introdução repetida de dados, evitando-se os erros associados; vii) redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projeto e com as verificações das especificações elaboradas; viii) aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído; ix) simplificação da introdução de modificações em projetos; x) melhoria da cooperação interdisciplinar.

Embora as primeiras entidades a sentirem as vantagens oferecidas pelo BIM sejam os projetistas, é esperado que os efeitos benéficos desta metodologia se façam sentir pelos mais diversos intervenientes, devido à existência de uma base de partilha de informação durante o processo construtivo, alterando radicalmente a forma como é feita atualmente a gestão de informação durante as fases do ciclo de vida de um edifício.

Poderá ser vantajosa a realização de um projeto inicial para a implementação da metodologia BIM, com vista a explorar os benefícios que esta nova metodologia de trabalho pode trazer, assim como estabelecer métodos de trabalho. A implementação da metodologia BIM numa empresa deve ser evolutiva, a empresa deve equilibrar as suas expectativas durante o processo de implementação do BIM (Martins, 2009).

Sendo o BIM uma estratégia recente e em fase de crescimento, a sua implementação no setor depara-se com alguns aspetos menos positivos, nomeadamente a oferta de formação neste tipo de softwares e metodologias não ser ainda a mais adequada. Este fator, assim como, a mudança de mentalidade na forma de trabalhar e a aquisição de novas licenças de *software* leva a que inicialmente se assista a uma redução de produtividade. A padronização dos sistemas de modelação de projeto e dos processos de execução ganha especial importância, uma vez que a oferta de softwares é bastante variada e, apesar de terem o mesmo objetivo, seguem modelos de implementação diferentes (Mota, 2015).

As barreiras e limitações na adoção do BIM podem ser divididas em duas categorias (Caires, 2013): i) legais e sociais; ii) técnicas e tecnológicas. No que se refere a barreiras legais e sociais estas compreendem: a) falta de pessoal com habilitações em BIM; b) investimento em softwares, hardware e formação; c) perda de produtividade durante a fase inicial de adaptação; d) falta de documentos contratuais que determinem os direitos de posse e propriedade intelectual (falta de responsabilidade contratual). Relativamente a barreiras técnicas/tecnológicas regista-se: a) falta de integração de aplicativos (falhas de interoperabilidade). É importante verificar a importação/exportação da informação entre aplicações de software; b) falta de padronização de métodos e processos.

3.6 Impacto da utilização de BIM na Reabilitação

No setor da construção nova o BIM já mostrou os seus potenciais benefícios no que diz respeito ao planeamento, projeto, análise energética, construção e entregas de projetos de edifícios construídos de origem (Eastman et al., 2011). No setor de património o projeto não envolve apenas construção, mas também planeamento, ativo histórico, manutenção preventiva, documentação, investigação e pesquisa. O BIM pode assim ser uma mais-valia oferecendo novas ferramentas para o setor para apoiar essas atividades através da colaboração digital e gestão eficiente da informação (Antonopoulou et al., 2017).

A tecnologia BIM permite uma melhor coordenação e avaliação espacial do edificado, onde qualquer alteração do tecido histórico deve ser cuidadosamente considerada e justificada. Os projetos de reabilitação do património contam com equipas multidisciplinares para que cada especialidade consiga trocar e interpretar informações e dados sobre o ativo patrimonial para conseguir compreender e informar sobre o seu valor e significado. Este tipo de estudo primordial elaborado pelas várias especialidades é crucial para as tomadas de decisão sobre intervenções

futuras do edificado. A maioria dos softwares BIM inclui várias características que podem ser úteis em projetos de reabilitação do património, com a integração de um conjunto de dados referentes ao edifício a reabilitar como informações históricas, fotografias, valores patrimoniais associado a componentes específicos ou espaços, interoperabilidade, para compartilhamento de dados e reutilização através de uma equipa multidisciplinar, potencial para interagir com outros sistemas corporativos de bases de dados e arquivos (Antonopoulou & Bryan, 2017).

Os principais desafios da implementação do BIM em edifícios existentes são relativos à modelação de elementos singulares, o que implica um esforço acrescido na modelação da informação incorporada em objeto BIM e a constante necessidade de atualizar essa informação (Volk et al., 2014). Cada projeto de reabilitação é único e apresenta dificuldades individuais quer na sua modelação, como na sua demolição e/ou reconstrução, ao contrário de um projeto de uma construção nova. Ao ser possível controlar todas as causas que podem acontecer e prevenir eventuais problemas, o BIM torna-se bastante importante na tomada de decisão (Huber et al., 2011).

Ao implementar o BIM em projetos de reabilitação o principal desafio reside na captura e avaliação da informação referente ao edifício desde a sua construção até ao estado em que encontra na atualidade (Petzold & Donath, 2004). A modelação deixa de incidir sobre elementos novos, e passar a ser sobre a criação de “as-built” models, ou seja, o modelo do edifício existente a reabilitar é construído a partir de todas as informações e características associadas ao edifício desde a sua fase inicial de construção. Segundo Volk et al. (2014), existem três casos diferenciados na criação de um modelo BIM, (Figura 3.4).

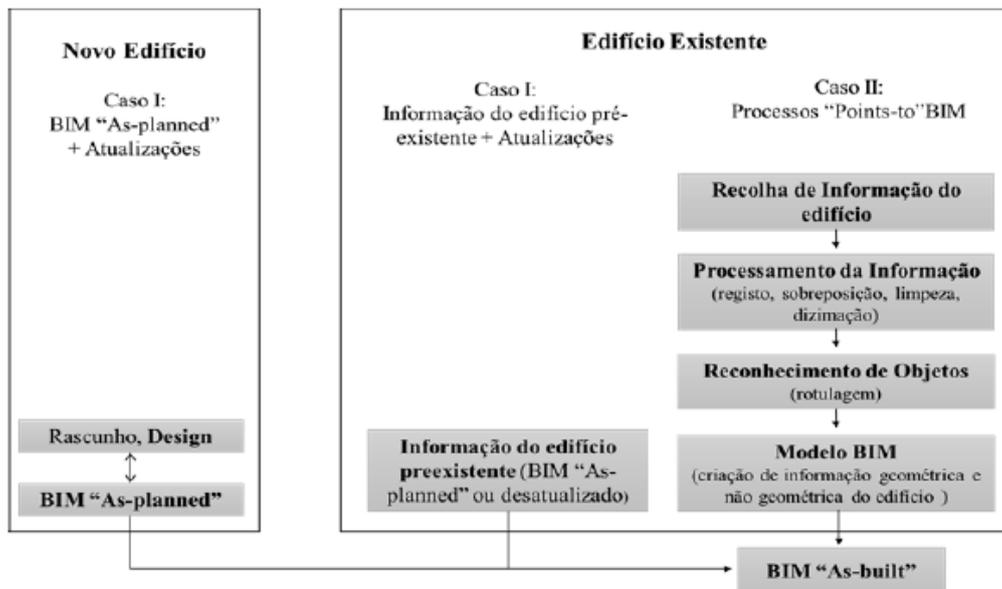


Figura 3.4 - Criação do modelo BIM (Adaptado de Volk et al.,2014)

No primeiro caso, considera-se que o modelo produzido para os edifícios novos intitula-se de “as-planned”, ou seja, como planeado e esta modelação é executada através de um processo interativo entre o projeto e o planeamento onde através de um software é permitido atualizar o modelo “as-build BIM”. No segundo caso estão os edifícios que necessitam de documentação sobre o existente ou em que o modelo existente se encontra desatualizado. No último e terceiro caso, que também é alusivo a edifícios existentes, o que ocorre é a inexistência de qualquer tipo de informação relativa quer ao projeto inicial, quer ao que existe atualmente e, como tal, é necessário recorrer a um processo de recolha de dados “points-to-BIM”.

Acrescido ao referido, a preocupação com a sustentabilidade tem crescido de forma exponencial no setor AECO, baseada nos conceitos de projetos que consideram fatores sociais, económicos e ambientais nas suas estratégias.

O impacto dos custos resultante de projetos de edificações sustentáveis é um dos recursos que os projetistas deveriam considerar quando estão a projetar um empreendimento novo ou reabilitar um edifício antigo (Alsayyar et al., 2015).

Librelotto (2005) refere que para obter uma vantagem competitiva sustentável, não basta pensar apenas na dimensão económica, mas sim deve-se considerar também as questões sociais e ambientais, e o equilíbrio delas como um todo.

Quando as análises são realizadas nas fases iniciais do ciclo de vida da obra, quer seja uma obra executada de raiz ou em obra de reabilitação, permite-se maior controlo sobre o impacto tanto ambiental como também no custo. Isso ocorre através de análises de múltiplos critérios de projetos, como os materiais utilizados, as tecnologias escolhidas a definição dos espaços, que afetam diretamente os custos da obra (Alsayyar et al., 2015).

Para Carvalho (2009), a questão do desenvolvimento sustentável deve ser vista nas fases de planeamento, na qual é possível analisar a participação do proprietário nas decisões, nas características do local, na disposição de recursos financeiros e ambientais, além de analisar os impactos da ocupação futura no local e a existência de infraestruturas e outros aspetos relevantes. Na fase de projeto, o autor menciona que se deve escolher o processo construtivo que gera menores impactos, e que este é o momento decisivo para utilizar os princípios da sustentabilidade para a futura edificação.

Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise de muitas variáveis que requerem tempo no processo de desenvolvimento do produto e da atuação de várias especialidades. Com a utilização do BIM, é possível obter uma avaliação consistente, e fidedigna que permite a decisão em tempo real, preferencialmente na etapa de projeto.

Deve-se considerar que, por ser uma tecnologia inovadora a modelação em BIM aplicada ao sector da reabilitação sustentável é uma mais-valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção para que seja possível de uma forma mais eficiente eleger

quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício (Eastman et al., 2011).

Na indústria AECO, uma análise avançada de simulação energética e térmica efetuada através de programas de modelação de edifícios tornou-se indispensável na conceção e obtenção de edifícios de alto desempenho. A fase de modelação térmica no projeto é utilizada para fornecer ao projetista a primeira informação sobre o impacto das várias especificações do edifício referentes ao desempenho energético anual (Santos et al., 2015).

As ligações diretas entre o BIM e a ferramentas de análise energética são por isso uma importante evolução tecnológica, permitindo a criação de ferramentas de análise que tenham uma relação entre si, permitindo uma melhor interligação de dados de forma coordenada e continua que economiza tempo, recursos e reduz o risco de possíveis erros (Attia, 2010).

As ferramentas de simulação térmica de um edifício têm como objetivo a previsão dos níveis de desempenho térmico de um edifício e o conforto térmico dos seus ocupantes. Estas fornecem dados do comportamento energético e térmico do edifício, permitindo a modelação e comparação de várias soluções construtivas diferentes (Maile et al., 2007).

Neste sentido a utilização de ferramentas apoiadas na metodologia BIM contribuirá para a sustentabilidade na elaboração de um projeto de uma obra quer seja esta uma construção nova ou de reabilitação, através da análise antecipada dos consumos de energia do projeto e os seus respetivos custos de utilização, facultando resultados credíveis e consistentes, possibilitando desta forma, fazer tomadas de decisão antecipadas e otimizar as análises de custo do ciclo de vida de um edifício (Santos et al., 2015).

3.7 Considerações finais

Como mostrado neste capítulo, a introdução da tecnologia BIM associada à reabilitação de edifícios é um caminho que todo o setor AECO deve seguir, no sentido de melhorar a sua sustentabilidade. Apesar de ainda existirem bastantes entraves à utilização do BIM, é visível que começa a existir uma mudança significativa no setor.

Neste sentido, o presente trabalho pretende mostrar que a utilização da metodologia BIM pode constituir uma mais-valia que deve ser tida em consideração por todos os intervenientes de uma obra. No caso específico, aliar o BIM à análise energética de um edifício reabilitado, permite validar que podem ser utilizadas soluções mais sustentáveis para o ambiente maximizando o potencial do edifício, tornando-se mais vantajoso não só para o dono de obra, como para todos os intervenientes na obra, mas principalmente para o consumidor final e/ou gestor do edifício.

O capítulo 4 irá apresentar, de uma forma prática, um estudo pormenorizado de uma avaliação energética a um edifício de serviços que já foi reabilitado e quais as melhorias que poderiam ser efetuadas para que este se tornasse ainda mais eficiente.

CAPÍTULO 4

Avaliação energética do caso de estudo

4.1 Considerações iniciais

Neste capítulo é abordada a possibilidade de intervir num processo de reabilitação sustentável de um edifício público, com vista a melhorar a eficiência do mesmo através de uma ferramenta BIM. Inicialmente serão apresentados de forma pormenorizada os elementos construtivos existentes no edifício. Posteriormente são apresentadas propostas de soluções construtivas que poderão ser implementadas por forma a reduzir as necessidades energéticas e aumentar a eficiência energética do edifício.

4.2 Descrição do edifício

4.2.1 Enquadramento histórico

A Estação Agronómica Nacional (EAN) foi fundada em 16 de novembro de 1936 com a promulgação do Decreto-lei nº 27 207/36 artigo 47º que a refere como: *“organismo de investigação científica e cooperação técnica, dependente da Direção Geral dos Serviços Agrícolas”*.

A instituição encontrava-se inicialmente sediada nos claustros do Mosteiro dos Jerónimos, mas devido às suas instalações precárias, em 1941 passou a ocupar uma propriedade que foi construída de raiz para a albergar, localizada na Quinta da Aldeia, em Sacavém. A EAN compreendia, no início, apenas sete departamentos: i) Citologia e Genética; ii) Fitopatologia; iii) Melhoramento de Cereais e Forragens; iv) Solos; v) Química; vi) Sistemática e vii) Fitogeografia, Pomologia.

Nos meados dos anos 50, a EAN voltou a ser forçada a procurar novas instalações devido à conjuntura do país e em 1954 a Estação ocupou a localização actual referida anteriormente, para que fosse instalada a sua sede e desenvolvesse investigação exclusivamente agrária. Esta instalação demorou mais de uma década a concretizar-se e em 1966 é inaugurada pelo Presidente da República.

Nos anos seguintes as instalações da EAN foram ampliadas com a construção de anexos aos edifícios existentes e novos edifícios. Após reestruturação de alguns serviços públicos na sequência do 25 de abril de 1974 a EAN foi extinta pelo Decreto Regulamentar Nº78/77 de 25

de novembro, com consequente perda da autonomia administrativa e do seu quadro de pessoal próprio, passando a existir o Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIA) onde englobava a EAN, Estação Zootécnica Navional (EZN) e a Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (ENMP).

Em 1979 com a publicação do Decreto Regulamentar N° 39-A/79, de 31 de julho de 1979 – Lei Orgânica do Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIA), a antiga EAN passa a ter novamente existência legal, com várias alterações departamentais, são agregados ao INIA a Estação Florestal Nacional (EFN) e a Estação Vitivinícola Nacional (EVN).

Em 2002 o INIA funde-se com o Instituto de Investigação das Pescas e do Mar dando origem ao Instituto Nacional de Ivestigação Agrária e das Pescas (INIAP). No ano de 2006 houve uma fusão do INIAP com o Laboratório Nacional de Investigação Veterinária (LNIV), da Direção Geral de Proteção de Culturas (DGPC), em associação com o Banco Português de Germoplasma Vegetal, originando o Instituto Nacional de Recursos Biológicos (INRB). Em 2012 é criado o novo Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) onde é feita toda a investigação agrícola e veterinária do antigo INRB, (Figura 4.1).(INIAV, 2005)

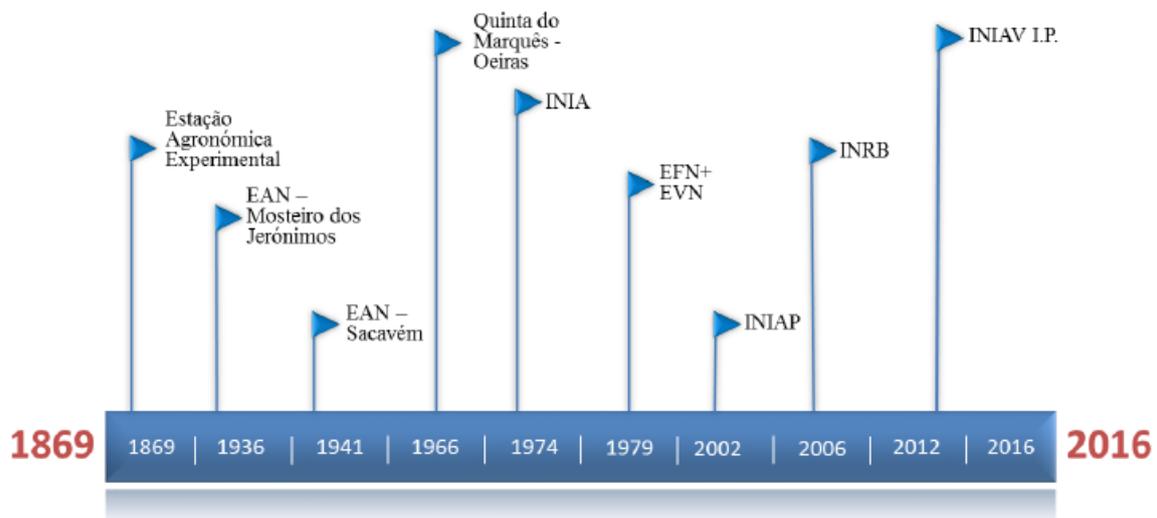


Figura 4.1 – Cronologia da concepção do INIAV (Giollo et al., 2016)

O edifício selecionado para o caso de estudo, corresponde ao edifício principal do INIAV (Figura 4.2), implantado num local privilegiado, com fachada principal orientada a Sul onde se encontram a funcionar os órgãos administrativos e directivos do mesmo. A sua construção foi concluída no

ano de 1966, tendo posteriormente, no ano de 1969, sofrido intervenções de ampliação para a construção da ala Poente e de um anfiteatro com capacidade para 300 pessoas.

Trata-se de um edifício constituído por dois pisos principais: rés-do-chão e 1º andar, onde se alojam as salas de escritórios e laboratórios dos diferentes departamentos. Existe também uma cave, que atualmente serve de arquivo e adega para os vinhos produzidos pela instituição e um sótão onde está instalada a maquinaria das instalações técnicas especiais, perfazendo uma área construída de aproximadamente 7370m².

Sendo este um edifício da época de 70, era esperado que a obtenção de informação documental acerca deste fosse praticamente inexistente, limitando-se apenas a plantas de instalações de ar condicionado, instalações de aquecimento central, pormenores de janelas, portas e caixilharia.



Figura 4.2 - Edifício sede do INIAV (www.google.pt/maps, consultado em 2018)

4.2.2 Localização e caracterização geral

O edifício selecionado no âmbito do estudo encontra-se localizado na antiga Estação Agronómica Nacional (EAN), Quinta do Marquês, no Concelho de Oeiras (Figura 4.3).

Atualmente é parte integrante do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), sendo propriedade do Estado Português está envolta por uma área com cerca de 130 hectares onde concentra as diversas instituições de investigação (INIAV, 2005).



Figura 4.3 - Localização edifício principal INIAV (Fonte: Câmara Municipal de Oeiras)

O zonamento climático do local onde está inserido o edifício foi obtido através do Despacho n.º 15793-F/2013, 3 de dezembro de 2013, referente aos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados, baseando-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível II correspondendo o edifício à zona climática da Grande Lisboa, onde se encontra inserido o Município de Oeiras.

Após consulta do referido Despacho foi possível constatar que o edifício corresponde à zona climática de inverno I1 com o número de graus-dia de 1071°C e V2 relativamente à zona climática de verão. A duração da estação de aquecimento é de 5,3 meses, a temperatura exterior de inverno de referência de 10,8°C, e a temperatura exterior de verão de referência de 21,7 °C está implantado à cota de 31 m e uma distância à costa marítima de 1,36 km.

Para a execução deste trabalho a parte do edifício escolhida como proposta de intervenção foi a ala poente do edifício principal do INIAV, antigo departamento de Fitopatologia, que foi alvo de intervenção em 2015 (Figura 4.4), para a transferência das instalações da unidade de investigação e desenvolvimento tecnológico de saúde animal, anteriormente localizada em Benfica no Instituto Nacional de Recurso Biológicos (INRB).

A área intervencionada foi cerca de 1970 m², ou seja, cerca de um terço do edificado, de modo a tornar as salas e laboratórios existentes, nas novas instalações do Laboratório Nacional de Referência de Saúde Animal. Foi considerada como envolvente térmica para a parede que

delimita a ala intervencionada do restante edifício, uma parede exterior com iguais características de toda a envolvente exterior do edifício em estudo para posterior simulação térmica.

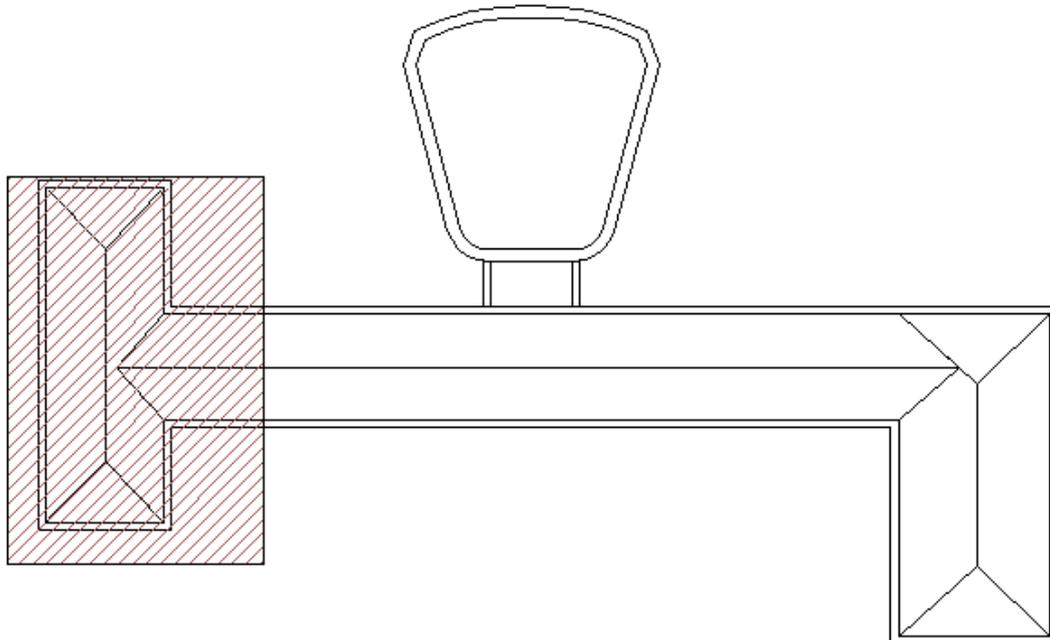


Figura 4.4 - Ala intervencionada no edifício principal (Giollo, 2016)

4.2.3 Outras características

Com vista a efetuar uma análise do edifício ao nível energético foi necessário fazer o levantamento de informação acerca do mesmo. Neste sentido, foi efetuada uma análise geral do edifício onde foram caracterizados: i) envolvente; ii) sistemas de iluminação; iii) sistemas de climatização; iv) ventilação; v) ocupação e horários.

Envolvente

A fase de identificação das soluções construtivas iniciais de um projeto de reabilitação é bastante importante, sendo necessário recolher o máximo de informação possível para conseguir compreender que tipo de materiais foram utilizados para a construção do edifício. No entanto, devido à ausência de informação acerca das soluções construtivas existentes para a caracterização da envolvente exterior e interior do edifício, recorreu-se a documentação técnica que descrevesse a constituição deste tipo de elementos com base no ano de construção, permitindo que a solução definida fosse a mais próxima da realidade existente no local.

Tendo em conta que o seu ano de construção foi nos finais dos anos 50, início dos anos 60, considerou-se que se tratava de um edifício com estrutura mista de betão e alvenaria, esta construção era caracterizada por estruturas porticadas de betão armado e preenchidas com paredes duplas de alvenaria de tijolo. As paredes interiores também em alvenaria de tijolo e os pavimentos constituídos por lajes maciças de betão armado (LNEC, 2005).

Face ao exposto, caracterizam-se os elementos constituintes da envolvente opaca do edifício:

As Paredes exteriores foram consideradas como sendo paredes de pano duplo constituídas por tijolo furado com 15cm de espessura pelo exterior e 11cm de espessura pelo interior. Ambas as faces são revestidas por uma camada de reboco com uma espessura de 2cm, perfazendo uma espessura total de 30cm. O edifício é socado pelo seu exterior por um revestimento em pedra junto ao solo e cunhais em pedra na ligação entre as fachadas do edifício.

No que se refere a Paredes interiores admitiu-se a existência de diferentes espessuras de acordo com as seguintes soluções construtivas:

- i) Parede interior 1 – Constituída por tijolo de 11cm de espessura e rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2cm perfazendo uma espessura total de parede com 15cm;
- ii) Parede interior 2 – Com espessura total de 30cm de constituição desconhecida. Para o caso de estudo foi adotada a seguinte constituição, parede de pano duplo com tijolo furado de 15 e 11cm rebocadas em ambas as faces com 2cm de espessura de reboco.
- iii) Parede interior 3 – Com uma espessura total de 40cm e tal como as restantes paredes tem constituição desconhecida. Foi adotado para a constituição desta parede os seguintes materiais; tijolo 20cm pelo exterior, tijolo 15cm pelo interior caixa-de-ar de 2cm e reboco em ambas as faces com 1,5cm de espessura.

A Cobertura apresenta quatro águas, sendo acessível, mas com desvão não habitável. Atualmente é constituída por um painel sandwich de 8 cm, colocado na intervenção feita em 2015, que serve como isolamento térmico da cobertura e tem como revestimento exterior telhas cerâmicas. No piso da cobertura encontram-se instaladas as unidades de ventilação e tratamento de ar referentes à parte do edifício destinada à saúde animal, (Figura 4.5 e Figura 4.6).



Figura 4.5 Desvão da Cobertura: (a) vista geral; (b) vista pormenorizada



Figura 4.6 - Perspetiva da cobertura do edifício pelo exterior

O Pavimento interior compreende uma laje de betão armado com 30cm de espessura ao longo de todo o edifício, sendo revestida nos corredores e áreas comuns do piso 0 e piso 1 com mármore, as zonas dos laboratórios encontram-se revestidas com uma tela vinílica e na zona dos escritórios existem tacos de madeira como revestimento, no piso -1 o revestimento adotado foi uma pintura vinílica (Figura 4.7 e Figura 4.8).



(a)



(b)

Figura 4.7 Revestimento de piso; (a) zona de corredores do piso 1 e do piso 0 (b) zona de laboratórios



Figura 4.8 Revestimento de piso; (a) zona de corredor piso -1; (b) Revestimento de escritórios

No que se refere à caracterização dos vãos envidraçados do edifício é de registar que estes correspondem a vãos simples com caixilharia de alumínio, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor sem lâmina de ar e todos os vãos envidraçados contêm estores em pvc como sistemas de oclusão opaca (Figura 4.9).

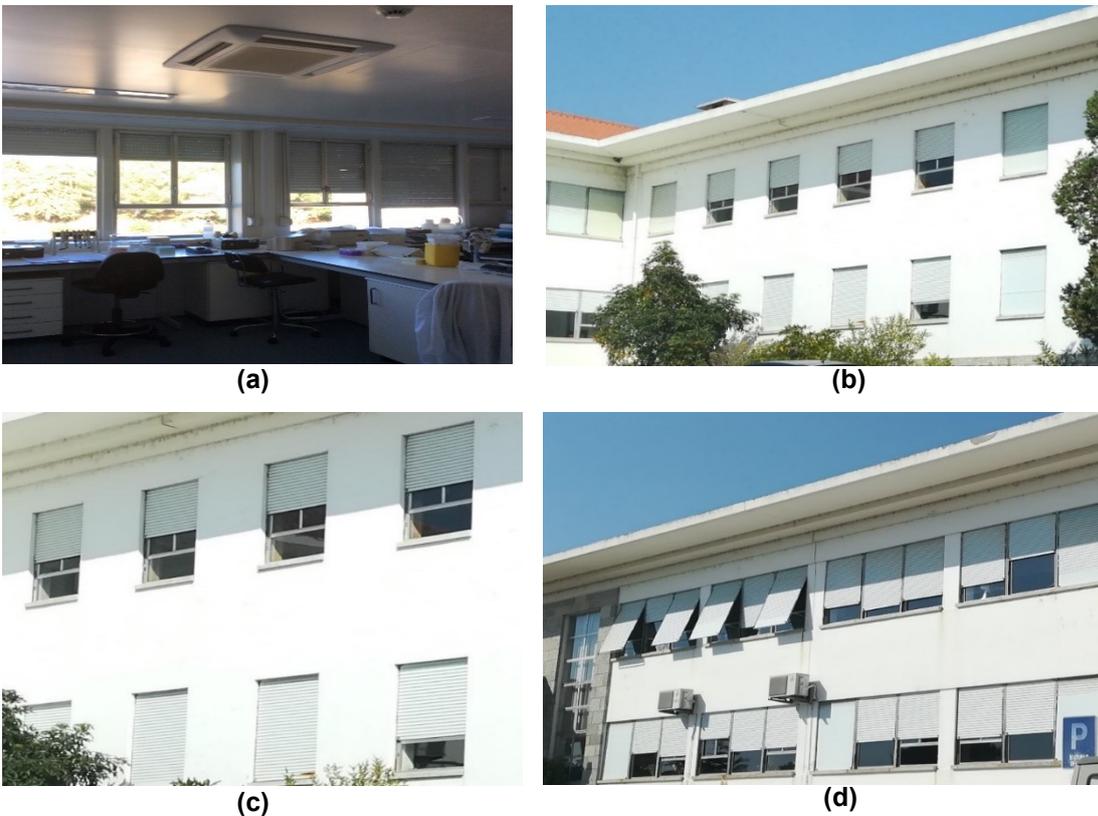


Figura 4.9 Envoltente envidraçada do edifício: (a) vista pelo interior; (b), (c), (d) vistas pelo exterior

Sistemas de iluminação

A produção de energia do edifício em estudo é assegurada pela rede pública de distribuição, no entanto, no caso de falta de energia por parte rede pública, existe um gerador com a potência nominal de 3200kW, voltagem de 2000v e frequência nominal de 65 Hz.

A iluminação após a intervenção feita em 2015 à ala pertencente à saúde animal sofreu uma alteração, sendo toda substituída por luminárias de *Light Emitting Diode* (LED), (Figura 4.10), de forma a economizar o uso de energia sem por em causa os níveis de luminosidade exigidos, para além disso foi também tido em conta a otimização dos recursos energéticos utilizando sempre que possível a iluminação natural.



Figura 4.10 – Sistema de iluminação LED

Sistemas de climatização

O sistema de climatização existente no edifício encontra-se activo na zona de saúde animal, tem a marca CARRIER, com potência de 54,1 kW, uma voltagem de 400v e uma frequência de 50Hz. O equipamento está instalado no exterior do edifício na zona traseira do mesmo, (Figura 4.11) logo não provoca qualquer aquecimento no edifício, no entanto, existe um gasto de energia que deve ser contabilizado no cálculo da avaliação energética.



Figura 4.11 Instalações do sistema de ventilação no exterior do edifício

Ventilação

A ventilação da zona de saúde animal é forçada, feita por UTAS que são unidades de tratamento de ar utilizadas para responder às necessidades de climatização e renovação do ar interior em edifícios, conferindo uma melhor qualidade de ar interior, conforto térmico e eficiência energética das instalações onde estão inseridas. Existem quatro UTAS no total, sendo que existem três mais pequenas direcionadas para as três zonas de confinamento que existem no laboratório e uma geral que faz a extracção da zona total da saúde animal, (Figura 4.12).

Os motores das UTAS mais pequenas têm uma potência de 2.2kW, com voltagem de 230 a 400V e uma frequência de 50 Hz. A UTA utilizada para a renovação de ar da zona total da saúde animal é da empresa Sandometal e tem a potência do motor de 3,40kW, a potência de arrefecimento é de 46.3 kW e a potência de aquecimento é de 57,6kW



Figura 4.12 Zona de cobertura destinada a área técnica com unidade de tratamento de ar (UTA)

Ocupação e horários

O edifício principal do INIAV tem o seu horário de funcionamento das 8h às 20h a sua ocupação total é de 100 pessoas, no entanto, a zona referente à saúde animal tem a ocupação de 60 pessoas.

4.3 Intervenções estudadas

O fato de o edifício em estudo ter sido alvo de uma reabilitação recentemente, em 2015, fez com que não fosse possível a observação do estado de degradação que se verificava anteriormente e para o qual foi alvo de intervenção. No entanto, o objetivo deste trabalho é demonstrar e perceber como as ferramentas digitais podem ser úteis num projeto de reabilitação, elaborando um estudo mais rápido e eficiente do projeto.

Face ao exposto, o objetivo deste estudo é analisar o edifício no seu estado atual, após a intervenção feita em 2015, e perceber se as melhorias elaboradas foram suficientes para atingir um bom nível de eficiência energética. Pretende-se também estudar três possíveis soluções construtivas para melhoria do edificado em estudo, uma vez que a intervenção executada em 2015, não interferiu numa reabilitação ao nível térmico da envolvente do edifício por forma a melhorar o seu comportamento. Neste sentido, optou-se então por estudar uma solução de reabilitação para a envolvente exterior opaca e para a envolvente envidraçada, apresentando soluções para estas duas envolventes de forma a conseguir melhorar o desempenho energético do edifício sem colocar em causa a sua identidade.

Para determinar qual a solução mais adequada para a reabilitação do edifício com vista a que este obtenha o melhor desempenho energético possível é necessário incorporar medidas de economia de energia, podendo ser diferenciadas em quatro tipos: i) reforço da protecção térmica conferida pela envolvente opaca dos edifícios; ii) tratamento dos vãos envidraçados, quanto à estanquidade ao ar, à protecção solar e ao seu coeficiente de transmissão térmica; iii) conceção de sistemas de renovação de ar, utilizando sempre que possível a ventilação natural; iv) recurso a tecnologias solares, passivas e ativas; v) melhoria da eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos (Freitas, 2012; Paiva, 2000).

A figura 4.13 mostra vários tipos de combinações adequadas a uma reabilitação mais eficiente.

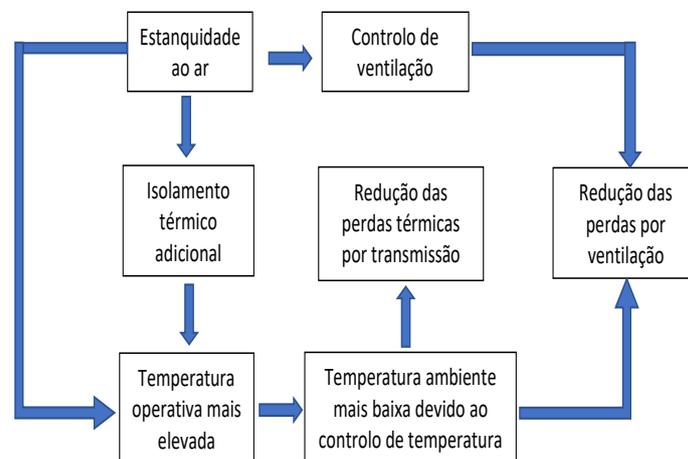


Figura 4.13 - Combinações adequadas de medidas de economia de energia (Paiva, 2000)

Uma vez que as últimas três medidas referidas anteriormente já tinham sido incorporadas aquando da reabilitação anterior, no âmbito do estudo desenvolvido optou-se por simular intervenções de reabilitação com vista a melhorar o desempenho energético do edifício, nomeadamente ao nível do: i) reforço do paramento exterior com isolamento térmico; ii) tratamento dos vãos envidraçados.

i) **Reforço do paramento exterior com isolamento térmico**

Para reforço do paramento exterior com isolamento térmico existem várias opções, podendo esta solução ser dividida em três grandes grupos: isolamento térmico pelo exterior; isolamento térmico pelo interior e isolamento térmico em caixa-de-ar, sendo que este último só pode ser utilizado em paredes exteriores duplas, (Paiva, 2000).

A opção escolhida para o trabalho foi isolamento térmico colocado pelo exterior, não só porque se trata de um edifício antigo e onde não existem certezas relativamente à sua constituição, mas também porque a execução do isolamento térmico pelo exterior do ponto de vista térmico se torna mais eficaz, pois elimina as pontes térmicas, devido à sua aplicação continua na fachada, não reduzindo a área interior do edifício e prevenindo o aparecimento de condensações.

O isolamento térmico pelo exterior pode ser ainda dividido em três soluções distintas (Tabela 4.1) que sistematiza as soluções de reforço que podem ser utilizadas:

Tabela 4.1 - Soluções de reforço do isolamento térmico de paredes exteriores (adaptado de Paiva, 2000).

Localização do isolamento térmico	Tipo de soluções	
Exterior	Revestimentos não isolantes independentes (com interposição de um isolante no espaço de ar)	Revestimentos independentes descontínuos (elementos fixados mecanicamente)
		Revestimentos independentes contínuos de ligantes minerais armados (rebocos armados e desligados do suporte)
	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior - ETICS	Revestimentos espessos de ligantes minerais, armados (rebocos armados), sobre isolante
		Revestimentos delgados de ligantes sintéticos ou mistos, armados sobre isolante.
	Revestimentos isolantes	Revestimentos prefabricados isolantes descontínuos
		Rebocos isolantes
		Revestimentos de espuma isolante projetada

No âmbito do estudo optou-se por analisar a influência que o sistema ETICS tem na eficiência térmica do edifício em estudo, devido a esta solução não interferir com a caracterização original do edifício conseguindo desta forma manter a traça original do mesmo.

O sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) é considerado nos dias de hoje uma solução de alta qualidade, permitindo a utilização de acabamentos de diferentes espessuras, podendo, portanto, apresentar uma grande variedade de alternativas de acabamento.

Na execução desta solução é habitual utilizar-se o EPS (Expandable Polystyrene) colado ao suporte, com uma argamassa de cola e com uma fixação mecânica por forma a evitar a sua descolagem e conseguir desta forma desempenhar a função de isolamento térmico. Colocado o isolamento, procede-se à execução da camada de base do revestimento, onde é incorporada uma rede de fibra de vidro. A utilidade desta rede é permitir um acréscimo da resistência mecânica, aumentando a resistência ao choque e à fissuração do revestimento. No entanto, no caso de aplicação do sistema ETICS em zona mais acessíveis a vandalismo, isto é, mais próximas do pavimento térreo, o sistema deve ser reforçado com uma rede adicional de forma a aumentar a sua resistência mecânica contra possíveis acções futuras que possam danificar o sistema. Por fim na maior parte dos casos é aplicada a camada de primário, (pintura opaca à base de resinas em solução aquosa), conferindo uma maior estanquidade do sistema e melhorando a aderência da camada de acabamento. Por último, é executada a camada e revestimento final, (Paiva, 2000). A Figura 4.14 ilustra as diferentes camadas constituintes do sistema ETICS.

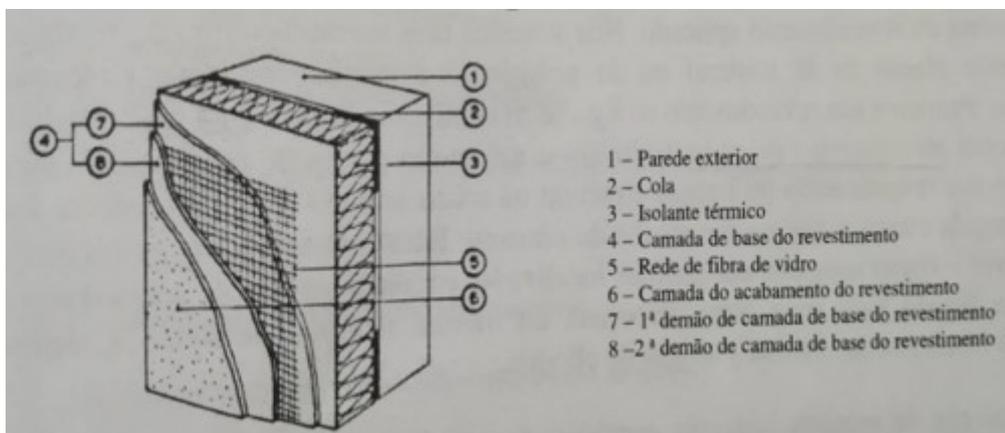


Figura 4.14 Sistema de isolamento térmico composto exterior, (Paiva, 2000)

ii) Tratamento dos vãos envidraçados

A intervenção nos vãos envidraçados pode implicar: i) a substituição de vidros simples por duplos; ii) a substituição da caixilharia, caso esta se apresente num estado bastante degradado; e iii) possíveis intervenções no sombreamento dos envidraçados no período de Verão.

No edifício estudado a opção escolhida para o estudo foi a introdução de vidros duplos com caixilhos de alumínio para manter o material da caixilharia existente, apesar da caixilharia não se encontrar muito deteriorada, deverá ser removida, em virtude de não suportar o vidro duplo. A substituição dos caixilhos vai aumentar o custo da reabilitação, mas também melhora a qualidade térmica do edifício. É importante que se entenda a reabilitação térmica como um investimento, que ao fim de alguns anos, com a poupança de energia obtida, se tornará rentável.

Para a elaboração das simulações energéticas foram analisadas quatro alternativas diferentes:

- **S1 – Solução existente:** Trata-se do edifício após intervenção em 2015, com colocação de painel sandwich com 8 cm de espessura na cobertura, sistema de ventilação, sistema de climatização e luminárias com sistema LEED.
- **S2 – Intervenção ao nível do paramento exterior do edifício:** edifício no estado actual com proposta de intervenção da envolvente exterior opaca para a colocação de um sistema de isolamento térmico composto exterior (ETICS) constituído por placas de poliestireno expandido (EPS) com 6cm de espessura e revestido por ligante sintético armado com rede de fibra de vidro.
- **S3 – Intervenção ao nível da envolvente envidraçada do edifício:** edifício actual com proposta de substituição dos vãos envidraçados existentes com caixilharia de alumínio e vidro simples, para uma caixilharia de alumínio com alteração para vidros duplos, conferindo assim uma maior estanquidade ao ar e conforto térmico.
- **S4 – Intervenção total do edifício:** edifício actual com a junção das duas soluções propostas anteriormente.

4.4 Modelação

4.4.1 Escolha da ferramenta

A primeira decisão a ser tomada quanto à modelação do edifício foi a escolha do *software*. Tendo em vista os objetivos a alcançar através da metodologia BIM e a avaliação do desempenho energético do edifício, seria necessário escolher um software que fosse voltado para a arquitetura e com foco na reabilitação. Nesse sentido, concluiu-se que a melhor opção para o trabalho proposto seria o programa ArchiCAD, da empresa Grafisoft, devido às funcionalidades presentes no software é possível realizar uma avaliação energética dinâmica confiável com a tecnologia. Os resultados são fáceis de obter, de compreender, ajudando no processo de tomada de decisão relativamente às intervenções.

Dado ser um software novo, considerou-se que a melhor alternativa seria utilizar um edifício que já tivesse sido anteriormente modelado. Neste sentido, foi usado numa primeira abordagem um edifício previamente modelado em ArchiCAD (Figura 4.15), objeto de trabalhos de investigação

desenvolvidos anteriormente,(Giollo, 2016). Complementarmente foram feitas visitas ao edifício para obtenção de informação sobre o mesmo, sempre acompanhadas pelo Arquiteto Rui Alves do INIAV.

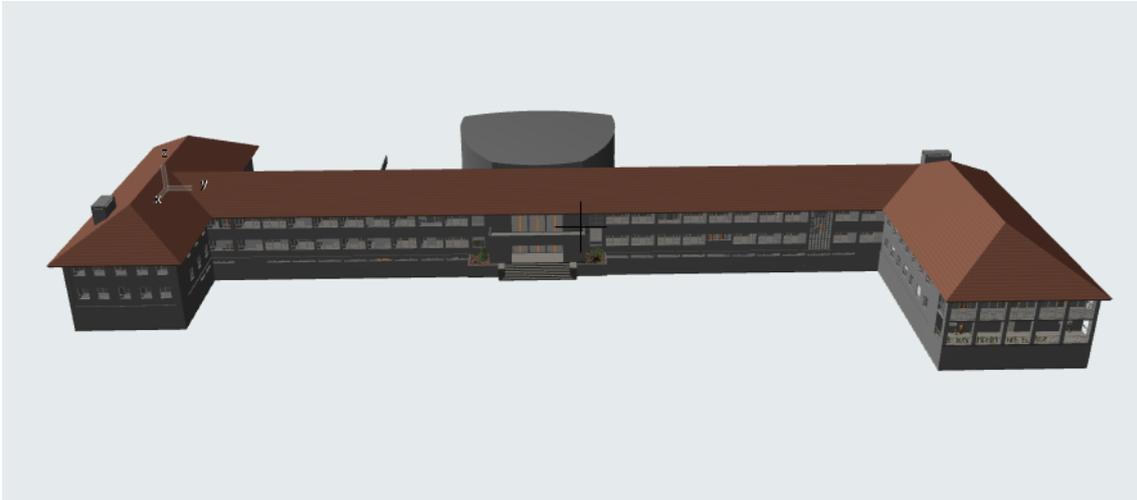


Figura 4.15 Modelo tridimensional do edifício

Depois de reunida toda a informação recolhida sobre o edifício, a etapa seguinte passou por entender o funcionamento do *software*. De maneira a adquirir o conhecimento necessário para complementar o trabalho e atingir os objectivos propostos foi realizada formação no *software*.

A etapa seguinte compreendeu o desenvolvimento da avaliação energética do edifício previamente modelado. Contudo, no decorrer do trabalho, foi verificado que a modelação disponibilizada para o efeito não se afigurava como sendo a mais adequada para o estudo previsto. Neste sentido, foi tomada a decisão de modelar de novo a parte do edifício objeto de intervenção anterior, e correspondente à zona da saúde animal (detalhe na Figura 4.16). Foi então desenvolvida uma nova modelação, toda de raiz, onde todos os pormenores construtivos relativos ao edificado foram tidos em consideração.

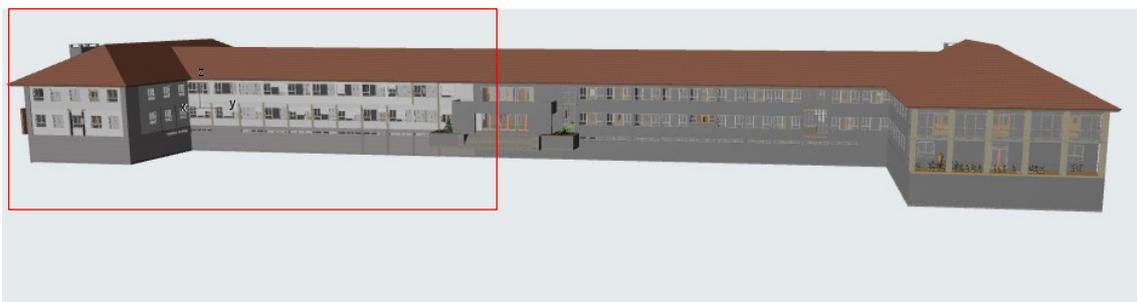


Figura 4.16 Zona do edifício alvo de reabilitação que foi escolhido para nova modelação

O ArchiCAD, tal como outras ferramentas BIM, utiliza uma modelação parametrizada orientada por objetos. Na Figura 4.17, pode-se observar o exemplo de uma biblioteca de objetos

disponíveis, neste caso para portas, janelas, escadas, ou qualquer outro tipo de objetos pré-definidos. Por defeito, alguns parâmetros já vêm pré-definidos, no entanto são totalmente editáveis. A biblioteca de objetos não se encontra limitada apenas àqueles que acompanham o *software* no momento da sua instalação, o que significa que a qualquer momento o utilizador pode incluir qualquer ficheiro deste tipo no seu modelo. Actualmente é possível aceder, de forma simples e por vezes gratuita, a bibliotecas de objectos criadas por empresas que os disponibilizam na rede.

Se ainda assim existir a necessidade da utilização de algum objeto específico, no caso possuir uma característica particular, podem ser criados objetos personalizados e posteriormente agregados às bibliotecas existentes.

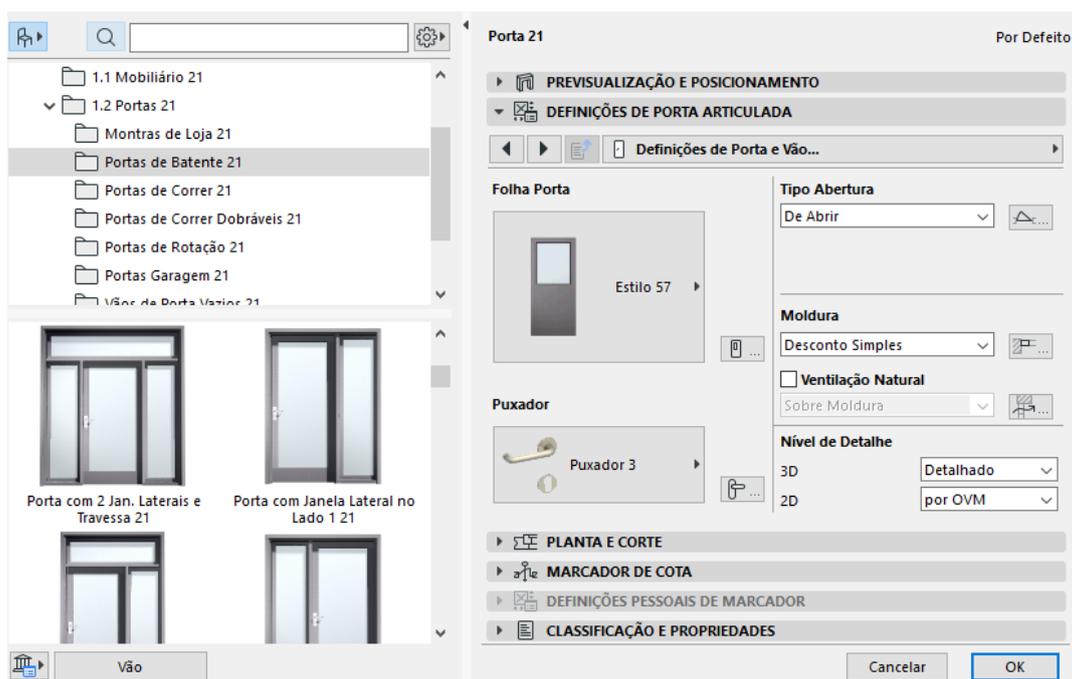


Figura 4.17 - Biblioteca de objetos do software ArchiCAD

O programa permite que o utilizador defina as diferentes características (material, cor, custo, fabricante) para cada objecto criado, tornando cada um deles singular ao nível das suas propriedades. Cada objeto também traz consigo associado, todas as características que um objeto teria num ambiente real. Por exemplo, na escolha de uma porta, estão disponíveis várias opções de escolha relacionadas com este objeto, como o tipo de maçaneta, material, caixilho e assim sucessivamente até o objeto estar caracterizado ao detalhe.

Na definição dos elementos opacos, o programa permite ao utilizador além de definir a sua constituição e geometria, caracterizar o mesmo elemento em termos dos seus constituintes. Ainda no mesmo campo, existe a possibilidade de serem definidas as diferentes propriedades físicas de cada um dos materiais que constituem o elemento opaco. Estas características são fundamentais para uma análise energética mais rigorosa (Figura 4.18).

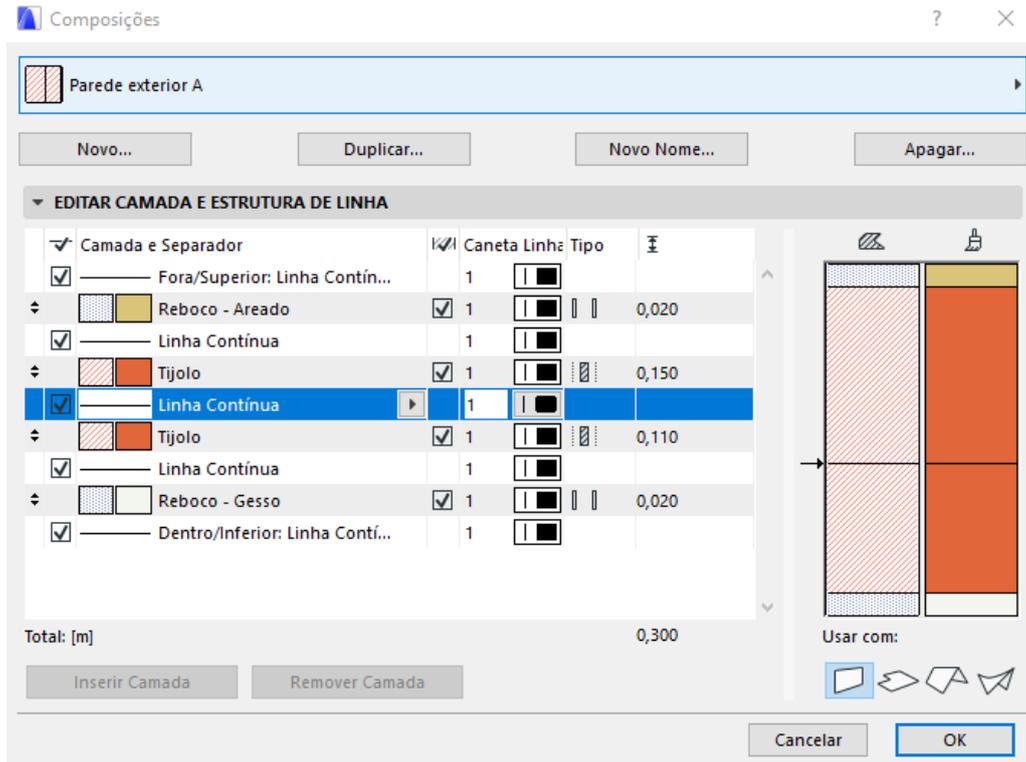


Figura 4.18 Exemplo de composições de elementos opacos

Os níveis de detalhe do modelo variam conforme a necessidade da fase do projeto que estiver a ser desenvolvida, podendo-se chegar tão longe quanto seja necessário. Tendo em conta que a quantidade de informação que é inserida é diretamente proporcional aos LOD's (*Level of Development*) e aos custos de elaboração do modelo torna-se necessário dedicar particular atenção às necessidades reais de cada fase do projeto para que assim seja possível reduzir ao máximo o desperdício de recursos envolvidos no processo de modelação.

Os LOD's, como já foi abordado no Capítulo 3, permitem que o utilizador tenha a capacidade de escolher requisitos constituintes de um elemento com maior ou menor detalhe consoante a sua especialidade e interesse. Considera-se que para o caso de estudo seja alcançado um LOD 350, apresentando, por exemplo, as dimensões exatas de elementos, a sua localização, a sua orientação e as características físicas dos mesmos.

4.4.2 Faseamento proposto

Para a simulação energética do edifício em estudo foi utilizada uma ferramenta integrada no ambiente do *software* ArchiCAD denominada *Avaliação Energética*. Esta ferramenta disponibiliza um fluxo de trabalho de fácil utilização para efetuar cálculos energéticos dinâmicos de construções em projectos de qualquer dimensão permitindo também, que os projetistas

monitorizem e controlem todos os parâmetros de concepção arquitectónica que influenciam o desempenho energético do edificado. Mais permite a realização de avaliações de energia dinâmicas fiáveis em todas as fases do processo de modelação, para que seja possível aos intervenientes tomarem decisões convenientemente informadas em relação à eficiência energética dos seus edifícios.

Quanto mais pormenorizado for o modelo desenvolvido, mais rigorosa é também a análise feita e mais exigentes serão os resultados do cálculo. Para que a avaliação alcance o sucesso, deve ser modelado, no mínimo, as envolventes do edifício e as aberturas, bem como as grandes estruturas internas que representem uma significativa capacidade de retenção de calor.

A ferramenta em causa pode ser utilizada para avaliar o desempenho energético do edifício sobre qualquer tipo de circunstâncias e localização em qualquer ponto do mundo, utilizando um método personalizado de simulação dinâmica do edifício que é válido em qualquer parte. A combinação do modelo BIM com a simulação energética baseada nas condições atmosféricas e nos perfis de operação cria um ambiente de projecto de realidade virtual que adiciona outra dimensão à experiência de modelação de informação do edifício.

A simulação energética do edifício no estado atual foi desenvolvida com base nas características do edifício, para que os valores de consumo energético resultantes da simulação vão de encontro com valores reais, permitindo, que o estudo seja o mais aproximado da realidade.

Na simulação são considerados os horários reais de funcionamento do edifício, o sistema de iluminação, a taxa de ocupação do edifício, as potências dos equipamentos instalados no interior, bem como as características dos elementos construtivos e os dados climatológicos existentes.

Passa-se a explicitar o procedimento considerado, no âmbito do presente trabalho, para o desenvolvimento da análise energética ao edifício com recurso a ferramenta apoiada na metodologia BIM.

FASE 1 – Modelação do edifício

Uma das fases mais importantes para a simulação energética do modelo é a escolha dos materiais aplicados nos objetos do modelo. Estes representam materiais reais e, sendo baseados em propriedades paramétricas possibilitadas pela tecnologia BIM, permitem mudar as suas características através da especificação de várias informações para determinar comportamentos reais. Entre as várias informações, as mais importantes para a realização da simulação são as propriedades térmicas: i) espessura; ii) coeficiente de transmissão térmica; iii) calor específico; iv) densidade. A resistência térmica do elemento construtivo é calculada de forma automática a partir da espessura e do coeficiente de transmissão.

A Figura 4.19 mostra a janela relativa aos materiais de construção do programa, onde é visível que cada material apresenta em detalhe a informação sobre as suas propriedades físicas.

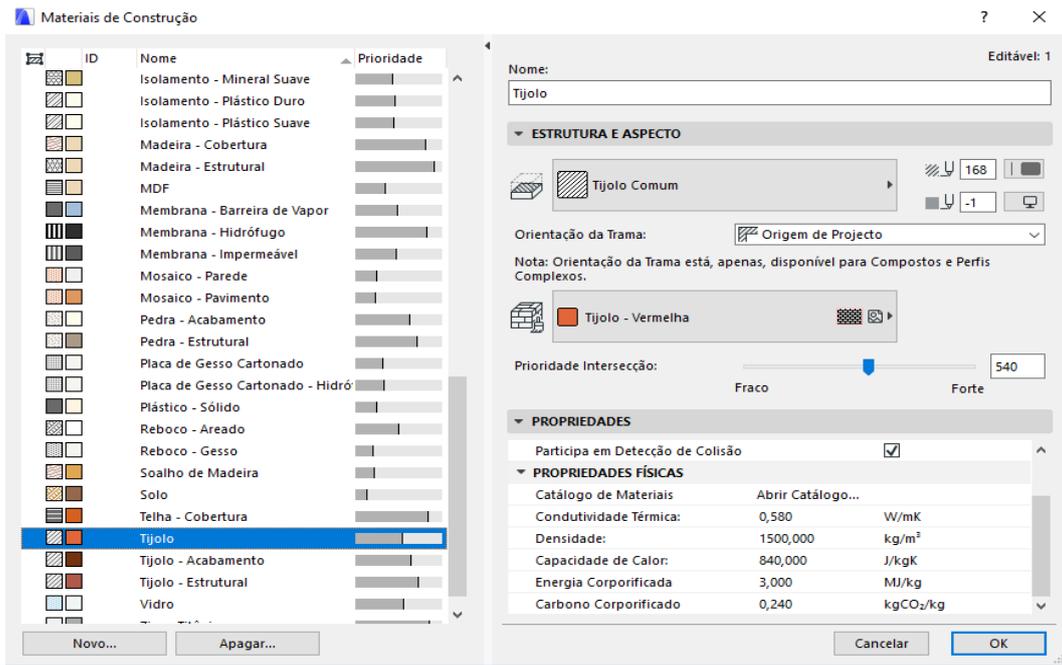


Figura 4.19 - Janela referente a todos os materiais de construção

Depois de definidos os tipos de materiais e as suas propriedades térmicas conforme as características do edifício existente, a modelação do edifício foi concretizada (Figura 4.20 e Figura 4.21).

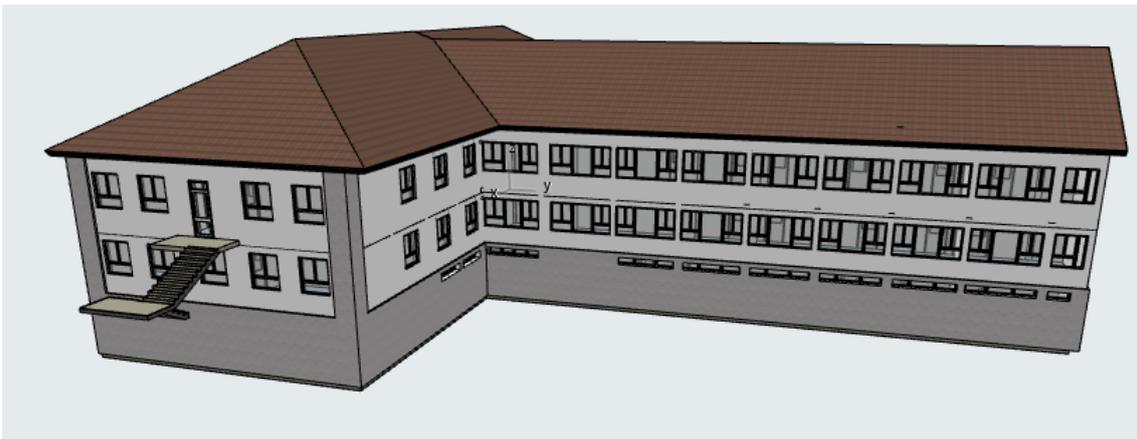


Figura 4.20 - Modelo do edifício

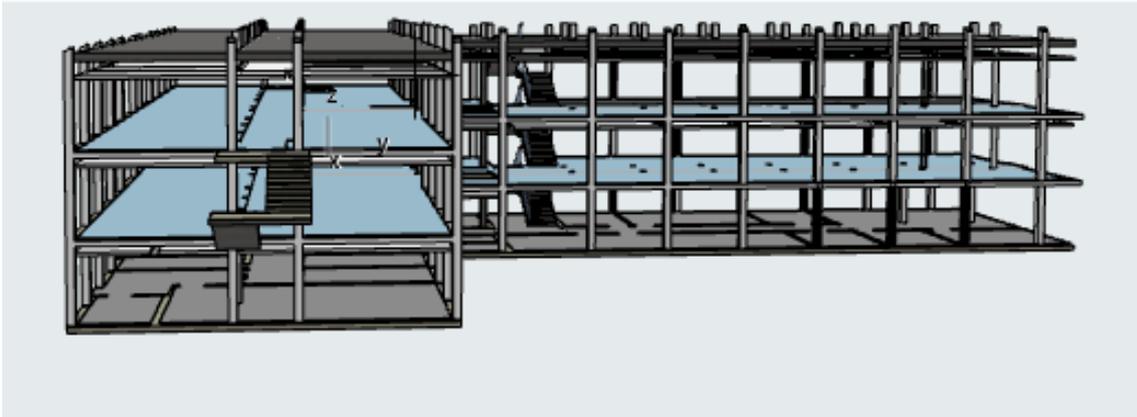


Figura 4.21 - Modelo estrutural do edifício

FASE 2 - Criação de zonas de espaço interno para avaliação energética

Depois de concluída a primeira fase de modelação do edifício, procedeu-se à criação de zonas correspondentes a unidades espaciais do projeto, que, normalmente, representam compartimentos, setores de um edifício, blocos de um conjunto habitacional, ou áreas funcionais de um edifício. As zonas formam a base do processo de Revisão do Modelo na função *Avaliação Energética* podendo ser visualizadas em formato 3D (Figura 4.22).

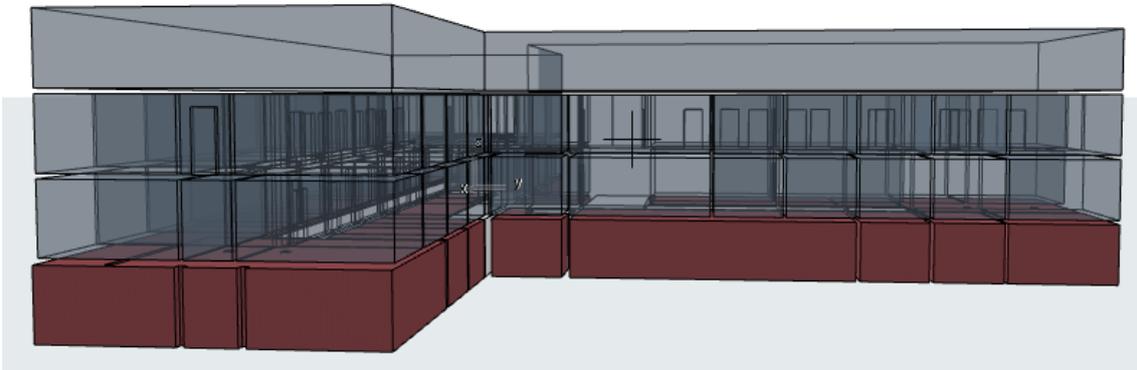


Figura 4.22 - Visualização de Zona 3D

A cada zona no projeto é atribuída uma Categoria de Zona (Figura 4.23), as Categorias de Zonas são atributos ArchiCAD, cuja a sua função principal é utilizar cores para distinguir visualmente diferentes espaços no projeto, ou seja, com esta ferramenta é possível, por exemplo, agrupar todos os escritórios presentes no modelo numa categoria específica denominada de “Escritório” e visualizá-los com a cor definida para a categoria atribuída, o mesmo acontece para todas as zonas criadas no programa.

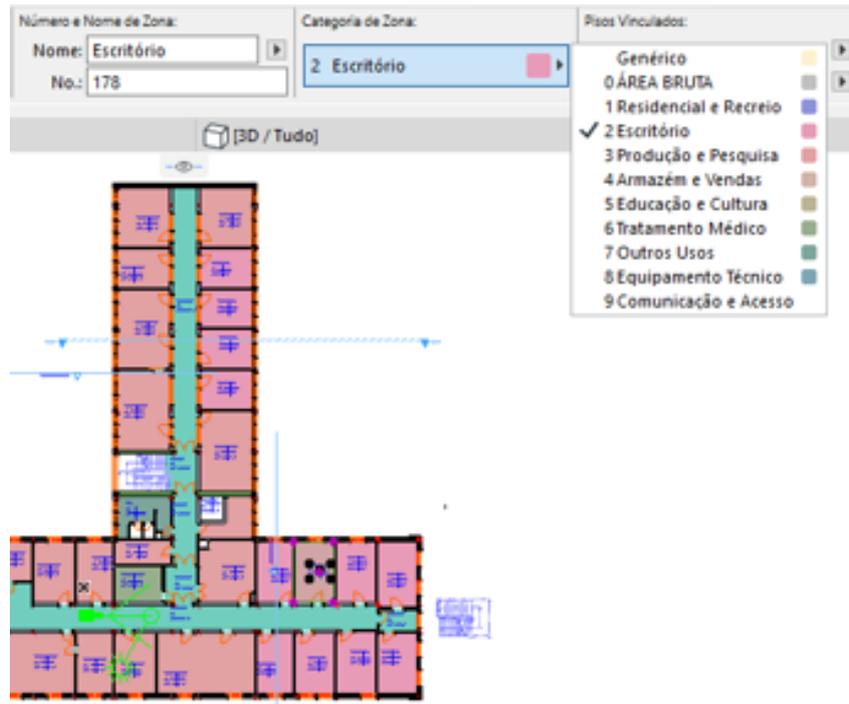


Figura 4.23 Categoria de zona

Os selos de zonas (Figura 4.24), fazem parte das definições de configuração de zona e traduzem objetos inteligentes e paramétricos, cuja aparência, conteúdo e comportamento pode ser adaptado, e estão instalados na Biblioteca do *software*. O selo de zona atribuído à zona depende sempre da Categoria de Zona selecionada, é possível adicionar ao selo de zona todas as características que sejam importantes para o projeto, como a área, altura, volume, entre outras características importantes para a zona.

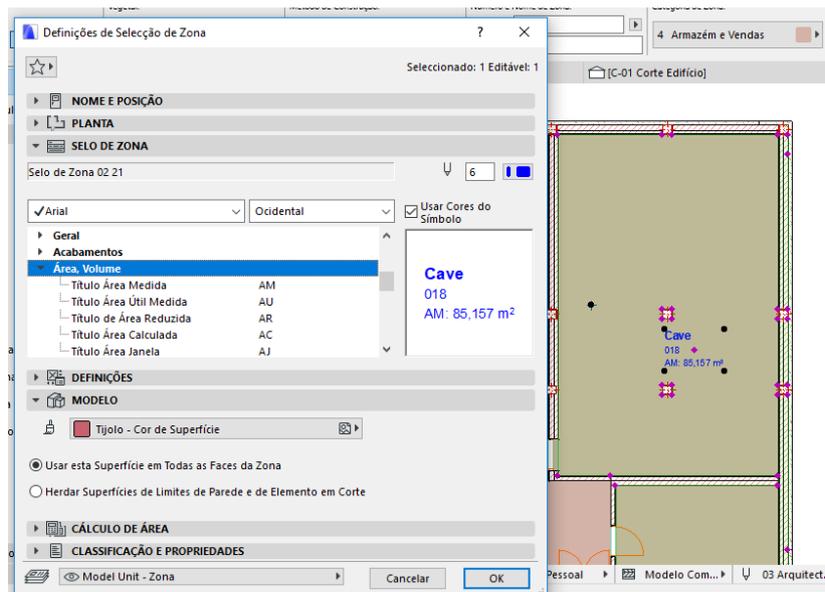


Figura 4.24 - Selo de zona

Os métodos de construção de Zonas (Figura 4.25) são representados por três ícones na caixa de informações do programa, podendo o contorno de uma zona ser desenhado manualmente ou permitir que o programa reconheça automaticamente uma zona cercada por elementos de delimitação, utilizando um dos dois métodos de reconhecimento automático (Aresta interna e Linha de Referência), o primeiro método automático permite que a zona seja desenhada considerando sempre a aresta interior das paredes, o segundo método considera as linhas de referência das paredes como limites de zona.

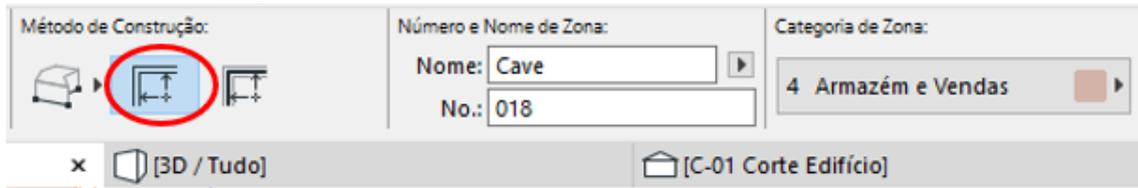


Figura 4.25 Método de construção automático de zona Aresta Interna

Estes métodos são baseados no facto de que a maioria das Zonas é delimitada por paredes, e as únicas aberturas são portas e janelas. Para o estudo da avaliação energética, as zonas têm de ser criadas através do método de reconhecimento automático, (Aresta Interna), pois as zonas devem ser diretamente adjacentes às superfícies dos elementos envolventes da envolvente, não sendo por esse motivo aplicável os dois outros métodos existentes.

FASE 3 – Definição de blocos térmicos

Na terceira fase de preparação do modelo para simulação energética, é necessário que as zonas criadas anteriormente sejam agrupadas em blocos térmicos para efeitos de Avaliação energética, esse processo é formado utilizando a janela de Blocos Térmicos da opção Revisão do Modelo Energético (Figura 4.26).

Os blocos térmicos são um conjunto de uma ou mais divisões ou espaços num edifício com semelhanças em termos de orientação, perfil de operação e requisitos de temperatura interna. As zonas não têm de ser contíguas para serem combinadas num mesmo bloco térmico.

A cada bloco térmico são atribuídos os perfis de operação adequados à sua função específica, e sistemas do edifício correspondentes, desde ventilação natural, fontes de aquecimento como por exemplo, aquecedores de espaço elétricos ou sistema de arrefecimento ou unidades de ar condicionado.

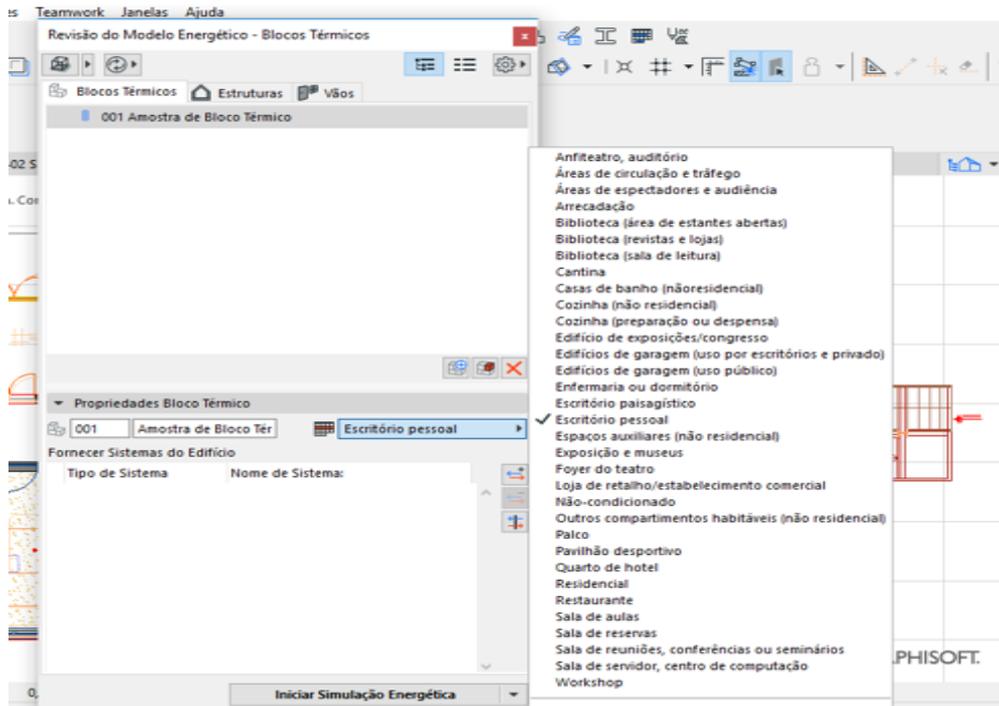


Figura 4.26 Janela de configuração de Blocos Térmicos no ArchiCAD

No caso de estudo optou-se por criar blocos térmicos por categorias e funções, no total foram criados seis blocos térmicos. De seguida serão descritos os blocos térmicos criados para o edifício e na Figura 4.27, é possível observar os blocos térmicos introduzidos no programa.

Bloco térmico 1: corresponde às zonas de arrumos, ou seja, todas as divisões que estiverem classificadas com a categoria de zona *Armazéns* serão colocadas no bloco térmico com o nome arrumos.

Bloco térmico 2: corresponde às zonas dos laboratórios, ou seja, neste bloco térmico estão agrupados todos os laboratórios e respetivas características, existentes na ala de saúde animal.

Bloco térmico 3: corresponde às zonas dos escritórios, onde estão agrupados todos os escritórios existentes na ala de saúde animal

Bloco térmico 4: corresponde às zonas de circulação daquela ala, ou seja, estão incluídos todos os corredores do edifício e zona de escadas.

Bloco térmico 5: corresponde a todas as instalações sanitárias pertencentes à ala do edifício pertencente à saúde animal.

Bloco térmico 6: corresponde às áreas técnicas, ou seja, áreas onde estão instaladas maquinaria técnica, como é o caso da cobertura onde está instalado o sistema das unidades de tratamento de ar (UTA).

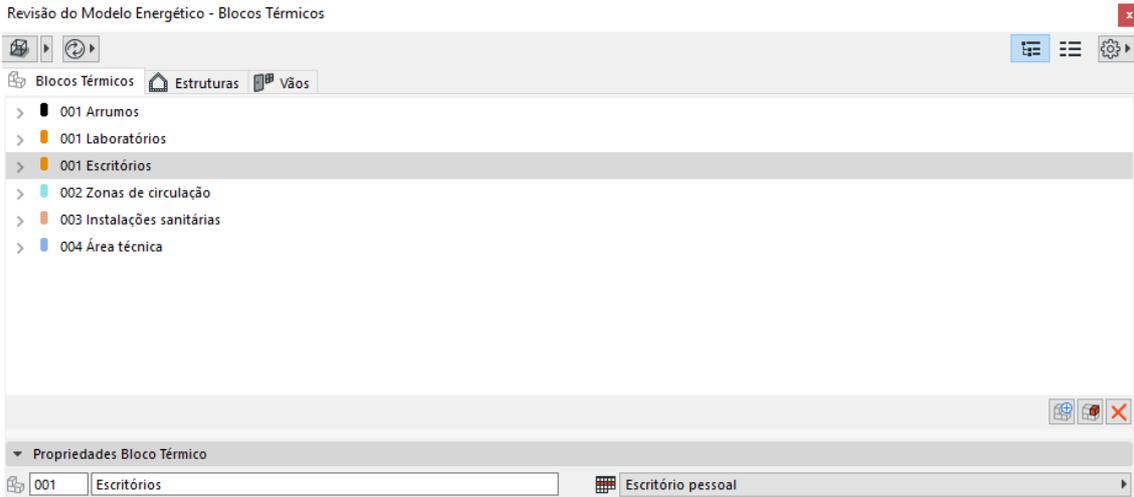


Figura 4.27 Blocos térmicos elaborados pelo autor

Na Tabela 4.2 é possível observar a quantidade de zonas que foram atribuídas a cada bloco térmico por piso.

Tabela 4.2 - Tabela quantitativa dos blocos térmicos por piso

Blocos térmicos	Arrumos	Laboratórios	Escritórios	Zonas de circulação	Instalações sanitárias	Áreas técnicas
Piso -1	23	-	-	-	-	1
Piso 0	-	20	12	1	1	1
Piso 1	-	21	7	1	1	1
Cobertura	-	-	-	-	-	-
Total	23	41	19	2	2	2

FASE 4 – Análise automática da geometria do modelo e propriedades do material

Depois de os blocos térmicos serem definidos, o modelo BIM é transformado num Modelo de Energia de Edifício (BEM) pela funcionalidade de análise automática da geometria do modelo e propriedades do material do ArchiCAD, ou seja, o modelo BEM estima o consumo de energia do edifício com base na simulação de energia e fluxos de massa, contribuindo para a tomada de decisão nas fases iniciais do projeto (Prada-Hernández et al., 2015). Esta fase contempla:

- i) Análise das estruturas e dos vãos visíveis de acordo com as suas orientações e posições relativamente a zonas e gera os limites de espaço nos mesmos. Os limites de espaço descrevem a geometria do edifício num formato que funciona para a introdução de simulação energética.
- ii) Apresentação de listagens de limites de espaço. Estruturas e vãos (Figura 4.28 e Figura 4.29) são listados automaticamente com as suas propriedades relevantes para a avaliação energética.

Revisão do Modelo Energético - Estruturas

Tipo	Orientação	C... Bloco Térmico	Nome	Área [m²]	Espessura...	Valor U [W/m²K]	Infiltração [l/sm²]	Absorvência Solar [%]
Laje	Base	001 Laboratórios	piso de betão, vinílico v2	914,55	0,270	4,00	1,10	85,00
Parede	Este para cim...	002 Zonas de circul...	Parede interior 30cm	373,59	0,300	1,32	0%	-----
Parede	Este para cim...	001 Laboratórios	Parede interior 30cm	373,59	0,300	1,32	0%	-----
Parede Interior (001 L...		001 Laboratórios	Parede interior 0,15	327,51	0,150	2,00	-----	-----
Laje	Base	001 Escritórios	piso de betão, vinílico v2	318,09	0,270	4,00	1,10	85,00
Laje	Base	002 Zonas de circul...	piso de betão, Marmore v2	303,33	0,270	7,24	1,10	85,00
Parede	Este para cim...	002 Zonas de circul...	Parede interior 30cm	206,25	0,300	1,32	0%	-----
Parede	Este para cim...	001 Arrumos	Parede interior 30cm	206,25	0,300	1,32	0%	-----
Parede Interior (001 A...		001 Arrumos	Parede interior 0,15	202,25	0,150	2,00	-----	-----
Parede Interior (001 E...		001 Escritórios	Parede interior 0,15	182,72	0,150	2,00	-----	-----
Parede	Este	001 Laboratórios	Parede exterior A	131,11	0,300	1,51	1,10	85,00
Parede	Oeste	001 Laboratórios	Parede exterior A	119,19	0,300	1,51	1,10	85,00
Parede	Este para cim...	001 Laboratórios	Parede interior 0,15	112,19	0,150	2,00	0%	-----
Parede	Este para cim...	001 Escritórios	Parede interior 0,15	112,19	0,150	2,00	0%	-----
Parede	Norte	001 Laboratórios	Parede exterior A	103,82	0,300	1,51	1,10	85,00
Parede	Este para cim...	001 Escritórios	Parede interior 30cm	90,13	0,300	1,32	0%	-----
Parede	Este para cim...	002 Zonas de circul...	Parede interior 30cm	90,13	0,300	1,32	0%	-----
Parede	Este para cim...	001 Laboratórios	Parede interior 0,15	85,19	0,150	2,00	0%	-----
Parede	Este para cim...	002 Zonas de circul...	Parede interior 0,15	85,19	0,150	2,00	0%	-----
Parede	Sul	001 Arrumos	Parede exterior A	84,04	0,300	1,51	1,10	85,00
Parede	Este	001 Arrumos	Parede exterior A	81,76	0,300	1,51	1,10	85,00

Figura 4.28 - Lista de estruturas

Revisão do Modelo Energético - Vãos

Tipo	Orientação	Bloco Térmico	Área opaca [m²]	Área envidraçada...	Área total [m²]	TST%	DST%	Análise Solar	Perímetro [m]	Opaco Valor U [W/m²K]	Envidraçado Valor U [W/m²K]	Global Valor U [W/m²K]
Porta	Sul	001 Arrumos	5,67	0,00	5,67	82,00	69,00	Não...	0,000	2,11	2,80	2,11
Porta	Oeste	002 Zonas de circul...	1,66	3,04	4,70	82,00	69,00	Não...	16,514	2,11	2,80	3,19
Porta	Este	001 Arrumos	1,55	2,61	4,16	82,00	69,00	Não...	15,264	2,11	2,80	3,20
Porta	Interior (0...	002 Zonas de circul...	3,57	-----	3,57	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Porta	Interior (0...	001 Laboratórios	3,57	-----	3,57	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Janela	Norte	002 Zonas de circul...	1,15	1,68	2,83	82,00	69,00	Não...	70,400	2,11	2,80	7,00
Janela	Norte	002 Zonas de circul...	1,15	1,68	2,83	82,00	69,00	Não...	70,400	2,11	2,80	7,00
Janela	Norte	002 Zonas de circul...	1,15	1,68	2,83	82,00	69,00	Não...	70,400	2,11	2,80	7,00
Janela	Norte	002 Zonas de circul...	1,15	1,68	2,83	82,00	69,00	Não...	70,400	2,11	2,80	7,00
Porta	Interior (0...	001 Arrumos	2,77	-----	2,77	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Porta	Interior (0...	002 Zonas de circul...	2,77	-----	2,77	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Porta	Interior (0...	001 Laboratórios	2,73	-----	2,73	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Porta	Interior (0...	002 Zonas de circul...	2,73	-----	2,73	-----	-----	n/d	-----	-----	-----	-----
Janela	Oeste	001 Arrumos	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23
Janela	Oeste	001 Escritórios	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23
Janela	Oeste	001 Laboratórios	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23
Janela	Oeste	001 Arrumos	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23
Janela	Oeste	001 Arrumos	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23
Janela	Oeste	001 Laboratórios	0,91	1,61	2,52	82,00	69,00	Não...	9,500	2,11	2,80	3,23

Mostrar itens uniformes como uma entrada simples

Limite de área total: 0,00 m²

Iniciar S...

Figura 4.29 - Lista de vãos

FASE 5 – Atribuição e introdução adicional de dados para complementar o modelo

A opção Revisão do Modelo Energético é a principal interface do utilizador para a aplicação de Avaliação Energética no programa. Esta opção serve para editar os dados introduzidos para a simulação de energia do edifício, bem como para adicionar informação. A introdução de dados adicionais permite ao utilizador uma definição rápida dos seguintes parâmetros necessários para processar a Avaliação Energética.

Definições ambientais - O ArchiCAD disponibiliza ligações para as definições de Localização do projeto (Figura 4.30), Dados climáticos e Proteção do Vento. O nível do terreno, tipos de solo e de superfície envolvente são também definidos nesta opção. Permitindo assim o acesso a dados climáticos reais, em formato de arquivo, provenientes de estações de várias cidades.



Figura 4.30 - Localização de Projeto

Foi introduzida a localização geográfica do edifício e selecionada a estação climática mais próxima, através do site do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), o que tornou possível aceder aos dados climáticos da zona onde está implantado o edifício e obter as informações sobre o clima do local aplicadas na simulação e que afetam diretamente as condições onde o edifício esta inserido Figura 4.31.

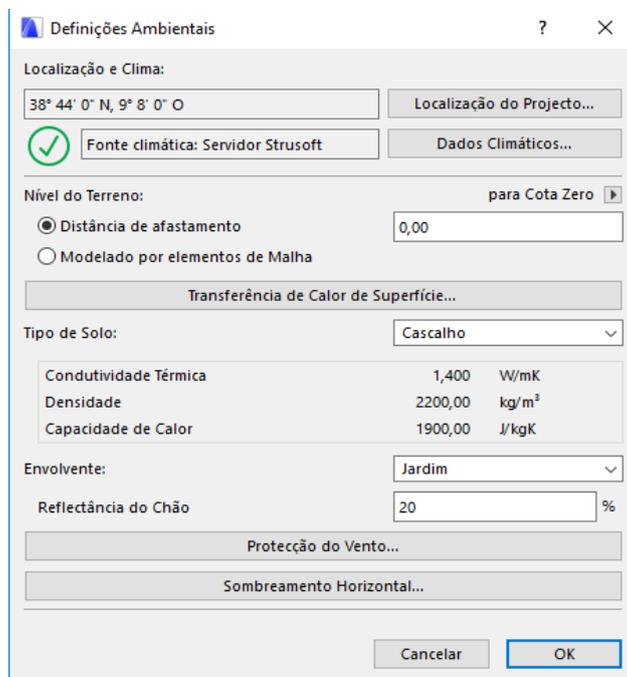


Figura 4.31 - Definições ambientais

Perfil de operação - Existem outros fatores que influenciam a simulação: i) perfil de ocupação; ii) iluminação; iii) equipamentos. Estes fatores estão interligados, pois a utilização de equipamentos e de iluminação depende diretamente do número de pessoas que ocupam o edifício. O perfil de ocupação (Figura 4.32) é obtido através do número de pessoas que utilizam e ocupam diariamente o edifício, no entanto deve ser tido em consideração que a taxa de ocupação não é a mesma durante todo o dia útil, ocorrendo a maior variação depois do horário de expediente, a figura seguinte mostra os dados relativos cada perfil de operação.

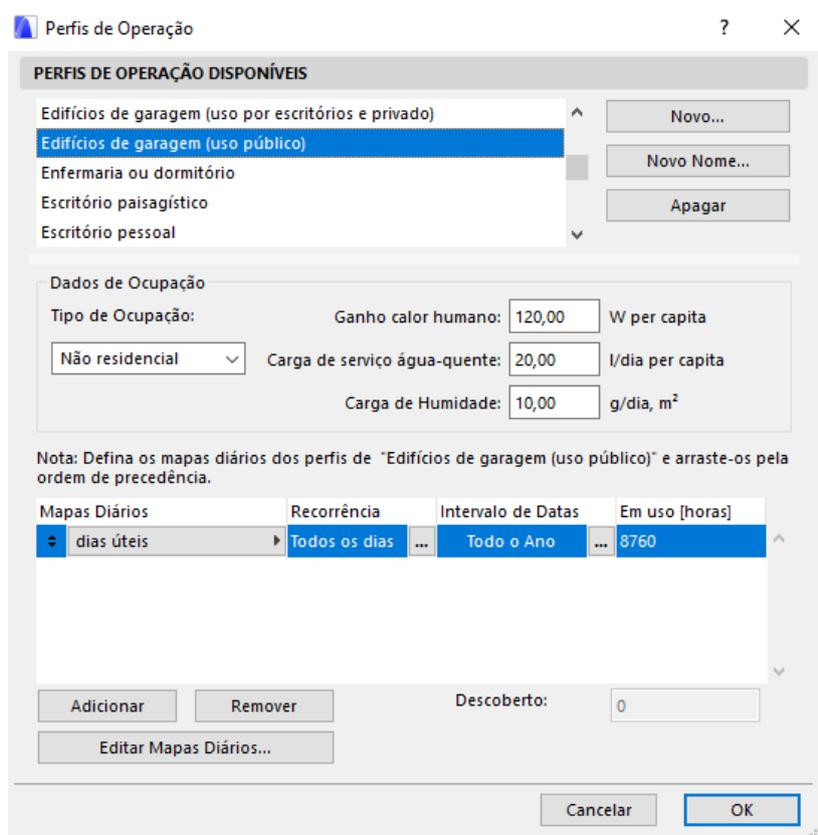


Figura 4.32 - Janela referente aos Perfis de ocupação presentes no programa

No caso da iluminação artificial, para determinar este tipo de fator deve ser assumido que esta não se encontra ativa o dia todo, havendo períodos de maior utilização do que outros. Relativamente aos equipamentos, o princípio é o mesmo, nem todos os se encontram ligados ao longo de todo o horário de expediente, o editor de perfil diário permite atualizar e modificar essa informação para o tipo de funcionamento diário do edifício (Figura 4.33).

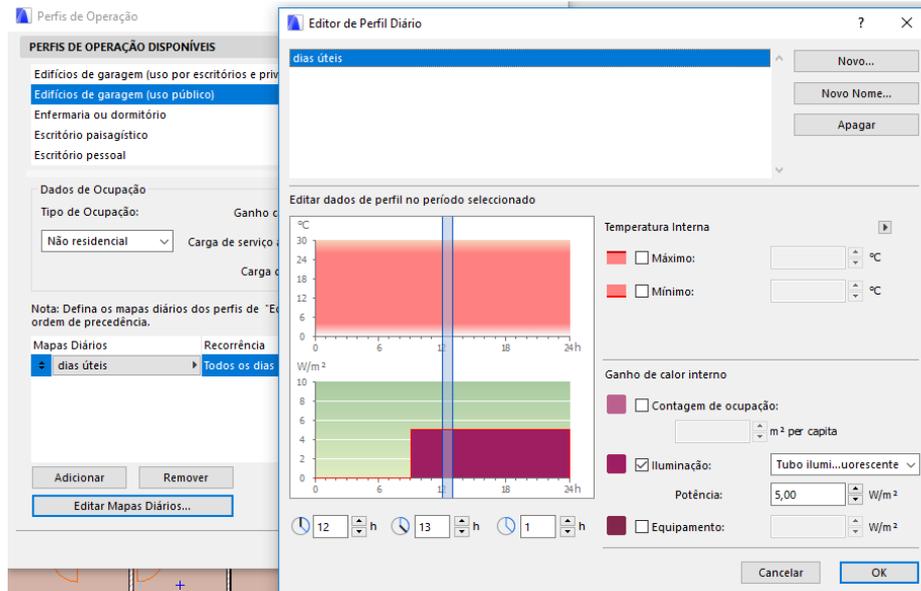


Figura 4.33 - Editor de perfil diário

Sistemas do edifício – Esta opção fornece informações essenciais para o cálculo energético, no que diz respeito aos sistemas MEP do edifício (para aquecimento, refrigeração, ventilação, geração de água quente). Na Figura 4.34 é possível observar todos os sistemas disponíveis para utilização no edifício. Dado a versão do programa utilizada ser gratuita os sistemas disponíveis são mais reduzidos, sendo apenas possível efetuar uma seleção de alguns dos sistemas existentes no edifício real, tentando desta forma adaptar os sistemas escolhidos no modelo o mais possível com os sistemas adequados que se encontram em funcionamento no edifício actualmente.

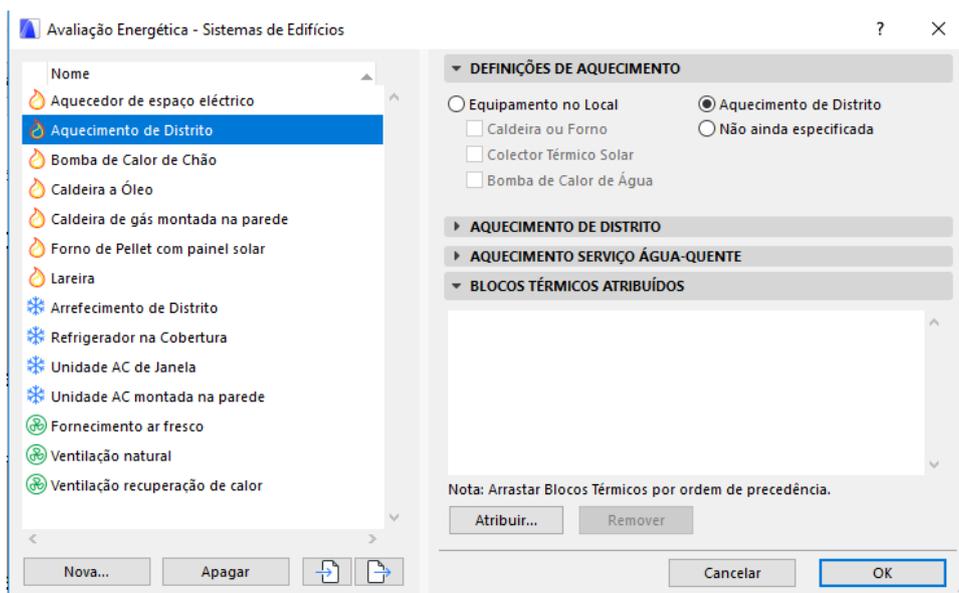


Figura 4.34 - Janela referente aos sistemas do edifício

Fatores de fonte de energia e custos de energia – Esta opção do programa permite ativar a energia primária, emissão de CO2 e cálculos de custos de energia, (Figura 4.35). Para que o cálculo fosse o mais próximo possível da realidade, foram pesquisadas as fontes que dão origem à eletricidade, através do site da EDP é possível obter essa informação detalhada, como mostra a Figura 4.36.

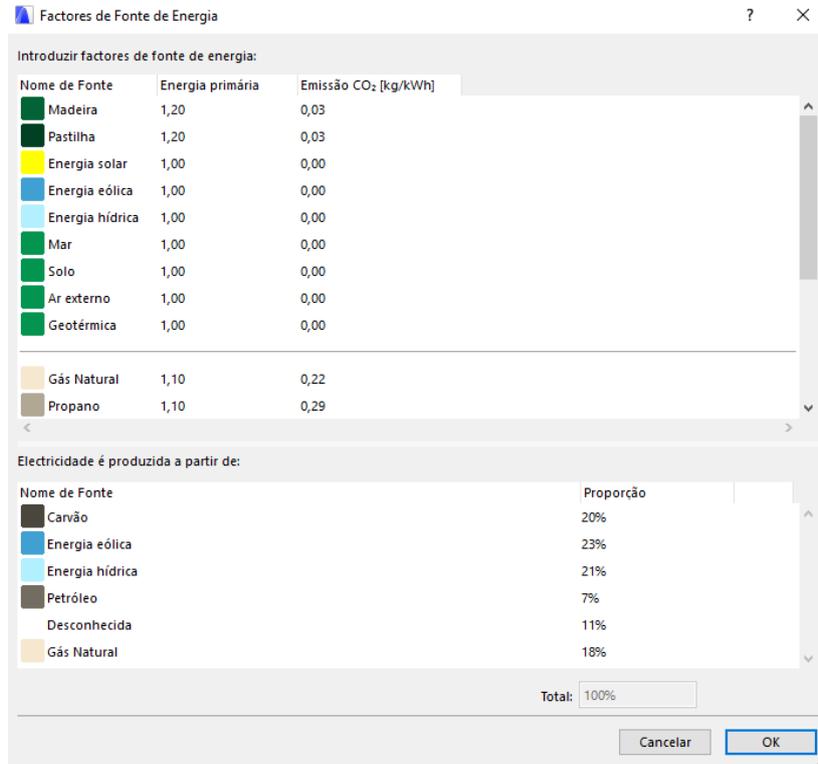


Figura 4.35 - Janela referente aos fatores de fonte de energia

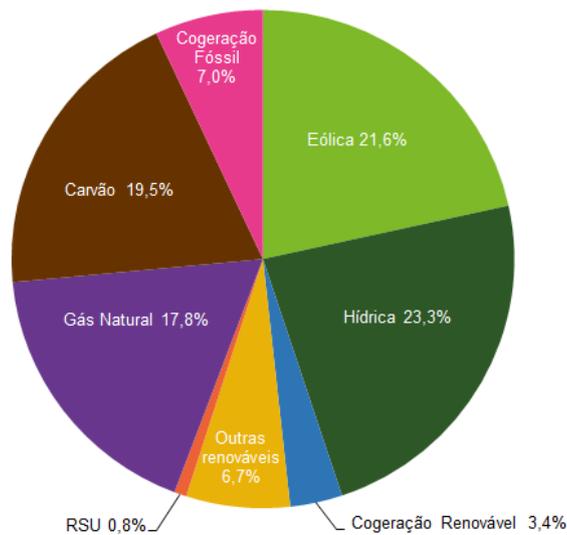


Figura 4.36 - Fontes de energia para electricidade (W4,2019)

Os custos de energia foram igualmente introduzidos no programa (Figura 4.37) e para que os valores obtidos no relatório energético relativo ao custo do consumo de energia sejam os mais próximos da realidade é importante saber os valores reais dos custos de energia. Como não foi possível aceder ao valor da potência contratada nem ao preço real da eletricidade para o edifício em estudo, o valor considerado para a simulação foi obtido através das tarifas praticadas pela EDP. Dado tratar-se de um edifício onde existem muitos equipamentos técnicos a funcionar em simultâneo a potência contratada deve ter valores altos e, portanto, optou-se pelos valores do custo de energia da potência mais alta da tabela (Tabela 4.3).

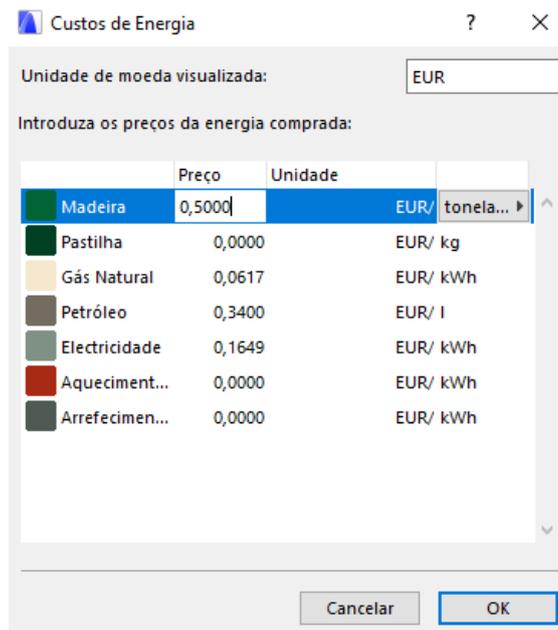


Figura 4.37 - Janela referente aos custos de energia

Tabela 4.3 Valor correspondente à tarifa de eletricidade para negócios EDP (W5,2019)

Potência contratada (kVA)	Simplex	
	Potência (€/Ano)	Energia (€/kWh)
1,15	42,8875	0,1595
2,3	61,1375	0,1598
3,45	79,6430	0,1569
4,6	100,8130	0,1605
5,75	120,3405	0,1617
6,9	138,4810	0,1619
10,35	194,2165	0,162
13,8	252,7625	0,1633
17,25	311,0530	0,1642
20,7	370,6940	0,1649

Os valores utilizados para a simulação energética relativos ao custo do gás natural e petróleo encontram-se identificados nas Tabelas 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4 Valor correspondente à tarifa de gás para negócios EDP (W5,2019)

Operador de rede	Termo de energia			
	(Euro/kWh)			
	Escalão 1	Escalão 2	Escalão 3	Escalão 4
Beiragás	0,06330	0,05780	0,05410	0,05350
Dianagás				
Sonorgás				
Duriensegás				
Lisboagás				
Lusitaniagás				
Medigás				
Paxgás				
Portgás				
Setgás				
Tagusgás				

Tabela 4.5 Valor relativo ao preço do petróleo (W6,2019)

Preços	Barril de Petróleo (\$)	Litro Petróleo (\$)	Litro Gasóleo (€)	Gasóleo/Petróleo
2008	96,94	0,61	1,251	2,05
2009	61,74	0,39	1,006	2,59
2010	79,61	0,50	1,166	2,33
2011	111,26	0,70	1,406	2,01
2012	111,57	0,70	1,485	2,12
2013	108,56	0,68	1,424	2,09
2014	99,32	0,62	1,365	2,19
2015	52,55	0,33	1,223	3,70
2016	42,66	0,27	1,191	4,44
2017	52,43	0,33	1,294	3,92
2018	60,28	0,38	1,381	3,64

Depois de introduzidos todos os parâmetros necessários para elaborar a avaliação energética do modelo em estudo, procede-se à simulação do mesmo. Esta simulação calcula o balanço energético por hora do edifício e emite um relatório de avaliação energética. O relatório contém informação, tal como o desempenho estrutural relacionado com a energia, consumo energético anual, balanço energético e pegada de carbono do projeto.

O relatório fornecido pelo *software* ArchiCAD apresenta dados bastante detalhados e personalizáveis, permitindo monitorizar o desempenho energético de todo o projeto e controlar o comportamento de espaços otimizando-os para um determinado objetivo específico dentro do edifício. Apesar da versão utilizada, a versão de estudante, não ser a mais completa, não foi possível usufruir da totalidade das potencialidades a nível energético oferecidas pelo software.

Existem dois formatos diferentes que o *software* para a análise de dados, o primeiro tem o formato XLS e o segundo pode ser obtido em formato PDF, sendo o segundo mais fácil para leitura e análise, (Figura 4.38). O cabeçalho do relatório em PDF apresenta informações do projeto que podem ser personalizadas.

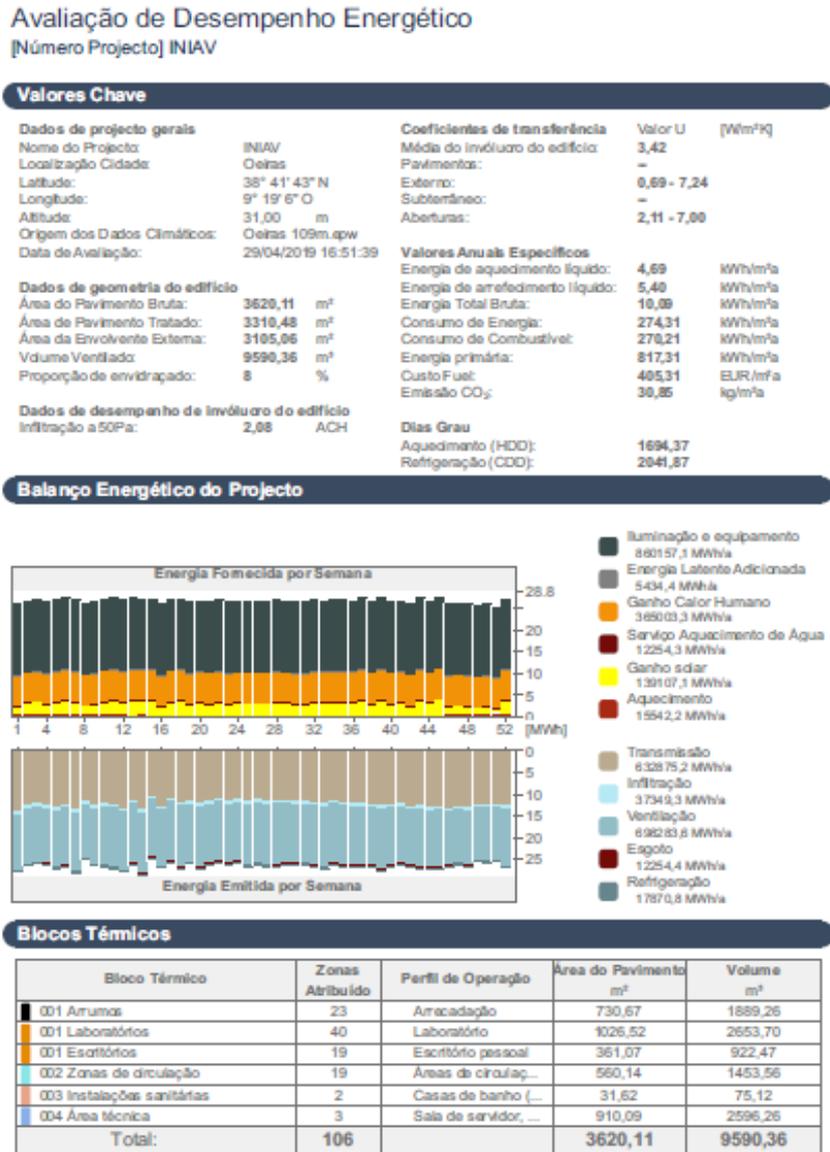


Figura 4.38 Exemplo de relatório energético obtido

4.5 Resultados obtidos

Após a modelação feita e todos os parâmetros introduzidos, procedeu-se à simulação energética, de onde resultaram os relatórios sobre o desempenho energético do edifício, correspondentes a cada solução adotada, os quais são apresentados de forma parcial ao longo deste subcapítulo.

A avaliação energética obtida no programa é validada pela norma ANSI/ASHRAE 140-2007: Método Padrão de Testes para Avaliação de Programas Informáticos de Análise Energética de Edifícios. Todos os relatórios referentes às várias soluções construtivas estudadas serão apresentados na íntegra no Anexos II.

4.5.1 S1 - Situação atual

Para a análise energética de S1 foi considerado na modelação do edifício, a solução semelhante aquela adotada após a intervenção realizada em 2015, isto é, foi considerada a colocação de isolamento térmico na cobertura com a introdução de painel sandwich com 8cm de XPS, sistema de ventilação, sistema de climatização, sistema de iluminação LED e a instalação de unidades de tratamento de ar (UTA).

Efetuada a simulação é possível observar na seção “Valores Chave” do relatório (Figura 4.39) os dados de projeto mais importantes. Além dos dados gerais do projeto (nome do projeto, localização e dados climáticos), podem ser observados o intervalo de valores de coeficientes de transmissão térmica (U) da envolvente externa do edifício e vãos envidraçados calculados. Também é possível verificar nesta seção, quais os valores de área do pavimento, área da envolvente externa, volume de envidraçado e proporção de envidraçado, sendo que estes se mantêm constantes ao longo de todas as soluções estudadas.

Solução S1 INIAV

Valores Chave				
Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência		Valor U [W/m²K]
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	3,84	
Localização Cidade:	Oeiras	Pavimentos:	--	
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,69 - 7,24	
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	--	
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 13,46	
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Específicos		
Data de Avaliação:	01/06/2019 21:39:29	Energia de aquecimento líquido:	7,81	kWh/m²a
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,17	kWh/m²a
Área do Pavimento Bruta:	3619,21 m²	Energia Total Bruta:	16,99	kWh/m²a
Área de Pavimento Tratado:	3309,58 m²	Consumo de Energia:	277,57	kWh/m²a
Área da Envolvente Externa:	3105,06 m²	Consumo de Combustível:	270,65	kWh/m²a
Volume Ventilado:	9560,49 m³	Energia primária:	799,94	kWh/m²a
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,34	EUR/m²a
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,54	kg/m²a
Infiltração a 50Pa:	2,05 ACH	Dias Grau		
		Aquecimento (HDD):	1694,37	
		Refrigeração (CDD):	2041,87	

Figura 4.39 Valores chave referentes ao relatório energético solução S1

Da observação do conjunto de dados fornecidos realça-se o valor médio de U do invólucro do edifício, calculado através de um algoritmo fixo de cálculo do Valor U que calcula o coeficiente médio de transferência de calor de materiais de construção, utilizado pela maioria das normas nacionais. Para a solução simulada o valor de U médio é de 3,84 W/m². K. É possível também verificar, observando a secção dos “Valores Chave” referente ao zonamento climático, que o valor apresentado relativamente aos graus-dia é efetivamente diferente do valor estipulado pelo NUT II para a zona em estudo. Conforme referido anteriormente, o ficheiro climático relativo à zona de Oeiras provém do site do LNEG. A informação existente neste não pode ser manipulada, não tendo sido possível compatibilizar o valor referente aos graus-dia conforme o valor de referência existente no documento referente ao NUT II. Assim sendo, foi admitido para este trabalho o valor apresentado conforme figura 4.39.

Na Figura 4.40 é possível observar a seção alusiva ao balanço energético do projeto onde são fornecidos os seguintes valores relativos ao consumo de energia emitida por mês: i) iluminação e equipamentos; ii) ganho de calor humano; iii) infiltração e ventilação. O eixo vertical do gráfico apresenta uma escala de energia (em Megawatt por hora), e o eixo horizontal os doze meses do ano.

Do lado direito do diagrama constam os valores relativos ao fluxo de energia anual, divididos por categorias. O conjunto de categorias apresentado no diagrama são iguais para todas as soluções. Estas dependem da definição considerada aquando da modelação, feita a partir da janela de diálogo “Sistemas de Edifício”. Os valores apresentados para cada categoria constituem as barras do gráfico apresentando também o respetivo valor de fluxo de energia anual em MWh/a.

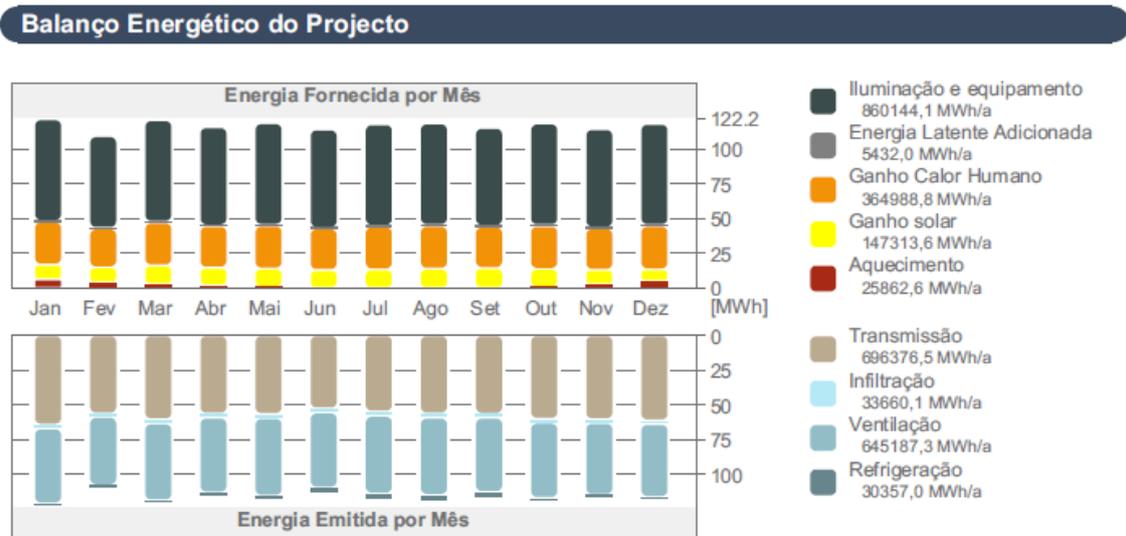


Figura 4.40 Balanço energético da solução S1

Da análise é de considerar o valor das necessidades de aquecimento anuais do edifício com 25862,6 MWh/ano e o valor da necessidade de arrefecimento anual de 30357,0 MWh/ano.

Proveniente da simulação consta no relatório uma tabela referente aos consumos de energia por objetivos (Figura 4.41) e os respetivos gráficos circulares (Figura 4.42) para as seguintes componentes: i) quantidade de energia; ii) energia primária; iii) custo; iv) emissão de dióxido de carbono. A cada coluna da tabela gerada correspondem os respetivos valores, expressa em MWh/ano, de cada componente referida anteriormente.

Consumo de Energia por Objectivos				
Nome de Alvo	Energia			CO ₂ Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	
Aquecimento	25	0	0	0
Refrigeração	30	60	1231	1208
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	375	368
Iluminação & electrodomésticos	860	2580	141837	139209
Total:	918	2647	143444	140786

Figura 4.41 Consumo de energia solução S1

Após realizada a análise de consumo de energia por objetivos é observável que o custo anual do projeto no que diz respeito aos objetivos tem o valor de 143.444 € por ano e o valor de emissão de dióxido de carbono anual de todos objetivos é de 140.786 kg.

Da análise da Figura 4.41, é possível observar que apesar de existir um valor positivo para a quantidade de energia consumida para aquecimento, não existe um custo associado a esta. Apesar de terem sido verificadas as condições relativas ao custo de energia associado a este alvo não foi possível identificar o motivo pelo qual os valores apresentados para o consumo primário, custo e emissão de CO₂ apresentarem valores nulos,

Os gráficos de consumo de energia por objetivos (Figura 4.42) incorporam a energia necessária para o fabrico, transporte e o processamento das matérias-primas da fonte de energia, bem como o seu transporte para o local de utilização.



Figura 4.42 Consumo de energia por objetivos (solução S1)

Analisando os gráficos circulares observa-se que relativamente à quantidade consumida de energia a maior parcela, com 94% da totalidade consumida, refere-se ao objetivo atribuído à “Iluminação & eletrodomésticos”. Também é possível observar que 92% da energia total consumida para o cumprimento dos objetivos é proveniente de fonte de energia secundária mais concretamente da electricidade. As restantes componentes têm naturalmente a mesma tendência, onde se observa novamente os maiores valores percentuais para o mesmo objetivo e a mesma fonte de energia.

A última secção do relatório gerado faz um resumo do impacto ambiental de funcionamento do edifício, apresentando a emissão de dióxido de carbono e a energia primária, de acordo com as fontes de energia utilizadas no mesmo (Figura 4.43).

Impacto Ambiental			
Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	37	0
Secundário	Electricidade	2609	140786
Total:		2646	140786

Figura 4.43 Impacto ambiental do edifício solução S1

Conforme referido anteriormente existe um maior consumo de energia proveniente de uma fonte secundária (electricidade) que se traduz num valor de emissão de CO₂ significativo. Por não terem sido consideradas fontes de energia renovável os valores obtidos para esta origem não têm expressão relativamente às restantes.

4.5.2 S2 - Introdução de isolamento térmico no paramento exterior

Para solução S2 considerou-se o modelo do edifício utilizado em S1 tendo sido adicionado em toda a envolvente opaca exterior o sistema ETICS por forma a aumentar o desempenho térmico do edifício. As figuras seguintes (Figura 4.44 a 4.48) mostram os resultados obtidos do relatório energético desta solução.

Relativamente aos valores chave da solução S2 (Figura 4.44) é visível que a aplicação dos sistemas ETICS teve um impacto considerável no comportamento térmico do edifício tendo existindo uma redução considerável do coeficiente de transmissão térmica médio do edifício de 0,39 W/m². K, o que seria previsível pois ao ser adicionado isolamento térmico em toda a envolvente exterior o edifício confere assim um melhor comportamento térmico.

Solução S2 INIAV

Valores Chave			
Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência	
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	Valor U [W/m ² K] 3,45
Localização Cidade:	Oeiras	Pavimentos:	--
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,44 - 7,24
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	--
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 13,46
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Específicos	
Data de Avaliação:	01/06/2019 21:23:27	Energia de aquecimento líquido:	7,66 kWh/m ² a
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,10 kWh/m ² a
Área do Pavimento Bruta:	3589,71 m ²	Energia Total Bruta:	16,76 kWh/m ² a
Área de Pavimento Tratado:	3259,94 m ²	Consumo de Energia:	278,66 kWh/m ² a
Área da Envolvente Externa:	3112,57 m ²	Consumo de Combustível:	271,80 kWh/m ² a
Volume Ventilado:	9416,54 m ³	Energia primária:	803,78 kWh/m ² a
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,56 EUR/m ² a
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,75 kg/m ² a
Infiltração a 50Pa:	2,07 ACH	Dias Grau	
		Aquecimento (HDD):	1694,37
		Refrigeração (CDD):	2041,87

Figura 4.44 Valores chave relativos à solução S2

Fazendo uma análise comparativa dos valores apresentados para o balanço energético da solução S2 (Figura 4.45) para a solução S1 é possível observar que os fatores necessários para a energia fornecida ao edifício diminuíram comparativamente aos valores apresentados na solução S1, ou seja, com esta solução é possível manter a mesma qualidade térmica mas gastando menos energia, porque ao introduzir o isolamento térmico pelo exterior este forma uma barreira que permite que não hajam trocas de calor significativas permitindo que a temperatura interior se matenha constante, diminuindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício.

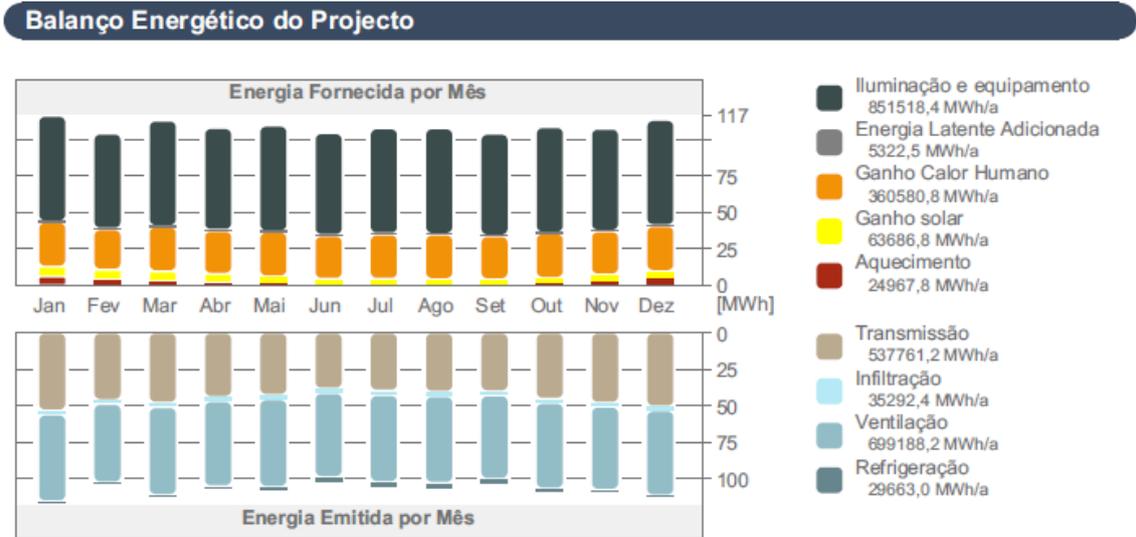


Figura 4.45 Balanco energético do edifício para solução S2

Da análise feita ao consumo de energia por objetivos da solução S2, presente na Figura 4.46 é visível que o custo anual do projeto no que diz respeito aos objetivos tem o valor de 141.994€ por ano menos 1450€ ao ano parativamente à solução S1 e o valor de emissão de dióxido de carbono anual de todos objetivos de menos 1424kg com o valor de 139.362 kg.

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂ Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	
Aquecimento	24	0	0	0
Refrigeração	29	58	1207	1185
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoínhas de ventilação	2	6	371	364
Iluminação & electrodomésticos	851	2554	140415	137813
Total:	908	2620	141994	139362

Figura 4.46 Consumo de energia por objetivos para solução S2

Analisando os gráficos circulares (Figura 4.47) observa-se que a maior parcela de energia consumida corresponde ao objetivo de “Iluminação & eletrodomésticos” com o valor de 94% da energia total. E pode ser observável novamente que a maior fonte de energia utilizada continua a ser a energia secundária através da utilização da electricidade com o valor percentual de 92% para o cumprimento dos objetivos.



Figura 4.47 Consumo de energia por objetivos (solução S2)

Ao nível do impacto ambiental, (Figura 4.48) uma vez que houve uma diminuição das necessidades energéticas do edifício com a solução adotada, é de registar que este também sofreu, como esperado, um decréscimo no seu custo anual e da sua emissão de CO₂, reduzindo assim o seu impacto ambiental comparativamente à primeira solução.

Impacto Ambiental			
Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	36	0
Secundário	Electricidade	2583	139362
Total:		2619	139362

Figura 4.48 Impacto ambiental total do edifício para solução S2

4.5.3 S3 - Alteração dos vãos envidraçados

Para esta solução o edifício mantém-se com a mesma caracterização construtiva adotada em para a solução S1, ou seja, é considerado para a modelação a colocação de isolamento térmico na cobertura e os sistemas de ventilação, climatização e iluminação também foram os mesmos utilizados para essa solução. A alteração feita para esta nova proposta de intervenção foi ao nível da envolvente envidraçada com a substituição dos caixilhos de alumínio com vidro simples, para caixilhos de alumínio com vidro duplo, permitindo assim uma melhor estanquidade ao ar e uma melhoria ao nível térmico e acústico. As Figuras 4.49 a 4.53 apresentam os resultados obtidos na análise feita para a solução S3.

Solução S3 INIAV

Valores Chave				
Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência		Valor U [W/m ² K]
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	3,59	
Localização Cidade:	Oeiras	Pavimentos:	--	
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,69 - 7,24	
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	--	
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 11,68	
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Especificos		
Data de Avaliação:	01/06/2019 22:48:31	Energia de aquecimento líquido:	7,22	kWh/m ² a
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,42	kWh/m ² a
Área do Pavimento Bruta:	3619,21 m ²	Energia Total Bruta:	16,64	kWh/m ² a
Área de Pavimento Tratado:	3309,58 m ²	Consumo de Energia:	277,23	kWh/m ² a
Área da Envolvente Externa:	3105,06 m ²	Consumo de Combustível:	270,10	kWh/m ² a
Volume Ventilado:	9560,49 m ³	Energia primária:	800,34	kWh/m ² a
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,35	EUR/m ² a
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,54	kg/m ² a
Infiltração a 50Pa:	2,05 ACH	Dias Grau		
		Aquecimento (HDD):	1694,37	
		Refrigeração (CDD):	2041,87	

Figura 4.49 Valores chave obtido para solução S3

Nesta solução é possível observar-se uma descida do valor médio do coeficiente de transmissão térmica do edifício comparativamente à primeira solução estudada de 0,25 W/m². K. Ao nível do intervalo considerado para o coeficiente de transmissão térmica da envolvente envidraçada também estes apresentam valores mais baixos, o que seria expectável visto terem sido alterados os coeficientes de transmissão térmicas da envolvente envidraçada para valores mais baixos (Figura 4.49).

O balanço energético desta solução apresenta valores de necessidades de aquecimento mais baixas relativamente às duas soluções anteriores, mas os valores de refrigeração são mais elevados, o que se deve à alteração feita na envolvente envidraçada, tornando o edifício mais estanque com a introdução de vidros duplos dificultando mais as trocas de calor entre o interior e exterior e aumentando assim as necessidades de arrefecimento do edifício (Figura 4.50).

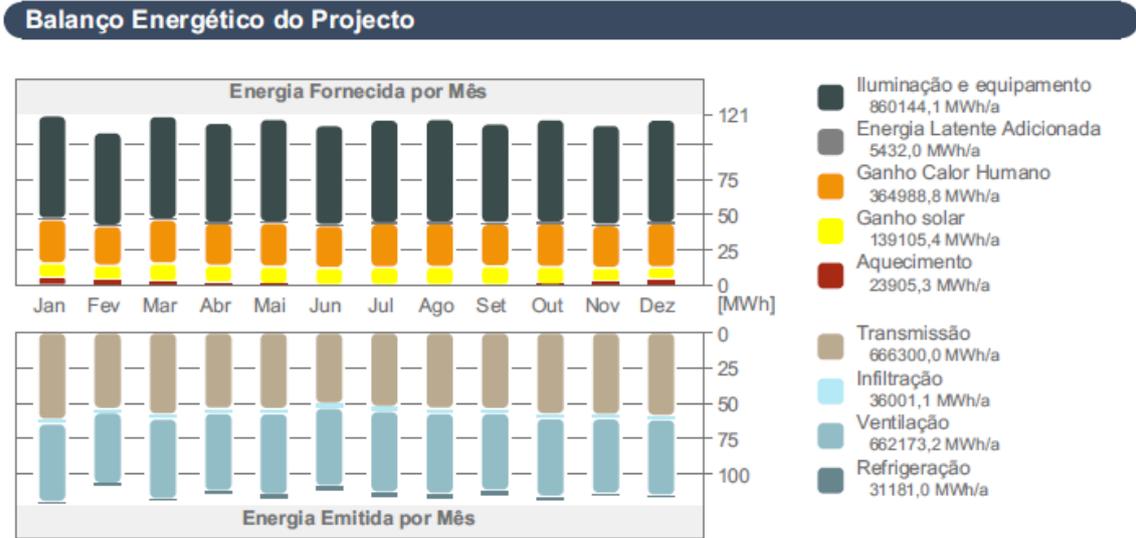


Figura 4.50 Balanco energético para solução S3

Para o consumo de energia por objetivos referente à solução S3, (Figura 4.51) verifica-se que o custo anual do projeto no que diz respeito aos objetivos tem o valor de 143.464€ por ano, ou seja, um valor mais elevado comparativamente às duas anteriores soluções apresentadas manifestando assim um valor de emissões de dióxido de carbono mais elevado com 140.805kg por ano.

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂ Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	
Aquecimento	23	0	0	0
Refrigeração	31	61	1250	1227
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	375	368
Iluminação & electrodomésticos	860	2580	141837	139209
Total:	917	2648	143464	140805

Figura 4.51 Consumo de energia por objetivos para a solução S3

Os valores apresentados nos gráficos de consumo energético da solução S3, (Figura 4.52) continuam a ter a mesma expressividade que os valores apresentados anteriormente em gráficos semelhantes. No que se refere aos valores percentuais do consumo de energia por objetivos, a electricidade continua a ser a fonte de energia com maior consumo.



Figura 4.52 Gráficos relativos ao consumo de energia por objetivos solução S3

Ao nível do impacto ambiental, (Figura 4.53) desta solução é observável que o consumo de energia é maior devido ao aumento das necessidades de arrefecimento e por esse motivo os valores apresentados para o custo anual do consumo de energia e o valor de emissões de CO₂ é o mais elevado das três soluções S1, S2 e S3 apresentadas.

Impacto Ambiental			
Tipo de Fonte		Nome de Fonte	
Renovável	■	Ar Exterior	Energia Primária MWh/a
Secundário	■	Electricidade	Emissão CO ₂ kg/a
		Total:	2648
			140805

Figura 4.53 Impacto ambiental do edifício solução S3

4.5.4 S4 - Introdução de isolamento térmico no paramento exterior e alteração de vãos envidraçados

Para solução S4 considerou-se o modelo do edifício existente e juntaram-se as soluções S2 e S3 já estudadas, correspondentes à introdução do Sistema ETICS em toda a envolvente opaca exterior acumulada à alteração dos vãos envidraçados para caixilharia de alumínio e vidros duplos para nova simulação energética, permitindo perceber qual seria o desempenho energético do edifício se fossem feitas estas intervenções propostas. Nas figuras seguintes (Figura 4.54 a 4.58) apresentam-se os resultados obtidos do relatório energético para a solução S4.

Solução S4 INIAV

Valores Chave			
Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência	Valor U [W/m²K]
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	3,21
Localização Cidade:	Oeiras	Pavimentos:	--
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,44 - 7,24
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	--
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 11,68
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Específicos	
Data de Avaliação:	01/06/2019 23:02:42	Energia de aquecimento líquido:	7,09 kWh/m²a
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,36 kWh/m²a
Área do Pavimento Bruta:	3589,71 m²	Energia Total Bruta:	16,45 kWh/m²a
Área de Pavimento Tratado:	3259,94 m²	Consumo de Energia:	278,35 kWh/m²a
Área da Envolvente Externa:	3112,57 m²	Consumo de Combustível:	271,28 kWh/m²a
Volume Ventilado:	9416,54 m³	Energia primária:	804,23 kWh/m²a
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,57 EUR/m²a
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,76 kg/m²a
Infiltração a 50Pa:	2,07 ACH	Dias Grau	
		Aquecimento (HDD):	1694,37
		Refrigeração (CDD):	2041,87

Figura 4.54 Valores chave solução S4

Denota-se, ao nível do coeficiente de transmissão térmica médio do edifício, que este exhibe o valor mais baixo de todas as soluções estudadas, o que seria expectável pois ao ser introduzido isolamento térmico em toda a envolvente e modificado os vãos envidraçados que apresentam valores de U mais baixos o valor da resistência térmica aumenta e por sua vez o coeficiente de transmissão térmica médio diminui.

Ao fazer a análise do balanço energético da solução S4, (Figura 4.55) é possível observar que esta solução é aquela que ao nível das necessidades energéticas de aquecimento apresenta o menor valor com 23116,5 MWh/ano o que é expectável, uma vez que ao isolar o edifício ao longo de toda a sua envolvente exterior, deixando de existir pontes térmicas está a torná-lo mais estanque relativamente às trocas de calor efectuadas com o exterior, aliando esse motivo ao facto de este ser um edifício de serviços e de conter equipamentos a funcionar durante longos períodos de tempo, faz com que a temperatura interior do mesmo aumente fazendo baixar desta forma as necessidades energéticas de aquecimento do edifício.

O mesmo tipo de observação pode ser feito ao nível das necessidades de arrefecimento, dado que pelo facto de estar muito bem isolado também vai necessitar de maior necessidade de arrefecimento comparativamente às duas primeiras soluções com o valor de 30525,0 MWh por ano

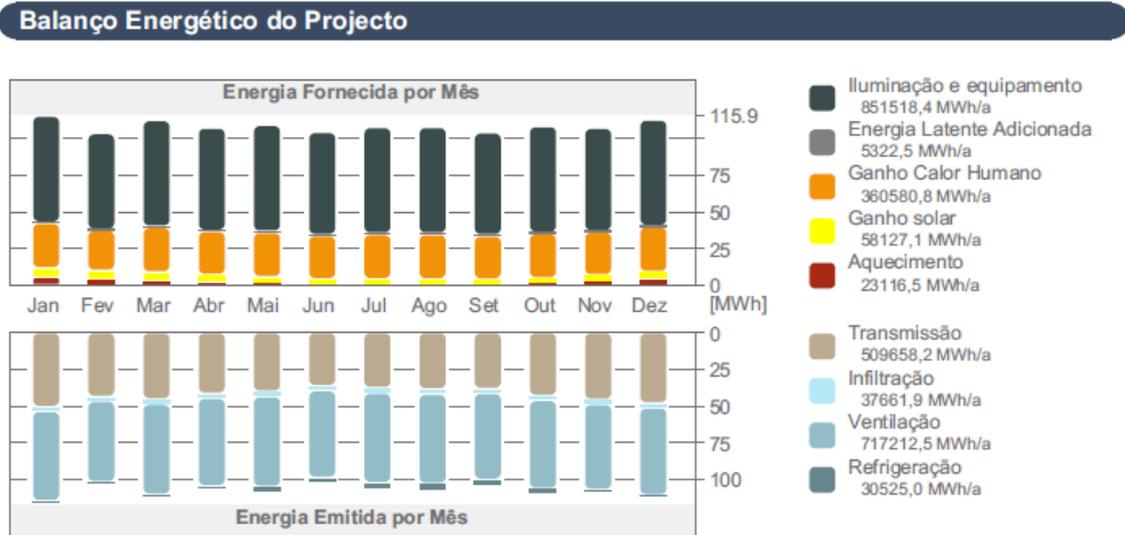


Figura 4.55 Balanco energético solução S4

Para esta solução, e relativamente ao custo de energia, (Figura 4.56) obtém-se um valor de 142.020€ por ano, apresentando assim o segundo valor mais baixo para o consumo de energia por objetivos, sendo o primeiro atribuído à solução S2. E por sua vez a emissão de CO₂ desta solução também tem o segundo valor mais baixo de todas as soluções estudadas com 139.388Kg anuais.

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂ Emissão kg/a
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	
Aquecimento	23	0	0	0
Refrigeração	30	60	1233	1210
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoínhas de ventilação	2	6	371	364
Iluminação & electrodomésticos	851	2554	140415	137813
Total:	907	2621	142020	139388

. Figura 4.56 Consumo de energia por objetivos solução S4

Ao nível do consumo de energia por objetivos (Figura 4.57) continua a ser visível que o objetivo “Iluminação & electrodomésticos” continua a ser aquele que apresenta mais expressão face aos restantes.



Figura 4.57 Gráficos relativos ao consumo de energia por objetivos solução S4

Relativamente ao impacto ambiental, (Figura 4.58) visto que esta solução é aquela que apresenta o segundo menor consumo de energia devido à diminuição significativa das suas necessidades de aquecimento o seu impacto ambiental também apresenta essa redução.

Impacto Ambiental			
Tipo de Fonte		Nome de Fonte	
Renovável	■	Ar Exterior	Energia Primária MWh/a
Secundário	■	Electricidade	Emissão CO ₂ kg/a
		Total:	2621
			139388

Figura 4.58 Impacto ambiental solução S4

4.6 Análise comparativa de resultados

Será feita em seguida uma análise dos valores mais relevantes do ponto de vista da eficiência energética de maneira a conseguir perceber qual a melhor solução a ser adotada para este edifício tendo em conta todos os parâmetros apresentados anteriormente (Figura 4.59 a 4.63).

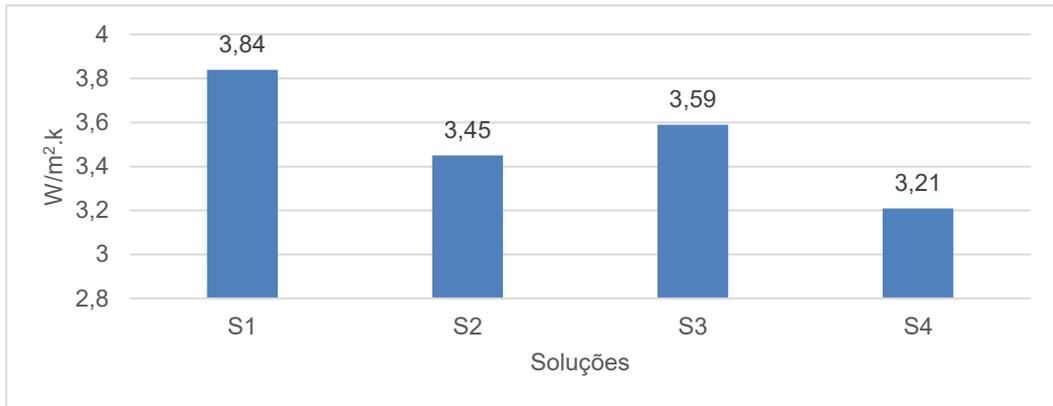


Figura 4.59 Coeficientes de transmissão térmica para as soluções estudadas

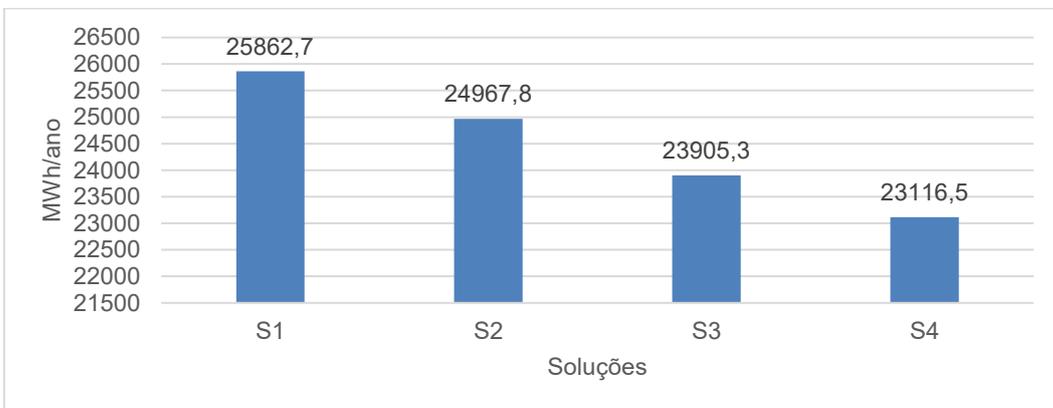


Figura 4.60 Balanço energético das necessidades anuais de aquecimento do edifício para as soluções estudadas

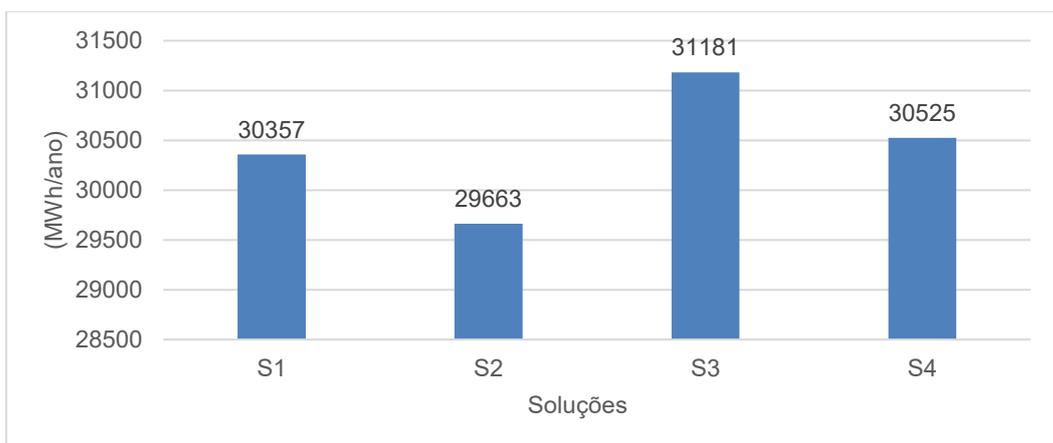


Figura 4.61 Balanço energético das necessidades anuais de arrefecimento do edifício para as soluções estudadas

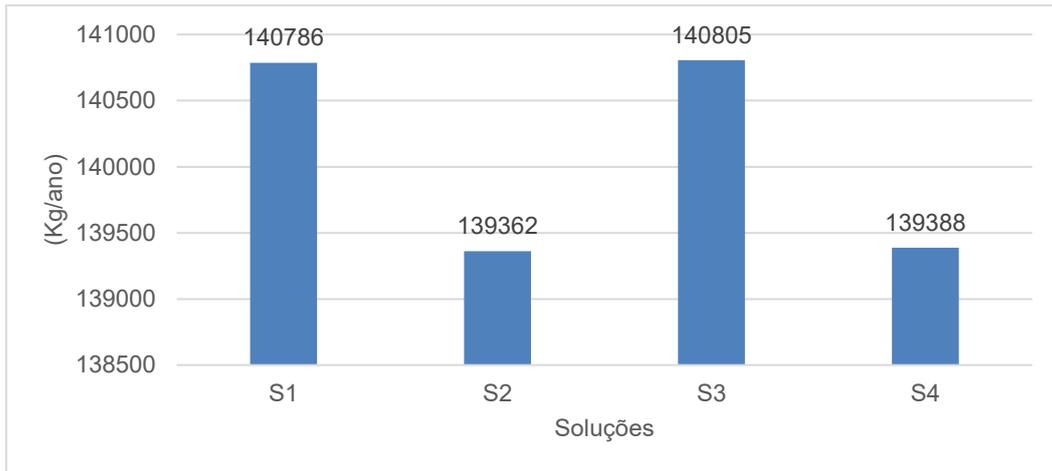


Figura 4.62 Emissão de CO₂ para as soluções estudadas

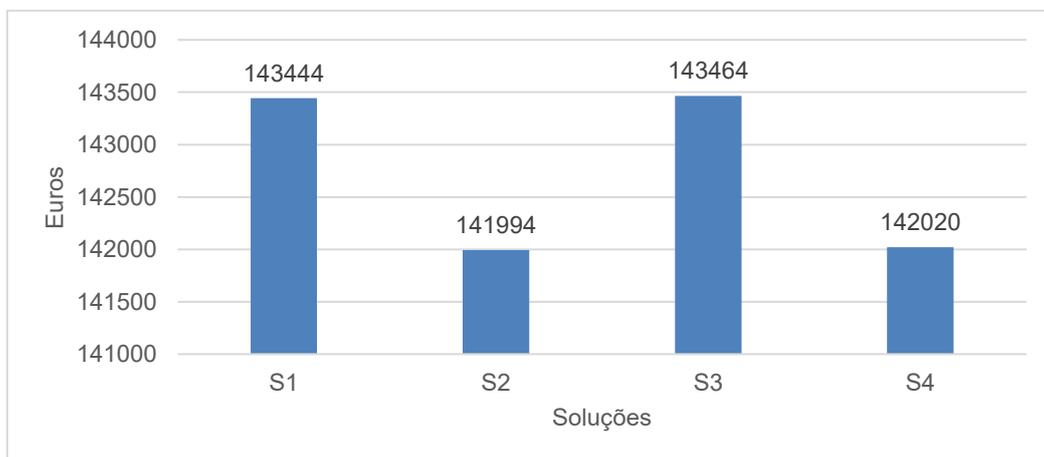


Figura 4.63 Custo anual de energia para as soluções estudadas

Analisando os valores médios de coeficiente de transmissão térmica para cada solução adotada é visível que a solução S4 tem um valor mais baixo e, portanto, é a solução que oferece o melhor compromisso a nível térmico.

Ao analisar os gráficos relativos ao Balanço energético do edifício pertencentes às necessidades de aquecimento é visível que a melhor solução é a S4, no entanto, ao observarmos os gráficos relativos às necessidades de arrefecimento a melhor solução é a S2 pois é a que tem menos consumo anual. Tendo em conta o clima do nosso País e ao fato do edifício em estudo se tratar de um edifício de serviços, ou seja, já existe uma predisposição para o aumento diário da temperatura interna do edifício, não só devido ao calor humano produzido pelos utentes do edifício, à sua exposição solar, mas também devido a toda a maquinaria técnica inerente a este e que se encontra diariamente em funcionamento e faz com que haja esse aumento de temperatura e por isso não existir razão para os consumos tão elevados ao nível das necessidades de aquecimento.

Pelo mesmo motivo é importante escolher uma solução em que as suas necessidades de arrefecimento sejam baixas, pois devido ao aumento da temperatura referente ao funcionamento do edifício é necessário que este seja arrefecido e por isso a melhor solução a adoptar será a S2.

Ao nível do consumo de emissão de CO₂ a solução S2 continua a ser aquela que apresenta um menor valor e também aquela que apresenta menor custo de energia face às restantes soluções apresentadas. Apesar de o valor de U não ser o melhor, pois a solução S4, tem o melhor valor, comparativamente os restantes valores a solução S2 é a que apresenta valores mais consistentes para uma tomada de decisão.

No entanto, é de referir que estes valores são obtidos tendo por base o estudo dos relatórios energéticos gerados pelo programa, podendo haver fatores que podem estar inferidos na medida em que a versão do programa utilizada se trata de uma versão gratuita, existindo funcionalidades que poderão não estar a ser exploradas na sua totalidade e por essa razão os relatórios gerados não apresentam valores tão claros como seria expectável. O facto da versão utilizada não conter todos os sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação disponíveis no mercado, faz com que a simulação apresente um nível de precisão mais reduzido. Outro motivo relevante é o facto desta versão do *software* não fazer a avaliação das pontes térmicas do edifício fazendo desta maneira uma análise mais simplista ao nível térmico.

Apesar de tudo, o programa apresenta-se como bastante fiável para a modelação do edifício bem como para uma posterior simulação energética básica do mesmo. Contudo, para uma análise energética mais aprofundada, detalhada e precisa não parece ser a ferramenta BIM mais adequada para caso. Trata-se de um bom *software*, apoiado na metodologia BIM, pensando-se que numa versão mais avançada podem ser tiradas conclusões mais precisas e próximas da situação real.

4.7 Considerações finais

No presente capítulo foi possível identificar as fases mais importantes efetuar uma avaliação energética, com base num *software* apoiado pela metodologia BIM, de forma a obter resultados através de relatórios de desempenho energético fornecido pelo *software* selecionado e utilizado na modelação.

Foram discriminadas as soluções alternativas de intervenção para reabilitação do edifício com vista a melhorar a eficiência energética do edifício, sendo dado particular ênfase às suas características essenciais para incorporação no modelo.

Por último, foram analisados ao pormenor os relatórios fornecidos pelo programa, permitindo demonstrar de que forma a utilização da Avaliação Energética se torna da maior utilidade na análise de resultados obtidos a partir dos relatórios energéticos gerados. Esta ferramenta de

Análise Energética permite tornar os processos de tomada de decisão mais consistentes atendendo ao facto que informação é mais clara e consistente, o que permite optar por soluções mais eficientes, com vista a uma redução das necessidades energéticas e consequentemente a um aumento a eficiência energética do edifício

CAPÍTULO 5

Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões

O presente trabalho mostrou que a utilização da metodologia BIM numa fase de projeto inicial constitui uma mais-valia que deve ser tida em consideração por todos os intervenientes de uma obra. No caso específico, aliar o BIM à análise energética de um edifício a reabilitar, permite validar a utilização de soluções de reabilitação mais sustentáveis para o ambiente maximizando o potencial do edifício, tornando-se mais vantajoso não só para o dono de obra, como para todos os intervenientes, principalmente para o consumidor final do edifício.

É importante também referir que a introdução da tecnologia BIM associada à reabilitação de edifícios é um caminho que o setor AECO deve seguir, no sentido de melhorar a sua sustentabilidade. Apesar de ainda existirem bastantes entraves à utilização do BIM, é visível que começa a existir uma mudança muito significativa no setor, sendo que os novos *softwares* apoiados na metodologia BIM surgem como uma mais-valia para uma análise do edifício a reabilitar permitindo uma tomada de decisão consciente de todas as soluções possíveis que podem ser elaboradas.

Relativamente à componente prática desenvolvida é possível concluir que a utilização do *software* não se afigura como complexa, sendo os modelos 3D do edifício produzidos fiáveis e muito próximos da realidade, o que permite a obtenção de peças desenhadas detalhadas dos elementos construtivos em fases iniciais de projeto, possibilitando observar qual o cenário de intervenção mais adequado com base nas análises energéticas efetuadas.

Apesar de se ter verificado que os resultados obtidos não se apresentam como os mais favoráveis, devido à versão utilizada (versão gratuita), é possível afirmar que o programa é muito útil permitindo visualizar com facilidade os resultados de forma imediata, consoante as alterações realizadas. Possibilita registo dos consumos energéticos obtidos para cada solução, estimativa de custos e eventuais poupanças e verificação do cumprimento de algumas exigências regulamentares de forma simples, permitindo concluir que a utilização de ferramentas digitais é cada vez mais uma mais-valia para que se empreendam intervenções de reabilitação mais eficientes e sustentáveis.

No âmbito do trabalho de investigação desenvolvido, foi submetido um resumo e um artigo completo para a conferência nacional *Construção 2018*, realizado na Faculdade de Engenharia do Porto (FEUP-Porto), e submetido um resumo e apresentado um poster no *8th International*

Conference on Building Resilience - ICBR 2018, realizado no Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE-Lisboa). Os referidos trabalhos são apresentados no Anexo III e no Anexo IV, respetivamente. Foi igualmente submetido, e aprovado, resumo ao Rehabend 2020 – Congresso Latino-amaerico de Patologia da Construção, Tecnologia da Reabilitação e Gestão do Património a realizar em Granada em 2020, cujo conteúdo se encontra incorporado no Anexo V

5.2 Desenvolvimentos futuros

Como desenvolvimentos futuros deste trabalho relacionado com a reabilitação sustentável de edifícios de interesse público e a metodologia BIM, considera-se que seria interessante elaborar uma análise dos custos reais do edifício ao nível do consumo energético, uma vez que não foi possível aceder aos valores reais do edifício.

Seria interessante acrescentar informação suplementar ao modelo, elaborando um orçamento com os custos associados a cada solução construtiva, colocando o preço dos materiais no *software* para que o mapa de quantidades que este fornece ficasse mais completo e pudesse ser elaborado um estudo sobre qual a solução construtiva seria mais económica e viável financeiramente para este tipo de reabilitação fazendo uma análise custo benefício.

Outro trabalho futuro que poderá ser desenvolvido, prende-se com o cálculo manual dos valores dos coeficientes de transmissão térmica das várias soluções construtivas estudadas para comparação com os mesmos valores obtidos do programa.

Seria interessante fazer uma simulação energética para o mesmo edifício, mas considerando mais fontes de energia renovável e fazer a comparação dos resultados obtidos, bem como apresentar outras soluções de reabilitação apelando à utilização de materiais mais sustentáveis e compará-las com as soluções propostas em termos de desempenho energético, custos associados e emissões de CO₂.

Referências bibliografias

- ADENE. (2018). Edifícios - ADENE. Retrieved September 16, 2018, from <https://www.adene.pt/edificios/>
- Alsayyar, B., & Jrade, A. (2015a). Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects. *5th International/11th Construction Specialty Conference. Vancouver - British Columbia: 10 P.*
- Alsayyar, B., & Jrade, A. (2015b). Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects. *5th International/11th Construction Specialty Conference. Vancouver - British Columbia: 10 P.*
- Andreescu, I., Gaivoronsch, V., & Mosoarca, M. (2016). Old and New - The Complex Problem of Integrating New Functions into Old Building. *Procedia Engineering, 161*, 1103–1108. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.513>
- Antonopoulou, S., & Bryan, P. (2017). *BIM for Heritage - Developing a Historic Building Information Model*. Historic England.
- Appleton, J. (2009). “Congresso LiderA 09: Novas oportunidades para a construção sustentável. Reabilitação Sustentável.”
- Appleton, J. (2011a). A Sustentabilidade nos Projectos de Reabilitação de Edifícios. *Encontro Nacional de Engenharia Civil*.
- Appleton, J. (2011b). *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias E Tecnologias de Intervenção*. (Orion).
- Attia, S. (2010). Building Performance Simulation Tools: Selection Criteria and User Survey. *Architecture*, (January), 1–47.
- Azevedo, O. J. M. D. (2009). Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras. *Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade Do Minho*.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. *United Nations Commission, 4(1)*, 300. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Cabrita, A., Aguiar, J., & Appleton, J. (1992). *Manual de apoio à reabilitação dos edifícios do Bairro Alto*. Lisboa.

- Caires, B. (2013). *BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect BIM execution plan, education and promotional initiatives*. Universidade do Minho. Escola de Engenharia.
- Carvalho, M. T. M. (2009). Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. *Departamento de Engenharia Civil, Unversidade de Brasília, Brasília*.
- Castanheira, G. (2013). *Estratégias de Intervenção para a Regeneração Urbana Sustentável*. Universidade do Minho.
- Colantonio, A., & Dixon, T. (2011). Urban Regeneration: Delivering Social Sustainability. In *Urban Regeneration & Social Sustainability* (John Wiley, pp. 54–79). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444329445.ch4>
- Delgado, M. J. F. C. S. (2008). *A Requalificação Arquitectónica na Reabilitação de Edifícios. Critérios Exigênciais de Qualidade; Estudo de casos*. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58032/1/000129339.pdf>
- Dias, L. F. S. da C. (2012). A sustentabilidade na reabilitação do património edificado. Retrieved from https://run.unl.pt/bitstream/10362/7549/1/Dias_2012.pdf
- Dinis, R. (2010). *Contributos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação*. Universidade Nova de Lisboa.
- DL nº118/2013. (2013). Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. *Diário Da República*, 159, 4988–5005.
- DL nº156/1992. (1992). Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. *Diário Da República*, 3534–3548.
- DL nº307/2009. (2009). Regime Jurídico da Reabilitação Urbana. *Diário Da República*, 7956–7975.
- DL nº53/2014. (2014). Regime Excepcional para Reabilitação Urbana. *Diário Da República*, 2337–2340.
- DL nº79/2006. (2006). Regulamento dos Sistemas Energeticos de Climatização em Edifícios. *Diário Da República*, 2416–2468.
- DL nº80/2006. (2006). Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. *Diário Da República*, 2468–2513.
- Dyson, E. (1991). *Graphisoft: The entry of a hungarian software venture into the us market*. Retrieved from https://archicad-talk.graphisoft.com/files/graphisoftshort_182.pdf

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition*.
- Faia, B., & Aia, P. (2004). *Barriers to the Adoption of Building Information Modeling in the Building Industry*. Retrieved from www.m4i.org
- Freitas, V. P. (2012). *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos*.
- Giollo, R. B., Falcão, M., & Couto, P. (2016). *Interoperabilidade entre modelos BIM e aplicação PRONIC: Reabilitação de um edifício público*. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia.
- Huber, D., Akinci, B., Adan, A., Anil, E., Okorn, B., & Xiong, X. (2011).). Methods for Automatically Modeling and Representing As-built Building Information Models. Automating the Creation of As-built Building Information Models. *Proceedings of the NSF CMMI Research and Innovation Conference, Atlanta, Georgia*.
- INE. (2017). *Estatísticas da construção e habitação 2017*.
- INIAV. (2005). *História da Estação Agronómica Nacional*.
- Librelotto, L. (2005). Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões económica, social e ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações. *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis*.
- Lima, G. F. da C. (1998). Consciência ecológica: emergência, obstáculos e desafios. *Ci. & Tróp., Recife*, 26(1), 103–122. Retrieved from <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/672/443>
- Lino, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, 24–26.
- LNEC. (2005a). DE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE). Retrieved from http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/reg_const_Portugal.html
- LNEC. (2005b). Evolução das tipologias construtivas em Portugal. *Lnec*, 9–10. Retrieved from http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html
- LNEC, IHRU, ICI, ANC, & APA. (2014). *Regime Excecional para a Reabilitação Urbana - Guia Prático*. Retrieved from http://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portugal/pt/portugal/reabilitacao/RERU/RERU_0_Indice.pdf
- Lopes, J. (2017). *João Donato Oliveira Lopes Utilização da metodologia BIM no apoio à reabilitação funcional de um edifício*. Universidade Nova de Lisboa.
- Lopes, T. da C. (2010). *Reabilitação sustentável de edifícios de habitação*. Universidade Nova de Lisboa.

- Maile, T., Fischer, M., & Bazjanac, V. (2007). Cifecenter for Integrated Facility Engineering - Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective, (December).
- Martins, A. P. de M. (2014). *A Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado*.
- Martins, J. P. P. (2009). Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. *Dissertação Apresentada à Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto Para a Obtenção Do Grau de Doutor Em Engenharia Civil*.
- Mateus, R., & Bragança, L. (2006). *Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção* (Edições Ec). Porto.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2011). "Building Information Modeling (BIM) - Teoria E Aplicação." International Conference on Engineering UBI 10.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2011). Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. *International Conference on Engineering UBI, 10*.
- Mota, A. (2013). *Consumo ecológico – Poupar o ambiente e a carteira*. (Deco & Proteste, Eds.). Lisboa.
- Mota, C. S. A. da. (2015). Modelo 4D do planeamento da construção apoiado na tecnologia BIM.
- Oliveira, M. (2017). 6º Fórum Internacional ECOINOVAR Santa Maria/RS – 21 a 23 de Agosto de 2017 Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade - Análise da efetividade dos Benefícios do sistema e os princípios intrínsecos a construção enxuta. Retrieved from <http://ecoinovar.com.br/cd2017/arquivos/artigos/ECO1565.pdf>
- Paiva, J. V. (2000). *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Lisboa.
- Paiva, J. V., Aguiar, J., & Pinho, A. (2006). *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. (INH & LNEC, Eds.).
- Petzold, F., & Donath, D. (2004). Digital Building Surveying and Planning in Existing. In 1st. *ASCAAD International Conference, e-Design in Architecture KFUPM, Dhahran, Saudi Arabia*. Retrieved from <http://www.ascaad.org/conference/2004/pdfs/paper6.pdf>
- Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável (in Portuguese Environment and Sustainable Construction)*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2707.8724>
- Porter, L., & Shaw, K. (2013). *Whose Urban Renaissance? An international comparison of urban regeneration strategies*. (Routledge, Ed.).
- Prada-Hernández, A. V., ROJAS-Quintero, J. S., Vallejo-Borda, J. A., & Ponz-Tienda, J. L. (2015). Interoperability of BEM with BIM. *Bim*, 15(1), 519–526. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3807.3042>
- Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas. (1903). Decreto-Lei n.º 38/382.

- Reinhardt, J., & Bedrick, J. (2017). *Level of Development Specification Guide Participating Organizations. Level of Development Specification LOD Spec 2017 Guide*. Retrieved from www.bimforum.org/lod
- Romão, A. M. S. (2015). *Reabilitação Urbana Sustentável – Modelo de Intervenção para o Espaço Público*. Universidade Nova de Lisboa.
- Saepto. (2017). Breve histórico do BIM - SAEPTO. Retrieved May 3, 2018, from <https://www.ufrgs.br/saepto/saepto-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>
- Santos, L. M., & Couto, J. P. (2015). Ferramentas e processos BIM de avaliação e otimização energética em edifícios. *BIM Tools and Procedures for Energy Evaluation and Optimization in Buildings ISSN Para ISBN*, 174–178. <https://doi.org/10.14684/SHEWC.15.2015.174-178>
- Tavares, A. F. N. (2008). *Reabilitação Urbana - o caso dos pequenos centros históricos*. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Universidade Nova de Lisboa. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Venâncio, M. (2015). Avaliação Da Implementação De Bim – Building Information Modeling Em Portugal. *Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto, Porto, Portugal, 2015*, 1–402.
- Vilhena, A. (2013). Reabilitação habitacional e o setor da construção civil, 1–37.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs [*Autom . Constr . 38 (Marc, 38(October 2017)*). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Webgrafia

- w1-<https://casa.sapo.pt/noticias/reabilitacao-urbana-tema-para-workshop/?id=10545>; consultado em 15/07/2019
- w2 - <http://cadbimoz.com/bim-e-suas-dimensoes/>; consultado em 20/01/2019
- w3 - <https://www.advenser.com/wp-content/uploads/2017/01/bim-lod-audit.jpg>; consultado em 03/02/2019
- w4 - <https://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx> ; consultado em 30/05/2019
- w5 - <https://lojaluz.com/fornecedores/edp/tarifas/preco-kwh> ; consultado em 30/05/2019
- w6 - <https://zap.aeiou.pt/combustiveis-custam-dobro-231053>; consultado em 30/05/2019

Anexos

Anexo I

Alçados do edifício



Figura AI-1 Alçado oeste do edifício



Figura AI-2 Alçado Sul do edifício



Figura AI-3 Alçado Este do edifício



Figura AI-4 Alçado Norte do edifício

Anexo II

Relatórios de desempenho energético

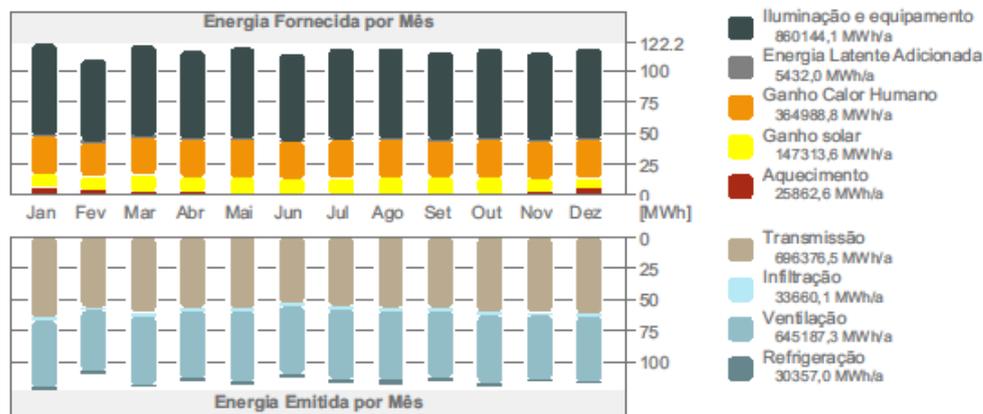
Avaliação de Desempenho Energético

Solução S1 INIAV

Valores Chave

Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência		Valor U	[W/m²K]
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	3,84		
Localização Cidade:	Oeiras	Pavimentos:	–		
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,69 - 7,24		
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	–		
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 13,46		
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Específicos			
Data de Avaliação:	01/06/2019 21:39:29	Energia de aquecimento líquido:	7,81	kWh/m²a	
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,17	kWh/m²a	
Área do Pavimento Bruta:	3619,21 m²	Energia Total Bruta:	16,99	kWh/m²a	
Área de Pavimento Tratado:	3309,58 m²	Consumo de Energia:	277,57	kWh/m²a	
Área da Envolvente Externa:	3105,06 m²	Consumo de Combustível:	270,65	kWh/m²a	
Volume Ventilado:	9560,49 m³	Energia primária:	799,94	kWh/m²a	
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,34	EUR/m²a	
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,54	kg/m²a	
Infiltração a 50Pa:	2,05 ACH	Dias Grau			
		Aquecimento (HDD):	1694,37		
		Refrigeração (CDD):	2041,87		

Balanco Energético do Projecto



Blocos Térmicos

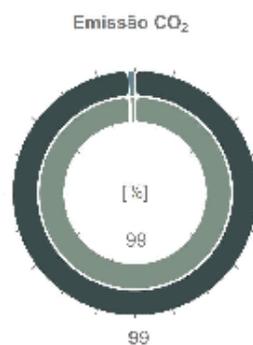
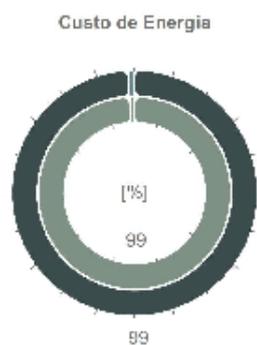
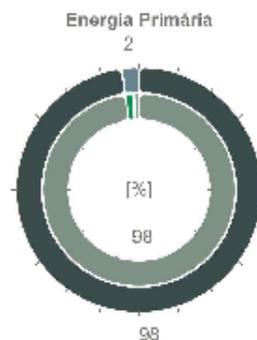
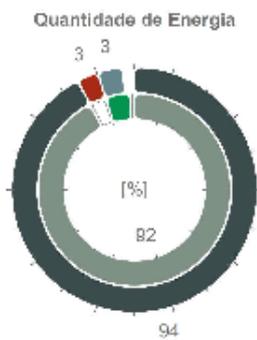
Bloco Térmico	Zonas Atribuído	Perfil de Operação	Área do Pavimento m²	Volume m³
001 Arrumos	23	Arrecadação	729,77	1884,37
001 Laboratórios	40	Laboratório	1026,52	2652,19
001 Escritórios	19	Escritório pessoal	361,07	922,47
002 Zonas de circulação	19	Áreas de circulaç...	560,14	1430,09
003 Instalações sanitárias	2	Casas de banho (...)	31,62	75,12
004 Área técnica	3	Sala de servidor, ...	910,09	2596,26
Total:	106		3619,21	9560,49

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S1 INIAV

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	Emissão kg/a
Aquecimento	25	0	0	0
Refrigeração	30	60	1231	1208
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	375	368
Iluminação & electrodomésticos	860	2580	141837	139209
Total:	918	2647	143444	140786



Fontes de Energia

- Renovável
 - Ar Exterior
- Secundário
 - Electricidade
- Não Especificado

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S1 INIAV

Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia			Emissão CO ₂	
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	kg/a
Renovável	Ar Exterior	37	37	ND	0
Secundário	Electricidade	863	2609	143444	140786
	Não Especificado	25	--	--	--
Total:		933	2647	143444	140786



Impacto Ambiental

Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	37	0
Secundário	Electricidade	2609	140786
Total:		2646	140786

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S2 INIAV

Valores Chave

Dados de projecto gerais

Nome do Projecto:	INIAV
Localização Cidade:	Oeiras
Latitude:	38° 41' 43" N
Longitude:	9° 19' 6" O
Altitude:	31,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras_109m.epw
Data de Avaliação:	01/06/2019 21:23:27

Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	3589,71	m ²
Área de Pavimento Tratado:	3259,94	m ²
Área da Envolvente Externa:	3112,57	m ²
Volume Ventilado:	9416,54	m ³
Proporção de envidraçado:	8	%

Dados de desempenho de envólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,07	ACH
---------------------	------	-----

Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m ² K]
Média do envólucro do edifício:	3,45
Pavimentos:	--
Externo:	0,44 - 7,24
Subterrâneo:	--
Aberturas:	2,11 - 13,46

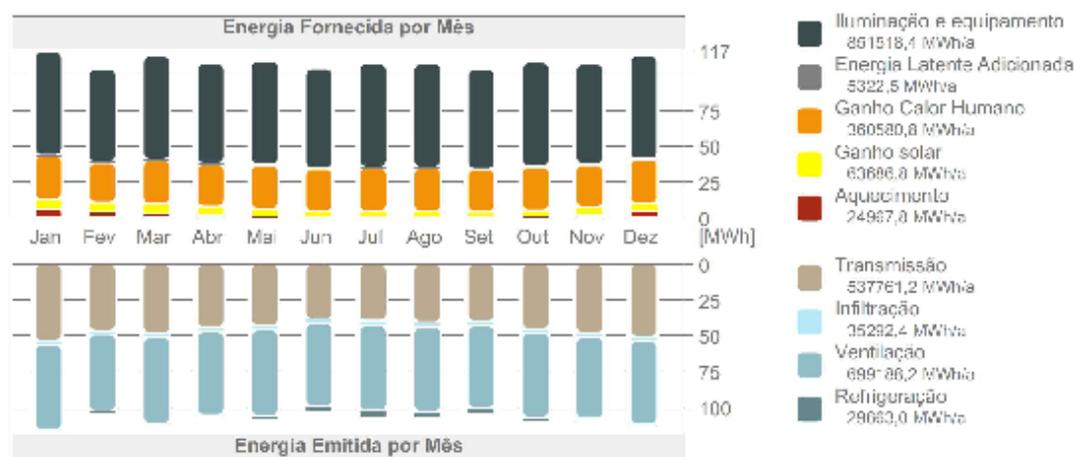
Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	7,66	kWh/m ² a
Energia de arrefecimento líquido:	9,10	kWh/m ² a
Energia Total Bruta:	16,76	kWh/m ² a
Consumo de Energia:	278,66	kWh/m ² a
Consumo de Combustível:	271,80	kWh/m ² a
Energia primária:	803,78	kWh/m ² a
Custo Fuel:	43,56	EUR/m ² a
Emissão CO ₂ :	42,75	kg/m ² a

Dias Grau

Aquecimento (HDD):	1694,37
Refrigeração (CDD):	2041,87

Balanco Energético do Projecto



Blocos Térmicos

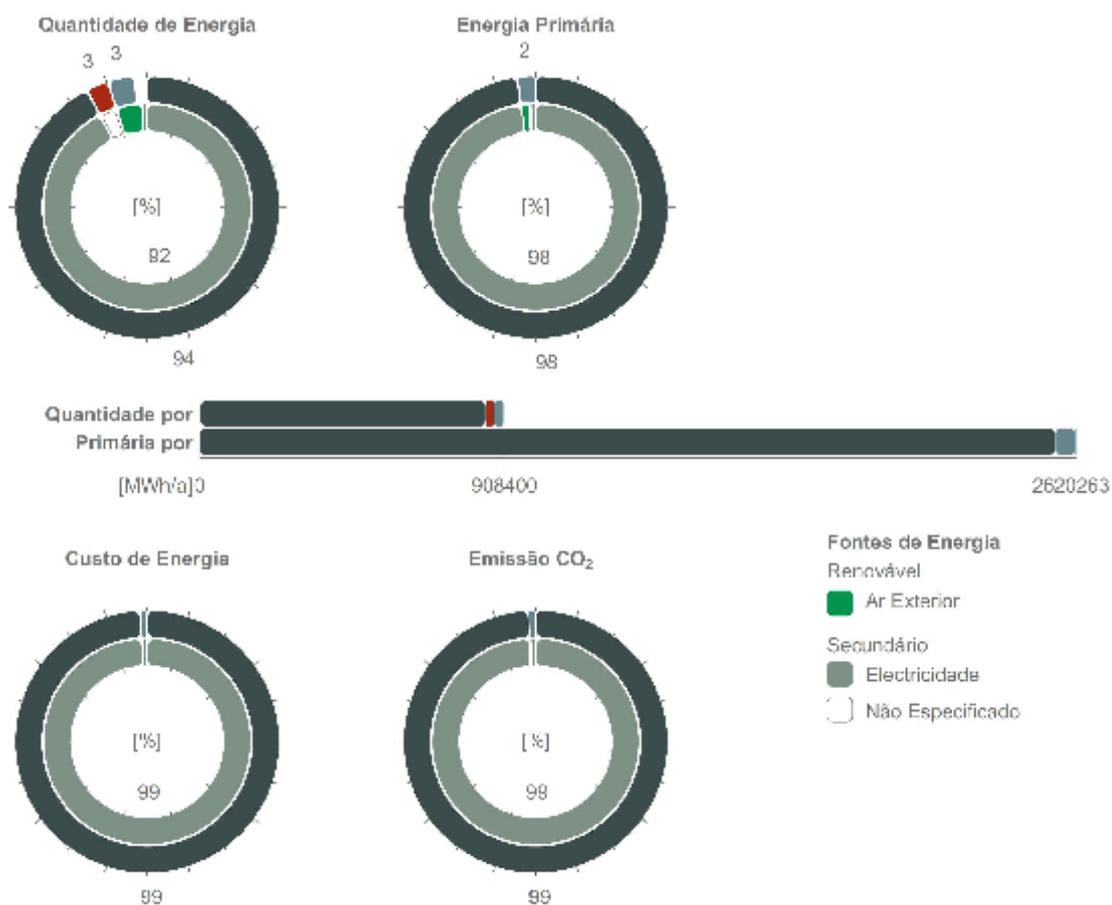
Bloco Térmico	Zonas Atribuído	Perfil de Operação	Área do Pavimento m ²	Volume m ³
001 Arquivos	23	Arrecadação	706,60	1810,56
001 Laboratórios	40	Laboratório	1025,43	2621,88
001 Escritórios	19	Escritório pessoal	361,22	911,64
002 Zonas de circulação	19	Áreas de circulaç...	581,50	1427,40
003 Instalações sanitárias	2	Casas de banho (...)	31,55	74,07
004 Área técnica	3	Sala de servidor, ...	903,40	2570,99
Total:	106		3589,71	9416,54

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S2 INIAV

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	Emissão kg/a
Aquecimento	24	0	0	0
Refrigeração	29	58	1207	1185
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	371	364
Iluminação & electrodomésticos	851	2554	140415	137613
Total:	908	2620	141994	139362

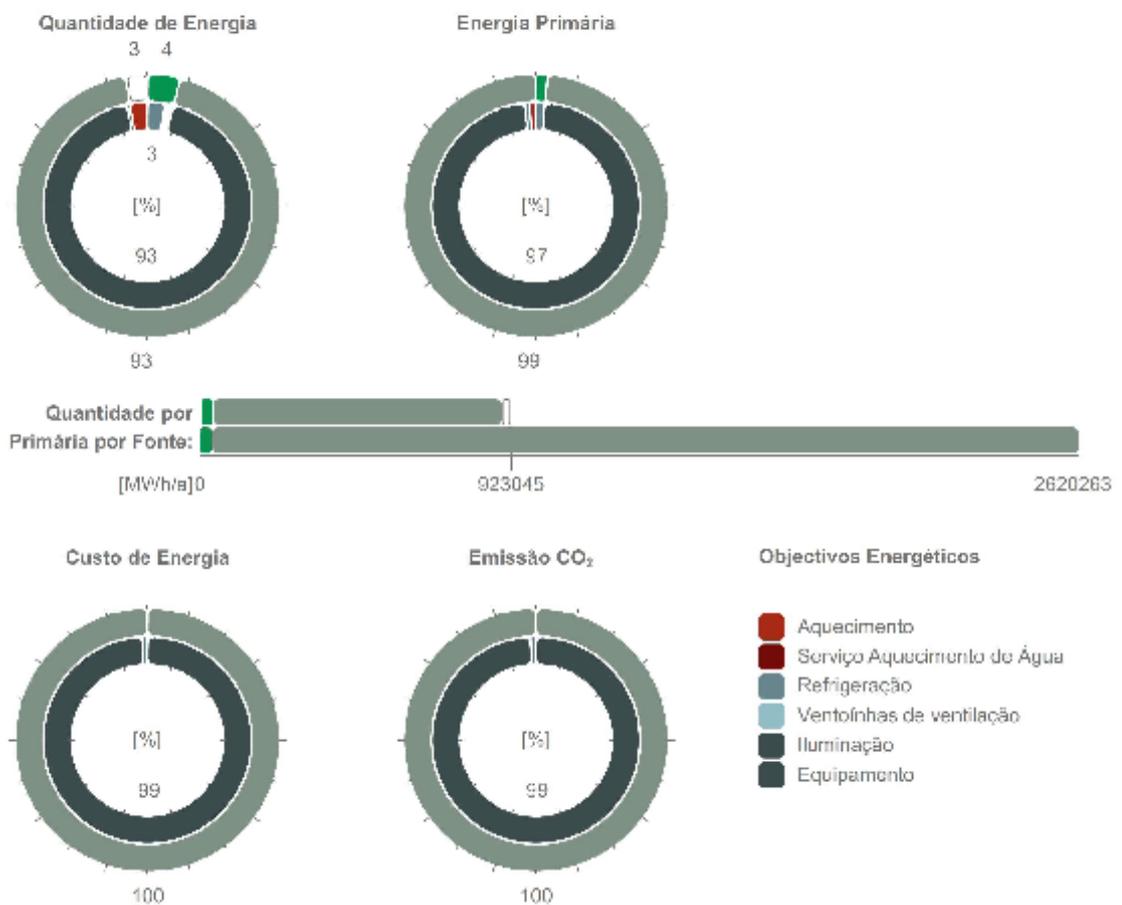


Avaliação de Desempenho Energético

Solução S2 INIAV

Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia			Custo EUR/a	Emissão CO ₂ kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a		
Renovável	Ar Exterior	36	36	ND	0
Secundário	Electricidade	861	2583	141934	139362
	Não Especificado	24	--	--	--
Total:		923	2620	141994	139362



Impacto Ambiental

Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	36	0
Secundário	Electricidade	2583	139362
Total:		2619	139362

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S3 INIAV

Valores Chave

Dados de projecto gerais

Nome do Projecto:	INIAV
Localização Cidade:	Oeiras
Latitude:	38° 41' 43" N
Longitude:	9° 19' 6" O
Altitude:	31,00 m
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw
Data de Avaliação:	01/06/2019 22:48:31

Dados de geometria do edifício

Área do Pavimento Bruta:	3619,21 m ²
Área de Pavimento Tratado:	3309,58 m ²
Área da Envolvente Externa:	3105,06 m ²
Volume Ventilado:	9560,49 m ³
Proporção do envidraçado:	8 %

Dados de desempenho de envólucro do edifício

Infiltração a 50Pa:	2,05 ACH
---------------------	----------

Coefficientes de transferência

Valor U	[W/m ² K]
Média do envólucro do edifício:	3,59
Pavimentos:	--
Externo:	0,69 - 7,24
Subterrâneo:	--
Aberturas:	2,11 - 11,68

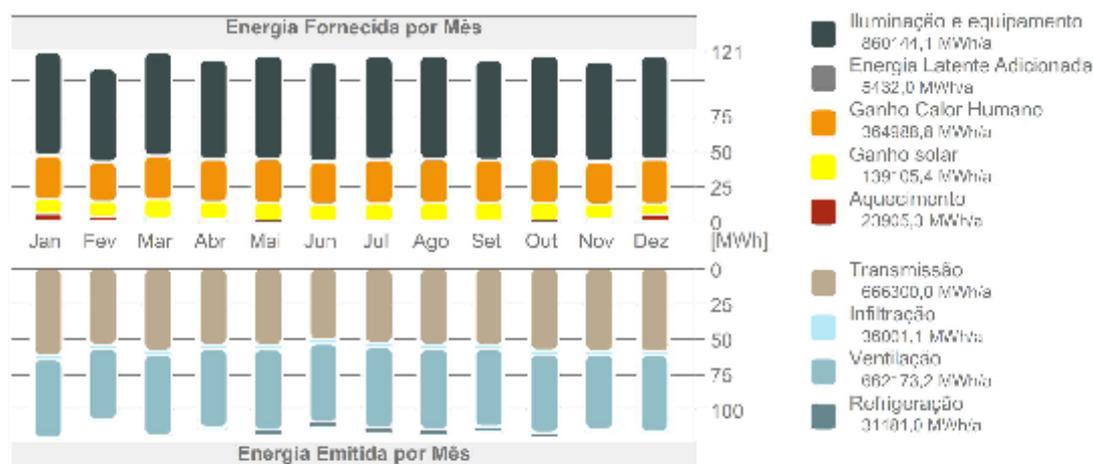
Valores Anuais Específicos

Energia de aquecimento líquido:	7,22 kWh/m ² a
Energia de arrefecimento líquido:	9,42 kWh/m ² a
Energia Total Bruta:	16,64 kWh/m ² a
Consumo de Energia:	277,23 kWh/m ² a
Consumo de Combustível:	270,10 kWh/m ² a
Energia primária:	800,34 kWh/m ² a
Custo Fuel:	43,35 EUR/m ² a
Emissão CO ₂ :	42,54 kg/m ² a

Dias Grau

Aquecimento (HDD):	1694,37
Refrigeração (CDD):	2041,87

Balanço Energético do Projecto



Blocos Térmicos

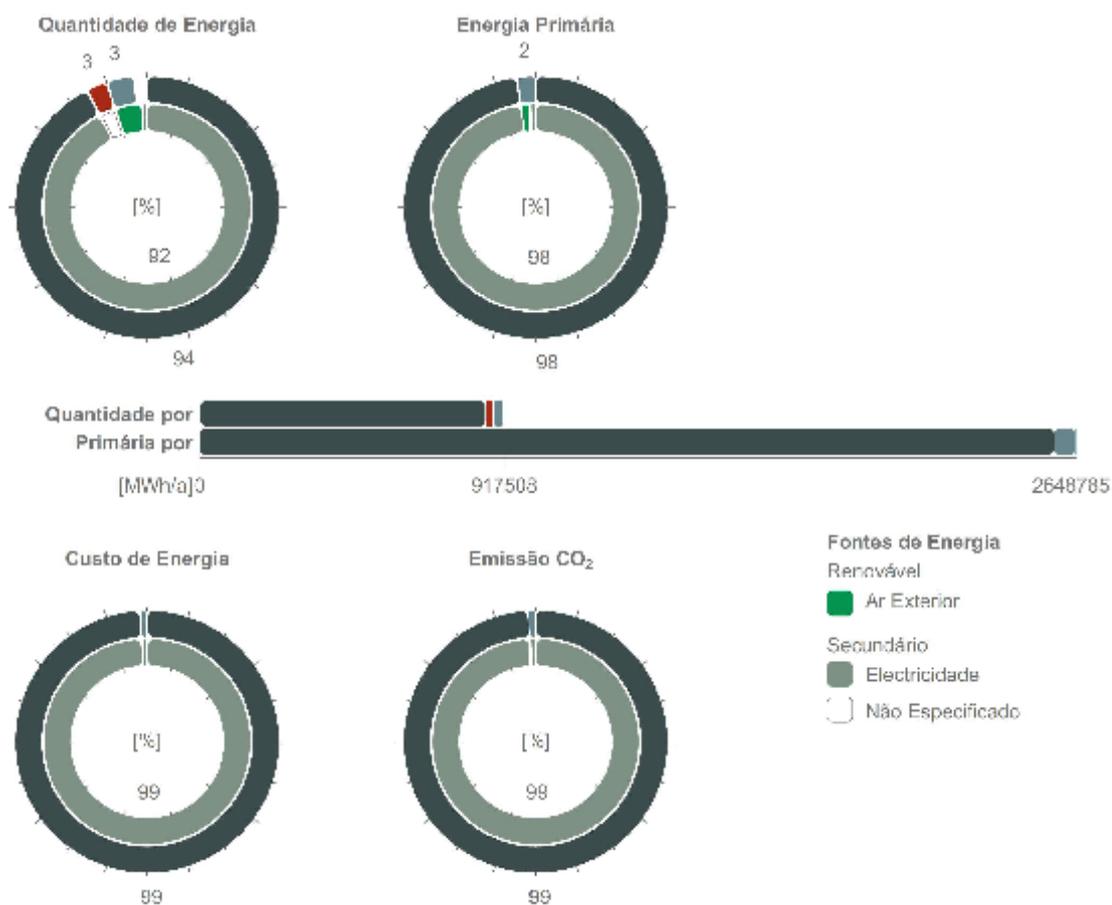
Bloco Térmico	Zonas Atribuído	Perfil de Operação	Área do Pavimento m ²	Volume m ³
001 Armários	23	Arrecadação	729,77	1864,37
001 Laboratórios	40	Laboratório	1026,52	2652,19
001 Escritórios	19	Escritório pessoal	361,07	922,47
002 Zonas de circulação	19	Áreas de circulaç...	580,14	1430,09
003 Instalações sanitárias	2	Casas de banho (...)	31,62	75,12
004 Área técnica	3	Sala de servidor, ...	910,09	2596,26
Total:	106		3619,21	9560,49

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S3 INIAV

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	Emissão kg/a
Aquecimento	23	0	0	0
Refrigeração	31	61	1250	1227
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	375	368
Iluminação & electrodomésticos	860	2580	141837	139209
Total:	917	2648	143464	140805



Avaliação de Desempenho Energético

Solução S3 INIAV

Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia			Custo EUR/a	Emissão CO ₂ kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a		
Renovável	Ar Exterior	38	38	ND	0
Secundário	Electricidade	873	2610	143454	140805
	Não Especificado	23	--	--	--
Total:		932	2648	143464	140805



Impacto Ambiental

Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	38	0
Secundário	Electricidade	2610	140805
Total:		2648	140805

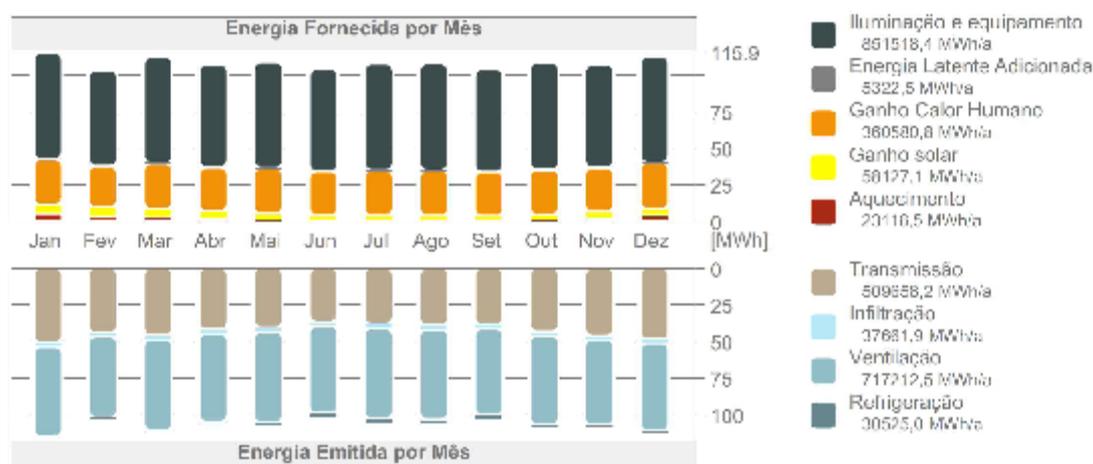
Avaliação de Desempenho Energético

Solução S4 INIAV

Valores Chave

Dados de projecto gerais		Coefficientes de transferência	Valor U	[W/m ² K]
Nome do Projecto:	INIAV	Média do invólucro do edifício:	3,21	
Localização Cídice:	Oeiras	Pavimentos:	--	
Latitude:	38° 41' 43" N	Externo:	0,44 - 7,24	
Longitude:	9° 19' 6" O	Subterrâneo:	--	
Altitude:	31,00 m	Aberturas:	2,11 - 11,68	
Origem dos Dados Climáticos:	Oeiras 109m.epw	Valores Anuais Específicos		
Date de Avaliação:	01/06/2019 23:02:42	Energia de aquecimento líquido:	7,09	kWh/m ² a
Dados de geometria do edifício		Energia de arrefecimento líquido:	9,36	kWh/m ² a
Área do Pavimento Bruta:	3589,71 m ²	Energia Total Bruta:	16,45	kWh/m ² a
Área de Pavimento Tratado:	3259,94 m ²	Consumo de Energia:	278,35	kWh/m ² a
Área da Envolvente Externa:	3112,57 m ²	Consumo de Combustível:	271,28	kWh/m ² a
Volume Ventilado:	9416,54 m ³	Energia primária:	804,23	kWh/m ² a
Proporção de envidraçado:	8 %	Custo Fuel:	43,57	EUR/m ² a
Dados de desempenho de invólucro do edifício		Emissão CO ₂ :	42,76	kg/m ² a
Infiltração a 50Pa:	2,07 ACH	Dias Grau		
		Aquecimento (HDD):	1694,37	
		Refrigeração (CDD):	2041,87	

Balanço Energético do Projecto



Blocos Térmicos

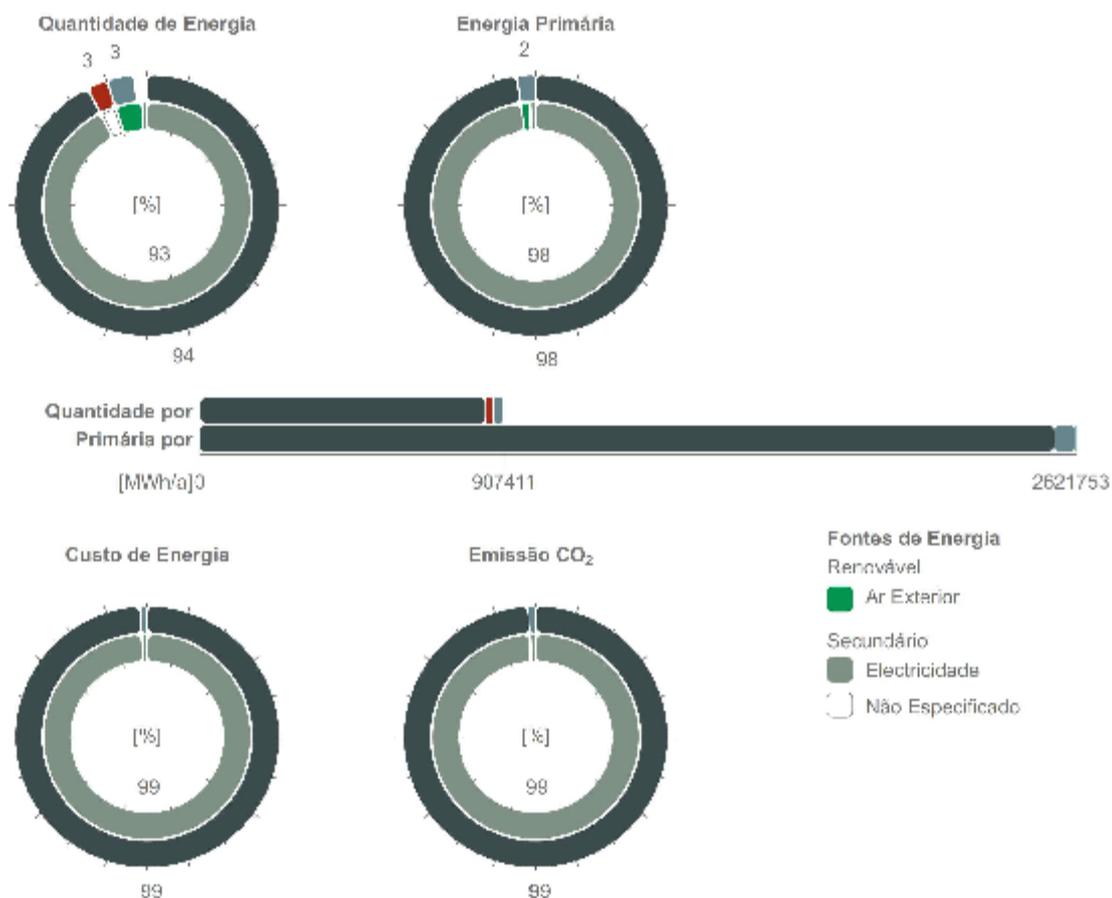
Bloco Térmico	Zonas Atribuído	Perfil de Operação	Área do Pavimento m ²	Volume m ³
001 Arrumos	23	Arrecadação	706,60	1810,56
001 Laboratórios	40	Laboratório	1025,43	2621,88
001 Escritórios	19	Escritório pessoal	361,22	911,64
002 Zonas de circulação	19	Áreas de circulaç...	581,50	1427,40
003 Instalações sanitárias	2	Casas de banho (...)	31,55	74,07
004 Área técnica	3	Sala de servidor, ...	903,40	2570,99
Total:	106		3589,71	9416,54

Avaliação de Desempenho Energético

Solução S4 INIAV

Consumo de Energia por Objectivos

Nome de Alvo	Energia			CO ₂
	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a	Custo EUR/a	Emissão kg/a
Aquecimento	23	0	0	0
Refrigeração	30	60	1233	1210
Serviço Água Quente	0	0	0	0
Ventoinhas de ventilação	2	6	371	364
Iluminação & electrodomésticos	851	2554	140415	137613
Total:	907	2621	142020	139388



Avaliação de Desempenho Energético

Solução S4 INIAV

Consumo de Energia por Fontes

Tipo de Fonte	Energia			Custo EUR/a	Emissão CO ₂ kg/a
	Nome de Fonte	Quantidade MWh/a	Primário MWh/a		
Renovável	Ar Exterior	38	38	ND	0
Secundário	Electricidade	861	2583	142020	139388
	Não Especificado	23	--	--	--
Total:		922	2621	142020	139388



Impacto Ambiental

Tipo de Fonte	Nome de Fonte	Energia Primária MWh/a	Emissão CO ₂ kg/a
Renovável	Ar Exterior	38	0
Secundário	Electricidade	2583	139388
Total:		2621	139388

Anexo III

Artigo e Poster - Congresso Construção 2018

**REABILITAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DE INTERESSE PÚBLICO UTILIZANDO METODOLOGIAS BIM****Sara Silva^{1*}; Maria João Falcão Silva²; Paula Couto²; Fernando Pinho¹**

1: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
e-mail: srd.silva@campus.fct.unl.pt; ffp@fct.unl.pt

2: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa
e-mail: mfalcao@lnec.pt ; pcouto@lnec.pt

Palavras-chave: Reabilitação de edifícios, Reabilitação sustentável, BIM, Edifícios de interesse público, Eficiência Energética

Resumo. *A reabilitação de edifícios tem vindo a crescer nos últimos anos, sendo, atualmente, uma das áreas com maior investimento por parte do setor público e privado. De facto, o objetivo da reabilitação de um edifício é aumentar o seu ciclo de vida, permitindo uma maior adaptabilidade, aumentando os padrões de qualidade, consumindo menor quantidade de materiais e energia, comparativamente com o recurso à construção nova. De facto, entende-se que a reabilitação de edifícios se evidencia como uma área em que um dos princípios orientadores deverá ser a sustentabilidade.*

A reabilitação energética de edifícios existentes representa um elevado potencial de poupança a diferentes níveis. Dado que o consumo de energia dos edifícios tem aumentado significativamente devido à maior exigência de conforto dos habitantes, à baixa qualidade construtiva e à inadequação do edifício ao contexto climático e ambiental onde se insere, torna-se inevitável implementar soluções que corrijam e até previnam estes problemas. Neste sentido, as técnicas de construção sustentável devem tornar-se parte integrante das estratégias de reabilitação de forma a possibilitar uma salvaguarda dos recursos para as gerações vindouras.

O presente trabalho pretende abordar a forma como a utilização de ferramentas digitais permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação de um edifício com interesse público, utilizando uma abordagem apoiada na metodologia BIM. São apresentadas as diferentes análises realizadas do ponto de vista do desempenho energético do edifício, testando diferentes soluções construtivas e analisando cada uma delas, o que permite observar qual a solução mais eficaz e qual a vantagem da utilização do BIM numa fase inicial de projeto. A aplicação do BIM na reabilitação do edifício permite realizar

o estudo conjunto e integrado dos diversos tipos de desempenho do edifício. As principais conclusões obtidas serão apresentadas e perspectivados os desenvolvimentos futuros do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população que se tem verificado desde a segunda metade do séc. XX, leva a um maior consumo de recursos naturais, principalmente nas áreas da indústria de construção, que tem vindo a acompanhar este crescimento, e, como consequência originado demasiados impactos ambientais. Este crescimento no sector da construção acarreta com ele uma ocupação excessiva do solo, muitos desperdícios e ainda uma grande alteração nos ecossistemas naturais (Vilhena, 2013).

Existe, de facto, o objetivo de tentar sensibilizar todos os intervenientes do sector da construção, desde o dono de obra, ao projetista, diretor de obra e empreiteiro para uma consciencialização mais ecológica de forma a conseguir que o sector seja mais sustentável, tornando a construção dos edifícios mais eficiente, o que já vem a acontecer a nível mundial, tentando desta forma que haja uma revolução na utilização de materiais e tecnologias, assim como uma perceção do custo total dos edifícios, considerando soluções mais sustentáveis, apelativas e vantajosas para os utilizadores (Lima, 1998).

A aposta na reabilitação de edifícios permite reduzir a utilização de recursos, tentando diminuir, assim, o impacto ambiental provocado pelo sector da construção e tornando-o mais eficiente. A fusão entre a reabilitação e a construção sustentável permite prolongar a vida útil de um edifício sem necessidade de construir um novo edifício de raiz, reduzindo desta forma os recursos naturais assim como a produção de resíduos, incrementando soluções construtivas mais amigas do ambiente (A. Mota, 2013).

Neste sentido, a execução de um estudo prévio numa fase inicial da reabilitação de um edifício é extremamente importante, de forma a compreender quais as melhores soluções para o tipo de edifício em estudo. Para isso, a utilização de ferramentas tecnológicas permitem uma abordagem mais eficiente na reabilitação do edificado sendo possível a tomada de decisões numa fase inicial da obra e tentando desta forma ser uma vantagem ao longo de todo o ciclo de vida desta.

O *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a estas novas exigências do processo de conceção construção e manutenção de edifícios. O BIM será, portanto, uma representação digital de um objeto construído pelas suas características físicas e funcionais que envolve a aplicação, manipulação e manutenção de informação relativa a todo o ciclo de vida de um determinado edifício através de um modelo de dados, visual, rico e consistente (Eastman et al., 2011).

No sector da construção nova o BIM já mostrou os seus potenciais benefícios no que diz respeito ao planeamento, projeto, análise energética, construção e entregas de projetos de edifícios construídos de origem. No setor do património o projeto não envolve apenas construção, mas também planeamento, ativo histórico, manutenção preventiva, documentação, investigação e pesquisa. O BIM pode assim ser uma mais valia oferecendo novas ferramentas para o setor para apoiar essas atividades através da colaboração digital e gestão eficiente da informação (Antonopoulou & Bryan, 2017).

Cada projeto de reabilitação é único e apresenta dificuldades individuais quer no seu projeto de modelação, demolição ou reconstrução, ao contrário de um projeto de uma construção nova. Ao tornar possível o controle de todas as contingências e a prevenção de eventuais problemas, o BIM torna-se bastante importante na tomada de decisão.

Acrescido ao referido, a preocupação com a sustentabilidade tem crescido de forma exponencial na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), baseada nos conceitos de projetos que consideram fatores sociais, económicos e ambientais nas suas estratégias. O impacto dos custos resultante de projetos de edificações sustentáveis é um dos recursos que os projetistas deveriam considerar quando estão a projetar um novo empreendimento ou reabilitar um edifício antigo (Alsayyar & Jade, 2015b).

A sustentabilidade deve ser considerada como um requisito para os projetos de obras, atendendo assim a novas exigências que se adicionam à necessidade prévia do cliente para além do usual, e podem ser vistas como oportunidades de inovação no processo do sector da construção (Azevedo, 2009).

Avaliar a sustentabilidade de um edifício implica uma análise de muitas variáveis que requerem tempo no processo de desenvolvimento do produto e da atuação de várias especialidades. Com a utilização do BIM, de acordo com (Eastman et al., 2011) é possível obter uma avaliação consistente, e fidedigna que permite a decisão em tempo real, preferencialmente na etapa de projeto.

Deve-se considerar que, por ser uma tecnologia inovadora, a modelação em BIM aplicada ao sector da reabilitação sustentável é uma mais valia. A utilização da dimensão BIM 6D permite executar análises energéticas detalhadas, avaliar o impacto ambiental, fazer medições e verificações durante a construção

para que seja possível de uma forma mais eficiente eleger quais os processos mais adequados na tomada de decisão para um melhor desempenho energético do edifício.

2. REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

A reabilitação pode ser definida como um conjunto de ações destinadas à conservação e ao restauro das partes importantes, tanto a nível estético, histórico ou funcional conferindo a possibilidade de reutilização de um determinado edifício. Estas intervenções devem permitir satisfazer os níveis de desempenho e exigências funcionais contemporâneas, criando uma harmonia entre a identidade original e a atual (João Appleton, 2011b). No passado, a reabilitação era considerada como pouco lucrativa e com pouca viabilidade económica. Atualmente, constata-se que o desenvolvimento económico pode ser estimulado pela reabilitação do património, com o aumento da atratividade nos centros urbanos, no âmbito do turismo, criação de emprego no setor da construção, economia de materiais, de infraestruturas e de ocupação do solo (José Vasconcelos Paiva et al., 2006).

Alguns autores defendem cada vez mais a reabilitação como a solução para voltar a atrair a população aos centros históricos, apresentando vantagens económicas e ambientais relevantes. Por isso, a reabilitação assume um papel cada vez mais importante na medida que pode atenuar os efeitos provocados pela crise no setor da construção (A. P. de M. Martins, 2014).

Neste sentido, a reabilitação tem como finalidade solucionar eventuais danos físicos, construtivos e ambientais que, caso não sejam alvo de intervenção de recuperação e modernização, podem ser conduzidos ao abandono e posteriormente à sua ruína (Andreescu et al., 2016). Estas operações visam também assegurar a longevidade do património urbano e arquitetónico para as gerações futuras, primando pela maior reutilização possível dos elementos estruturais e materiais existentes, respeitando assim os princípios de reabilitação ao nível da autenticidade, compatibilidade e reversibilidade das técnicas utilizadas (João Appleton, 2011b).

A reabilitação de edifícios tem variadas áreas de intervenção que podem ser alvo de estudo. No mesmo edifício pode ser executada uma reabilitação ao nível acústico, ao nível das instalações técnicas a nível estrutural ou a nível energético. A reabilitação energética de edifícios, pode ser encarada como uma vertente cada vez mais importante da reabilitação de edifícios. Esta assume particular relevo entre as intervenções deste tipo tentando integrar medidas de economia e de utilização racional da energia consumida. Para a realização da uma reabilitação energética de edifícios é necessário ter em consideração a reabilitação térmica da envolvente dos mesmos, realizada através do reforço do isolamento térmico nas zonas opacas, reforço do isolamento térmico e controlo de ganhos energéticos a partir dos vãos envidraçados.

Atendendo ao crescimento acentuado do consumo energético em Portugal, em parte devido às opções construtivas adotadas no passado, o papel da reabilitação de edifícios é ainda de maior importância. Reabilitar do ponto de vista energético consiste também em otimizar a eficiência dos sistemas de iluminação e climatização de forma a reduzir o custo associado ao consumo de energia e, se possível, recorrer à introdução de dispositivos que permitam o aproveitamento de energia a partir de fontes renováveis (José Vasconcelos Paiva et al., 2006).

3. BUILDING INFORMATION MODELING

O conceito BIM traduz um processo colaborativo em constante mudança e desenvolvimento, baseado fundamentalmente num processo de partilha de informação entre todos os intervenientes, ao longo das fases de intervenção de um edifício, principalmente entre a arquitetura e as especialidades, os construtores e os donos de obra, existindo assim um modelo digital tridimensional, ao qual se pode aceder através de software permitindo a construção virtual desse mesmo edifício. O modelo de informação digital contém, para além dos dados sobre as características geométricas dos elementos que compõem o edifício, tal como os modelos em CAD (Desenho Assistido por Computador) já os forneciam, uma panóplia de funcionalidades, nomeadamente dados relacionados com as diferentes áreas da engenharia, tais como, as estruturas, redes prediais, informações ao nível da sustentabilidade da construção, gestão de dados como informações de planeamento ou o custo da construção (Lino et al., 2012).

Existem, atualmente, várias empresas que são fomentadoras do desenvolvimento de sistemas CAD, apostando assim no BIM e tentando desenvolver várias soluções baseadas neste conceito. Alguns desses softwares só trabalham com uma única especialidade, mas o facto de serem softwares BIM faz com que possuam a interoperabilidade, para que quando for necessário a utilização de outra especialidade possa através do formato IFC (Industry Foundation Classes) exportar e abrir o modelo num outro software BIM de interesse, sem que haja a perda ou alteração de dados ou informação. Os softwares BIM mais utilizados no mercado, atualmente, para o estudo da avaliação energética são o Revit da Autodesk e o ArchiCAD da

Graphisoft, sendo que este último é o software BIM mais antigo no mercado. O software Revit da Autodesk possui ferramentas de simulação estrutural e energética, sendo que a função de análise energética é elaborada a partir do serviço em nuvem chamado de Green Building Studio, o qual permite executar várias simulações dinâmicas e energéticas ao edifício em estudo como por exemplo, a análise de emissão de carbono anual e o consumo anual de energia. O software Archicad é uma ferramenta BIM de projeto de arquitetura comercializada pela Graphisoft e possui a funcionalidade, incluída no programa, de avaliação energética que permite aos projetistas a realização de avaliações energéticas e de sustentabilidade.

A fase de projeto inicial é uma fase crucial para a minimização do impacto ambiental e para a redução da utilização de recursos não-renováveis de uma obra quer seja ela, uma construção nova ou uma obra de reabilitação. O aparecimento dos softwares BIM que conseguem juntar a modelação com a realização de avaliações energéticas, por forma a estudar o comportamento térmico do edifício num só programa, permite ao projetista a tomada de decisões mais conscientes, precisas e informadas sobre o projeto em questão. Desta forma é possível fazer a escolha do tipo de materiais que podem ser utilizados, a escolha dos sistemas de energia renováveis mais eficientes, ou o tipo de vãos envidraçados mais adequados à exposição solar do edifício em causa e fazer o estudo da avaliação energética de forma relativamente rápida, fácil e económica, por forma a tentar fazer uma escolha acertada e quase personalizada consoante as necessidades do edificado em causa.

4. CASO DE ESTUDO

4.1 Considerações iniciais

O objetivo do trabalho apresentado é proceder a uma análise comparativa entre diferentes soluções de reabilitação e compará-las com a solução base do edificado para conseguir perceber quais os ganhos energéticos e qual a solução ótima para o edifício em estudo. Demonstrando, desta forma, a possibilidade de intervir num processo de reabilitação sustentável, comprovando a melhoria da eficiência energética do mesmo através de uma ferramenta que integra a metodologia BIM. Para além do referido, pretende-se modelar um edifício o mais próximo da realidade, comprovando que já numa fase de projeto é possível prever e analisar diversas medidas de intervenção na procura de melhores resultados para tornar o edifício energeticamente mais eficiente.

4.2 Caracterização do edifício

O edifício, selecionado no âmbito do estudo, encontra-se localizado na Avenida da República, em Oeiras, na Quinta do Marquês (Figura 1) é parte integrante do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) e concentra, atualmente, os diversos laboratórios dos organismos ligados a investigação em funcionamento.

O edifício escolhido para o caso de estudo, foi construído no final dos anos 60, e é constituído por 3 pisos, designados, Cave, Piso 0, Piso 1, e tem também um sótão, que apenas é utilizado para a maquinaria técnica, perfazendo uma área construída de aproximadamente 7370m², não tendo sido contabilizada a aérea do anfiteatro. Este edifício é composto principalmente por salas de escritórios e laboratórios.



Figura 6.1. Edifício do INIAV (Fonte: www.google.pt/maps)

4.3 Software utilizado

Para a realização do trabalho e de forma a aplicar a metodologia BIM na reabilitação do edifício referido, e analisar o desempenho energético do mesmo foi necessário inicialmente proceder à escolha do software BIM que permitisse executar esse tipo de análise. O software escolhido foi o ArchiCAD da Graphisoft, pois este programa não só consegue fazer a modelação do edifício, como também tem uma funcionalidade incluída no software que permite fazer a análise energética do mesmo. Não sendo necessário exportar o modelo para um programa específico de análise energética que possuísse capacidades de interoperabilidade com o ArchiCAD, tornando assim a escolha deste software uma mais valia (Figura 2).

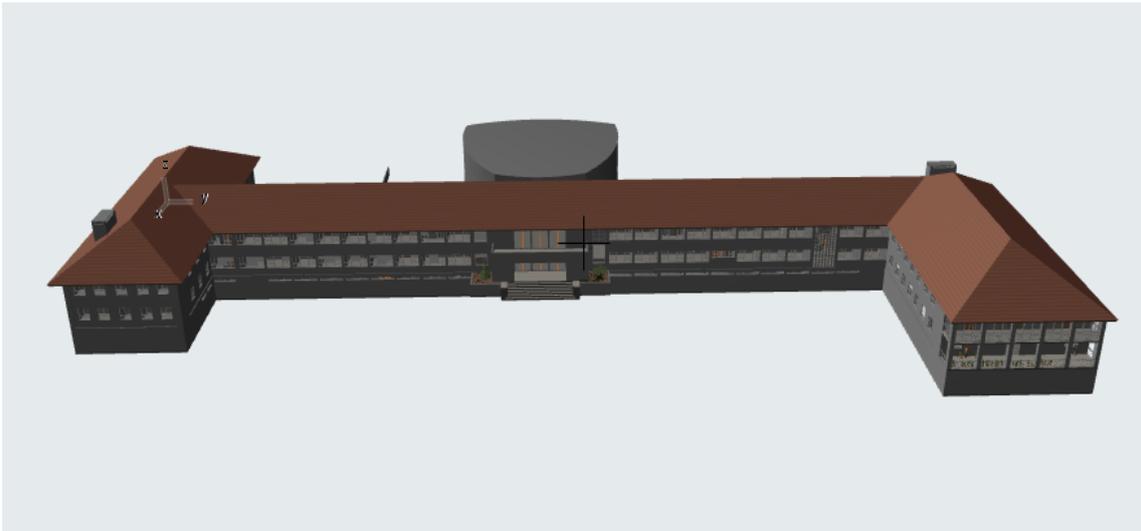


Figura 6.2. Modelo tridimensional desenvolvido no software ArchiCAD

A cada elemento do modelo foram atribuídas características geométricas e físicas, bem como definidos os tipos de materiais e as propriedades térmicas conforme as características do edifício existente. Para além da introdução dos elementos da construção do edifício, foi introduzido no programa também a sua localização, a sua orientação solar, para que na simulação estivessem aplicadas diretamente as condições onde o edificado está implantado.

4.4 Técnicas de reabilitação

Para o estudo de reabilitação energética do edifício, foram definidas várias propostas de intervenção no sentido de melhorar o desempenho energético do edificado.

A primeira proposta assentou na melhoria das paredes exteriores do edifício, pois tendo em conta o ano de construção, finais dos anos 60, e o desconhecimento da constituição das mesmas, considerou-se que a introdução de isolamento térmico pelo exterior seria uma boa solução. Para isso, optou-se pela introdução do sistema External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), ou seja, na aplicação de um sistema de isolamento compósito térmico pelo exterior. Este tipo de isolamento consiste na aplicação de uma camada de isolante térmico sobre o pano exterior da parede do edificado, com um revestimento exterior armado composto por uma ou mais camadas por forma a garantir a sua proteção contra agentes atmosféricos.

A segunda proposta de melhoria consistiu na substituição dos vãos envidraçados do edifício, pois estes já se encontram em fracas condições e necessitam de uma intervenção para que possam melhorar as suas características térmicas. O objetivo desta substituição é uma melhoria das trocas térmicas entre o interior e o exterior do edificado, aumentando assim a qualidade térmica do mesmo.

A terceira e última proposta de melhoria baseou-se na introdução de sistemas de produção de energia a partir de fontes renováveis, como, por exemplo, a colocação de painéis solares.

4.4. Procedimento de modelação

Antes da realização da simulação, foram definidas configurações básicas de energia (Figura 3), representadas pelo tipo de construção, pela localização da edificação pelo nível do terreno do projeto, pela definição do tipo de sistemas de aquecimento e arrefecimento do edifício, entre outros. Além disso, existem, outros parâmetros opcionais, tais como o tipo de construção e utilização do edifício, que melhoram a precisão do modelo de energia criado para o sucesso da análise.

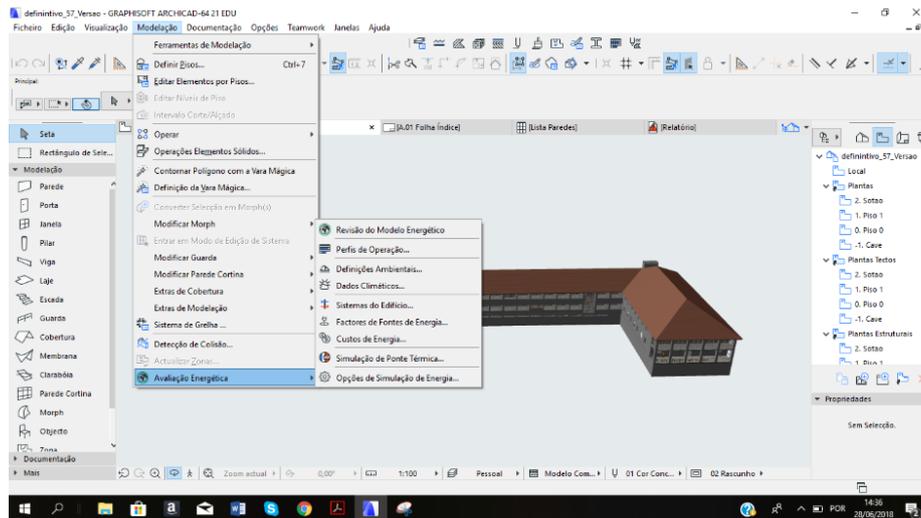


Figura 6.3. Janela de configuração para simulação energética no ArchiCAD

Outro parâmetro muito importante a definir para elaborar a análise é a atribuição de zonas aos compartimentos do edifício, as zonas são unidades espaciais do projeto que, normalmente, representam compartimentos ou sectores de um edifício, a elaboração desta componente permite o cálculo de várias características importantes, tais como, áreas, volumes, e também permite mostrar qual o tipo de ocupação que foi atribuído a zona em questão (Figura 4).

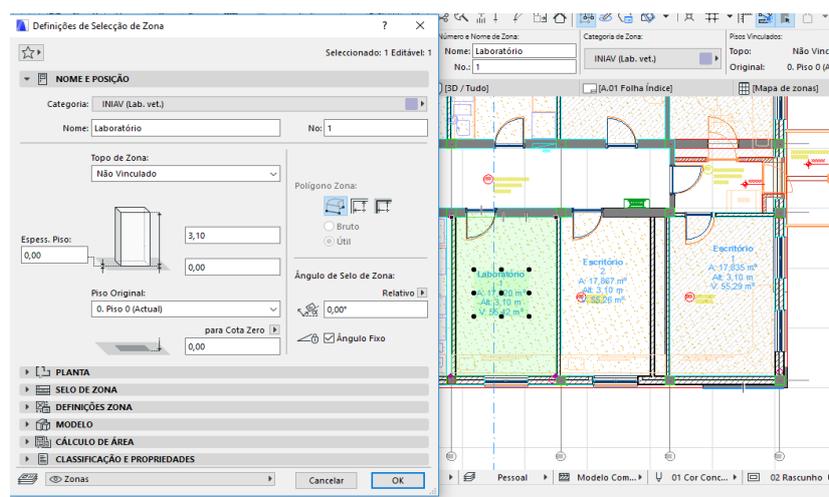


Figura 4. Janela de configuração para seleção de zona no ArchiCAD

Para fins de avaliação energética o software ArchiCAD irá agrupar as zonas em blocos térmicos, estes são o conjunto de uma ou mais divisões do edifício com características semelhantes em termos de requisitos de aquecimento ou de arrefecimento (Figura 5).

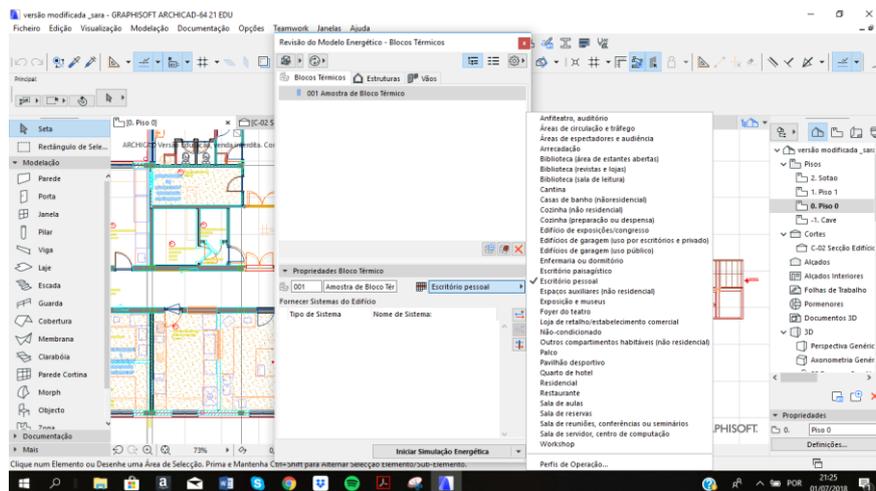


Figura 5. Janela de configuração de Blocos Térmicos no ArchiCAD

Ao elaborar a análise são apresentados os blocos térmicos de aquecimento e arrefecimento, de iluminação e outros equipamentos do modelo analisado, para cada mês, sendo possível identificar os pontos críticos do projeto.

Os resultados da simulação serão apresentados em forma de gráfico ou em forma de tabela, contendo valores mensais precisos para perdas e ganhos da edificação, possibilitando a manipulação dos mesmos e a sua comparação com a medições reais e com parâmetros de referências de normas de desempenho térmico. Estes valores estão presentes num relatório fornecido pelo programa, de forma a permitir uma primeira análise rápida dos consumos energéticos.

A possibilidade de editar as propriedades térmicas dos materiais do edifício modelado no software ArchiCAD, permite a realização de várias simulações com diversas combinações de possíveis melhorias a implementar no edifício, podendo através dos resultados obtidos fazer uma análise custo-benefício.

A simulação energética do edifício será feita com base nas características reais do edificado em estudo, para que os valores de consumo energético resultantes da simulação vão de encontro com os valores reais, podendo, no entanto, ser um pouco divergentes dos valores reais, por simplificações utilizadas no programa e por se tratar de um modelo aproximado, em vez do modelo exato do edifício. Na simulação vai ser tido em conta os horários reais de funcionamento do edifício, a taxa de ocupação do edifício, as potências dos equipamentos instalados no interior, como também as características dos elementos construtivos e os dados climáticos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho em desenvolvimento perspetiva-se apresentar os benefícios da utilização da metodologia BIM num processo de análise energética de um edifício alvo de reabilitação e tentar mostrar as vantagens dessa utilização durante as fases iniciais de projeto, comparando vários cenários de reabilitação, como é o caso da introdução de isolamento térmico nas envolventes do edifício, a alteração dos vãos envidraçados, a integração de sistemas de energias renováveis, por forma a tentar chegar à solução mais vantajosa do ponto de vista energético. Como conclusão preliminar do estudo refere-se que, o software BIM utilizado

constitui uma importante ferramenta digital durante a fase inicial de um projeto de reabilitação, servindo de suporte à tomada de decisão na escolha das melhores soluções a adotar numa intervenção deste género. A utilização de ferramentas deste tipo permite efetivamente que todos os intervenientes consigam otimizar o custo e o tempo dedicados ao projeto em causa. A aplicação do conceito BIM, a um cenário como o apresentado, permite que sejam comparados de forma rápida e eficaz diferentes quadros de reabilitação através do acesso a informação prévia como os consumos, o balanço energético e o impacto ambiental. Esta informação permite que, ainda numa fase inicial, o projetista, o dono de obra e empreiteiro possam decidir de forma mais sustentada as suas ações de forma a otimizar todo o projeto de reabilitação.

REFERÊNCIAS

- ADENE. (2018). Edifícios - ADENE. Retrieved September 16, 2018, from <https://www.adene.pt/edificios/>
- Alsayyar, B., & Jrade, A. (2015a). Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects. *5th International/11th Construction Specialty Conference. Vancouver - British Columbia: 10 P.*
- Alsayyar, B., & Jrade, A. (2015b). Integrating Building Information Modeling (BIM) with sustainable universal design strategies to evaluate the costs and benefits of building projects. *5th International/11th Construction Specialty Conference. Vancouver - British Columbia: 10 P.*
- Andrescu, L., Gaivoronsch, V., & Mosoarca, M. (2016). Old and New - The Complex Problem of Integrating New Functions into Old Building. *Procedia Engineering, 161*, 1103–1108. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.513>
- Antonopoulou, S., & Bryan, P. (2017). *BIM for Heritage - Developing a Historic Building Information Model*. Historic England.
- Appleton, J. (2009). “Congresso LiderA 09: Novas oportunidades para a construção sustentável. Reabilitação Sustentável.”
- Appleton, J. (2011a). A Sustentabilidade nos Projectos de Reabilitação de Edifícios. *Encontro Nacional de Engenharia Civil*.
- Appleton, J. (2011b). *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias E Tecnologias de Intervenção*. (Orion).
- Attia, S. (2010). Building Performance Simulation Tools: Selection Criteria and User Survey. *Architecture*, (January), 1–47.
- Azevedo, O. J. M. D. (2009). Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras. *Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade Do Minho*.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. *United Nations Commission, 4(1)*, 300. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Cabrita, A., Aguiar, J., & Appleton, J. (1992). *Manual de apoio à reabilitação dos edifícios do Bairro Alto*. Lisboa.
- Caires, B. (2013). *BIM as a tool to support the collaborative project between the Structural Engineer and the Architect BIM execution plan, education and promotional initiatives*. Universidade do Minho Escola de Engenharia.
- Carvalho, M. T. M. (2009). Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. *Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília*.
- Castanheira, G. (2013). *Estratégias de Intervenção para a Regeneração Urbana Sustentável*. Universidade do Minho.
- Colantonio, A., & Dixon, T. (2011). Urban Regeneration: Delivering Social Sustainability. In *Urban Regeneration & Social Sustainability* (John Wiley, pp. 54–79). Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444329445.ch4>
- Delgado, M. J. F. C. S. (2008). *A Requalificação Arquitectónica na Reabilitação de Edifícios. Critérios Exigências de Qualidade; Estudo de casos*. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58032/1/000129339.pdf>
- Dias, L. F. S. da C. (2012). A sustentabilidade na reabilitação do património edificado. Retrieved from https://run.unl.pt/bitstream/10362/7549/1/Dias_2012.pdf
- Dinis, R. (2010). *Contributos para a reabilitação sustentável de edifícios de habitação*. Universidade Nova de Lisboa.
- DL n°118/2013. (2013). Sistema de Certificação Energética dos Edifícios. *Diário Da República, 159*, 4988–

- 5005.
- DL nº156/1992. (1992). Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. *Diário Da República*, 3534–3548.
- DL nº307/2009. (2009). Regime Jurídico da Reabilitação Urbana. *Diário Da República*, 7956–7975.
- DL nº53/2014. (2014). Regime Excepcional para Reabilitação Urbana. *Diário Da República*, 2337–2340.
- DL nº79/2006. (2006). Regulamento dos Sistemas Energeticos de Climatização em Edifícios. *Diário Da República*, 2416–2468.
- DL nº80/2006. (2006). Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. *Diário Da República*, 2468–2513.
- Dyson, E. (1991). *Graphisoft: The entry of a hungarian software venture into the us market*. Retrieved from https://archicad-talk.graphisoft.com/files/graphisoftshort_182.pdf
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition*.
- Faia, B., & Aia, P. (2004). *Barriers to the Adoption of Building Information Modeling in the Building Industry*. Retrieved from www.m4i.org
- Freitas, V. P. (2012). *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edificios antigos*.
- Giollo, R. B., Falcão, M., & Couto, P. (2016). *Interoperabilidade entre modelos BIM e aplicação PRONIC: Reabilitação de um edifício público*. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia.
- Huber, D., Akinci, B., Adan, A., Anil, E., Okorn, B., & Xiong, X. (2011).). Methods for Automatically Modeling and Representing As-built Building Information Models. Automating the Creation of As-built Building Information Models. *Proceedings of the NSF CMMI Research and Innovation Conference, Atlanta, Georgia*.
- INE. (2017). *Estatísticas da construção e habitação 2017*.
- INIAV. (2005). *História da Estação Agronómica Nacional*.
- Librelotto, L. (2005). Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões económica, social e ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações. *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis*.
- Lima, G. F. da C. (1998). Consciência ecológica: emergência, obstáculos e desafios. *Ci. & Tróp., Recife*, 26(1), 103–122. Retrieved from <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/672/443>
- Lino, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, 24–26.
- LNEC. (2005a). DE - Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE). Retrieved from http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/reg_const_Portugal.html
- LNEC. (2005b). Evolução das tipologias construtivas em Portugal. *Lnec*, 9–10. Retrieved from http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html
- LNEC, IHRU, ICI, ANC, & APA. (2014). *Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana - Guia Prático*. Retrieved from http://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/reabilitacao/RERU/RERU_0_Indice.pdf
- Lopes, J. (2017). *João Donato Oliveira Lopes Utilização da metodologia BIM no apoio à reabilitação funcional de um edifício*. Universidade Nova de Lisboa.
- Lopes, T. da C. (2010). *Reabilitação sustentável de edificios de habitação*. Universidade Nova de Lisboa.
- Maile, T., Fischer, M., & Bazjanac, V. (2007). Cifecenter for Integrated Facility Engineering - Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective, (December).
- Martins, A. P. de M. (2014). *A Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado*.
- Martins, J. P. P. (2009). Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. *Dissertação Apresentada à Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto Para a Obtenção Do Grau de Doutor Em Engenharia Civil*.
- Mateus, R., & Bragança, L. (2006). *Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção* (Edições Ec). Porto.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2011). “Building Information Modeling (BIM) - Teoria E Aplicação.” *International Conference on Engineering UBI* 10.
- Monteiro, A., & Martins, J. (2011). Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. *International Conference on Engineering UBI*, 10.
- Mota, A. (2013). *Consumo ecológico – Poupar o ambiente e a carteira*. (Deco & Proteste, Eds.). Lisboa.
- Mota, C. S. A. da. (2015). Modelo 4D do planeamento da construção apoiado na tecnologia BIM.
- Oliveira, M. (2017). 6º Fórum Internacional ECOINOVAR Santa Maria/RS – 21 a 23 de Agosto de 2017 Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade - Análise da efetividade dos Benefícios do sistema e os

- princípios intrínsecos a construção enxuta. Retrieved from <http://ecoinovar.com.br/cd2017/arquivos/artigos/ECO1565.pdf>
- Paiva, J. V. (2000). *Medidas de reabilitação energética em edifícios*. Lisboa.
- Paiva, J. V., Aguiar, J., & Pinho, A. (2006). *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. (INH & LNEC, Eds.).
- Petzold, F., & Donath, D. (2004). Digital Building Surveying and Planning in Existing. In 1st. *ASCAAD International Conference, e-Design in Architecture KFUPM, Dhahran, Saudi Arabia*. Retrieved from <http://www.ascaad.org/conference/2004/pdfs/paper6.pdf>
- Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável (in Portuguese Environment and Sustainable Construction)*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2707.8724>
- Porter, L., & Shaw, K. (2013). *Whose Urban Renaissance? An international comparison of urban regeneration strategies*. (Routledge, Ed.).
- Prada-Hernández, A. V., ROJAS-Quintero, J. S., Vallejo-Borda, J. A., & Ponz-Tienda, J. L. (2015). Interoperability of BEM with BIM. *Bim*, 15(1), 519–526. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3807.3042>
- Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas. (1903). Decreto-Lei n.º 38/382.
- Reinhardt, J., & Bedrick, J. (2017). *Level of Development Specification Guide Participating Organizations. Level of Development Specification LOD Spec 2017 Guide*. Retrieved from www.bimforum.org/lo/www.bimforum.org/lo
- Romão, A. M. S. (2015). *Reabilitação Urbana Sustentável – Modelo de Intervenção para o Espaço Público*. Universidade Nova de Lisboa.
- Saepro. (2017). Breve histórico do BIM - SAEPRO. Retrieved May 3, 2018, from <https://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>
- Santos, L. M., & Couto, J. P. (2015). Ferramentas e processos BIM de avaliação e otimização energética em edifícios. *BIM Tools and Procedures for Energy Evaluation and Optimization in Buildings ISSN Para ISBN*, 174–178. <https://doi.org/10.14684/SHEWC.15.2015.174-178>
- Tavares, A. F. N. (2008). *Reabilitação Urbana - o caso dos pequenos centros históricos*. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Universidade Nova de Lisboa. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Venâncio, M. (2015). Avaliação Da Implementação De Bim – Building Information Modeling Em Portugal. *Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Da Universidade Do Porto, Porto, Portugal, 2015*, 1–402.
- Vilhena, A. (2013). Reabilitação habitacional e o setor da construção civil, 1–37.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs [*Autom . Constr . 38 (Marc , 38(October 2017)*]. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

INTRODUÇÃO

O aumento da população que se tem verificado desde a segunda metade do séc. XX, leva a um maior consumo de recursos naturais, principalmente nas áreas da indústria da construção que tem vindo a acompanhar esse crescimento. Este crescimento no setor da construção acarreta com ele uma ocupação excessiva do solo, maiores despesas e ainda uma grande alteração nos ecossistemas naturais [1]. A aposta na reabilitação de edifícios permite reduzir a utilização de recursos, tratando doenças, assim, o impacto ambiental provocado pelo setor da construção e torná-lo mais eficiente [2]. Neste sentido, a adoção de um estudo prévio a cada fase inicial da reabilitação de um edifício é extremamente importante, de forma a compreender quais as melhores soluções para o tipo de edifício em estudo. Para isso, a utilização de ferramentas tecnológicas permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação do edifício sendo possível a tomada de decisões numa fase inicial da obra e tratando desta forma as suas vantagens ao longo de todo o ciclo de vida deste. O *Building Information Modeling (BIM)* surge como uma metodologia inovadora que procura dar resposta a estas novas exigências do processo de conceção, construção e manutenção de edifícios [3].

OBJETIVOS DO ESTUDO

O principal objetivo do estudo é compreender de que forma a utilização de ferramentas digitais permite uma abordagem mais eficiente na reabilitação de um edifício com interesse público. Procedendo desta forma, e considerando diferentes soluções de reabilitação, torna-se possível obter uma análise de alternativas entre soluções propostas comparando-as com a solução base e assim conseguir perceber quais os ganhos energéticos e qual a solução ótima para o edifício objeto de estudo concreto.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

A reabilitação pode ser definida como um conjunto de ações destinadas à conservação e ao restauro das partes importantes, tanto a nível estético, como técnico ou de outras partes importantes. Tanto a nível estético, histórico ou funcional, como também a possibilidade de reabilitação de um determinado edifício [4]. De facto, o objetivo da reabilitação de um edifício é aumentar o seu ciclo de vida, permitindo uma maior adaptabilidade, aumentando os padrões de qualidade. Para isso é essencial que se desenvolvam normas e metodologias que controlem e reduzam os seus impactos negativos, dando origem a um setor mais sustentável. A reabilitação energética de edifícios, pode ser entendida como uma vertente cada vez mais importante da reabilitação. Esta assume particular relevância nas intervenções deste tipo tratando-se de integrar medidas de economia e de utilização racional de energia económica. [5] Atendendo ao crescimento constante do consumo energético em Portugal, em parte devido às ações construídas a nível nacional, uma política de reabilitação de edifícios é a mais de maior importância. Resultar da ponto de vista energético consiste em otimizar a eficiência dos sistemas de iluminação e climatização de forma a reduzir o custo associado ao consumo de energia e, se possível, recorrer à tecnologia de dispositivos que permitam a apresentação de energia a partir de fontes renováveis [6].



Figura 2 - Ciclo de vida energético de um edifício

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O uso da metodologia BIM está associado ao planeamento do projeto, análise de custos da construção ou análises energéticas e outras de projeto de edifício e das estruturas construídas, verificando-se atualmente uma maior procura de adaptar estas ferramentas nas fases iniciais do ciclo de vida de um edifício existente. O aproveitamento dos softwares BIM que conseguem juntar a modelação com a realização de análises energéticas, permite a modelar o comportamento térmico do edifício com o programa, permitindo ao projetista a tomada de decisões mais conscientes, precisas e informadas sobre o projeto em questão.

O software Archical é uma ferramenta BIM de projeto de arquitetura concebida pela Graphisoft e possui a funcionalidade, incluída no programa, de análise energética, permitindo aos projetistas a realização de análises energéticas e de análise de sua sustentabilidade.

METODOLOGIA

A modelação de edifício foi realizada tendo em conta as características da mesma para que este se aproximasse o mais possível à realidade.

O edifício selecionado no âmbito do estudo tem um carácter público e é parte integrante do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV).



Figura 1 - Edifício do INIAV (Fonte: www.google.pt/maps)

O software adotado para a realização do trabalho consegue fazer a modelação do edifício com parâmetros reais e também tem a funcionalidade incluída que permite fazer a análise energética da mesma, não sendo necessário recorrer a modelos para ser possível a realização de análises energéticas que permitem comparações de interoperabilidade com o software.

FASE 1

Para fase inicial foi atribuída a cada elemento do modelo características geométricas e físicas, bem como definidos os tipos de materiais e as suas propriedades térmicas conforme as características do edifício existente.



Figura 3 - Modelo 3D do edifício existente no software Archical

FASE 2

Na segunda fase foi necessário definir e atribuição de zonas aos compartimentos do edifício, pois esta atribuição espacial do projeto permite o cálculo de vários parâmetros importantes e também mostra qual o tipo de ocupação que foi atribuída à zona em questão.



Figura 4 - Janela de configuração de zonas no software

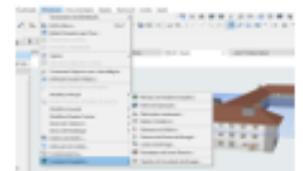


Figura 5 - Janela de configuração de parâmetros de análise energética do Archical

FASE 4

Para finalizar e antes de proceder à análise energética propriamente dita, é necessário também criar os blocos térmicos, que são um conjunto de zonas de zonas, e a sua divisão com edifício com simetrias relativamente aos seus requisitos de aquecimento ou arrefecimento.



Figura 6 - Janela de configuração de blocos térmicos no Archical

RESULTADOS

Os resultados da simulação são apresentados na forma de gráficos ou tabelas, conforme valores necessários para a previsão de ganhos de reabilitação, possibilitando a comparação dos mesmos e a sua comparação com condições base e com parâmetros de reabilitação de zonas de zonas pelo modelo.

A possibilidade de editar as propriedades térmicas dos materiais do edifício modelado no software, permite a realização de várias simulações com diversas combinações de possíveis reabilitações a implementar no edifício, podendo através dos resultados obtidos fazer uma análise custo-benefício.

CONCLUSÃO

O trabalho encontra-se em desenvolvimento e perspectivas apresentam os benefícios da utilização da metodologia BIM num processo de análise energética de um edifício alvo de reabilitação. Mostra-se desta forma as vantagens desta análise energética durante as fases iniciais do projeto, comparando vários cenários de reabilitação, por forma a tentar chegar à solução mais vantajosa de ponto de vista da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Filipe, "Reabilitação habitacional e o setor da construção civil", pp. 1-3, 2003.
- [2] A. Mata, *Consumo energético - Preparar o ambiente e a carreira urbana*, 2013.
- [3] C. Ferraz, F. Trindade, R. Sacks, and K. Linder, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition, 2011.
- [4] J. Apoleno, *Reabilitação de Edifícios Antigos - Património e Tecnologias de Inovação*, Urban, 2011.
- [5] J. V. Faiva, "Métodos de reabilitação energética em edifícios", Lisboa, 2008.
- [6] J. V. Faiva, J. Aguiar, and A. Pinho, *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, 2006.
- [7] J. V. Faiva, "Construção de energia nos edifícios",

Anexo IV

Resumo e Poster.-.8th ICBR 2018

8th International Conference on Building Resilience

November 14-16, 2018 Lisbon, Portugal

SUGGESTED TRACK CODE: 04

SUGGESTED TRACK NAME: Enhancing Disaster Preparedness for Effective Response and to “Build Back Better” in Recovery, Rehabilitation and Reconstruction

FORM OF PRESENTATION: Poster presentation

TITLE: Implementation of BIM in the rehabilitation of a building of public interest

Abstract

The number of buildings that have been rehabilitated in recent years has increased, making this, one of the areas with the biggest investment by the public and private sector. In fact, one of the main purposes of building rehabilitation is to increase its life cycle, allowing a better adaptability, increasing quality standards, reducing the utilization of new materials and energy compared to the construction of a new building. Considering this, it is essential to develop norms and methodologies that will supervise and reduce the negative impact of the construction sector, allowing the rise of a new and more sustainable sector.

Building Information Modelling (BIM) is one of the emerging methodologies that provide a new approach to the process of control and management of all the information created and developed in the design phase by the various specialities, as well as by all stakeholders during the life cycle of the constructions, through the creation of a digital model of the building. The adoption of the BIM methodology is associated with project planning, cost analysis of the construction or energy analyses, and project deliveries of the building and constructed structures, as a result, nowadays there is a greater demand to adapt these tools in the early stages of the life cycle of a building.

In Portugal most of the existing buildings were built before 1990, prior to the first thermal regulations, which is why they tend to have a low energy performance. It is essential to think about thermal efficiency for sustainable development, optimizing energy use without compromising the quality of the interior environment through the use of constructive solutions

and more efficient technologies, such as the introduction of thermal isolation and the replacement of glazing spans and window frames. The choice of materials in addition to the regulatory constraints should also take into account other factors related to the environmental impact, and the use of materials made from recycled or natural materials should be preferred, provided they are compatible with the economic requirements and goals of the project.

The present work intends to approach the application of digital tools as well as their efficiency in the rehabilitation of a building with public interest, using a method supported in the methodology BIM. The different analyses concerning the energy performance of the building are presented by testing different constructive solutions and analysing each of them, by using a more sustainable approach regarding the consumption of natural resources regarding the interior environmental comfort and durability of the building, as a way of observing what is the most effective solution and the advantage of using BIM at an early stage of the project. The application of BIM in the rehabilitation of the building allows the combined integrated study of the diverse types of performance of the building. The main conclusions obtained shall be presented in context and future developments of the work.

KEYWORDS: BIM; Sustainable rehabilitation; Buildings with public interest



Implementation of BIM in the rehabilitation of a building of public interest

Maria João Falcão Silva¹, Sara Silva², Paula Couto¹, Fernando Pinho²

¹LNEC / ²FCT NOVA; CERIS



8th International Conference on Building Resilience – 8ICBR Lisboa / Portugal / 14-16 November 2018

INTRODUCTION

The increase of the population that has been verified since the second half of the 20th century, leads to a greater consumption of natural resources, mainly in the areas of the construction industry that has been accompanying this growth. This growth in the construction sector leads to excessive soil occupation, too much waste and a major change in natural ecosystems [1]. The challenge on the rehabilitation of buildings allows to reduce the use of resources, trying to reduce the environmental impact caused by the construction sector and making it more efficient [2]. Therefore, the execution of a previous study with the use of technological tools at an early stage of a building rehabilitation is extremely important, in order to understand the best solutions for the type of building under study. Building Information Modelling (BIM) is an innovative methodology that seeks to respond to these new requirements of the building design, construction and maintenance process [3].

OBJECTIVES OF THE STUDY

The main objective of the study is to understand how the use of digital tools allows a more efficient approach in the rehabilitation of a building with public interest. In this way, and considering different solutions of rehabilitation, it is possible to perform an analysis of alternatives between proposed solutions, comparing them with the base solution and thus be able to perceive which energetic gains and which the optimal solution for the proposed case study.

BUILDING REHABILITATION

The rehabilitation of buildings has been growing in the last years, being currently one of the areas with greater investment by the public and private sector. In fact, the aim of building rehabilitation is to increase its life cycle, allowing for greater adaptability and raising quality standards. For this, it is essential to develop standards and methodologies that control and reduce their negative impacts, giving rise to a more sustainable sector. The energy rehabilitation of buildings can be seen as an increasingly important aspect of building rehabilitation. This assumes particular importance among this type of interventions, trying to integrate measures of economy and rational use of consumed energy [4]. Considering the strong growth in energy consumption in Portugal, partly due to the constructive options adopted in the past, the role of building rehabilitation is even more important. Energy rehabilitation consists of optimizing the efficiency of illumination and air conditioning systems in order to reduce the cost associated with energy consumption and, if possible, use devices that allows the consumption of energy from renewable sources [5].

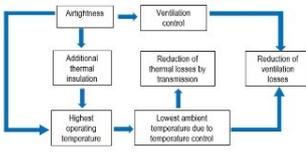


Figure 1 Appropriate combinations of energy saving measures [6]

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

The BIM concept defines a collaborative process that is changing and developing constantly, based fundamentally on a model of information sharing among all stakeholders, throughout all the building life cycle phases, mainly between architecture and the other specialities, builders and owners giving birth to a three-dimensional digital model, which can be accessed through software allowing the virtual model of this building [7].

The adoption of BIM methodology is associated with project planning, cost or energy analysis of the construction and project deliveries of the building and constructed structures, as a result, nowadays there is a greater demand to adapt these tools in the early stages of an existing building cycle. The emergence of BIM softwares that can combine the modelling with the realization of energy assessments, in order to study the thermal behavior of the building in a single program, allows the designer to make more conscious, accurate and informed decisions about the project in question. ArchiCAD is a BIM software to architecture project, marketed by Graphisoft, having the functionality, include in the program, for energy assessment, that allows designers to perform these assessments and analyze their sustainability.

METHODOLOGY

The modelling of the building was carried out accounting its characteristics, in order to be as close as possible to the reality. The building selected, in the scope of the study, has a public character and is a part of the "Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV)".



Figure 2 INIAV building (www.google.pt/maps)

The software adopted to carry out the work is able to model the building in the required parameters and also has the functionality included that allows its energy analysis, thus it is not necessary to export the model to a specific program that should have interoperability abilities with ArchiCAD.

PHASE 1

In the initial phase, the geometric and physical characteristics were assigned to each element of the model, as well as defined the types of materials and their thermal properties according to the existing building characteristics.

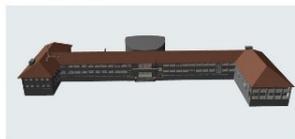


Figure 2 3D architectural model development in ArchiCAD software

PHASE 2

In the second phase was necessary to define and assign the building compartments zones, as this space design unit allows the calculation of several important characteristics (ex: area, volume, occupation) and also shows what type of occupation was assigned to the area in question.

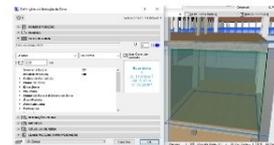


Figure 4 Configuration of zones in software

PHASE 3

In a third phase, it's very important the definition of the basic configurations of energy, represented by: i) type of construction; ii) location of the building; iii) climate analysis (where a file is inserted into the software relating to the climatic zone under study); iv) terrain level; v) definition of building heating and cooling type of systems, among other relevant data.



Figure 3 Configuration for energy simulation in ArchiCAD

PHASE 4

Finally, before carrying out the energy analysis, it is necessary to create thermal blocks, which correspond to a set of one or more zones with similar heating or cooling requirements.



Figure 4 Configuration for thermal blocks in ArchiCAD

RESULTS

The simulation results will be presented in graphic or table form, containing precise monthly values for losses and gains of the building, making possible the manipulation of them and their comparison with real measurements and the standards reference parameters for thermal performance.

The possibility of editing the thermal properties of the building materials considered, allows the realization of various simulations with several combinations of possible improvements. The results obtained can be an integral part of a cost-benefit analysis to support decision making.

CONCLUSION

This study intends to show the energy analysis benefits during the initial phases of the project, comparing rehabilitation scenarios, in order to reach the most advantageous solutions from the point of view of sustainability. The work is still under development and is intended to present the BIM methodology benefits concerning a building rehabilitation energy analysis.

REFERENCES

- [1] A. Vihena, "Reabilitação habitacional e o setor da construção civil," pp. 1-37, 2013.
- [2] A. Mota, "Consumo ecológico – Poupar o ambiente e a carteira Lisboa, 2013.
- [3] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition, 2011.
- [4] J. V. Paiva, "Medidas de reabilitação energética em edifícios", Lisboa, 2000.
- [5] J. V. Paiva, J. Aguiar, and A. Pinho, Guia Técnico de Reabilitação Habitacional, 2006.
- [6] J. V. Paiva, "Conservação de energia nos edifícios", Lisboa, 1985.
- [7] J. C. Lino, M. Azenha, and P. Lourenço, "Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas," Encontro Nac. Betão Estrutural -BE2012, pp. 24-26, 2012.

CONTACT INFORMATION

mjoaofalcao@inec.pt / srd.silva@campus.fct.unl.pt
pcouto@inec.pt / fip@fct.unl.pt

8th International Conference on Building Resilience – 8ICBR Lisboa / Portugal / 14-16 November 2018

Anexo V

Resumo.—.Congresso REAHBEND 2020



Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management
March 24-27, 2020, Granada, Spain

CODE 2.4 ⁽¹⁾

Aplicação da Metodologia BIM na Reabilitação Energética de Edifícios Públicos

Silva, Sara^{1*}; Falcão Silva, Maria João²; Couto, Paula³; Pinho, Fernando³

- 1: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Engenharia
e-mail: srd.silva@campus.fct.unl.pt
- 2: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios
e-mail: mjoaofalcao@lnec.pt
- 3: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Edifícios
e-mail: pcouto@lnec.pt
- 4: Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Engenharia
e-mail: fp@fct.unl.pt

KEYWORDS: Reabilitação energética, Metodologia BIM, Edifícios públicos

ABSTRACT

A reabilitação de edifícios tem vindo a crescer nos últimos anos, sendo, atualmente, uma das áreas com maior investimento tanto por parte do setor público como do setor privado. De facto, quando se fala em reabilitação de um edifício, o objetivo principal é aumentar o seu ciclo de vida, permitindo uma maior adaptabilidade a eventuais novas funcionalidades, aumentando os padrões de qualidade e consumindo menos quantidade de materiais e energia, comparativamente com o recurso à construção nova. Neste sentido, entende-se que a reabilitação de edifícios se evidencia como uma área em que um dos princípios orientadores deverá ser a sustentabilidade. A reabilitação energética apresenta um elevado potencial de poupança a diferentes níveis, permitindo otimizar o consumo de energia dos habitantes com soluções que corrijam a baixa qualidade construtiva e a inadequação funcional. Como tal, as técnicas de construção sustentável devem tomar-se parte integrante das estratégias de reabilitação, de forma a possibilitar uma salvaguarda dos recursos para as gerações vindouras.

O presente trabalho pretende abordar a forma como a utilização de ferramentas digitais permite uma abordagem mais eficiente na busca de soluções de reabilitação energética de um edifício público, utilizando uma abordagem apoiada na metodologia BIM. São apresentadas as diferentes análises realizadas do ponto de vista do desempenho energético do edifício, testando diferentes soluções construtivas e analisando cada uma delas, o que permite observar qual a solução mais eficaz e qual a vantagem da utilização do BIM numa fase inicial de projeto. A aplicação do BIM na reabilitação energética permite realizar o estudo conjunto e integrado dos diversos tipos de desempenho das soluções alternativas. As principais conclusões obtidas são apresentadas e perspectivados os desenvolvimentos futuros do trabalho.

⁽¹⁾ EasyChair code (abstract submission).