



40

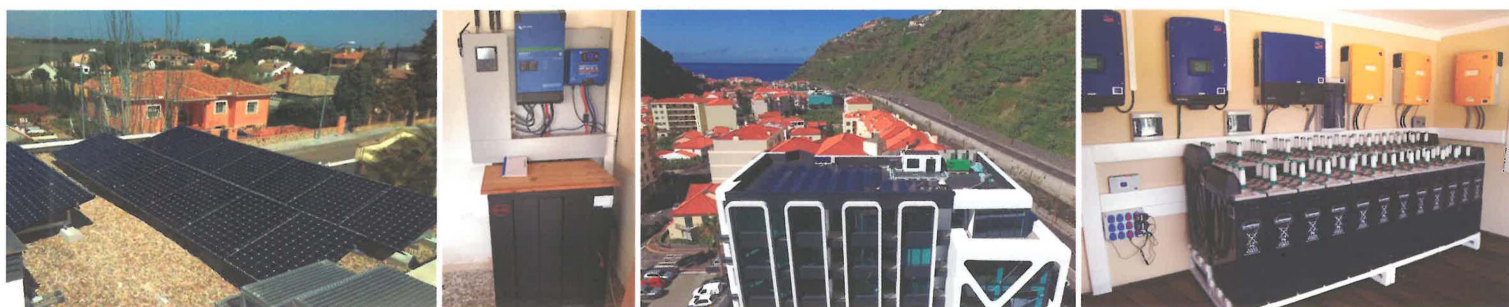
renováveis magazine®

revista técnico-profissional de energias renováveis

ORDUÑA
Suministros Fotovoltaicos

AGROVOLTAICA
AUTOCONSUMO INDUSTRIAL
AUTOCONSUMO RESIDENCIAL
SISTEMAS ISOLADOS

PROPONDO AS SOLUÇÕES FOTOVOLTAICAS
A CADA NECESSIDADE DO SEU CLIENTE



Ingeteam



(+34) 925 105 155 • info@suministrosorduna.com • www.suministrosorduna.com/pt

dossier sobre eficiência energética

- › futuras tecnologias energéticas hipocarbónicas
- › desempenho energético do edifício dos Bombeiros Voluntários de Bragança
- › o sistema elétrico português em 2030: uma análise das implicações da descarbonização
- › edifícios NZEB versus edifícios Classe A+
- › o papel da digitalização na eficiência energética

espaço APESF

- › a produção de energia elétrica através de fontes endógenas são medidas excelentes de sustentabilidade ambiental e económica

espaço CBE

- › Centro da Biomassa para a Energia promove valorização sustentável da biomassa para a energia há mais de três décadas

Diretor

Amadeu Borges
amadeub@utad.pt

Conselho Editorial

Marketing: Júlio Almeida
T. +351 225 899 626
j.almeida@renovaveismagazine.pt

Redação: Helena Paulino
e André Manuel Mendes
T. +351 220 933 964
redacao@renovaveismagazine.pt

Design

Daniel Dias
danifcp@gmail.com

Webdesign

Ana Pereira
a.pereira@cie-comunicacao.pt

Assinaturas

T. +351 220 104 872
assinaturas@booki.pt
www.booki.pt

Conselho Editorial

Alexandre Fernandes (ISEG)
Álvaro Rodrigues (FEUP/INEGI)
Ana Estanqueiro (LNEG)
António Joyce (LNEG)
António Sá da Costa (APREN)
António Lobo Gonçalves (EDP RENOVÁVEIS)
João Abel Peças Lopes (FEUP/Inesc)
João Bernardo (DGEI)
Joaquim Borges Gouveia (UA)
José Carlos Quadrado (ISEL)
Nuno Moreira (UTAD)
Maria Teresa Ponce Leão (FEUP/LNEG)
Rui Castro (IST)

Colaboração Redatorial

Amadeu Borges, Leonor Barradas,
Carlos Duarte, Luís Gil, Sónia Cova, Carlos Andrade,
Orlando Soares, Luís Miguel Pires Neves,
Helder Pereira, Filipe Madureira, Teresa Ponce de Leão,
Katharina Faes, Francisco Mendes, Helder Lemos,
André Manuel Mendes e Helena Paulino

Redação e Edição

CIE – Comunicação e Imprensa Especializada, Lda.®
Empresa Jornalística Reg. n.º 223992
Grupo Publindústria
Praça da Corujeira, 38 - Apartado 3825
4300-144 Porto
Tel.: +351 225 899 626/8 - Fax: +351 225 899 629
geral@cie-comunicacao.pt - www.cie-comunicacao.pt

Conselho de Administração

António da Silva Malheiro
Ana Raquel Carvalho Malheiro
Maria da Graça Carneiro de Carvalho Malheiro

Detentores de Capital Social

António da Silva Malheiro (31%)
Ana Raquel Carvalho Malheiro (38%)
Maria da Graça Carneiro de Carvalho Malheiro (31%)

Propriedade

Publindústria – Produção de Comunicação, Lda.
Empresa Jornalística Registo n.º 213 163
NIPC: 501777288
Praça da Corujeira, 38 - Apartado 3825
4300-144 Porto
Tel.: +351 225 899 620 - Fax: +351 225 899 629
geral@publindustria.pt - www.publindustria.pt

Publicação Periódica

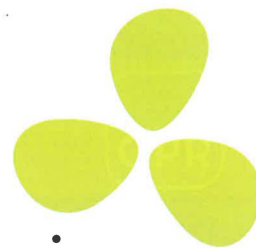
Registo n.º 125808
Depósito Legal: 305733/10
ISSN: 1647 6255
INPI: 452220
Periodicidade: trimestral
Tiragem: 5000 exemplares

Impressão e Acabamento

acd print
Rua Marquesa d'Alorna, 12 A | Bons Dias
2620-271 Ramada

**Os artigos assinados são da exclusiva
responsabilidade dos seus autores.**

Estatuto editorial disponível em
www.renovaveismagazine.pt



renováveis magazine®

revista técnico-profissional de energias renováveis

2 editorial

Portugal, um país em pobreza energética

4 espaço APESF

a produção de energia elétrica através
de fontes endógenas são medidas excelentes
de sustentabilidade ambiental e económica

6 espaço CBE

Centro da Biomassa para a Energia promove
valorização sustentável da biomassa para
a energia há mais de três décadas

8 renováveis na lusofonia

informação ALER, associados e parceiros

10 vozes de mercado

as microrredes de Thomas Edison: "A Batalha
das Correntes" e o futuro da energia elétrica

12 notícias

20 dossier sobre eficiência energética

21 futuras tecnologias energéticas hipocarbónicas

24 desempenho energético do edifício dos Bombeiros Voluntários de Bragança

30 o sistema elétrico português em 2030: uma análise das implicações da descarbonização

34 edifícios NZEB versus edifícios Classe A+

36 o papel da digitalização na eficiência energética

38 case study

EPLAN eBuild: esquemas através da nuvem

reportagem

40 F.Fonseca Day: "Vemo-nos como a entidade que move a tecnologia do mundo para Portugal"

44 o Gémeo Digital está aí!

46 Digital Twin e transformação digital na indústria em destaque no PLC 2019

50 Rittal Innovation Center recebe 10 000 visitantes

52 Weidmüller com solução para otimizar a cablagem elétrica

54 Jornadas Viessmann mostram importância do aproveitamento energético em instalações de vapor

informação técnico-comercial

56 Phoenix Contact: encontre a solução de marcação ideal com a Marking app

58 Quitérios apresenta nova gama de Caixas de Quadro com maior distância entre calhas – SafetymaxPro

60 economize dióxido de carbono e siga as regras com a Rittal

62 SEW-EURODRIVE Portugal: Online Support atinge a marca dos 100 000 utilizadores

64 Stäubli Portugal: componentes pequenos. Um grande impacto

66 Vulcano: inovação ao serviço da eficiência energética

68 M&M Engenharia Industrial: EPLAN Smart Wiring 2.9: eletrificação fácil

70 TM2A – Soluções e Componentes Industriais: variadores de velocidade hidrodinâmicos

72 F.Fonseca apresenta os primeiros robots colaborativos do mundo com visão integrada!

74 Fronius inaugura primeiro sistema de abastecimento de hidrogénio na Áustria

76 Weidmüller – Sistemas de Interface: preparar o terreno para a fábrica do futuro

78 produtos e tecnologias

86 bibliografia

88 links



www.renovaveismagazine.pt

Aceda ao link através
deste QR Code



/renovaveismagazine

desempenho energético do edifício dos Bombeiros Voluntários de Bragança

Sónia Cova, Carlos Andrade e Orlando Soares

a26676@alunos.ipb.pt, andrade@ipb.pt, osoares@ipb.pt

Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança

Resumo

Atualmente o consumo energético dos edifícios é um tema de elevada importância, pois estes são os principais responsáveis pelo consumo de energia global, logo pelo aumento da poluição, emissão de gases e aquecimento global. Consequentemente as fontes de energia fósseis escasseiam rapidamente, e o seu período de renovação é lento, não conseguindo acompanhar o aumento da procura para suprir as necessidades energéticas. Torna-se fundamental tomar medidas para reduzir o impacto do consumo global de energia, incitando a uma utilização racional da energia, promovendo a eficiência energética e o desenvolvimento sustentável.

Este artigo pretende demonstrar uma metodologia para avaliar o desempenho energético do edifício dos Bombeiros Voluntários de Bragança através da simulação dinâmica multizona, com recurso a um programa acreditado pela Norma ASHRAE 140-2004, que no caso em estudo foi o DesignBuilder® que usa como motor de cálculo o EnergyPlus®.

Para a modelação do edifício foi necessário realizar um levantamento de todas as soluções construtivas, das cargas elétricas e térmicas, assim como dos perfis de utilização/atividade em todas as zonas do edifício, para fazer uma caracterização exaustiva e aproximada da realidade do edifício.

Com os resultados obtidos foi possível efetuar a avaliação do desempenho energético do edifício, verificando que existe um grande desperdício de energia devido às perdas pela envolvente e à baixa eficiência dos sistemas de produção de AQS. Além disso, são avaliadas as implementações de medidas de melhoria que visam, por um lado, melhorar as condições e conforto dos utilizadores e, por outro, a redução dos consumos da energia do edifício.

Palavras-chave: Eficiência energética, Desempenho Energético de Edifícios, DesignBuilder®, EnergyPlus®.

1. Introdução

Desde a sua origem primitiva que o Homem teve a necessidade de construir abrigos cada vez mais sofisticados que, com o passar do tempo e com o avanço do conhecimento, foram progredindo para outros tipos de construção que permitiram melhoras ao níveis do conforto, mas que trouxeram impactos negativos para o meio ambiente tanto pela construção em si, como pelos recursos utilizados, como a energia, água e matérias-primas, assim como pela produção de resíduos. Ao longo dos tempos foi sendo sempre necessário reinventar a construção para diminuir o impacto ambiental, baseado no conceito de "maximizar e reutilizar os recursos, utilizar recursos renováveis e recicláveis, proteger o meio ambiente e fomentar a criação de ambientes saudáveis" [1].

A consciencialização de que a energia existe em grande quantidade no universo e que não aumenta nem diminui mas passa por inúmeras transformações segundo as necessidades e interesses das pessoas, sendo necessária a responsabilidade de assegurar que não seja desperdiçada e/ou mal utilizada [2].

Abstract

Currently, the energy consumption of buildings is one of the main pillars of the gas emission and global warming policy. As a result, fossil energy sources are rapidly running out and their renewal period is slow, unable to keep up with the constant demand to meet energy needs. It is essential to take steps to reduce the global impact of energy and urging a rational use of energy, promoting energy efficiency and sustainable development.

This paper aims to demonstrate a methodology for evaluating the energy performance of the Bragança volunteer firefighters building through multizone dynamic simulation, using an ASHRAE 140-2004 accredited program, such as DesignBuilder® that uses as a calculation the EnergyPlus®.

For the modeling of the building it was necessary to carry out a survey of all construction solutions, electrical and thermal loads, as well as the usage/activity profiles in all areas of the building, in order to make a thorough and approximate characterization of the reality of the building.

With the obtained results it was possible to evaluate the energy performance of the building, verifying that there is a great waste of energy due to the building envelope losses and the low efficiency of the DHW production systems. In addition, are evaluated the implementation of improvement measures aimed at improving the conditions and comfort of users and reducing the energy consumption of the building.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Performance of Buildings, DesignBuilder™, EnergyPlus™.

A utilização de fontes de energia renováveis e soluções técnicas que promovam o desempenho energético dos edifícios, mantendo ou aumentando as condições de conforto térmico e do ar ambiente interior, são fundamentais para atingir os objetivos de redução propostos nas diretivas europeias de consumo de energia em edifícios.

Na União Europeia, o setor dos edifícios representa 40% dos consumos globais de energia. Em Portugal, este setor representa 20% dos consumos de energia, integrando uma parte significativa no consumo global. Torna-se, então, fundamental avaliar o desempenho energético dos edifícios para promover a sua eficiência energética [3].

Em 2018, a dependência energética que Portugal tinha com o exterior foi cerca de 77%, segundo os dados provisórios da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), tendo descido face ao ano anterior em 2,7%.

1.1. Objetivos

Tendo consciência de que o edifício em estudo reflete o panorama nacional de grande parte dos edifícios das cerca de 436 corporações nacionais de

A utilização de fontes de energia renováveis e soluções técnicas que promovam o desempenho energético dos edifícios, mantendo ou aumentando as condições de conforto térmico e do ar ambiente interior, são fundamentais para atingir os objetivos de redução propostos nas diretivas europeias de consumo de energia em edifícios.

Bombeiros Voluntários [4] pretende-se com este estudo, por um lado avaliar o desempenho energético do edifício, contabilizando as perdas energéticas e analisar as situações de precariedade que as instalações oferecem aos seus utilizadores. Por outro lado pretende-se sugerir e avaliar soluções para uma utilização mais racional da energia, diminuir as perdas energéticas, e consequentemente a fatura energética; e melhorar as condições de utilização das instalações, nomeadamente a substituição das coberturas em fibrocimento.

1.2. Enquadramento legal

Quanto à forma como atualmente a energia é utilizada nos edifícios, assistimos a uma mudança de paradigma. Neste contexto, a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002, estabeleceu um conjunto de medidas e objetivos específicos a serem adotados por cada Estado-Membro da União Europeia.

Mais recentemente, com a publicação da Diretiva n.º 2018/844/UE do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 30 de maio de 2018, através da reformulação da publicação da Diretiva 2012/27/UE, reformulando a Diretiva UE 2002/91/UE.

Os líderes da UE adotaram uma meta para 2020 de redução de 20% no consumo médio anual de energia e incluíram metas ambiciosas para 2030 e 2050, prevendo também a construção de novos edifícios como Edifícios com Necessidades de Energia Quase Nulas (NZEBs), a partir de 2020.

A transcrição da Diretiva para a legislação portuguesa resultou num diploma nacional único que incorpora o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A publicação desta legislação pretendeu levar a uma melhor certificação energética, destacando a metodologia de cálculo e o estabelecimento de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e para os existentes sujeitos a grandes intervenções.

Para grandes edifícios de comércio e serviços existentes, o RECS aponta que as metodologias para determinar o seu desempenho energético derivam do seu consumo efetivo de energia, utilizando uma simulação dinâmica multizona. A metodologia baseada em simulação dinâmica multizona é obtida através de um programa acreditado pela Norma ASHRAE 140 [5].

Entende-se por simulação dinâmica a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em consideração a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto de 2013).

A análise energética ao edifício em estudo é baseada no método de simulação dinâmica multizona e deve ser realizada por um programa acreditado pela Norma ASHRAE 140, segundo o Ponto 3.2. do Anexo I da Portaria n.º 349-D/2013, que deve ser capaz de modelar:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;

- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins-de-semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

2. Metodologia

2.1. Caracterização do edifício

O edifício em estudo é o Quartel dos Bombeiros Voluntários de Bragança, localizado no centro da cidade de Bragança, a uma altitude de 717 metros, relativamente ao nível médio das águas do mar e, uma distância à costa superior a 5 km.

Trata-se de um edifício com cerca de 40 metros de comprimento, orientados no sentido Oeste-Este e, com 70 metros no sentido Noroeste-Sudeste, sendo que a sua fachada principal está orientada a Noroeste (Figura 1).



Figura 1 Fachada principal do edifício.

O ano de construção do edifício é entre 1990 e 1991, tendo sido alvo de pequenas remodelações interiores, ao nível de camaratas, casas de banho, sala de convívio e bar; sofrendo, nos últimos anos, alterações no sistema de iluminação interior e exterior; colocação de equipamentos de ar-condicionado em espaços de grande utilização e colocação de novos vãos envidraçados com melhores características térmicas.

O edifício apresenta a envolvente exterior de cor clara, desenvolvendo-se por 2 pisos com a integração vertical a ser realizada com recurso a escadas. Este tem uma área interior de 2716 m², dos quais 340 m² com sistemas de aquecimento e arrefecimento.

2.2. Zoneamento climático

O zoneamento climático baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 85/2008 de 14 de abril, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009 de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de agosto, estando detalhado no Despacho n.º 15793-F/2003.

Como o edifício em estudo se situa em Bragança, corresponde no NUTS III – Alto Trás-os-Montes.

Aplicando as equações (1) (2), e recorrendo às Tabelas 1 e 2 presentes no Despacho n.º 15793-F/2003, obtém-se o zoneamento climático do edifício.

$$GD = GD_{ref} + a(z - z_{ref}) \quad (1)$$

Em que GD_{ref} corresponde aos Graus-Dia de referência, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento para Alto Trás-os-Montes é de 2015°C, e em que a é o declive para ajustes em altitude, ou seja, 1400°C/km. O parâmetro z é a altitude do local onde está situado o edifício, 717 metros, e z_{ref} é a altitude de referência, com o valor

de 680 metros – resultando num valor de Graus-Dia de 2533°C, correspondendo a uma zona climática de inverso com classificação I3, de acordo com a Tabela 1.

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

Tabela 1 Critérios para a determinação da zona climática de inverno.

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v,ref} + a(z-z_{ref}) \quad (2)$$

Sendo $\theta_{ext,v,ref}$ corresponde à temperatura exterior média de referência, correspondente à estação convencional de arrefecimento, para Alto Trás-os-Montes, de 21,5°C, e tomando a como o valor de ajustes em altitude de -4°C/km, que resulta num valor da temperatura de 20,02°C, correspondendo à zona climática de verão V2, de acordo com a Tabela 2.

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^\circ\text{C}$	$20^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^\circ\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^\circ\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Tabela 2 Critérios para a determinação da zona climática de verão.

2.3. Soluções construtivas do edifício

A caracterização térmica da envolvente do edifício, nomeadamente dos parâmetros construtivos, coeficiente de transmissão térmica da envolvente, foi realizada segundo o Despacho n.º 15793-E/2003, regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes. Com recurso a um termofluxímetro e tendo por base as soluções construtivas que constam no ITE50 [6], para os vãos envidraçados e para a cobertura exterior:

Envolvente opaca:

- Parede exterior – com uma espessura de 36 cm e, de acordo com o Quadro II.3 do Despacho atrás referido, e, sendo uma parede rebocada, posterior a 1960, paredes simples ou duplas, o coeficiente de transmissão térmica é de 0,96 W/m² °C;
- Cobertura exterior 1 – cobertura pesada horizontal, com um coeficiente de transmissão térmica de 2,6 W/m² °C;
- Cobertura exterior 2 – constituída por placas de fibrocimento, com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,65 W/m °C, resultando num coeficiente de transmissão térmica de 6,436 W/m² °C.
- Pavimento exterior – pavimento pesado, com um coeficiente de transmissão térmica de 3,1 W/m² °C.

Relativamente aos vãos envidraçados foram detetados 5 tipos diferentes. Com recurso a um medidor de espessuras do vidro foi possível verificar as espessuras dos vidros e caixas-de-ar, presentes no vão envidraçado:

- Envidraçado 1 – caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8 mm + incolor 4 mm, com 10 mm de caixa-de-ar, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 3,54 W/(m².°C) e fator solar do vidro de 0,78.
- Envidraçado 2 – caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8 mm + incolor 4 mm, com 10 mm de caixa-de-ar, com proteção solar exterior composta por persiana de réguas plásticas de cor escura. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 2,62 W/(m².°C) e fator solar com proteção de 0,09.

- Envidraçado 3 – caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8 mm + incolor 4 mm, com 10 mm de caixa-de-ar, com proteção solar interior composta por cortinas opacas de cor clara. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 3,14 W/(m² °C) e fator solar com proteção de 0,385.
- Envidraçado 4 – caixilharia metálica sem corte térmico, giratória, com vidro simples incolor 4 mm, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 6,2 W/(m² °C) e fator solar do vidro de 0,88.
- Envidraçado 5 – caixilharia metálica sem corte térmico, 35% fixo e 65% giratória, com vidro simples incolor 4 mm, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de 6,13 W/(m² °C) e fator solar do vidro de 0,88.

2.4. Sistemas de iluminação

Do levantamento das cargas elétricas, foram identificados os seguintes tipos de sistemas de iluminação.

Iluminação interior:

- Lâmpada 1: tipologia LED T8 1,2 m, 20 W;
- Lâmpada 2: tipologia LED T8 1,5 m, 24 W;
- Lâmpada 3: tipologia LED 12 W;
- Lâmpada 4: tipologia LED 15 W;
- Lâmpada 5: tipologia LED 20 W;
- Lâmpada 6: tipologia fluorescente tubular T8 58 W.

Iluminação exterior:

- Lâmpada 7: tipologia LED 50 W;
- Lâmpada 8: tipologia LED 150 W.

2.5. Sistemas de AVAC e AQS

Relativamente aos sistemas AVAC, no edifício existem 8 unidades AC tipo split, tendo sido necessário obter os seus COPs e EER para aquecimento e para arrefecimento, respetivamente.

O restante aquecimento, dos espaços com uma maior utilização, é feito através de radiadores elétricos, com potências entre os 800 e 1500 W.

Relativamente às águas quentes sanitárias (AQS) são produzidas com recurso a cilindros de 50, 100 e 200 litros.

2.6. Outras cargas

Realizou-se um levantamento dos equipamentos elétricos no edifício, podendo estes serem de escritório, catering e inerentes às atividades do quartel de bombeiros.

Dentro dos equipamentos de escritório encontram-se o servidor, computadores, fax, impressoras, monitores, projetor, televisões e sistema de vídeo vigilância.

No caso dos equipamentos de catering estes consistem em frigoríficos, arcas congeladoras, arcas de refrigeração e máquinas de café.

Carregadores de rádios e lanternas, bem como o elevador para veículos e um carregador de garrafas de ar comprimido, pertencem ao grupo dos equipamentos inerentes à atividade de bombeiro.

2.7. Ocupação e horários

Por cada espaço deve-se verificar a ocupação média do espaço, bem como o horário de funcionamento do mesmo, tal como dos sistemas de iluminação, dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, e dos equipamentos presentes no mesmo.

2.8. Simulação dinâmica

Para a simulação do edifício utiliza-se um modelo 3D do mesmo na plataforma DesignBuilder®. Este modelo pretende representar as condições reais de funcionamento, assim como as suas características de construção para que a simulação seja o mais próximo do real.

Por cada espaço deve-se verificar a ocupação média do espaço, bem como o horário de funcionamento do mesmo, tal como dos sistemas de iluminação, dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, e dos equipamentos presentes no mesmo.

Após tratamento das plantas do edifício para identificação da envolvente do edifício e zonamento do edifício, ou seja, cada piso foi dividido em zonas, de acordo com a Portaria n.º 349-D/2013, para simulações multizona. Exportada esta informação para o DesignBuilder® é possível desenhar os contornos de cada piso, criando blocos, e sobrepô-los para criar o modelo 3D do edifício, como se pode ver na **Figura 2**.

Posteriormente criaram-se os vãos envidraçados e portas. As palas da cobertura e painéis de fibrocimento foram representadas, sob a forma de *component blocks*, pois causam sombreamento ao edifício.

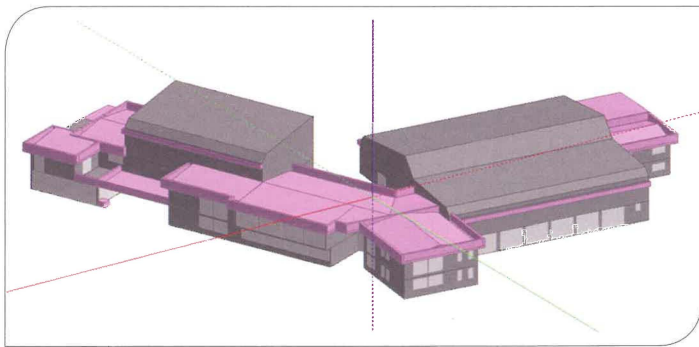


Figura 2 Modelo 3D do edifício.

Também é necessário caracterizar cada zona segundo a sua utilização, ocupação e iluminação. Para finalizar o modelo são definidas as constituições dos diferentes tipos de pavimento, coberturas, paredes, vãos envidraçados, tipos de lâmpadas, sistemas técnicos de aquecimento e arrefecimento, sistema para as águas quentes sanitárias.

No modo *Visualise* é possível ver o edifício já com as cores da envolvente definidas, e com sombreamento e demais detalhes de relevo (**Figura 3**).

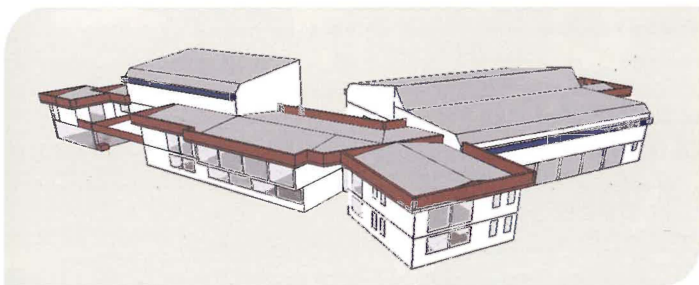


Figura 3 Modelo 3D do edifício em modo *Visualise*.

3. Análise de resultados

A primeira simulação pretendia obter resultados próximos aos dos consumos elétricos durante um ano. Considerou-se à parte da simulação a utilização das lâmpadas 7 e 8 que pertencem ao exterior do edifício, sendo que a lâmpada 8 é um poste de iluminação, com um relógio como controlador e

está ligado durante a maior parte do período noturno, e a lâmpada 7 apenas é utilizada pontualmente na área reservada à lavagem de viaturas. Estimou-se um consumo anual destas de 12 066 kWh.

Com a simulação obtêm-se os seguintes resultados de acordo com a **Tabela 3**.

	REAL
Iluminação interior	11 355,49
Equipamentos	60 156,22
Arrefecimento	7081,39
Aquecimento	17 923,34
AQS	10 717,44
Total kWh	107 233,88

Tabela 3 Consumos por tipologia.

Somando o valor dado pela simulação juntamente com o consumo estimado da iluminação exterior obtemos um consumo de 119 299,88 kWh. O que dá um desvio de 0,12% face aos consumos reais.

Verificou-se que a temperatura de conforto média do edifício é de cerca de 15°C.

4. Propostas de melhoria

Para os objetivos traçados apresentam e avaliam-se a seguir 5 medidas de melhoria, especificamente:

- Colocação de *External Thermal Insulation Composite Systems* (ETICS), nas paredes exteriores e pavimento exterior de 10 cm de espessura;
- Colocação de ETICS, nas paredes exteriores e pavimento exterior de 8 cm de espessura;
- Colocação de ETICS, nas paredes exteriores e pavimento exterior de 6 cm de espessura;
- Colocação de painel *sandwich* com 6 cm de isolamento, em substituição de toda a parte com amianto. Mais Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) de 8 cm na parte superior da laje;
- Colocação de painel *sandwich* com 6 cm de isolamento, em substituição do amianto, nas zonas dos parques de viaturas e no salão. Na restante sai o amianto, ficando a laje à vista, levando XPS de 12 cm com camada de regularização e tela de Policloreto de Vinilo (PVC).

Na **Tabela 4** pode-se ver a análise dos resultados das medidas de melhoria (MM) a), b) e c). Verifica-se que um melhor isolamento da envolvente leva a uma maior redução dos consumos de energia. De notar que os resultados não descem significativamente, pois poucos são os espaços com sistemas de aquecimento e arrefecimento, mas verificou-se um aumento da temperatura de conforto interior em cerca de 2°C.

Na **Tabela 5** analisaram-se os resultados para as soluções relativas às coberturas exteriores, tendo sido obtidos resultados muito próximos entre ambas. Verificou-se ainda um aumento da temperatura de conforto interior em cerca de 3,5°C.

Tentando avaliar cumulativamente o efeito das várias medidas de melhoria de modo a analisar qual a melhor opção, e de modo a obter uma que englobe a reabilitação de paredes, pavimentos e coberturas exteriores, como se pode verificar segundo as **Tabelas 6 e 7**.

Mas a medida de melhoria c) não foi considerada por não cumprir os requisitos mínimos do valor de coeficiente de transmissão térmica para paredes exteriores.

	MMIA ETICS 10 cm	MMIB ETICS 8 cm	MMIC ETICS 6 cm
Iluminação interior	11 355,49	11 355,49	11 355,49
Equipamentos	60 156,22	60 156,22	60 156,22
Arrefecimento	6781,78	6770,06	6756,82
Aquecimento	15 821,12	16 030,03	16 310,72
AQS	10 432,97	10 489,41	10 546,1
Total kWh	104 547,58	104 801,21	105 125,35
Redução %	2,51%	2,27%	1,97%
Redução kWh	2686,30	2432,67	2108,53

Tabela 4 Consumos por tipologia das MM a), b) e c).

	MM2 Cobertura A	MM2 Cobertura B
Iluminação interior	11 355,49	11 355,49
Equipamentos	60 156,22	60 156,22
Arrefecimento	8276,36	8858,73
Aquecimento	8679,22	8074,63
AQS	10 717,44	10 717,44
Total kWh	99 184,76	99 162,51
Redução %	7,51%	7,53%
Redução kWh	8049,12	8071,37

Tabela 5 Consumos por tipologias das MM d) e e).

5. Análise de resultados

Segundo as faturas de energia elétrica do edifício, estas apresentam um consumo atual anual de 119 444 kWh. As simulações indicaram que a melhor opção como medidas de reabilitação do edifício seria a conjugação entre a colocação de ETICS com 8 cm de espessura para paredes e pavimentos exteriores, e colocação de painel sandwich com 6 cm de isolamento, em substituição do fibrocimento, mais XPS de 8 cm na parte superior da laje.

Com esta solução de melhoria, a simulação estima um consumo anual de 96 544 kWh, permitindo uma redução em cerca de 10% dos consumos atuais. A temperatura média interior no edifício subiu em cerca de 4,3°C, passando para um valor de 19,3°C, permitindo uma melhoria das condições de conforto térmico, o que é significativo dado a zona climática onde se insere o edifício, Bragança.

	MMIA + MM2A	MMIA + MM2B
Iluminação interior	11 355,49	11 355,49
Equipamentos	60 156,22	60 156,22
Arrefecimento	8176,75	8888,14
Aquecimento	6596,22	5760,4
AQS	10 489,41	10 432,97
Total kWh	96 774,09	96 593,22
Redução %	9,75%	9,72%
Redução kWh	10 459,79	10 640,66

Tabela 6 Consumos entre a conjugação da MM a) com a d) e e).

	MMIB + MM2A	MMIB + MM2B
Iluminação interior	11 355,49	11 355,49
Equipamentos	60 156,22	60 156,22
Arrefecimento	8231,96	8888,14
Aquecimento	6367,63	5760,4
AQS	10 432,97	10 432,97
Total kWh	96 544,27	96 593,22
Redução %	9,97%	9,92%
Redução kWh	10 689,61	10 640,66

Tabela 7 Consumos entre a conjugação da MM b) com a d) e e).

6. Referências

- [1] Vaz A. J. & Ferreira, D. R. & Luso, E. C. & Fernandes, S. M.. *Manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva*. Bragança. Câmara Municipal de Bragança, 2013.
- [2] EDP. *EDP Brasil*. 12 fevereiro 2019. www.edp.com.br.
- [3] A. Lopes e S. Cova. *Simulação Dinâmica de um Edifício de Comércio e Serviços – Brigantia Ecopark*. Bragança. Instituto Politécnico de Bragança. 2015.
- [4] *Liga Portuguesa dos Bombeiros*. 12 fevereiro 2019. www.lbp.pt.
- [5] *ANSI/ASHRAE Standard 140-2017 – Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*. January of 2017. ISSN 1041-2336.
- [6] Santos C. A. Santos, Matias L.. *ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. ICT Informação Técnica. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa. 2006. [lneq](http://www.lneq.pt)