



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Civil**



## **Climatização passiva em edifício de serviços**

**SIMÃO DOS SANTOS GOMES PEREIRA**  
(Licenciado em Engenharia Civil)

Dissertação Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Civil no Ramo de Edificações

*(Documento Definitivo)*

Orientadores:

Doutor Pedro Miguel Matos Soares  
Especialista João António Antunes Hormigo

Júri:

Presidente: Doutora Maria da Graça Alfaro Lopes

Vogais:

Especialista Maria Hortense Baeta  
Doutor Pedro Miguel Matos Soares  
Especialista João António Antunes Hormigo

**Dezembro de 2013**

*“Copyright”* **Simão dos Santos Gomes Pereira, ISEL**

A seguinte dissertação foi redigida segundo o Decreto-Lei nº 8/2011, de 25 de Janeiro



# Agradecimentos

Expresso o meu profundo e sincero agradecimento ao Professor João Hormigo e Professor Pedro Matos Soares, por todo apoio, motivação, interesse e disponibilidade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço em especial ao meu Pai, à minha Mãe, à minha Irmã, que nunca se esqueceram de mim, me motivaram, contribuíram e estiveram sempre presentes em todos os momentos ao longo deste período.

Agradeço ao Miguel Ferrador, Tiago Pinto, João Cruz, Guilherme Martins, Manuel Mira, Carlos Domingues, Inês Castro, Luís Santos e aos meus Amigos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação, ou que simplesmente estiveram presentes na minha vida.



# Resumo

Nos últimos anos, os domínios da eficiência energética e da sustentabilidade têm adquirido uma enorme relevância para o sector da engenharia civil. Esta importância deve-se, por um lado, a uma percepção que a procura de energia não pode continuar em crescendo indefinidamente, e por outro lado que o nosso planeta está num processo de aquecimento global antropogénico, devido em grande medida à importância dos combustíveis fósseis no mix energético global. Estes fatores obrigam a uma maior preocupação em termos de consumos energéticos, maior aproveitamento de energias endógenas, reabilitações e adaptações sustentáveis com a consequente reconfiguração dos sistemas de climatização.

A presente dissertação destinada à obtenção de grau de Mestre enquadra-se nesta temática e tem por objetivo avaliar e melhorar o desempenho energético de um edifício de serviços, com um enfoque especial nos sistemas de climatização.

Inicialmente procedeu-se a uma caracterização das estratégias de climatização passiva conhecidas que eventualmente poderiam ser implementadas num edifício atual de modo a melhorar o seu desempenho energético.

Numa segunda fase avaliou-se o potencial de climatização passiva de um edifício de serviços real, localizado na cidade de Setúbal, recorrendo-se ao acoplamento do *software DesignBuilder* com o modelo *EnergyPlus*, com o objectivo de estudar e determinar os pontos fortes e fracos do sistema de climatização existente e consequentemente a simulação de quatro estratégias de climatização passiva. Os resultados obtidos foram comparados com a situação atual sendo assim possível a determinação da consequente melhoria do potencial energético no edifício.

## Palavras-chave:

Climatização; Climatização passiva; Sistemas de climatização; DesignBuilder; Arrefecimento passivo; Ventilação natural; Eficiência energética;



# Abstract

In recent years, the fields of energy efficiency and sustainability have acquired unprecedented relevance for the principles of civil engineering. This importance is due, firstly, to a perception that energy demand can not continue to grow indefinitely, and secondly that our planet is in the process of anthropogenic global warming, due largely to the importance of fossil fuels in the global energy mix. These factors prompt a deeper concern in terms of energy consumption, increased use of endogenous energies, sustainable rehabilitation and adaptation with the consequent resetting of acclimatization systems.

The present work aimed at obtaining a Master degree fits this theme and aims at assessing and improving the energy performance of a building services, with a particular focus on HVAC system.

Initially it was proceeded a characterization of passive cooling strategies known that eventually could be implemented in a current building to improve its energy performance.

On a second stage was evaluated the potential for passive cooling of a real services building, located in Setúbal, by reference to the coupling of software DesignBuilder with EnergyPlus model, with the aim to study and determine the strengths and weaknesses of existing HVAC system and consequently the simulation of four strategies for passive cooling. The results were compared with the current situation being this way possible to determine the consequent improvement of the energy potential in the building.

## **Key-words:**

HVAC; Passive cooling; HVAC systems; DesignBuilder; Passive cooling; Natural ventilation; Energetic efficiency;







# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática da climatização, enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da dissertação.....	4
<b>2. Climatização Passiva .....</b>	<b>5</b>
2.1. Aspectos gerais .....	5
2.2. Ventilação natural.....	6
2.2.1. Fundamentos teóricos da ventilação direta noturna .....	8
2.2.2. Exemplos de edifícios com ventilação noturna .....	11
2.3. Elementos de sombreamento .....	13
2.3.1. Fundamentos teóricos de elementos de sombreamento.....	16
2.3.2. Exemplos de edifícios com elementos de sombreamento .....	18
<b>3. Caracterização do edifício.....</b>	<b>21</b>
3.1. Localização .....	21
3.2. Descrição do edifício .....	22
3.3. Caracterização da envolvente exterior e interior .....	22
3.4. Caracterização dos sistemas de climatização instalados .....	24
3.5. Iluminação .....	29
3.6. Equipamentos .....	31
3.7. Energia total consumida .....	33
3.8. Caracterização do estado atual do edifício .....	35
<b>4. Análise climática da região do edifício.....</b>	<b>39</b>
4.1. Introdução.....	39
4.2. Dados climatológicos .....	43
<b>5. Simulação energética do edifício .....</b>	<b>45</b>
5.1. Introdução.....	45
5.1.1. Modelo <i>DesignBuilder</i> .....	46
5.2. Simulação Real e Simulação Nominal .....	49
5.3. Simulação da implementação de ventilação noturna natural, Medida 1 .....	57
5.4. Simulação da implementação de elementos de sombreamento.....	59

5.4.1. Simulação da implementação da primeira estratégia de elementos de sombreamento, Medida 2.....	59
5.4.2. Simulação da implementação da segunda estratégia de elementos de sombreamento, Medida 3.....	60
5.5. Simulação da implementação de estratégia de redução de custos com a iluminação, Medida 4.....	63
5.6. Simulação da implementação das estratégias de ventilação natural, elementos de sombreamento e sistema de sensores de luminosidade em simultâneo.....	64
<b>6. Análise de resultados e viabilidade económica.....</b>	<b>67</b>
6.1. Análise de cada medida de melhoria.....	67
6.1.1. Medida de melhoria 1 - Ventilação noturna natural.....	67
6.1.2. Medida de melhoria 2 - Alteração de Envidraçado e Caixilharia.....	69
6.1.3. Medida de melhoria 3 - Aplicação de sistema de Estores e <i>Upgrade</i> do Terraço.....	71
6.1.4. Medida de melhoria 4 - Aplicação de sensores de luminosidade.....	73
6.2. Medida de melhoria 1+2+3+4.....	75
6.3. Medidas complementares.....	78
<b>7. Conclusões.....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>83</b>
<b>A. Desenhos técnicos.....</b>	<b>85</b>
<b>B. Primeira certificação energética.....</b>	<b>87</b>
<b>C. Atual certificação energética.....</b>	<b>97</b>
<b>D. Esquema de pisos no <i>DesignBuilder</i>.....</b>	<b>107</b>
<b>E. Soluções adotadas.....</b>	<b>111</b>
<b>F. Quadros com os valores de cálculo da modelação no programa <i>DesignBuilder</i>.....</b>	<b>113</b>

## Índice de figuras

Figura 1.1: Taxa de dependência energética Portuguesa (Fonte: DGEG - Política energética) ...	2
Figura 1.2: Evolução dos consumos de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG - Política energética).....	2
Figura 1.3: Consumo de energia final por sector 2010 (Fonte: DGEG - Política energética) .....	3
Figura 2.1: Construção tipo da Antiguidade Romana (Fonte: Energia Solar Passiva, 2010 ).....	6
Figura 2.2: Casa Pátio típica de clima árido (Fonte: <i>Climate responsive building</i> , 1993) .....	11
Figura 2.3: Configuração da ventilação do edifício (Fonte: Brochura Solar, 2005).....	12
Figura 2.4: Pormenor das bandeiras que permitem a ventilação transversal (Fonte : Brochura solar, 2005).....	13
Figura 2.5: Características dos solstícios e equinócios (Fonte: INETI ).....	14
Figura 2.6: Esquema da radiação solar (Fonte: INETI) .....	14
Figura 2.7: Sombreamento exterior e interior e respectivo Fator de Redução ( Fonte : Brochura Wareama, 2005) .....	15
Figura 2.8: Efeito da redução de ganhos solares com sombreamento pelo exterior ( Fonte: Brochura Wareama, 2005) .....	16
Figura 2.9: Exemplo de estore com motor duplo (Fonte: <a href="http://cruzfer.pt">http://cruzfer.pt</a> ).....	17
Figura 2.10: Poupança energética resultante da aplicação de estores exteriores (Fonte: brochura Wareama) .....	17
Figura 2.11: Factor solar (Fonte: <a href="http://sggclimalitdata.com">http://sggclimalitdata.com</a> ) .....	18
Figura 2.12: Fator de redução de estore exterior (Fonte: Wareama) .....	18
Figura 2.13: Esquema de sistema de sombreamento exterior de duas secções (Fonte: Wareama, 2005) .....	19
Figura 2.14: Sistema de sombreamento exterior de duas secções (Fonte: Wareama, 2005) .....	19
Figura 3.1: Localização do edifício em Setúbal (Fonte: Google Maps) .....	21
Figura 3.2: Chiller .....	24
Figura 3.3: UTAN .....	24
Figura 3.4: Split e difusor .....	25
Figura 3.5: Extractor .....	25
Figura 3.6: Repartição do consumo nominal global de energia do edifício .....	34
Figura 3.7: Histórico faturado dos consumos reais mensais do edifício (colunas) e média dos 3 anos (linha cheia) .....	36
Figura 3.8: Consumo real do edifício.....	37
Figura 3.9: Atual repartição do consumo nominal do edifício .....	38
Figura 4.1: Classificação climática de Köppen (Fonte: IPMA).....	40

Figura 4.2: Distribuição anual da temperatura máxima, mínima e respectivas médias (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010) .....	41
Figura 4.3: Distribuição anual das temperaturas médias (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010) .....	41
Figura 4.4: Dados climatológicos obtidos através do <i>DesignBuilder</i> (Temperatura, Velocidade e Orientação do vento, Pressão atmosférica, Orientação e intensidade solar) .....	43
Figura 5.1: Aspeto da interface do programa <i>DesignBuilder</i> .....	46
Figura 5.2: Perspectiva do modelo, alçados Sul e Nascente .....	46
Figura 5.3: Perspectiva do modelo, alçados Norte e Poente .....	47
Figura 5.4: Histórico dos consumos faturados e respetiva média .....	50
Figura 5.5: Comparação anual entre o modelo calibrado e o consumo anual faturado.....	51
Figura 5.6 : Distribuição do consumo anual faturado (kWh/ano).....	52
Figura 5.7: Ganhos internos para o dia 18 de agosto .....	53
Figura 5.8: Distribuição horária das temperaturas do dia 18 de agosto. ....	53
Figura 5.9: Consumo energético horário total referente ao dia 18 de agosto.....	54
Figura 5.10: Ganhos internos para o dia 25 de janeiro.....	55
Figura 5.11: Distribuição horária das temperaturas do dia 25 de janeiro.....	55
Figura 5.12: Consumo energético horário total referente ao dia 25 de janeiro .....	56
Figura 5.13: Distribuição do consumo nominal (kWh/ano).....	57
Figura 5.14: Verificação da classe energética do edifício no estado atual.....	57
Figura 5.15: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria de ventilação noturna natural (kWh).....	58
Figura 5.16: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria no envidraçado e nos caixilhos (kWh) .....	60
Figura 5.17: Esquema da estratégia de <i>upgrade</i> no terraço.....	61
Figura 5.18: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria nos estores e terraço (kWh).....	62
Figura 5.19: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria no sistema de iluminação (kWh) .....	63
Figura 5.20: Repartição real de consumos anuais com a aplicação das medidas de melhoria em simultâneo (kWh) .....	64
Figura 6.1: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 1 .....	68
Figura 6.2: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da medida 2.....	69
Figura 6.3: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 3 .....	71
Figura 6.4: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 4 .....	73
Figura 6.5: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação das Medidas 1+2+3+4 .....	75
Figura 6.6: Resumo da energia final real anual (kWh) .....	77
Figura 6.7: Resumo da energia final nominal anual (Kgep/m <sup>2</sup> ).....	77
Figura 6.8: Janelas basculantes a colocar no edifício.....	78

# Índice de tabelas

Tabela 3.1: Características dos chillers/bombas de calor .....	26
Tabela 3.2: Características das UTAN's .....	26
Tabela 3.3: Características dos ventiladores .....	27
Tabela 3.4: Características das bombas de circulação de água.....	27
Tabela 3.5: Características das unidades individuais de climatização.....	28
Tabela 3.6: Características dos ventiladores de extração.....	28
Tabela 3.7: Levantamento de equipamentos de informática e audiovisuais.....	31
Tabela 3.8: Características dos elevadores .....	32
Tabela 3.9: Equipamentos de cozinha.....	32
Tabela 3.10: Equipamentos de bar.....	32
Tabela 3.11: Outros equipamentos.....	33
Tabela 3.12: Previsão do consumo anual de energia eléctrica.....	33
Tabela 3.13: Factor de conversão e preço da energia .....	34
Tabela 3.14: Intervalos das classes energéticas para o edifício em estudo.....	34
Tabela 3.15: Consumo real mensal do edifício e médio em kWh .....	36
Tabela 3.16: Consumo real do edifício em € .....	37
Tabela 4.1: Dados climatológicos de Setúbal (Fonte: IPMA 1981-2010).....	40
Tabela 4.2: Dados climatológicos médios da cidade de Setúbal (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010).....	41
Tabela 5.1: Descrição das tipologias adoptadas no programa <i>DesignBuilder</i> .....	47
Tabela 5.2: Quadro resumo dos espaços definidos no programa <i>DesignBuilder</i> .....	48
Tabela 5.3: Simulação anual da energia final consumida.....	50
Tabela 5.4: Margem de erro (%) entre o real faturado e o modelo calibrado.....	51
Tabela 5.5: Repartição de consumos calibrados anuais por sector consumidor.....	52
Tabela 5.6: Consumo nominal Total (kWh/ano e Kgep/m <sup>2</sup> .ano).....	56
Tabela 5.7 Verificação da classe energética do edifício no estado atual .....	57
Tabela 6.1: Consumos e percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de ventilação noturna natural, Medida 1, em comparação com o modelo Real .....	67
Tabela 6.2: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 1 .....	68
Tabela 6.3: Poupança na fatura energética anual da medida de melhoria Medida 1 .....	69
Tabela 6.4: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria no Envidraçado e Caixilharia, Medida 2, em comparação com o modelo Real .....	69
Tabela 6.5: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 2 .....	70
Tabela 6.6: Características da medida de melhoria do Envidraçado e Caixilharia , Medida 2....	70
Tabela 6.7: Período de retorno em anos da medida de melhoria, Medida 2.....	70
Tabela 6.8: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de estores e <i>upgrade</i> do terraço, Medida 3, em comparação com o modelo Real.....	71
Tabela 6.9: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 3 .....	72
Tabela 6.10: Características da medida de melhoria de estores e <i>upgrade</i> do terraço, Medida 3	72

Tabela 6.11: Período de retorno em anos da medida de melhoria, Medida 3 .....	72
Tabela 6.12: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de sensores de luminosidade, Medida 4, em comparação com o modelo Real.....	73
Tabela 6.13: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 4.....	74
Tabela 6.14: Características da medida de melhoria dos sensores de luminosidade, Medida 4	74
Tabela 6.15: Período de retorno em anos da medida de melhoria Medida 4 .....	74
Tabela 6.16: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria 1+2+3+4, em comparação com o modelo Real.....	75
Tabela 6.17: : Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 1+2+3+4.....	76
Tabela 6.18: Período de retorno em anos da medida de melhoria Medida 1+2+3+4.....	76

## Simbologia e notações

- AQS (Água Quente Sanitária)
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Condition Engineers)
- AVAC (Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado)
- BTE (Baixa Tensão Especial)
- CDD (Cooling Degree-Days – Graus-dia de Arrefecimento [ $^{\circ}\text{C dia}$ ])
- CDH (Cooling Degree-Hours – Graus-hora de Arrefecimento [ $^{\circ}\text{C h}$ ])
- EDP (Energias de Portugal)
- EER (Energy Efficiency Ratio – Índice de Eficiência de Energia)
- ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos)
- IEE (Índice Eficiência Energética)
- IM (Instituto Meteorológico)
- INETI (Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação)
- LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia de Lisboa)
- LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)
- NDD (Night Degree-Days – Graus-dia de Arrefecimento Noturno)
- NZEB (Nearly Zero Energy Buildings)
- OCDE (Organização Cooperação e Desenvolvimento Económico)
- OMM (Organização Meteorológica Mundial)
- PNAER (Plano Nacional de Ações para as Energias Renováveis)
- QAI (Qualidade do Ar Interior)
- RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios)
- RESECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios)
- SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios)
- SGTC (Sistema de Gestão Técnica Centralizada)
- U (Coeficiente global de transmissão térmica)
- UTA (Unidade Tratamento de Ar)

UTAN Unidade de Tratamento de Ar Novo)

VAV (Variable Air Volume device – Dispositivo de Volume de Ar Variável)

VN (Ventilação Natural)

VFC (Ventilador de Duplo Fluxo)

## Simbologia do sistema “Design Builder”

Air Changes per Hour (Renovação horária de ar por hora)

Air Temperature (Temperatura do ar da zona [°C] )

Radiant Temperature (Média da temperatura da zona MTR, considerada apenas no centro da zona sem ponderação para qualquer superfície em particular [°C] )

Operative Temperature (Média da temperatura do ar e da temperatura radiante [°C] )

Outside Dry-Bulb Temperature (Temperatura exterior sem o efeito da humidade e radiação [°C] )

Glazing (Fluxo total de calor para a zona a partir do envidraçado, caixilharia [kWh] )

Walls (Ganho de calor devido à condução através de todas as paredes externas incluindo efeito de radiação solar [kWh] )

Ground Floor (Ganhos de calor por condução através do pavimento [kWh] )

Roofs (Ganhos de calor por condução através de todas as coberturas externas, incluindo efeito da radiação solar [kWh] )

External Infiltration (Ganhos de calor através da infiltração de ar [kWh] )

Miscellaneous (Ganhos de calor através de equipamentos diversos [kWh] )

Solar Gains Exterior Windows (Ganhos de calor devido à radiação solar através do envidraçado [kWh] )

Zone Sensible Heating (Aquecimento introduzido na zona através de sistema de climatização [kWh] )

Zone Sensible Cooling (Arrefecimento introduzido na zona através de sistema de climatização [kWh] )

Sensible Cooling (Taxa a que a energia sensível é removida da mistura do ar exterior e do fluxo de ar de retorno de modo a baixar a temperatura para a temperatura específica do fluxo de ar de alimentação [kWh] )

Total Cooling (Taxa a que a energia total, sensível e latente, é removida do exterior e do fluxo de ar de retorno de modo a trazer o fluxo de ar misturado com a temperatura e humidade específica do fluxo de ar de alimentação [kWh] )

Zone Heating (Energia fornecida pelos aquecedores e bobinas para manter a temperatura nominal interna )



# Capítulo 1

## 1. Introdução

### 1.1. Problemática da climatização, enquadramento

O crescente aumento dos consumos energéticos associados à subida dos padrões de vida verifica-se também no caso dos edifícios de escritórios especialmente em *openspace* que registam uma maior concentração de pessoas, necessitando assim de maior quantidade de energia para alimentar os sistemas de climatização ativos aí instalados, de forma a garantir condições de trabalho adequadas, bem como bem-estar e produtividade dos seus ocupantes. O desenvolvimento destes sistemas de climatização ativos levou a uma especial atenção relativamente aos consumos energéticos levando muitas vezes ao redesenho dos próprios sistemas, melhoramento dos sistemas de gestão técnica centralizada e a intervenções que permitem a melhoria do desempenho energético, tais como sombreamento, sistemas de arrefecimento passivo, etc., que em senso lato se pode designar de reabilitação sustentável.

A crise atual bem como as alterações climáticas e a dependência energética excessiva, apresentam-se como os principais fatores forçadores para as áreas da sustentabilidade, eficiência energética e consequentemente do desenvolvimento da engenharia civil nestas problemáticas.

A taxa de dependência energética ao exterior, mais especificamente das energias primárias fósseis, desde o ano 2005 (89 %) apresenta um decréscimo, registando o valor de 76,7% no ano de 2010 que é compensado com o aumento do consumo de Energias Renováveis e Gás Natural, como se pode verificar na Figura 1.1. Deste modo pode-se confirmar a forte dependência de Portugal ao exterior especialmente devido à escassez de recursos fósseis que representam a principal fonte energética.

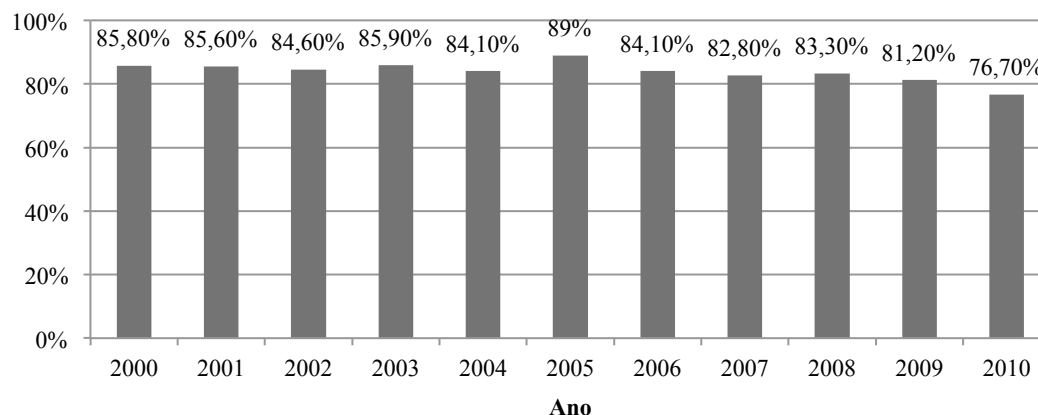


Figura 1.1: Taxa de dependência energética Portuguesa (Fonte: DGEG - Política energética)

Desde 2005 que cerca de metade do défice externo se deve à componente energética sendo o sector dos edificios de serviços responsável pelo aumento de 10% da factura energética anual do país [1].

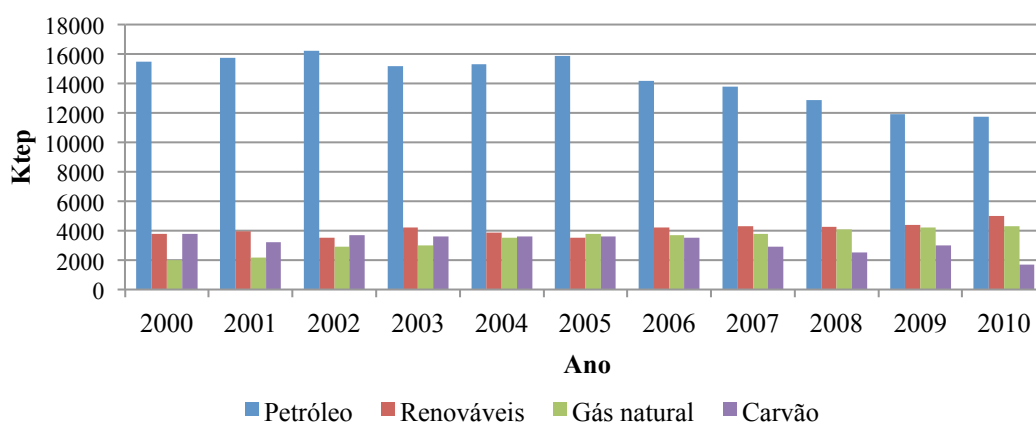


Figura 1.2: Evolução dos consumos de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG - Política energética)

Desta forma o sector dos edificios de serviços apresenta-se na quarta posição em termos de consumos de energia final com uma percentagem de 11,4% como mostra a Figura 1.3. Convém assim assumir que a redução de todo o tipo de consumos por parte deste sector é de toda uma mais valia dado o peso deste no consumo de energia final. Associado a redução de consumos surge também a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e a conseqüente melhoria ambiental.

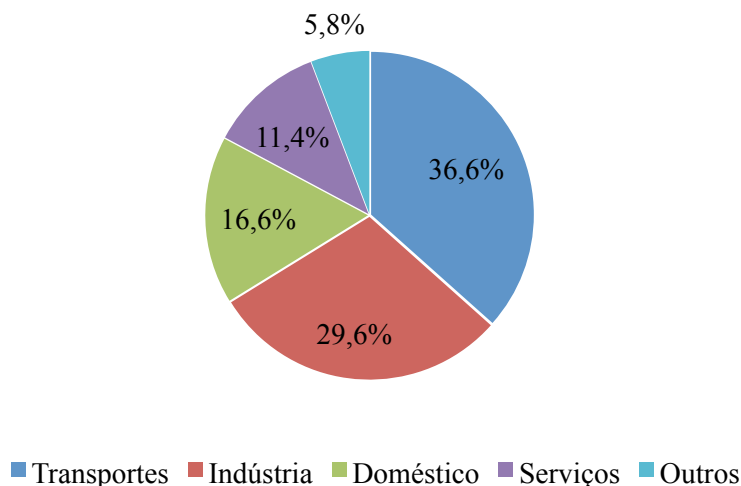


Figura 1.3: Consumo de energia final por sector 2010 (Fonte: DGEG - Política energética)

A União Europeia aprovou um pacote de medidas para o horizonte 2020, designado pela Diretiva 20-20-20 onde cada país está sujeito a um plano próprio, com metas a atingir, de carácter mandatário, e penalidades em caso de não cumprimento. Em Portugal traduz-se no PNAER [2] em que se prevê a redução de emissão de 20% de CO<sub>2</sub> face a valores de 1990, a contribuição de 20% das energias renováveis na energia final e medidas de eficiência energética que permitam a redução de 20% do consumo de energia. Com o objectivo de redução de consumos energéticos e na exigência de que todos os edifícios novos se tornem em edifícios com um balanço NZEB, a União Europeia publicou a Diretiva 2010/31/EU no sentido de legislar e reduzir consumos energéticos dos edifícios.

## 1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como objectivo a caracterização completa de um edifício de serviços do ponto de vista de consumos eléctricos, aprofundando estudos dos sistemas de climatização existentes bem como a determinação da melhoria do potencial energético associada à implementação de sistemas de climatização passiva como ventilação natural e elementos de sombreamento, avaliando o seu impacto no consumo eléctrico na situação atual com a formulação de propostas e de possíveis cenários de melhoria.

Desta forma será feito o reconhecimento do desempenho energético do edifício antes e depois do *upgrade* energético, realizado no ano de 2010, e compará-los com o desempenho resultante da implementação dos sistemas de climatização passiva, de forma a caracterizar-se o potencial de melhoria do desempenho energético e estudo de viabilidade económica, e da medida de convergência do edifício para NZEB.

### 1.3. Estrutura da dissertação.

A dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

- □ Capítulo 1: Breve introdução ao tema e enquadramento geral.
- □ Capítulo 2: Introdução à climatização passiva incidindo sobre os sistemas de ventilação, sistemas de ventilação natural, com fundamentos teóricos e suas aplicações no passado e no presente.
- □ Capítulo 3: Caracterização e descrição do edifício e envolvente, dos sistemas de climatização ativos e da faturação dos consumos energéticos.
- □ Capítulo 4: Análise climática da região onde se insere o edifício em estudo.
- □ Capítulo 5: Simulação energética do edifício recorrendo aos modelos de *DesignBuilder*, através de uma análise do ciclo anual para o caso de referência, e para as diferentes propostas de melhoria do desempenho energético.
- □ Capítulo 6: Análise de resultados e viabilidade económica.
- □ Capítulo 7: Conclusões.

## Capítulo 2

### 2. Climatização Passiva

#### 2.1. Aspectos gerais

Os princípios de climatização passiva estão dependentes das variáveis atmosféricas tais como o vento, radiação solar e humidade, por isso quanto mais cuidadosa for a análise e compreensão destes três factores mais eficaz será o comportamento térmico do edifício. Desta forma, são estes factores os responsáveis pelas necessidades energéticas para aquecimento, arrefecimento, iluminação que quando conjugadas da melhor maneira com as características da construção permitem a redução do consumo eléctrico e a contribuição para o conforto térmico que se deseja. Com o objectivo de minimizar necessidades energéticas é possível, ao projetista, criar vários tipos de soluções e combinações uma vez que cada projeto surge de uma relação de vários factores dos quais estão dependentes a geometria e orientação tendo sempre por base os mesmos princípios, isto é, ter em consideração a exposição da envolvente com o intuito de proporcionar o bem-estar dos seus utilizadores, minimizando ao máximo os consumos eléctricos por parte do aquecimento, arrefecimento e iluminação.

Quando se aborda o tema da climatização passiva, torna-se indispensável falar de conforto térmico que é definido como a zona de conforto térmico representa aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente envolvente. Assim sendo o conforto térmico resulta da relação de um conjunto de factores, climáticos (referidos anteriormente), o modo como o ocupante sente as condições de ambiente interior e o modo como o seu desempenho é afectado pela qualidade do espaço. [3]

O recurso a técnicas solares passivas é reconhecido desde a antiguidade, como por exemplo nas construções Romanas representadas na Figura 2.1, onde a estratégia construtiva da época baseava-se na orientação dos vãos das casas a sul para que no período de inverno estas se mantivessem quentes, as palas de sombreamento por sua vez no verão permitiam a redução dos ganhos solares, na parte central, um pátio com uma pequena fonte, permitia no período de verão permitia a refrigeração evaporativa. O átrio era caracterizado também pela abundância de vegetação que funcionava como barreira, impedindo a ocorrência de grandes amplitudes térmicas. A fachada orientada a sul era coberta por plantas tipo trepadeiras que tinham como

principal função regular a radiação solar no edifício. Os edifícios não possuíam qualquer tipo de aberturas orientadas a norte de forma a proteger e assegurar o bom conforto térmico. [4]

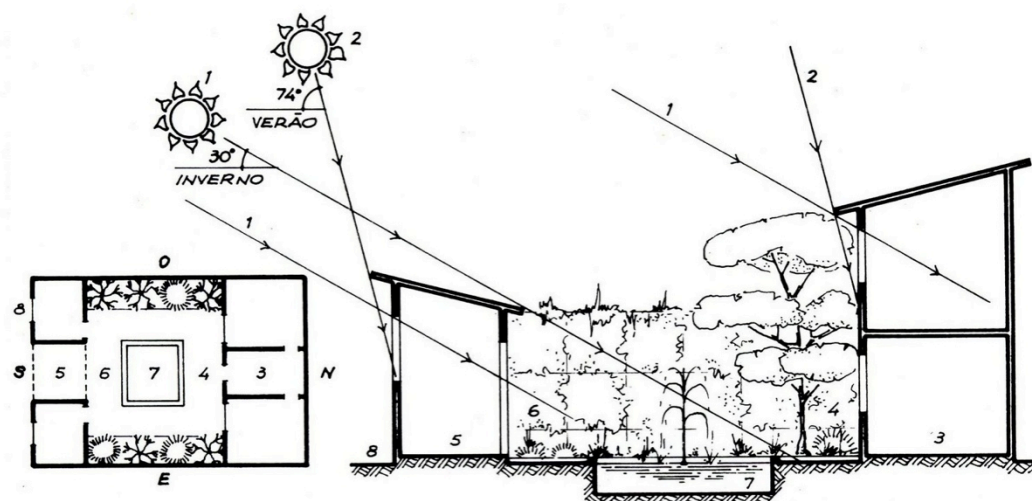


Figura 2.1: Construção tipo da Antiguidade Romana (Fonte: Energia Solar Passiva, 2010 )

Legenda:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1  Ângulo da iluminação solar no Inverno | 5  Edifício de 1 piso  |
| 2  Ângulo da iluminação solar no Verão   | 6  Átrio com vegetação |
| 3  Edifício de 2 pisos                   | 7  Pequena fonte       |
| 4  Fachada sul revestida por vegetação   | 8  Rua                 |

A solução adoptada pelos romanos para assegurarem o conforto térmico no interior da construção foi conseguida através da execução de paredes com grande massa aumentando a inércia térmica do edifício.

O termo edifício passivo é uma forma de descrever um edifício onde estão implementadas estratégias que utilizam ganhos solares por forma a reduzir energia para aquecimento tendo como base a transmissão natural de energia, como também tem implementados elementos de sombreamento e ventilação noturna, estes, com o intuito de reduzir o consumo de energia dedicada ao arrefecimento no período de verão.

## 2.2. Ventilação natural

O processo mais simples para arrefecer edifícios apenas tirando partido das diferenças de temperatura entre o interior e o exterior, é através da ventilação natural, que se revela ser uma

estratégia extremamente eficaz especialmente no período noturno. É através das diferenças de pressão entre o interior e o exterior do edifício que este processo se efetua, tendo tanto maior eficácia quanto melhor for o posicionamento das fachadas e correto dimensionamento de aberturas de janelas, portas, chaminés. Deste modo, com a ação do vento nas suas fachadas dá-se o processo de ventilação natural no edifício.

A ventilação natural permite o arrefecimento do edifício por meio de duas formas:

- Processo térmico, diferenças de temperatura do interior para o exterior;
- Processo eólico, provocado pela conversão do vento (energia cinética) em pressão estática nas fachadas do edifício.

O processo térmico assume a existência de diferenças nas temperaturas interior e exterior ou de espaços interiores, que origina diferentes pressões e consequentemente o fluxo de ar.

O processo eólico admite que o fluxo de ar no interior é feito através da ação do vento, e este é influenciado por factores como a forma do edifício, as características locais, obstáculos e orografia. A ação do vento faz-se sentir por forma de pressões nas fachadas, e de uma forma geral as fachadas orientadas segundo a direção de barlavento, lado de onde incide o vento, estão sujeitas a sobrepressões, enquanto as restantes fachadas, sotavento, se encontram num estado de sucção, o que origina o fluxo de ar em espaços interiores do edifício. Assim sendo o fluxo do ar está orientado de barlavento para sotavento.[5]

Em todo o mundo vários foram os exemplos de procura da optimização da fatia nos consumos eléctricos referente à climatização. Blondeau, demonstrou que para o caso de um edifício tipicamente Inglês, se conseguir uma carga arrefecimento de aproximadamente  $20 \text{ W/m}^2$ , o equivalente a redução de um potencial eléctrico de 25%, seriam possíveis com uma renovação de ar de 8-10 ach através da ventilação noturna, tendo como efeito a redução da temperatura interior em  $1.5^\circ\text{C}$  a  $2^\circ\text{C}$ . Este resultado indica que o arrefecimento proveniente da ventilação noturna é cerca de  $20 \text{ kWh/m}^2$  anual, enquanto um edifício com a tipologia de escritórios necessita de uma carga de arrefecimento cerca de  $30 \text{ kWh/m}^2$  por ano.[6]

No caso da Grécia as técnicas de arrefecimento potencial noturno foram estudadas e ensaiadas para vários edifícios e vários fluxos de ar onde se descobriu que a eficiência da ventilação noturna está fortemente relacionada com as diferenças de temperatura interior e exterior no período noturno em que o fluxo de ar determina a capacidade térmica do edifício. Finn et Al.[6] investigou o efeito da ventilação noturna num edifício publico, num clima marítimo moderado onde pode obter reduções de ganhos internos somente com o incremento da massa do edifício, neste caso de  $800 \text{ kg/m}^2$  para  $1600 \text{ kg/m}^2$  em que se verificou a redução dos ganhos internos de  $40 \text{ W/m}^2$  para  $20 \text{ W/m}^2$  durante o pico do dia também com uma renovação de 10 ach criaram um efeito significativo para o conforto interno, com a redução de  $1.0^\circ\text{C}$  na temperatura no pico do dia.

Existem duas formas para a ventilação noturna, uma defende a ventilação de arrefecimento noturna evitando o uso de sistemas de climatização ativos. Kolokotroni and Aronis, defende a estratégia em que a ventilação noturna continua até às 07:00h até que as temperaturas do interior e do exterior atingiam os  $18^\circ\text{C}$  e os  $12^\circ\text{C}$  respectivamente.

A segunda estratégia defende a ventilação do edifício cerca de 1 a 3 horas antes das 05:00h pois as temperaturas mais baixas durante a noite eram atingidas por volta das 05:00h da manhã. Comparadas as duas estratégias, a 2ª é mais eficaz que a 1ª.[6]

A ventilação natural apresenta-se como sendo a maneira mais eficiente para o arrefecimento passivo de edifícios inseridos na região mediterrânica, como é o caso do elemento em estudo. A construção de edifícios com bom desempenho, conforto térmico e com um bom sistema de ventilação natural é possível com o empenho dos projetistas, especialmente no estudo das condições climáticas locais, orografia do local e na construção. Só assim se garante a melhor solução em termos de permeabilidade e fluxo de ar do edifício.

Com esta estratégia é possível retirar o calor existente no interior do edifício e com isto uma redução da sua temperatura, melhorando assim o conforto térmico. Como consequência deste processo é a redução no consumo de energia associado à climatização, neste caso nos meses de verão, ou seja energia de arrefecimento. Convém realçar que tal processo não deverá ser executado nos meses de inverno, por motivos de conforto térmico.

### 2.2.1. Fundamentos teóricos da ventilação direta noturna

Santamouris et al [7] baseado no princípio de *Balance Point Temperature*, temperatura do ponto de equilíbrio, desenvolveu um método de cálculo que permitiu calcular a contribuição energética por meio dos processos de ventilação noturna.

A carga instantânea de arrefecimento,  $Q_c$

$$Q_c = [k(T_o - T_i) + Q_s + Q_{in}] \quad (2:1)$$

$k$  – coeficiente de carga do edifício [W/°C]

$T_o$  – temperatura ambiente [°C]

$T_i$  – temperatura interior [°C]

$Q_s$  – parte critica dos ganhos solares por elementos transparentes e opacos [W]

$Q_{in}$  – carga critica dos ganhos internos [W]

A parte critica dos ganhos solares está em função da capacidade térmica do edifício e é muito importante para a carga de arrefecimento do edifício. O método para a determinação da carga critica e carga interna é proposto por Baker da ASHRAE. [8] [9]

Nesta equação não se considera que a temperatura interior  $T_i$  varia.

Se,  $Q_t = Q_s + Q_{in}$  temos que:

$$Q_c = [k(T_o - T_i) + Q_t] \quad (2:2)$$

Se uma temperatura de equilíbrio,  $T_b$ , é usada onde:

$$T_b = T_i - \frac{Q_t}{k} \quad (2:3)$$

A carga de arrefecimento instantâneo pode ser calculada como uma função linear da temperatura exterior  $T_o$ :

$$Q_c = [k(T_o - T_b)] \quad (2:4)$$

A carga de arrefecimento diária ou mensal representada por  $Q_{cm}$  poderá ser calculada integrando a equação anterior ao longo de um período de tempo diário ou mensal:

$$Q_{cm} = 3600 k CDD(T_b) \quad (2:5)$$

Onde  $CDD(T_b)$  representam os *cooling degree days*. Com as funções (2:3) a (2:5) obtém-se:

$$Q_c = [K(T_0 - T_i) + Q_T - Q_{NV}] \quad (2:6)$$

$Q_{NV}$  – redução de energia devido á ventilação natural noturna

$K$  – coeficiente de carga do edifício no período noturno

Pode-se definir a temperatura de equilíbrio do edifício usando técnicas de ventilação noturna,  $T_{bn}$ :

$$T_{bn} = T_i - \frac{(Q_T - Q_N)}{K} \quad (2:7)$$

Deste modo a carga de arrefecimento é dada pela expressão:

$$Q_{cn} = [K(T_0 - T_{bvn})] \quad (2:8)$$

A carga de arrefecimento diária ou mensal  $Q_{cnv}$ , pode ser calculada pela integração da equação anterior:

$$Q_{cnv} = 3600 K CDD(T_{bvn}) \quad (2:9)$$

$CDD(T_{bvn})$  – graus de arrefecimento diários, modificados para edifícios utilizando a técnica de ventilação noturna calculados por:

$$CDD(T_{bvn}) = \sum (T_0 - T_{bvn}) S_j \quad (2:10)$$

$$S_j = 1 \text{ se } T_0 > T_{bvn}$$

$$S_j = 0 \text{ se } T_0 \leq T_{bvn}$$

A redução de energia devido à ventilação noturna,  $Q_{NV}$ , introduzida na equação (2:6) é calculada pela seguinte expressão:

$$T_{bn} = \frac{(m c NDD)}{dia} \quad (2:11)$$

$m$  – valor médio do fluxo de massa de ar durante o período da noite

$c$  – calor específico do ar

$dia$  – período diurno em horas

$NDD$  – graus nocturnos diários calculados à temperatura média interior noturna,  $T_{ngh}$ , definida

na seguinte expressão:

$$NDD(T_{bnv}) = \sum(T_{ngh} - T_0) S_j \quad (2:12)$$

$$S_j = 1 \text{ se } T_0 < T_{ngh}$$

$$S_j = 0 \text{ se } T_0 \geq T_{ngh}$$

Onde  $T_{ngh}$  é a temperatura média interior noturna do edifício sem ventilação à noite, calculada pela expressão:

$$T_{ngh} = \frac{h_{in} A T_k + m_a c T_{on}}{h_{in} A + m_a c} \quad (2:13)$$

Em que  $T_k$  é uma função da temperatura interna e a temperatura ambiente média noturna:

$$T_k = f_3(T_i + T_{on}) \quad (2:14)$$

$h_{in}$  – coeficiente de transferência de calor interno

$A$  – superfície interna total do edifício

$m_a$  – fluxo de ar noturno do edifício quando não é utilizada a técnica de ventilação noturna.

$T_{on}$  - temperatura noturna média do ambiente

$f_3$  - coeficiente de definição da temperatura média da massa de ar

Caso o valor do coeficiente  $f_3$  não seja conhecido utiliza-se o valor aproximado de 0.5 e a equação (2:13) resulta do balanço do ar interior durante o período noturno. A fim de verificar se as perdas totais de energia devido à ventilação noturna,  $3600mcNDD$ , são maiores do que o máximo de energia possível armazenada definiu-se um parâmetro,  $MCMAX$ :

$$MCMAX = \sum(M_i C_i)(T_{ngh} - T_{on}) > 0 \quad (2:15)$$

$\sum(M_i C_i)$  - capacidade térmica efetiva do edifício e o  $i$  subscrito indica o material da estrutura do edifício.

No caso de  $3600mcNDD > MCMAX$ , os graus de arrefecimento horários devem ser apropriadamente ajustados e podem ser calculados por:

$$NDD = f_1 \frac{MCMAX}{3600 m c} \quad (2:16)$$

$f_1$  - coeficiente representativo da eficiência da transferência de calor da parede para o ar e a quantidade de ar de ventilação noturna que é acoplado à massa térmica. Este parâmetro é uma função dos padrões de fluxo de ar dentro do edifício e cobertura possível da massa de ar, e deve-

se adoptar um valor de 0.8. A segunda verificação deve comparar as perdas de energia devido à ventilação noturna,  $3600mcNDD$ , com a carga de arrefecimento do edifício, quando as técnicas de ventilação não são aplicadas ( $Q_{cm}$ ) representado na equação (2:5).

No caso em que  $3600mcNDD > Q_{cm}$  então:

$$NDD = f_2 \frac{Q_{cm}}{3600 m c} \quad (2:17)$$

$f_2$  - coeficiente que exprime a capacidade do edifício manter-se arrefecido no período de ocupação no dia seguinte. Este coeficiente é uma função da ocupação padrão e da massa térmica do edifício, podendo tomar valores entre 0.8 - 1.0 em função da forma como são ocupados e com uma duração de ocupação de pelo menos 10 horas por dia. [8]

Com base nas equações descritas da contribuição das técnicas de ventilação noturna para a carga de arrefecimento de um edifício,  $f$ , pode-se calcular pela seguinte expressão:

$$f = \frac{Q_{cm} - Q_{cnv}}{Q_{cm}} \quad (2:18)$$

$Q_{cm}$  e  $Q_{cnv}$  - carga de arrefecimento do edifício quando a ventilação noturna é ou não utilizada respectivamente. De seguida apresentam-se dois exemplos de edifícios que utilizam as estratégias de arrefecimento por ventilação noturna.

### 2.2.2. Exemplos de edifícios com ventilação noturna

Em climas quentes, a construção associa a conjugação de pátios interiores com elementos de sombreamento, grandes vãos e frestas nas fachadas, o que possibilita a circulação de ar resultante das trocas de ar frio do interior com ar quente do exterior, denominando-se por ventilação transversal. Nestes pátios a presença de árvores conjugada com a integração de fontes, repuxos ou até mesmo pequenos lagos proporciona o arrefecimento evaporativo, favorecendo a temperatura ambiente.

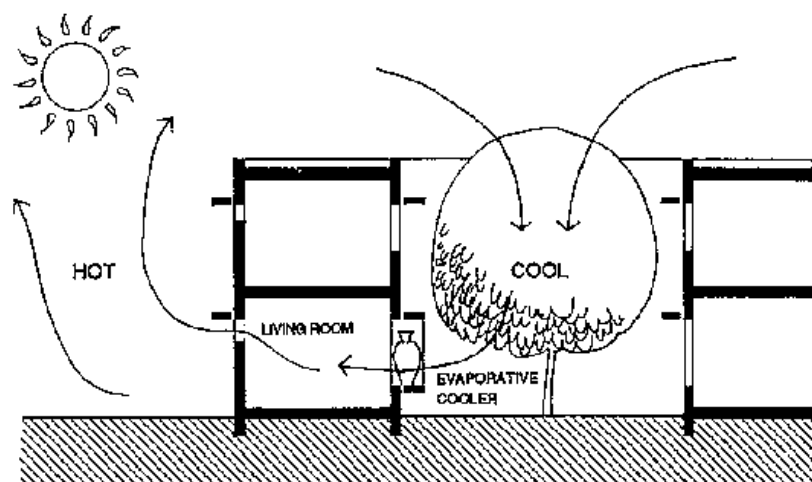


Figura 2.2: Casa Pátio típica de clima árido (Fonte: *Climate responsive building*, 1993)

No seguinte exemplo, a ventilação natural, especialmente a ventilação noturna, possibilita uma boa gestão de cargas internas no edifício que desta forma permite um bom desempenho térmico. Neste caso encontram-se aplicados sistemas que permitem o controlo e gestão individual, quer por sala quer por escritório, em termos de ventilação transversal natural. [10]

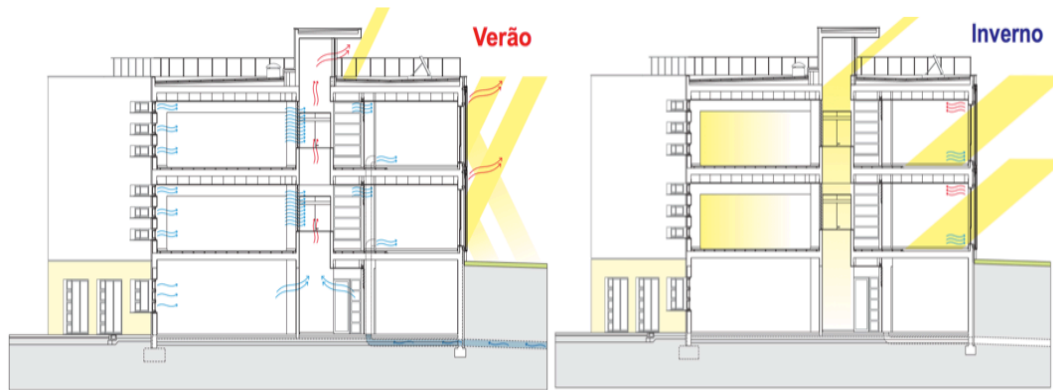


Figura 2.3: Configuração da ventilação do edifício (Fonte: Brochura Solar, 2005)

Na Figura 2.3 pode-se verificar a forma como se processa a ventilação natural no edifício nos períodos de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente.

Sendo o período de ocupação do edifício exclusivamente diurno, a ventilação natural tem possibilidades de ser implementada tanto no verão como no inverno, sendo mais eficaz no período de verão pois é quando se registam as maiores amplitudes térmicas. As aberturas existentes nas fachadas permitem uma ventilação transversal que tanto atinge individualmente cada espaço como o edifício no total. Neste caso o sistema foi adoptado como uma solução complementar à estratégia global para o período de verão e permite a gestão de cada divisão assim como o arrefecimento do ar que circula pelo edifício.

Este fluxo de ar só é possível devido à existência de registos reguláveis em bandeiras localizadas sobre todas as portas que fazem a ligação de salas com o corredor e este ao poço central, onde se faz uma ventilação de forma ascendente controlada por aberturas monitorizadas. A ventilação não ocorre apenas na zona do poço central, também se verifica na escada de distribuição do edifício.

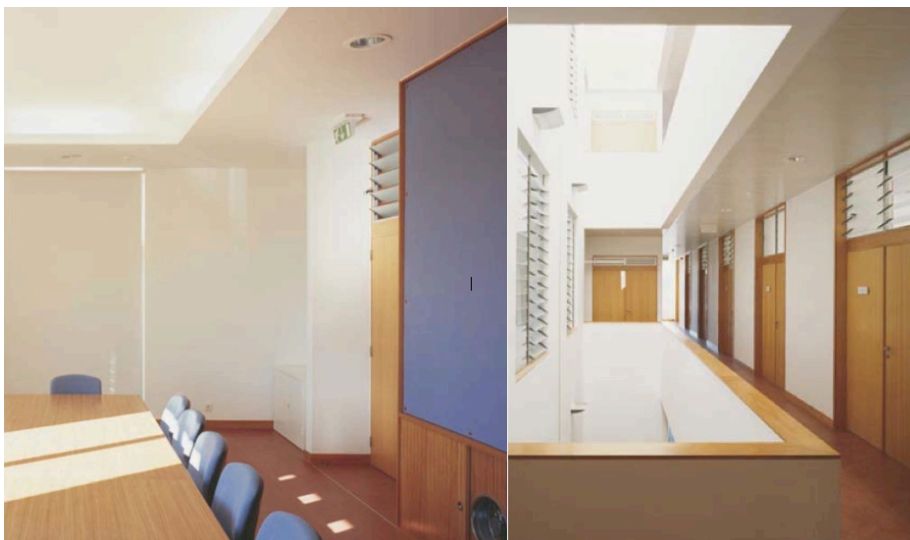


Figura 2.4: Pormenor das bandeiras que permitem a ventilação transversal (Fonte : Brochura solar, 2005)

### 2.3. Elementos de sombreamento

Os elementos de sombreamento aplicados na construção permitem melhorar a eficiência energética, apenas tirando partido das condições climáticas locais ou seja do comportamento do edifício com a sua envolvente. Neste sentido, os elementos de sombreamento têm como principal função a criação de proteção solar, no período de arrefecimento. Os factores localização e orientação geográfica, são fundamentais a considerar na disposição das fachadas embora seja por vezes difícil evitar a incidência solar direta durante alguns períodos do ano sem a aplicação de sistemas de sombreamento.

No clima mediterrâneo, onde se insere o edifício do caso de estudo abordado, segundo a classificação de Köppen-Geiger [11], nos períodos mais quentes, os elementos de sombreamento procuram reduzir os ganhos térmicos, tendo como vantagem a orientação da fachada principal a Sul, uma vez que é neste período que o sol está mais alto e a entrada de radiação solar é facilmente controlada e reduzida. Por outro lado nos períodos mais frios o sol encontra-se mais baixo e a fachada tem maior incidência de radiação solar que é vantajoso para o seu aquecimento.

O sol como fonte de luz natural emite cerca de 4.2 biliões de kWh.dia constantes para a terra. Mas existem quatro razões para que a radiação que chega a terra não seja constante nem se espalhe de forma homogénea.

- 1- Em 24 horas, a terra roda sobre o seu próprio eixo.
- 2- O seu eixo está inclinado  $23,45^\circ$  relativamente à sua órbita, o que leva à variação do ângulo de incidência do sol de  $46,9^\circ$  numa rotação em torno sol, 1 ano.
- 3- As alterações meteorológicas criadas pelas nuvens refletem parte da energia solar emitida.

- 4- Dependendo da latitude, os raios solares atingem a superfície terrestre de diferentes ângulos. Quanto mais afastado do equador menor é o ângulo e assim menor é o aquecimento gerado nessa zona.

Durante os equinócios de 21 março e 22 setembro, os dias são iguais às noites uma vez que a declinação solar é nula significa isto que o sol nasce a Este e põe-se a Oeste. No solstício de verão, 23 junho, a declinação solar é de  $23^{\circ}27'$ , sendo a duração do dia maior que a noite, o sol nasce quase a Noroeste e põe-se quase a Suroeste. No solstício de inverno, 22 dezembro, a declinação é de  $-23^{\circ}27'$ , e a duração do dia é menor que a da noite. Os quatro casos estão esquematizados na Figura 2.5.

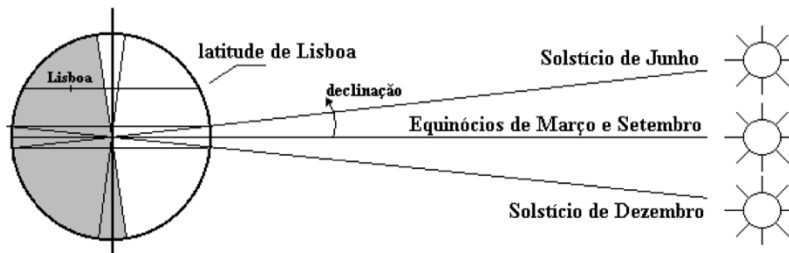


Figura 2.5: Características dos solstícios e equinócios (Fonte: INETI )

A radiação solar emitida sobre qualquer elemento à superfície terrestre tem três componentes apresentados na Figura 2.6.

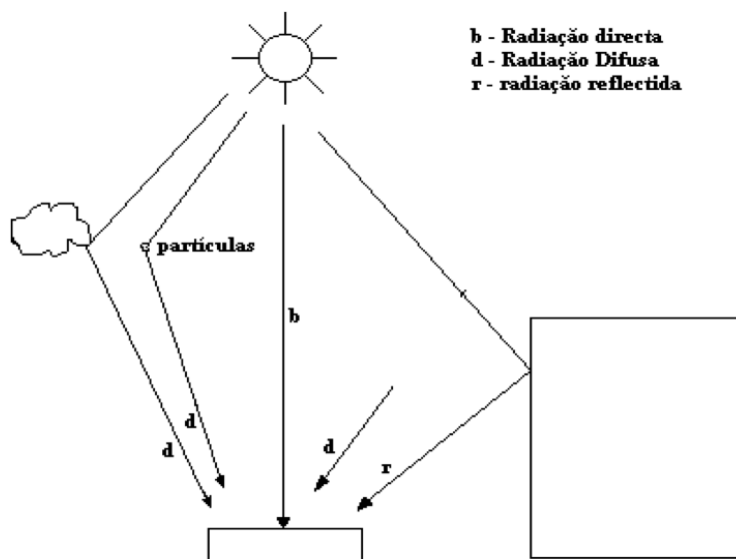


Figura 2.6: Esquema da radiação solar (Fonte: INETI)

- b. Radiação direta, proveniente do sol e incide diretamente na terra.
- d. Radiação difusa, proveniente de todo o céu excepto do sol diretamente. Isto é o resultado da radiação solar que ao atravessar a atmosfera, é em parte reflectida pelos componentes atmosféricos, nuvens, etc., outra parte é absorvida ( $O_3$ ,  $O_2$ ;  $H_2O$ , ...) e a restante é difundida ( moléculas, gotas de água, pó em suspensão).
- r. Radiação reflectida, proveniente da reflexão no chão e em objetos circundantes.

A reflectividade do chão designa-se por albedo e depende unicamente das características do chão.[12]

O modo mais simples de se tirar proveito de forma passiva da energia solar é com o ganho solar direto, realizado através da absorção de radiação nos elementos da fachada do edifício, armazenando a energia durante o dia e dando uso à sua inércia térmica. Esta energia no momento posterior, em que não existe ganhos solares, ao ser libertada para o interior pode ser aproveitada para o aquecimento e regulação das temperaturas internas. Quando o calor é indesejado este poderá ser dissipado por meio de estratégias de ventilação natural.

A temperatura é um parâmetro que permite avaliar o conforto num espaço e está associada às transmissões de energia térmica de um corpo para outro e às noções de frio e calor. Existem três modos de transmissão de calor:

- Condução, propagação entre a continuidade dos materiais, específico para cada tipo.
- Convecção, transmissão de calor de um corpo sólido para um fluido.
- Radiação, propagação por meio de partículas ou ondas, (meio pelo qual a energia solar atinge a superfície terrestre).

Os elementos de sombreamento dividem-se em exteriores e interiores como está representado na Figura 2.7. No caso de sombreamento pelo interior pode-se dizer que é menos eficaz uma vez que os raios solares interceptam o vidro estes alteram o seu comportamento de onda e não têm maneira de sair, o que origina o efeito de estufa pois ficam retidos no interior. Por outro lado no sombreamento exterior, os raios solares são interceptados por estes elementos e dispersados antes de atingirem o vidro podendo em certos casos reduzir os ganhos solares até 80% conforme demonstrado na Figura 2.8.[13] Um sistema exterior permite ainda a circulação de ar enquanto cumpre a sua função de sombrear permitindo assim o arrefecimento e podendo mesmo ajudar na redução de custos a nível do consumo energético.

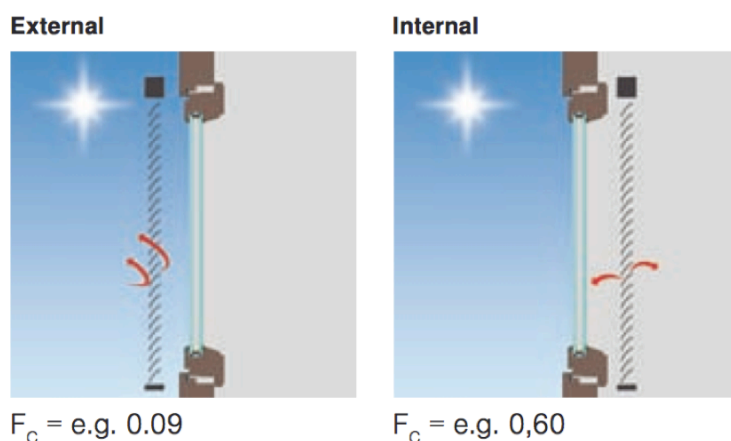


Figura 2.7: Sombreamento exterior e interior e respectivo Fator de Redução ( Fonte : Brochura Wareama, 2005)

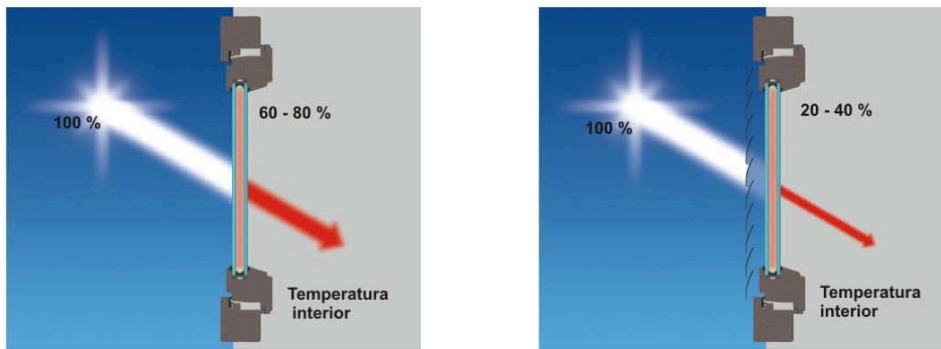


Figura 2.8: Efeito da redução de ganhos solares com sombreamento pelo exterior ( Fonte: Brochura Wareama, 2005)

### 2.3.1. Fundamentos teóricos de elementos de sombreamento

A proteção eficaz do sol é uma obrigação tanto para edifícios de habitação como para edifícios de serviços. Sem ela uma divisão poderá aquecer a um nível desagradável apesar da sua ventilação, isto é, devido ao efeito de estufa que mantém o calor no seu interior mesmo quando o exterior se apresenta agradavelmente fresco.

Os elementos de sombreamento devem cumprir exigências, permitindo escurecer por completo uma sala, como proteger a vista do exterior para o interior e ainda oferecer uma vista panorâmica e desafogada dos arredores. Os elementos de sombreamento têm de cumprir com uma série de exigências, desde fornecer uma sombra agradável durante o período diurno e permitindo o acesso livre para os últimos raios solares no final do dia, têm de manter a divisão fresca no verão e funcionar como barreira à saída de energia de aquecimento no inverno. Por fim a estética desempenha um papel de relevância nos dias de hoje da arquitetura moderna.

Perante adversas condições solares tanto a iluminação como o sombreamento representam uma necessidade essencial para o conforto térmico. É por isso necessário considerar um equilíbrio entre o bloqueio da incidência solar sem se privar o espaço da iluminação natural.

Os elementos de sombreamentos devem assim:

- proporcionar um equilibrado controlo solar;
- evitar a entrada de radiação quando indesejado;
- proporcionar luminosidade adequada consoante a atividade que o espaço exige;
- equilibrar fluxo luminoso incidido e refletido;
- controlar níveis de reflexão;
- evitar ofuscamento;

O coeficiente de sombreamento dos elementos (CS) representa o controlo solar num envidraçado, em que consiste no índice dos ganhos totais de calor obtidos por comparação entre a energia transmitida, absorvida e novamente radiada de um vidro e com os mesmos parâmetros de um envidraçado incolor e simples exposto ao sol. A percentagem de radiação transmitida é equiparada ao valor 1, índice básico para um envidraçado exposto ao sol.[13]

O eficiente e inteligente uso da luz natural pode permitir reduzir drasticamente os custos no edifício referentes à iluminação. Usando-se um sistema de controlo com sensores consegue-se reduzir estes custos em 70%, com o a aplicação de um estores com motor duplo. Optou-se por duas secções, a secção inferior bloqueia a incidência direta do sol no interior da divisão, enquanto que a secção superior, orientada no ângulo certo permite a reflexão dos raios solares nas lamelas e estes, conduzidos para o interior e direcionados para o teto, permitindo assim o correto aproveitamento solar e reduzindo significativamente as necessidades energéticas associadas quer à iluminação quer à climatização interior. [14]

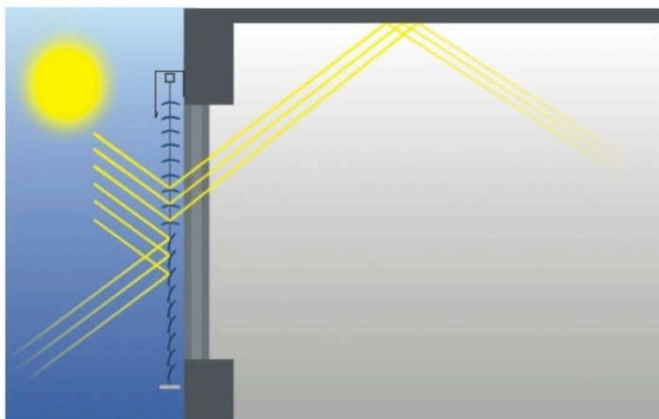


Figura 2.9: Exemplo de estore com motor duplo (Fonte: <http://cruzfer.pt>)

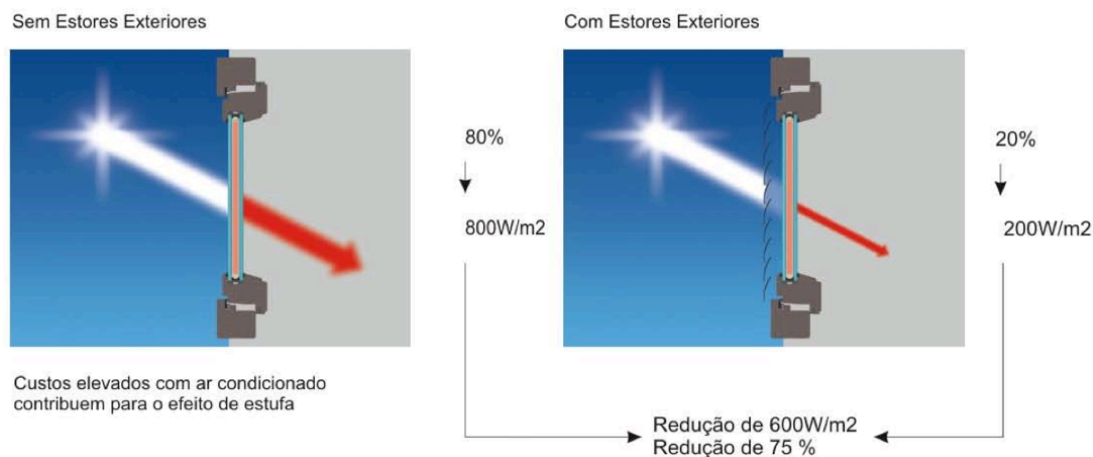


Figura 2.10: Poupança energética resultante da aplicação de estores exteriores (Fonte: brochura Wareama)

O Factor solar (FS) resulta da relação entre a energia da radiação solar e a energia transmitida e absorvida para o interior por convecção e radiação com o respectivo dispositivo de proteção representado na Figura 2.11.[15]

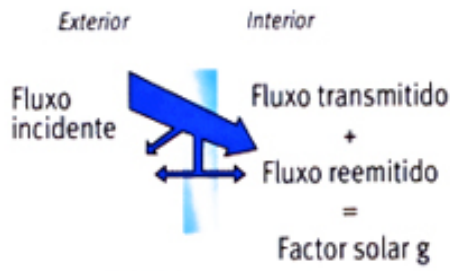


Figura 2.11: Factor solar (Fonte: <http://sggclimalitdata.com> )

O fator de redução FC varia de 0 a 1. Em que 0 representa teoricamente a melhor proteção solar e 1 nenhuma proteção existente. De maneira que quanto mais o valor se aproximar do zero mais efetiva é a proteção, menor será a passagem de energia solar menor a temperatura e consequentemente o consumo energético do sistema de climatização.[13]

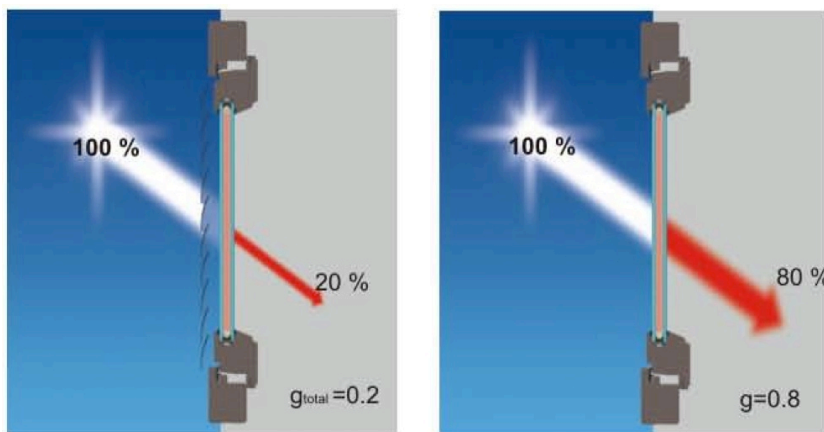


Figura 2.12: Fator de redução de estore exterior (Fonte: Wareama)

$$FC = \frac{g_{total}}{g} = \frac{0,20}{0,80} = 0,25 \quad (2:19)$$

$g_{total}$  - coeficiente de energia total que atravessa a proteção solar e o vidro

$g$  - coeficiente de energia total que atravessa o vidro

### 2.3.2. Exemplos de edifícios com elementos de sombreamento

Atualmente existem vários tipos de sistemas de sombreamento projetados com o intuito de captar luz natural conduzindo-a para o interior, na tentativa de evitar níveis de iluminação muito elevados especialmente junto de vãos envidraçados, proporcionando a difusão uniforme da luz natural. Por exemplo, palas refletoras e estores refletoras com funcionamento para sombreamento e para iluminação.

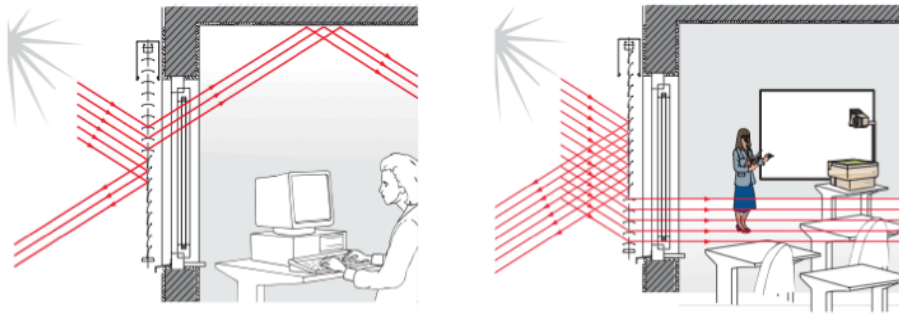


Figura 2.13: Esquema de sistema de sombreamento exterior de duas secções (Fonte: Wareama, 2005)



Figura 2.14: Sistema de sombreamento exterior de duas secções (Fonte: Wareama, 2005)



## Capítulo 3

### 3. Caracterização do edifício

#### 3.1. Localização

O edifício de serviços em estudo encontra-se situado na zona urbana da cidade de Setúbal, mais precisamente na Rua dos Ciprestes, N°15, a uma distância da costa marítima de 0,98km, à cota de 18m e inserido na zona climática I1V2S.

O edifício encontra-se isolado, não apresentando qualquer tipo de construção ou obstrução em seu redor, sendo a orientação das fachadas a Norte, Sul, Este, Oeste em que a fachada principal está virada a Sul, como se pode observar na Figura 3.1.

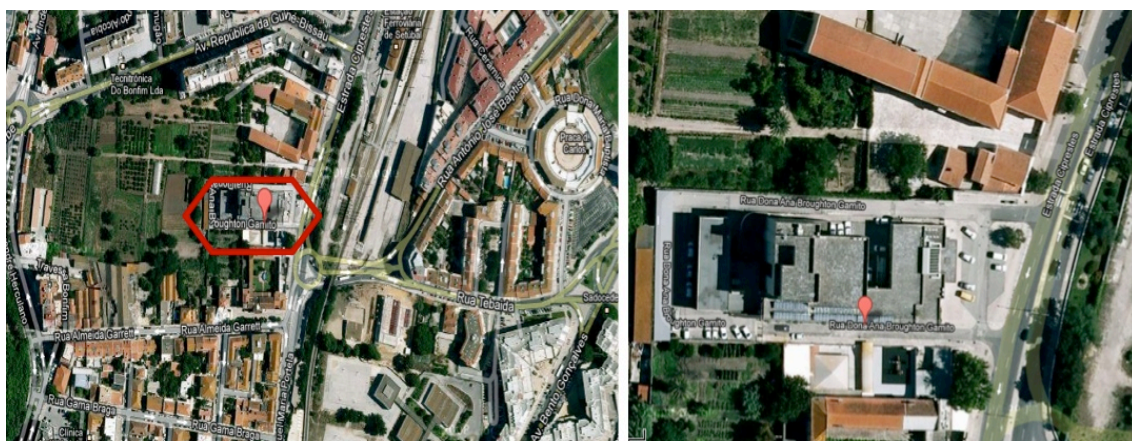


Figura 3.1: Localização do edifício em Setúbal (Fonte: Google Maps)

### 3.2. Descrição do edifício

O edifício de serviços em estudo é constituído por 6 pisos elevados e 1 enterrado. O piso 0 é composto pela entrada no edifício, recepção e um posto médico. Nos pisos de 1 a 6 situam-se os escritórios dos serviços administrativos caracterizados por *openspace* assim como também alguns gabinetes, salas de reunião e salas de formação. Ainda no piso 5 além das salas de reunião e formação encontra-se um bar destinado aos funcionários do, e também um pequeno refeitório usado pelos funcionários do piquete. O piso 6 é destinado aos balneários e à casa das máquinas. O piso enterrado, a cave, destina-se a estacionamento, armazéns e salas técnicas do quadro geral e bombagem da rede de incêndio.

Em termos de tipologia deste espaço administrativo de acordo com o RSECE [16] é considerado como um Grande Edifício de Serviços, com Escritórios (3299,16 m<sup>2</sup>), e Estabelecimento de Saúde Sem Internamento (214,43 m<sup>2</sup>), com os Espaços Complementares de Armazém (152,28 m<sup>2</sup>), Cozinha (62,12 m<sup>2</sup>) e Estacionamento (313,31 m<sup>2</sup>). Os espaços não úteis considerados foram os armazéns localizados no piso -1 e garagem. As plantas arquitectónicas são remetidas para Anexo A.

### 3.3. Caracterização da envolvente exterior e interior

Para a caracterização da envolvente exterior e interior recorreu-se a simplificações propostas pela Nota Técnica NT-SCE01 [17] e ITE 50 [18] por falta de elementos relativos à construção do edifício. Estas simplificações estão concordantes com as utilizadas anteriormente nas auditorias energéticas. As plantas do edifício com a descrição das envolventes encontram-se no Anexo A

As soluções construtivas apresentam-se em seguida:

P. ext 1 – Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco pelo interior e pelo exterior (posterior a 1960), com espessura total superior a 0,35 m. Coeficiente de transmissão térmica de 0,96 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com NTSCE01).

P. ext 2 – Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco pelo interior e pelo exterior (posterior a 1960), com espessura total de 0,30 m. Coeficiente de transmissão térmica de 1,10 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com NT-SCE01).

P. int 1 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (garagem) com uma espessura total de 30 cm de constituição desconhecida, revestimento interior em reboco. Coeficiente de transmissão térmica de 1,00 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com NT-SCE01).

P. int 2 – Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (armazéns) com uma espessura total de 15 cm. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2 cm. Coeficiente de transmissão térmica de 1,78 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com ITE 50).

Cob. ext – Cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa de ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso. Coeficiente de transmissão térmica de 1,84 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com NT-SCE01 incluindo a contribuição da caixa-de-ar).

Pav. int – Pavimento interior pesado sobre espaço não aquecido, de espessura desconhecida. Coeficiente de transmissão térmica de 2,21 W/m<sup>2</sup>.°C (de acordo com NT-SCE01).

Pav. ext – Pavimento sobre o exterior pesado, de espessura desconhecida. Coeficiente de

transmissão térmica de  $3,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (de acordo com NT-SCE01).

Caracterização dos envidraçados:

Envidraçado E1: Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,55.

Envidraçado E2: Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,55.

Envidraçado E3: Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $4,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,55.

Envidraçado E4: Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $4,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,55.

Envidraçado E5: Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,34.

Envidraçado E6: Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,34.

Envidraçado E7: Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $4,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,34.

Envidraçado E8: Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $4,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,34.

Envidraçado E9: Vão simples inserido na fachada Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,29.

Envidraçado E10: Vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com proteção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $4,3 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,29.

Envidraçado E11: Claraboia inserido na cobertura da sala de espera do posto médico, com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor + incolor não especificado, sem proteção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a  $3,9 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$  e com factor solar de 0,75.

### 3.4. Caracterização dos sistemas de climatização instalados

O sistema de climatização é centralizado, existindo pontualmente unidades de climatização individuais em locais específicos. O sistema de climatização é composto por 3 chillers/bomba de calor, que climatizam a maior parte do edifício através dos 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, a 4 tubos, e de 3 unidades de tratamento de ar (UTA). Os chiller/bomba distribuem-se pela cobertura do edifício. Cada unidade apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais, em todas as situações. A regulação da temperatura da água refrigerada é 7°C/12°C.



Figura 3.2: Chiller

A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pelas UTAN's, e pelos VFC's, que se encontram localizados nas coberturas do edifício, no piso 2 e no piso 6, excepto o VFC 01 que se encontra instalado no tecto falso do hall dos elevadores do piso 4.



Figura 3.3: UTAN

As UTAN's R.01 e R.05 são constituídas pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, recuperador de calor do tipo Roda Térmica, filtro de sacos de classe F7, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação, atenuador de som e filtro de sacos. No sentido da extração: filtro de ar plano de classe G3, atenuador de som, ventilador de extração, roda térmica e secção de extração. Ambos ventiladores de insuflação e de extração têm motor de transmissão por correias. Os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros.

A UTAN 03 faz apenas a insuflação de ar novo e é constituída pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação com transmissão por correias atenuador de som e filtro de ar de sacos.

Os ventiladores de duplo fluxo cruzado com recuperação de calor têm estrutura e painéis em aço zincado e são equipados com um permutador de placas de alumínio em calha e um filtro G4.

Como sistemas individuais existem 4 unidades de expansão direta tipo *split*, localizados na sala de gestão técnica centralizada, na casa das máquinas nos elevadores e na sala dos bastidores. Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no tecto falso de cada piso. Tal como para a insuflação, as grelhas de extração encontram-se localizadas no tecto falso dos pisos.



Figura 3.4: Split e difusor



Figura 3.5: Extractor

As bombas de distribuição de água fria e água quente são do tipo *in-line* equipadas com motor eléctrico de rotor seco com variadores de frequência. O desacoplamento é feito por colectores.

De seguida encontram-se as tabelas referentes às características dos equipamentos presentes no edifício.

Tabela 3.1: Características dos chillers/bombas de calor

<b>Chillers</b>		
<b>Quantidade</b>	un	3
<b>Localização</b>	Cobertura	
<b>Marca</b>	Carrier	
<b>Modelo</b>	30RH-120-B0488-PEE	
<b>Capacidade de arrefecimento<sub>1</sub></b>	kW	106
<b>Potência eléctrica absorvida<sub>1</sub></b>	kW	43,1
<b>EER</b>	2,46	
<b>Capacidade de arrefecimento<sub>1</sub></b>	kW	116
<b>Potência eléctrica absorvida<sub>1</sub></b>	44,1	
<b>COP</b>	2,63	
<b>Tipo de refrigerante</b>	R407C	

(<sub>1</sub> condições Standart Eurovent)

Tabela 3.2: Características das UTAN's

		<b>UTAN R.01</b>	<b>UTAN R.05</b>	<b>UTAN 03</b>
<b>Localização equipamento</b>		Cobertura (piso 2)	Cobertura (piso 6)	Cobertura (piso 6)
<b>Piso que serve</b>		Piso 0/1/2	Piso 3/4/5	Piso 5
<b>Marca</b>		Flaktwoods	Flaktwoods	Flaktwoods
<b>Tipo</b>		EUBA-30-240-1-1-1-1-0	EUBA-21-210-1-1-1-1-0	EUBA-21-220-1-1-1-1-0
<b>Caudal de ar insuflado</b>	m <sup>3</sup> /h	9515	5795	4850
<b>Caudal de ar extraído</b>	m <sup>3</sup> /h	8420	5090	---
<b>Pressão estática disponível</b>	Pa	250	250	170
<b>Capacidade de aquecimento</b>	kW	21,2	12,4	31,6
<b>Capacidade de arrefecimento</b>	kW	12,5	22,2	14,9
<b>Potência do motor insuflação</b>	kW	5,5	3	2,2
<b>Potência do motor extração</b>	kW	4	2,2	---
<b>Recuperador de calor</b>		Roda térmica	Roda térmica	---

( --- valores não conhecidos)

Tabela 3.3: Características dos ventiladores

		VFC 01	VFC 02
<b>Localização do equipamento</b>		Tecto falso piso 4	Cobertura ( piso 2)
<b>Local que serve</b>		Sala Reuniões 5.1	Posto médico ( piso 0)
<b>Marca</b>		France air	France air
<b>Modelo</b>		Volcane II XA 800	Volcane II XTA 4000
<b>Tipo recuperador de calor</b>		Fluxos cruzados	Fluxos cruzados
<b>Caudal de ar insuflado</b>	m <sup>3</sup> /h	750	2880
<b>Caudal de ar extraído</b>	m <sup>3</sup> /h	750	2880
<b>Potência do motor</b>	kW	0,4	0,8

Tabela 3.4: Características das bombas de circulação de água

<b>Bombas circulação de água</b>			
		Água fria	Água quente
<b>Quantidade</b>	un	2	1
<b>Marca</b>		Lowara	Lowara
<b>Modelo</b>		FCE50- 160/22 A	FCE50- 160722 A
<b>Localização</b>		Cobertura	Cobertura
<b>Potência máxima</b>	kW	2,2	2,2
<b>Velocidade Correspondente</b>	rpm	2850	2850

Tabela 3.5: Características das unidades individuais de climatização

		<b>Split</b>	<b>Split</b>	<b>Split</b>	<b>Split</b>
<b>Marca</b>		Sanyo	Samsung	Daikin	General Electric
<b>Quantidade</b>	un	1	1	1	1
<b>Modelo unidade interior</b>		SAP-F92GH5(W)	AQ12A1VE	FTYN25DAY3B	AG-18C17AW
<b>Modelo unidade exterior</b>		SAP-C92GH5	n.d.	RYN25DAY3B	n.d.
<b>Localização unidade interior</b>		SALA GTC	C.M. Elevadores	Sala servidores	Sala servidores
<b>Localização unidade exterior</b>		Cobertura	Cobertura	Piso 0	Piso 0
<b>Capacidade arrefecimento</b>	kW	2,65	3,4	2,5	5,27
<b>Potência eléctrica abs arrefec</b>	kW	0,99	1,26	0,61	2,2
<b>EER</b>		2,68	2,7	3,25	2,4
<b>Capacidade de aquecimento</b>	kW	3,3	3,7	2,85	--
<b>Potência eléctrica abs aquec</b>	kW	1	1,29	0,78	--
<b>COP</b>		3,3	2,87	3,65	--
<b>Tipo de refrigerante</b>		R22	n.d.	R410-A	n.d.

(n.d. – nao disponível)

Tabela 3.6: Características dos ventiladores de extração

<b>Ventiladores de extração</b>			
<b>Tipo</b>		VE01	VE02
<b>Quantidade</b>	un	1	1
<b>Local</b>		Cobertura	Cobertura
<b>Marca</b>		France air	France air
<b>Velocidade rotação</b>	rpm	1149 - 1459	799 - 1080
<b>Potência ventilador</b>	kW	0,55	1,1

Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, do sistema de climatização centralizado existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT) onde é feito o seguinte controlo:

- Valores de temperatura da água nos circuitos de água fria e quente à entrada e saída dos colectores de água fria/quente;
- Estado de funcionamento dos chillers, e das bombas de circuito secundário;
- Contadores de entalpia nos chillers e nas UTAN's, que dão indicações do caudal dos vários circuitos de água, temperatura de ida e retorno dos mesmos, e energia consumida;
- *Set point* de temperatura da água de ida e de retorno aos chillers no Inverno e Verão;
- Horário de funcionamento das UTAN's, dos VFC's, dos ventiloconvectores e ventiladores de extração;
- Valor da temperatura ambiente exterior, da temperatura de ar insuflado e de ar extraído por cada UTAN;
- *Set point* de temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
- Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias das unidades de tratamento de ar;
- Visualização do estado de funcionamento dos ventiladores de extração;
- Visualização da localização dos principais equipamentos de climatização e dos quadros eléctricos de AVAC, em cada piso;

No SGT é ainda possível a visualização de mensagens de erros, com a indicação das anomalias ocorridas.

A climatização apresenta-se como o maior consumidor de energia do edifício. A determinação do seu consumo foi efectuado a partir de medições eléctricas efectuadas. Assim determinou-se que o sector da climatização consome anualmente cerca de 226 MWh/ano. A percentagem deste sector no peso total da energia consumida corresponde a 49,7%.

### 3.5. Iluminação

O tipo de iluminação é composta essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 com balastro electrónico. No posto médico e nas instalações sanitárias de todo o edifício predominam essencialmente as lâmpadas fluorescentes compactas. A iluminação exterior é constituída por lâmpadas vapor de sódio e fluorescentes compactas. Todas as fachadas do edifício são munidas de envidraçados, que garantem uma boa iluminação natural no seu interior.

O horário de funcionamento da iluminação corresponde ao período em que se verifica atividade nos escritórios, incluindo os serviços de limpeza, o que representa o período compreendido entre as 07:30h e as 19:30h, nos dias da semana. Na clínica o horário de funcionamento da iluminação é das 08:00h às 20:00h de segunda a sexta-feira.

Com o objectivo de avaliar o consumo de energia relativo à iluminação do edifício realizou-se o inventário detalhado de toda a iluminação existente.

## Levantamento de iluminação

Potência Instalada

Local	Horas Funcionamento/ano	F1x8	F1x14BE	F1x18BC	F1x28BE	F1x49BE	F2x14BE	F2x28BE	F2x49BE	F3x14BE	F4x14BE	FC1x11	FC2x11	FC1x7	VS100	kW	
Piso -1 (Garagem)	3380	1				10										0,55	
Piso -1 (Armazéns)	260			2		3			5	1		1				0,77	
Piso 0 (Gabinetes)	3120				79			29								4,43	
Piso 0 (central informática)	3120							6								0,37	
Piso 0 (Open space 13 - Piquetes)	3120				26											0,86	
Piso 0 (Circulação)	3120						24	2					1			0,87	
Piso 0 (Recepção)	3120				24							12				0,98	
Piso 0 (Wc)	780		2										7			0,14	
Piso 0 (Recepção Clínica)	2860				6						8	11				0,9	
Piso 0 (Gabinetes Clínica)	2860										20	2				1,35	
Piso 0 (Circulação Clínica)	2860						4									0,12	
Piso 1 (Gabinetes)	3120				96		2	72								7,62	
Piso 1 (Sada de reuniões)	3120				9			3								0,48	
Piso 1 (Circulação)	3120						30									0,9	
Piso 1 (Wc)	780		2									6				0,13	
Piso 2 (Gabinetes)	3120				25				29							3,9	
Piso 2 (Arquivo)	260				4											0,13	
Piso 2 (Circulação)	3120						8									0,24	
Piso 2 (Wc)	780											2				0,03	
Piso 3 (Gabinetes)	3120				123											4,06	
Piso 3 (Sala de reuniões)	3120							10								0,61	
Piso 3 (Circulação)	3120						19									0,57	
Piso 3 (Wc)	780		1									5				0,09	
Piso 4 (Gabinetes)	3120							46								2,81	
Piso 4 (Circulação)	3120									23						1,27	
Piso 4 (Sala de reuniões)	3120							12								0,73	
Piso 4 (Wc)	780		2									6				0,13	
Piso 5 (Salas de reuniões)	3120					57										3,08	
Piso 5 (Cozinha)	2730				3		3	6				1				0,57	
Piso 5 (Bar)	2730											2		4		0,06	
Piso 5 (Circulação)	3120									9						0,5	
Piso 5 (Wc)	780											4				0,06	
Piso 6 (Sala gestão técnica)	260					2										0,11	
Piso 6 (Casa das máquinas)	12					1										0,05	
Piso 6 (Balneários)	936					4										0,22	
Piso 6 (Circulação)	936							4								0,24	
Piso 6 (Wc)	936											4				0,06	
Cobertura (Exterior)	52											2				0,03	
Caixa de escadas	3380				2			12								0,8	
Exterior	4004											10		1	4	12	1,52
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>397</b>	<b>77</b>	<b>90</b>	<b>202</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>42,34</b>	

Nota: F- fluorescente tubulares; FC- fluorescentes compactas; Hal- halogênio; I- incandescentes; VS- vapor de sódio; BE- balastro eletrônico; BC- balastro convencional

O sector da iluminação apresenta-se como o segundo maior consumidor de energia eléctrica. Estima-se que o consumo do sector da iluminação consome cerca de 125 MWh/ano. A percentagem deste sector no peso total da energia consumida corresponde a 28,3%.

### 3.6. Equipamentos

Neste sector incluem-se todos os equipamentos existentes que não são de climatização. Os equipamentos podem ser agrupados em três sectores:

- Sistemas informáticos e de telecomunicações: computadores, monitores, impressoras, servidores, equipamentos ativos dos bastidores, entre outros;
- Movimentação de pessoas e cargas;
- Equipamentos de cozinha;

#### Sistemas informáticos e de telecomunicações.

No piso 0 existe uma sala de informática com servidores e bastidores alimentados através de uma unidade ininterrupta de energia, UPS. Para além deste sistema centralizado existem os equipamentos de informática e audiovisuais individuais, nomeadamente, computadores, monitores, impressoras, faxes, etc.

Tabela 3.7: Levantamento de equipamentos de informática e audiovisuais

<b>Equipamentos</b>	<b>Piso 0</b>	<b>Piso 1</b>	<b>Piso 2</b>	<b>Piso 3</b>	<b>Piso 4</b>	<b>Piso 5</b>	<b>Total</b>
<b>Computadores</b>	31	35	13	17	8	13	117
<b>Impressoras</b>	12	21	4	7	6	2	52
<b>Digitalizadores</b>		1		1	1		3
<b>Fax</b>					2		2
<b>Projetores</b>						4	4
<b>Fotocopiadoras</b>		2	2	3			7
<b>Televisão</b>	1					2	3

#### Movimentação de cargas e pessoas.

Para a movimentação das pessoas existem 2 elevadores nos escritórios e 1 elevador na cozinha.

Os seus quadros de comando são alimentados a partir do Quadro Geral de Baixa Tensão do edifício. Não foi possível obter qualquer tipo de informação nem de características do monta cargas localizado na zona da cozinha uma vez que este não se encontra em funcionamento.

Tabela 3.8: Características dos elevadores

<b>Elevadores</b>	
<b>Pisos</b>	Piso -1 a 5
<b>Marca</b>	Rotos
<b>Modelo</b>	AZE180L-41
<b>Quantidade (un)</b>	2
<b>Potência (kW)</b>	7,4
<b>Frequência (Hz)</b>	50

Equipamentos de cozinha.

No sector de equipamentos de cozinha consideraram-se todos os equipamentos da zona do bar, da zona da cozinha e outros equipamentos distribuídos pelos vários pisos do edifício.

Tabela 3.9: Equipamentos de cozinha

<b>Equipamentos cozinha (Piso 5)</b>	<b>Total</b>
<b>Microondas (0,68 kW)</b>	1
<b>Moinho de café</b>	1
<b>Frigideira</b>	4
<b>Fogão</b>	1
<b>Forno</b>	1
<b>Arca frigorífica</b>	1
<b>Fritadeira</b>	1
<b>Batedeira</b>	1
<b>Maquina lavar loiça</b>	1
<b>Maquina corte fiambre</b>	1

Tabela 3.10: Equipamentos de bar

<b>Equipamento bar (Piso 5)</b>	<b>Total</b>
<b>Máquina de café (3kW)</b>	1
<b>Moinho de café</b>	1
<b>Torradeira (2,5kW)</b>	1
<b>Máquina lavar loiça (2,2 kW)</b>	1

Tabela 3.11: Outros equipamentos

<b>Outros equipamentos</b>	<b>Piso 0</b>	<b>Piso 1</b>	<b>Piso 2</b>	<b>Piso 3</b>	<b>Total</b>
<b>Microondas</b>	1				1
<b>Moinho de café</b>	1				1
<b>Máquina de água</b>	1	1	1	1	4
<b>Frigorífico</b>	1				1
<b>Aquário (50 W)</b>	1				1
<b>Caixa Multibanco</b>	1				1

#### Consumo de energia dos equipamentos.

O sector dos equipamentos apresenta-se como o terceiro maior consumidor de energia deste edifício, tendo um consumo de cerca de 97 MWh/ano, que representa uma percentagem de 21,9% do consumo total de energia.

### 3.7. Energia total consumida

Através dos valores de consumo real global de eletricidade em kWh e após a conversão para energia primária (kgep) pode-se estimar uma previsão do consumo anual no caso da energia primária como está apresentado na Tabela 3.12.

Tabela 3.12: Previsão do consumo anual de energia eléctrica

<b>Consumo de energia</b>	<b>kWh/ano</b>	<b>%</b>	<b>kgep/ano</b>	<b>%</b>
<b>Alimentação BTE</b>	432,365	97,70%	125,386	97,70%
<b>Produção fotovoltaicos</b>	10,117	2,30%	1,934	2,30%
<b>Consumo real</b>	442,482	100%	128,32	100%

O fator de conversão de unidade da energia eléctrica utilizado nos cálculos da auditoria, bem como o valor do preço unitário estão indicados na seguinte tabela.

Tabela 3.13: Factor de conversão e preço da energia

<b>Energia eléctrica</b>	
<b>Factores de conversão</b>	0,290 kgep/kWh
<b>Preços em 2010</b>	0,13 €/kWh
	0,41 €/kWh

A repartição do consumo de energia anual pelos principais sectores apresenta-se na Figura 3.6:

1.  Climatização – apesar de não ter um funcionamento contínuo ao longo do ano, este sector representa o maior consumidor.
2.  Iluminação – este sector representa o segundo maior consumidor de energia.
3.  Equipamentos – este sector engloba todos os outros equipamentos existentes.

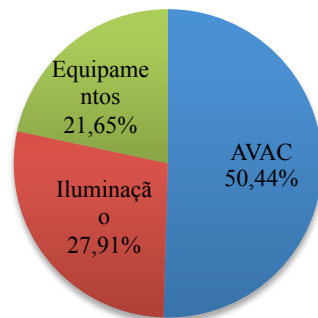


Figura 3.6: Repartição do consumo nominal global de energia do edifício

Tabela 3.14: Intervalos das classes energéticas para o edifício em estudo

<b>Classe energética</b>	<b>Intervalo [kgep/m<sup>2</sup> ano]</b>	
	<b>Lim. Inferior</b>	<b>Lim. Superior</b>
<b>A+</b>	-	23,99
<b>A</b>	23,89	27,99
<b>B</b>	27,29	30,70
<b>B-</b>	30,70	34,10
<b>C</b>	34,10	40,92
<b>D</b>	40,92	47,73
<b>E</b>	47,73	54,54
<b>F</b>	54,54	61,35
<b>G</b>	61,35	-

O índice de eficiência energética (IEE), por simulação, foi de 34,83 kgep/m<sup>2</sup>ano, valor compreendido no intervalo corresponde à classificação C. O primeiro certificado energético do edifício encontra-se em Anexo B.

Esta mesma certificação recomendou, tendo em vista a redução dos consumos de energia do edifício, a realização das seguintes medidas:

1.  Substituição das lâmpadas fluorescentes TL5 e TLD por fluorescentes Master Eco

Recomenda-se a substituição das lâmpadas TL5 de 28W e 49W e TL-D de 18W pela nova gama de lâmpadas fluorescentes, nomeadamente, Master TL5 ECO 25W e 45W e Master TL-D ECO de 16W. Esta nova gama permite diminuir a potencia da lâmpada mantendo o fluxo luminoso, com uma mera substituição da lâmpada, sem ser necessário substituir a luminária.

A redução avalia-se em 8,9 MWh/ano, o que corresponde a 1084€/ano.

Utilizando o programa de simulação dinâmica, segundo a certificação, conclui-se que a redução da potência em iluminação irá implicar um ligeiro aumento do consumo de climatização na estação de aquecimento mas, no entanto, uma diminuição mais acentuada do consumo de climatização na estação de arrefecimento. A poupança global incluindo, a diminuição do consumo de iluminação, a diminuição do consumo de climatização no Verão e o aumento do consumo de climatização no Inverno será cerca de 12,7 MWh/ano, o que corresponde a uma diminuição de 1.500€/ano na fatura de energia. O investimento adicional correspondente é cerca de 2.000€. O período de retorno simples, determinado de acordo com a fórmula do Anexo XIII do Decreto-Lei 79/2006, de 4 de Abril, é de 1,3 anos.

2.  Desligar UTA R.01 durante o fim-de-semana

O regime de funcionamento da UTAN R.01 é controlado pelo SGT em que se verificou que o horário definido para este equipamento era das 7:10h às 20:00h, de segunda-feira a domingo. Tendo em vista a redução dos consumos de energia e uma vez que este edifício tem ocupação apenas nos dias de semana recomenda-se a alteração do horário de funcionamento desta UTAN para o regime de segunda-feira a sexta-feira. A poupança anual expectável é cerca de 10.400 kWh/ano, o que corresponde a 1300 €/ano.

### **3.8. Caracterização do estado atual do edifício**

Após os resultados da primeira certificação energética de dezembro de 2010, procedeu-se à aplicação das medidas de melhoria propostas no relatório de certificação energética.

De uma forma geral e sempre tendo em vista a redução dos consumos de energia do edifício as alterações adotadas foram essencialmente no sector da iluminação e nos sistemas de climatização. Assim sendo conclui-se que os sectores referentes aos equipamentos, envolvente exterior e interior do edifício se mantiveram inalterados.

Os consumos eléctricos dos anos seguintes ao upgrade energético encontram-se registados na e na Figura 3.7.

Tabela 3.15: Consumo real mensal do edifício e médio em kWh

Mês	2011	2012	2013	Ano Calibração
Jan	44 935	43 273	38 950	42 386
Fev	39 990	41 267	38 950	40 069
Mar	39 990	37 473	39 455	38 973
Abr	31 138	35 022	37 584	34 581
Mai	38 462	41 553	33 732	37 916
Jun	36 689	41 130	32 319	36 713
Jul	38 110	40 545		39 328
Ago	40 340	40 545		40 443
Set	40 946	41 350		41 148
Out	35 940	34 615		35 278
Nov	34 568	36 037		35 303
Dez	38 734	39 727		39 231
<b>Total(kWh)</b>				<b>461 366</b>

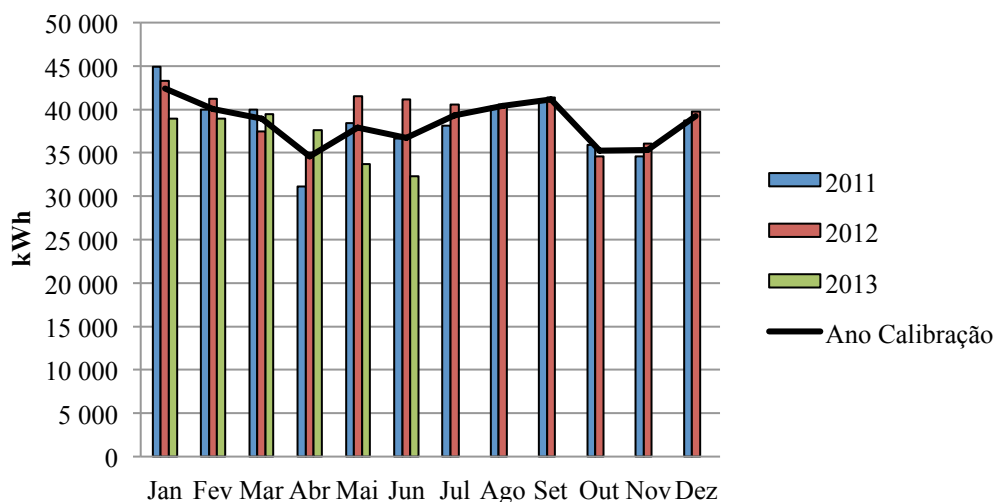


Figura 3.7: Histórico faturado dos consumos reais mensais do edifício (colunas) e média dos 3 anos (linha cheia)

O valor do custo da energia eléctrica 0,13 €/kWh admitido neste trabalho é um valor ponderado em todos os períodos do tarifário, ou seja não tem em conta as diferenças de custo para os diferentes horários porque o tarifário tetra-horário em Baixa Tensão Especial (BTE) não tem preços discriminados por períodos.

Tabela 3.16: Consumo real do edifício em €

Mês	2011	2012	2013	Ano Calibração
Jan	5 842	5 625	5 064	5 510
Fev	5 199	5 365	5 064	5 209
Mar	5 199	4 871	5 129	5 066
Abr	4 048	4 553	4 886	4 496
Mai	5 000	5 402	4 385	4 929
Jun	4 770	5 347	4 201	4 773
Jul	4 954	5 271		5 113
Ago	5 244	5 271		5 258
Set	5 323	5 376		5 349
Out	4 672	4 500		4 586
Nov	4 494	4 685		4 589
Dez	5 035	5 165		5 100
<b>Total (€)</b>				<b>59 978</b>

Seguidamente apresenta-se a Figura 3.8 com os valores dos consumos energéticos reais registados na Tabela 3.16.

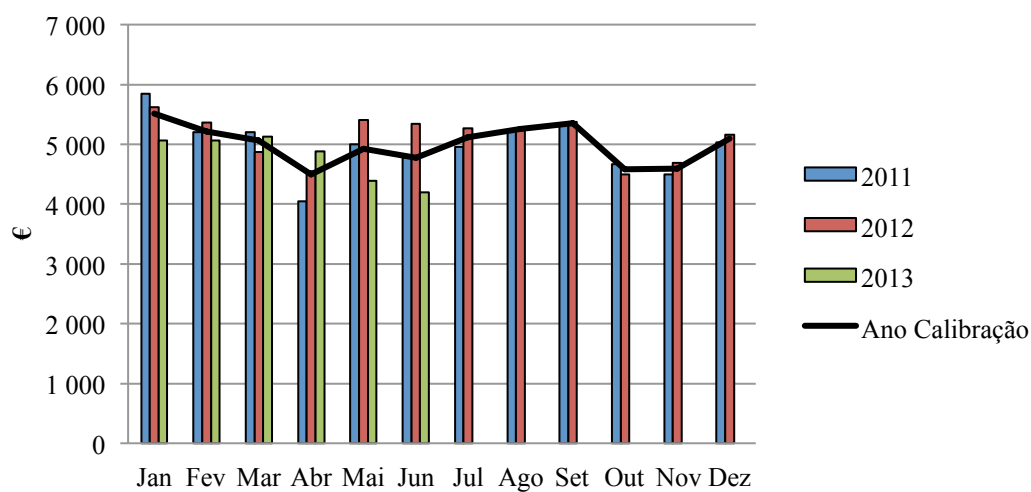


Figura 3.8: Consumo real do edifício

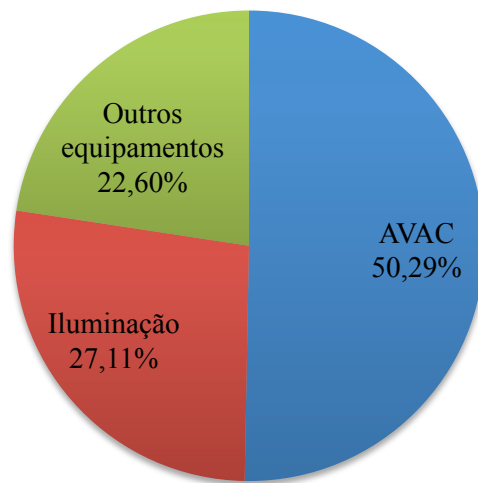


Figura 3.9: Atual repartição do consumo nominal do edifício

Desta forma mostra-se o atual estado nominal dos consumos do edifício dividido nos três principais sectores. O sector do AVAC apesar de ter sido sujeito a uma diminuição de 0,15% resultado da aplicação da medida de melhoria, neste caso alteração do regime de funcionamento da UTAN R.01. O sector da iluminação também apresenta melhorias no consumo eléctrico, havendo uma redução de cerca de 0.80% o que expressa uma grande melhoria de muito peso no consumo anual do edifício. Já no caso dos restantes equipamentos, apesar de não ter havido alteração nos consumos este sector por defeito sofre um aumento de 0.95%, que na realidade não aconteceu. Isto justifica-se devido ao peso que este sector apresenta no consumo de energia anual. A auditoria apresenta-se em Anexo C.

## Capítulo 4

### 4. Análise climática da região do edifício

#### 4.1. Introdução

O clima é caracterizado através de valores médios das variáveis climáticas num período de 30 anos, que segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) se designam por normais climatológicas. Estas têm início no primeiro ano de cada década (1931-1960, 1961-1990, etc.) sendo possível também utilizar normais climatológicas de períodos intercalares como (1951-1980, 1981-2000).

Para caracterizar o clima de Portugal adoptou-se a classificação de Köppen-Geiger (Figura 4.1) referente à revisão feita em 1936, em que os resultados da cartografia confirmam que a maior parte do território Nacional Continental apresenta um clima Temperado, do Tipo C, mais especificamente o Subtipo Cs, Clima temperado com Verão Seco com as seguintes variações:

1. ☐ Csb, clima temperado com verão seco e suave, em quase todas as regiões do Norte do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e também nas regiões do litoral oeste do Alentejo e Algarve.
2. ☐ Csa, clima temperado com Verão quente e seco nas regiões interiores do vale do Douro, assim como nas regiões a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela.
3. ☐ BSk, variedade do tipo B e Subtipo BS, clima semiárido frio de latitudes médias, na região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja. [19]

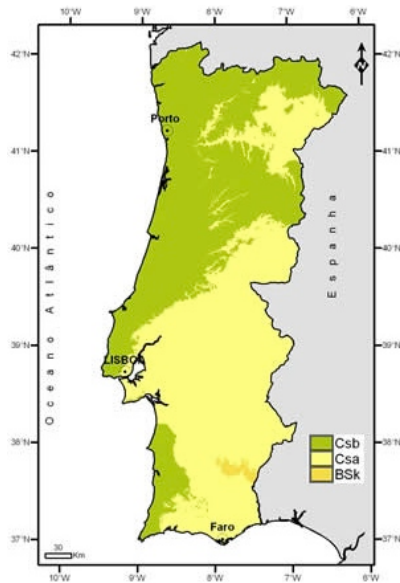


Figura 4.1: Classificação climática de Köppen (Fonte: IPMA)

O clima da cidade de Setúbal é classificado como Csa, clima temperado com verão quente e seco como pode ser confirmado tanto na Tabela 4.1 como na Figura 4.2. Num ciclo anual climatológico a média das temperaturas varia de 10,1°C, valor mais baixo em janeiro, a 23,2°C valor mais elevado registado em agosto, Tabela 4.2, que desta forma permite uma melhor percepção da variação da temperatura anual. A evolução da variação das temperaturas médias encontra-se representada na Figura 4.3.

Tabela 4.1: Dados climatológicos de Setúbal (Fonte: IPMA 1981-2010)

	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Ano
<b>Temp. máx registada (°C)</b>	23,1	25	30,2	34	36,7	42,2	43,5	41,7	41,3	33,7	28,8	22,9	43,5
<b>Temp. máx média (°C)</b>	15,3	16,7	19,4	20,5	23,4	27,4	29,2	30,1	27,8	23,3	18,8	15,9	22,3
<b>Temp. min média (°C)</b>	4,8	5,8	7,6	9,1	11,4	14,3	16,2	16,3	14,8	12,4	9	6,6	10,7
<b>Temp. min registada (°C)</b>	-4,8	-4,6	-1,5	-0,7	3	6,3	9	8,5	6,8	3,6	-1	-4,1	-4,8

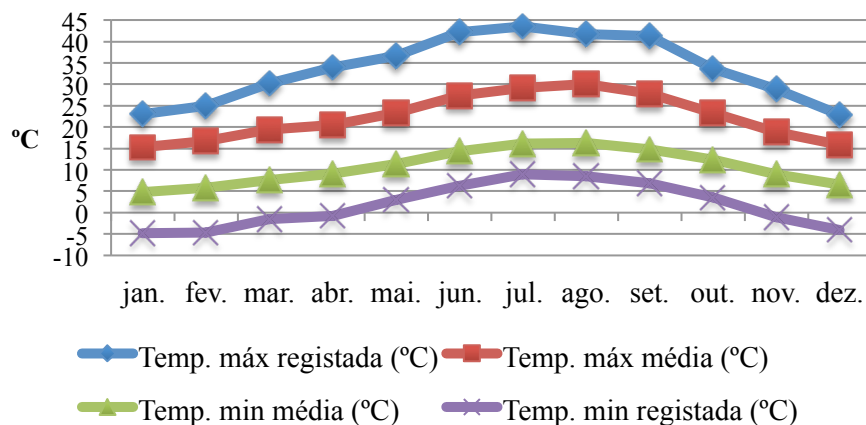


Figura 4.2: Distribuição anual da temperatura máxima, mínima e respectivas médias (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010)

Tabela 4.2: Dados climatológicos médios da cidade de Setúbal (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010)

	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
<b>Temp. Média (°C)</b>	10,1	11,3	13,5	14,8	17,4	20,9	23,1	23,2	21,3	17,9	13,9	11,3

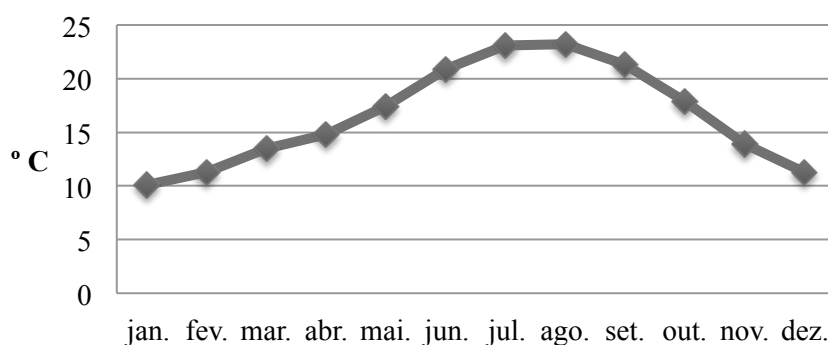


Figura 4.3: Distribuição anual das temperaturas médias (Fonte: IPMA Normais Climatológicas 1981-2010)

A cidade de Setúbal caracteriza-se por um clima temperado com bastante sol típico da região climática mediterrânea com influência atlântica. A duração da estação de aquecimento é de 5,3 meses [15]. Desta forma para um melhor aproveitamento das estratégias passivas e para a obtenção de bons resultados é necessário que tanto as condições ambientais como as características do edifício sejam favoráveis.

Para se poder aproveitar o potencial climático de arrefecimento, de acordo com a ASHRAE [9] a temperatura interior terá de ser superior à temperatura exterior por forma a originar a perda de calor do no interior do edifício, permitindo desta forma a redução de temperatura:

$$Q_{vent,sens} = \rho * cp * V * (T_{in} - T_{out}) \quad (4:1)$$

$\rho$  - massa volúmica do ar 1,204 [kg/m<sup>3</sup>]

$cp$  – calor específico do ar 1012 [J/kg.K]

$V$  – caudal volúmico [m<sup>3</sup>/s]

$(T_{in} - T_{out})$  – diferença de temperatura interior e exterior [K]

O caudal de ventilação, caudal volúmico, depende da pressão exercida pelo vento na fachada do edifício, mais especificamente nas aberturas onde se dá a entrada e saída de ar:

$$V = C_D * A_{opening} * \sqrt{\frac{2 * (P_{wind,inc} - P_{wind,opo})}{\rho}} \quad (4:2)$$

$C_D$  – coeficiente de vazão de ar através das aberturas 0,65 [adimensional]

$A_{opening}$  – área da abertura, janela [m<sup>2</sup>]

$(P_{wind,inc} - P_{wind,opo})$  – diferença de pressão do vento incidente e oposto nas aberturas [Pa]

A pressão está em função da velocidade do vento e de um coeficiente de pressão  $C_D$ , em que o seu valor depende do sentido, direção do vento como também da geometria do edifício:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} * cp * \rho * u_{wind}^2 \quad (4:3)$$

$u_{wind}^2$  – intensidade do vento [m/s]

Assim o factor vento é bastante importante para que a estratégia de ventilação natural tenha resultado no efeito passivo.

## 4.2. Dados climatológicos

Os dados climatológicos utilizados na simulação do edifício foram os registados na estação meteorológica da cidade de Lisboa, devido à inexistência de dados climatológicos completos referentes à cidade Setúbal. Uma vez que a estação de Lisboa, em Portugal, é a que se aproxima mais de Setúbal e segundo a classificação de Köppen para Portugal continental representada na Figura 4.1, as duas cidades inserem-se na mesma zona climática, de maneira que esta é a forma mais coerente para que a simulação do desempenho energético do caso de estudo seja válida.

Os dados climatológicos foram fornecidos pelo LNEG com base nas Normais Climatológicas no período intercalado de 1951-80. [20] Estes dados incluem entre outros, a temperatura de bolbo seco e húmido, humidade relativa, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica, energia solar direta e difusa para todas as horas do ano de referência (2002). Na Figura 4.4 apresentam-se os dados são horários do ciclo anual que servem de input para a simulação do desempenho energético.

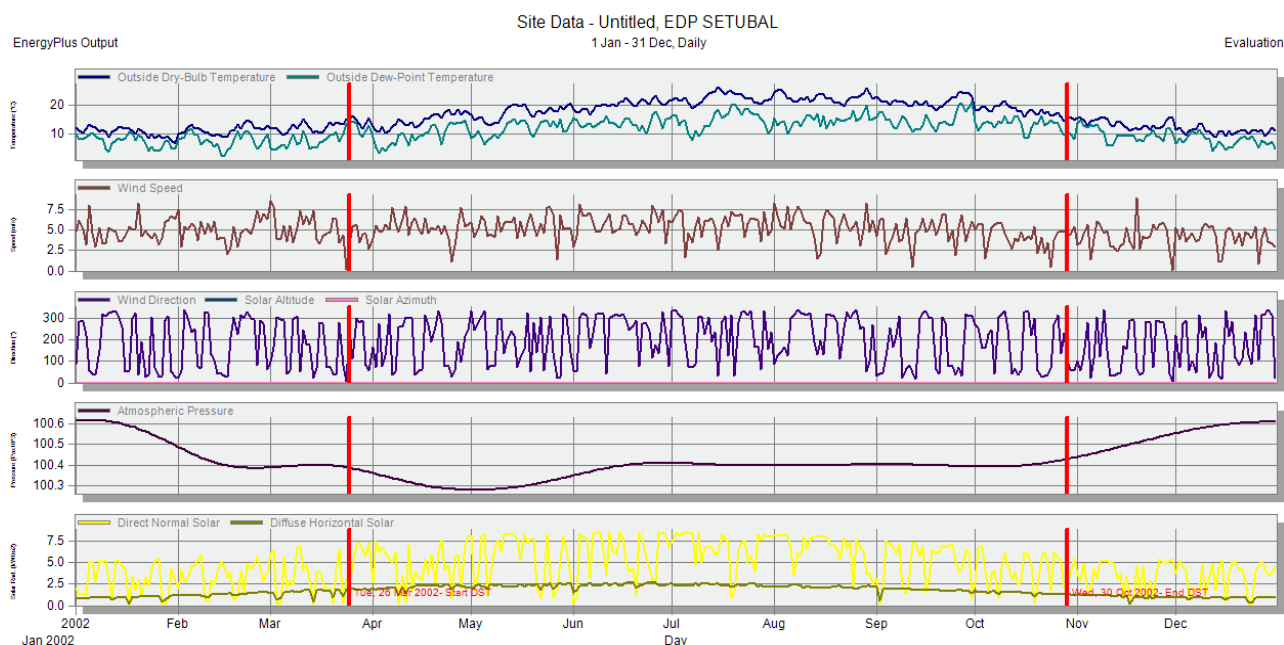


Figura 4.4: Dados climatológicos obtidos através do *DesignBuilder* (Temperatura, Velocidade e Orientação do vento, Pressão atmosférica, Orientação e intensidade solar)



## Capítulo 5

### 5. Simulação energética do edifício

#### 5.1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se o estudo do edifício através da simulação térmica e energética, tendo sido criado um modelo e posteriormente calibrado. A simulação energética foi executada com recurso ao programa de cálculo *DesignBuilder*, Figura 5.1, que permite trabalhar em 3D introduzindo todos os dados relativos ao edifício, tais como, dimensões do edifício, equipamentos instalados, características das superfícies, entre outras, e ferramentas necessárias para a determinação do desempenho térmico e verificar a aptidão de um edifício em tornar-se energeticamente sustentável. Deste modo e através da verificação de uma extensa lista de critérios, considerações, regulamentações como é o caso do RSECE [16] e recorrendo aos dados climáticos de referência do LNEG [20], foi possível estimar as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento do edifício.

Os sistemas de climatização passiva descritos no capítulo 2 foram simulados, em separado, a ventilação natural, a alteração de todo o envidraçado com respectiva caixilharia por elementos energeticamente mais eficientes e o sistema de estores exteriores em simultâneo com o *upgrade* da cobertura. As estratégias simuladas são de possível implementação no estado atual do edifício.

Cada estratégia foi devidamente implementada na configuração atual do edifício de maneira a que todas tenham o mesmo modelo de base válido. Por fim simulou-se o modelo com o somatório de todas as estratégias anteriormente simuladas em separado.

Abordou-se ainda o caso meramente hipotético de se aplicar uma estratégia de redução de consumos na iluminação existente, que não sendo uma medida de climatização passiva direta, é uma medida de redução de custos que irá ter influência na redução de consumo tanto de iluminação como de climatização.

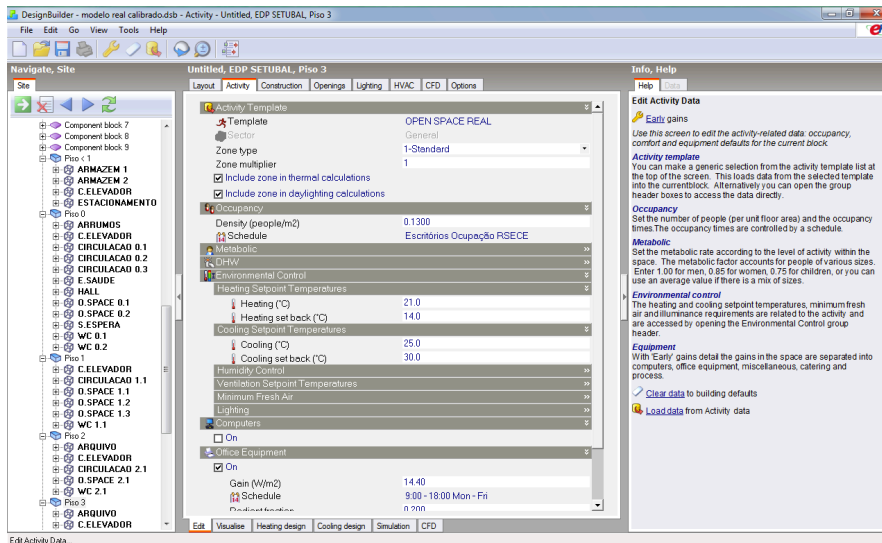


Figura 5.1: Aspetto da interface do programa *DesignBuilder*

### 5.1.1. Modelo *DesignBuilder*

O modelo criado, Figura 5.2 e Figura 5.3, através do software *DesignBuilder* teve em consideração a arquitetura, geometria, envolvente, edifícios adjacentes, compartimentação de espaços, coeficientes de transmissão de paredes, tetos e envidraçados, orientação do edifício, ocupação, mínimos regulamentares de renovação de ar, consumos AQS, iluminação. Horários (ocupação, iluminação, equipamentos).

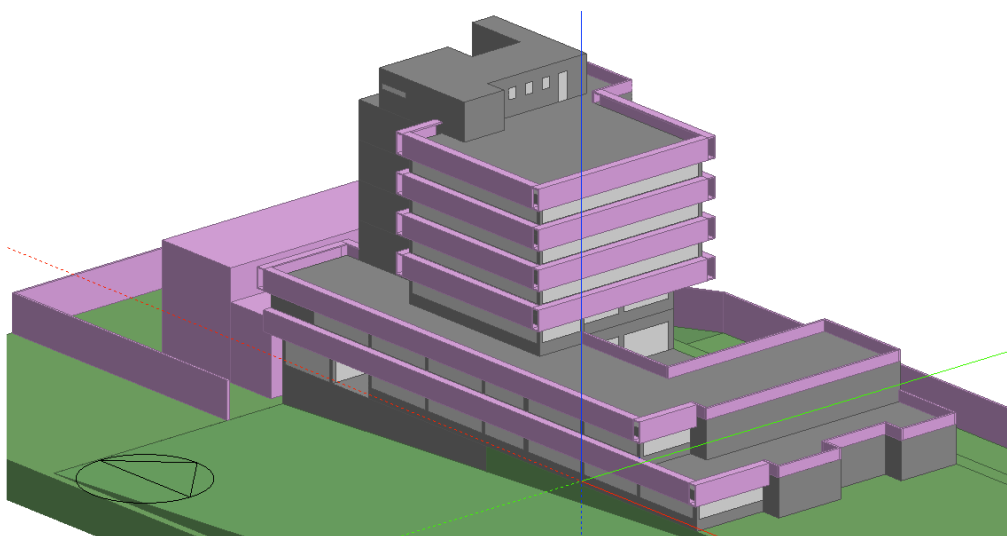


Figura 5.2: Perspectiva do modelo, alçados Sul e Nascente

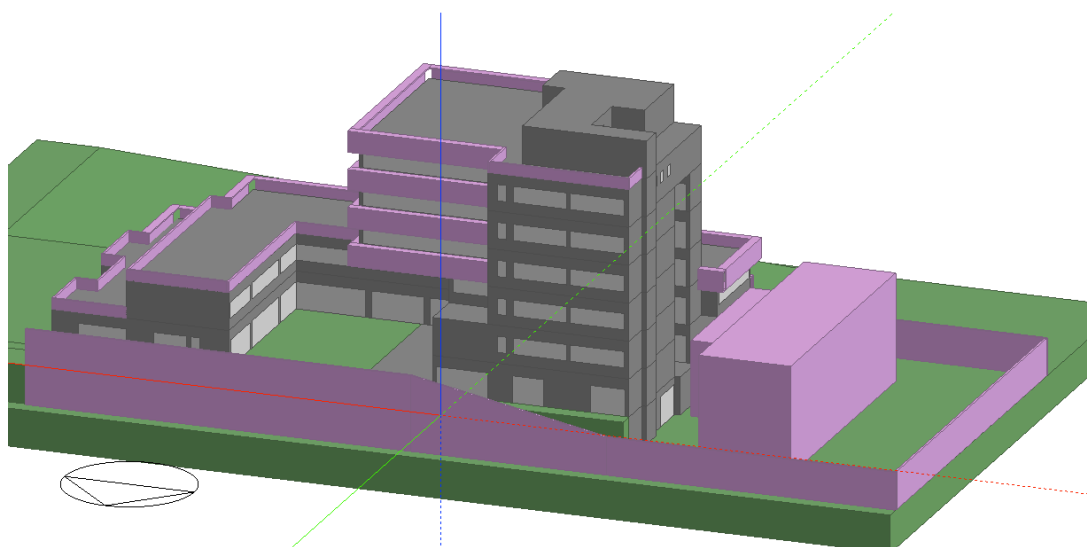


Figura 5.3: Perspectiva do modelo, alçados Norte e Poente

Para o zonamento térmico do edifício foram definidas 5 tipologias, diferenciadas em função da inércia térmica interior, condições de conforto interior, densidades de ocupação, existência de equipamentos e de sistemas de climatização para o modelo real Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Descrição das tipologias adoptadas no programa *DesignBuilder*

num	tipologias
1	Openspace
2	Salas reuniões
3	Outros espaços climatizados
4	Outros espaços não climatizados
5	Armazéns e estacionamento

A tipologia *openspace*, foi atribuída a todas as salas *openspace*, salas de gabinetes e escritórios.

A tipologia Salas reuniões, foi admitida apenas para as salas de reuniões localizadas no piso 4 e piso 5.

A tipologia Outros espaços climatizados, foi adoptada para as divisões referentes ao espaço de saúde, à cozinha e bar.

Na tipologia Outros espaços não climatizados, associaram-se os espaços de circulação, arrumos, WC e balneário.

A tipologia Armazéns e estacionamento foi atribuída a todo piso -1 onde se encontram os armazéns e estacionamento subterrâneo do edifício.

A compartimentação das tipologias criadas estão consideradas na Tabela 5.2 assim como as características de cada espaço, ficando remetidas para o ANEXO D, as plantas de arquitetura do programa *DesignBuilder*, com a demarcação dos mesmos.

Tabela 5.2: Quadro resumo dos espaços definidos no programa *DesignBuilder*

1	2	3	4	5	6		7		8		9		10		11	
					nr pessoas		iluminação		equipamentos							
Espaço	piso	tipologia	área útil	pé direito	volume	p	m2/p	p/m2	W/m2	W	W/m2	W	W/m2	W	W/m2	W
TOTAL	40		4 139	-	14 485	299		0,07	10	40	7	27				
ARMAZEM 1	Piso -1	5	70,2	3,5	246	0	-	0,00	5,5	385	0,0	0				
ARMAZEM 2	Piso -1	5	129,3	3,5	453	0	-	0,00	3,0	385	0,0	0				
ESTACIONAMENTO	Piso -1	5	432,7	3,5	1 514	0	-	0,00	1,3	550	0,0	0				
ARRUMOS	Piso 0	4	27,9	3,5	98	0	-	0,00	13,3	370	0,0	0				
CIRCULACAO 0.1	Piso 0	4	112,5	3,5	394	0	-	0,00	7,7	870	0,0	0				
CIRCULACAO 0.2	Piso 0	4	17,8	3,5	62	0	-	0,00	6,7	120	0,0	0				
CIRCULACAO 0.3	Piso 0	4	18,1	3,5	63	0	-	0,00	7,7	140	0,0	0				
E.SAUDE	Piso 0	3	132,9	3,5	465	5	25	0,04	10,2	1 349	0,0	0				
HALL	Piso 0	3	147,3	3,5	516	6	25	0,04	6,7	980	0,0	0				
O.SPACE 0.1	Piso 0	1	250,3	3,5	876	31	8	0,13	14,9	3 738	14,4	3 598				
O.SPACE 0.2	Piso 0	1	128,5	3,5	450	16	8	0,13	14,9	1 920	14,4	1 847				
S.ESPERA	Piso 0	3	53,4	3,5	187	2	25	0,04	16,9	900	0,0	0				
WC 0.1	Piso 0	4	45,1	3,5	158	0	-	0,00	2,2	99	0,0	0				
WC 0.2	Piso 0	4	17,3	3,5	61	0	-	0,00	2,4	41	0,0	0				
CIRCULACAO 1.1	Piso 1	4	197,0	3,5	690	0	-	0,00	4,6	900	0,0	0				
O.SPACE 1.1	Piso 1	1	305,2	3,5	1 068	38	8	0,13	13,4	4 083	14,4	4 387				
O.SPACE 1.2	Piso 1	1	151,6	3,5	531	19	8	0,13	13,4	2 028	14,4	2 179				
O.SPACE 1.3	Piso 1	1	148,7	3,5	520	19	8	0,13	13,4	1 989	14,4	2 138				
WC 1.1	Piso 1	4	33,1	3,5	116	0	-	0,00	3,9	130	0,0	0				
ARQUIVO	Piso 2	4	16,9	3,5	59	0	-	0,00	7,7	130	0,0	0				
CIRCULACAO 2.1	Piso 2	4	59,0	3,5	207	0	-	0,00	4,1	240	0,0	0				
O.SPACE 2.1	Piso 2	1	245,2	3,5	858	31	8	0,13	15,9	3 901	14,4	3 525				
WC 2.1	Piso 2	4	6,8	3,5	24	0	-	0,00	4,4	30	0,0	0				
ARQUIVO	Piso 3	4	12,5	3,5	44	0	-	0,00	7,6	95	0,0	0				
CIRCULACAO 3.1	Piso 3	4	78,3	3,5	274	0	-	0,00	7,3	570	0,0	0				
O.SPACE 3.1	Piso 3	1	278,5	3,5	975	35	8	0,13	15,3	4 262	14,4	4 003				
O.SPACE 3.2	Piso 3	1	26,4	3,5	92	3	8	0,13	15,5	408	14,4	380				
WC 3.1	Piso 3	4	18,2	3,5	64	0	-	0,00	4,9	90	0,0	0				
CIRCULACAO 4.1	Piso 4	4	126,7	3,5	443	0	-	0,00	10,0	1 270	0,0	0				
O.SPACE 4.1	Piso 4	1	207,5	3,5	726	26	8	0,13	13,5	2 795	14,4	2 983				
S.REUNIOES 4.1	Piso 4	2	55,3	3,5	194	11	5	0,20	13,5	744	6,9	382				
WC 4.1	Piso 4	4	44,9	3,5	157	0	-	0,00	3,0	133	0,0	0				
BAR	Piso 5	3	19,7	3,5	69	1	25	0,04	3,0	60	0,0	0				
CIRCULACAO 5.1	Piso 5	4	57,9	3,5	203	0	-	0,00	8,6	500	0,0	0				
COZINHA	Piso 5	3	93,1	3,5	326	4	25	0,04	6,1	571	0,0	0				
S.REUNIOES 5.1	Piso 5	2	261,6	3,5	916	52	5	0,20	11,8	3 081	6,9	1 805				
WC 5.1	Piso 5	4	10,6	3,5	37	0	-	0,00	4,6	49	0,0	0				
BALNEARIO 6.1	Piso 6	4	13,6	3,5	48	0	-	0,00	16,2	220	0,0	0				
CIRCULACAO 6.1	Piso 6	4	79,6	3,5	279	0	-	0,00	3,0	240	0,0	0				
WC 6.1	Piso 6	4	7,3	3,5	26	0	-	0,00	8,2	60	0,0	0				

Para efeitos da simulação do modelo a envolvente definida em termos de paredes exteriores foi apenas considerado um único tipo de solução para efeito de simplificação de maneira que se considerou uma parede com a espessura de 35 cm e um coeficiente de transmissão térmica com

o valor de  $U = 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . A cobertura, apenas de um único tipo foi considerado o valor real da espessura de 30 cm com o coeficiente de transmissão térmica de  $U = 1,84 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

Para o pavimento interior, uma vez que existe mais do que um tipo, estipulou-se uma média ponderada, considerou-se então uma espessura de 20 cm e um coeficiente de transmissão térmica de  $2,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . No vão envidraçado foi criado um único elemento resultante de uma média de valores característicos quer do coeficiente de transmissão térmica  $U = 5,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , quer do fator solar de 0,5.

## 5.2. Simulação Real e Simulação Nominal

Só faz sentido fazer o estudo comparativo da aplicação de estratégias de climatização passiva quando estas são simuladas quer para o estado real de ocupação e utilização do edifício quer para regimes de ocupação e utilização nominal que tem por base padrões de referência, valores nominais estipulados pelo RSECE [16] para cada tipo de edifício.

Os resultados dos dois tipos de simulações são distintos, isto é, no caso da simulação real, estuda-se tanto a viabilidade de novas estratégias como a relação custo-benefício uma vez que se tem em conta os princípios reais de construção, utilização, funcionamento do edifício, e só assim é possível determinar o impacto real da implementação de cada nova medida.

No caso da simulação nominal e uma vez que são adotados valores de referência de utilização e funcionamento, apesar das características construtivas serem as mesmas (as reais), obtém-se informação generalizada que permite a atribuição da Etiqueta de Desempenho Energético em forma de "Letra" que é emitida no Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. O Indicador de Eficiência Energética,  $IEE_{\text{nom}}$  traduz o consumo nominal específico de um edifício, isto é, o necessário para o funcionamento do edifício durante um ano tipo, sob os padrões de funcionamento e por unidade de área por forma a permitir comparações objetivas entre diferentes edifícios. Desta forma, os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem do comportamento e utilização do edifício.

Na simulação real foram considerados os horários reais de ocupação, de iluminação, de funcionamento dos equipamentos e do sistema AVAC. Na simulação nominal foram utilizados padrões de referência, valores nominais, propostos pelo RSECE [16] para horário de funcionamento de equipamentos, de ocupação de escritórios, de sistemas de iluminação e de sistema AVAC.

Em ambos os casos, foram utilizadas as distribuições reais de ocupação, as potências de iluminação interior e exterior, as potências dos equipamentos instalados e as potências do sistema de climatização assim como todas as características dos elementos construtivos e os mesmos dados climatológicos.

Do ponto de vista de climatização, o edifício apesar de dispor de 3 chillers/bomba de calor, para efeitos de simplificação na modelação considerou-se apenas um equipamento, com a eficiência (COP) de 2,63 para aquecimento e 2,46 para arrefecimento, resultado de uma média ponderada de acordo com a Tabela 3.1. O horário para os sistemas de AVAC foi considerado das 07:00h às 20:00h, horário de funcionamento este que compreende o período de ocupação efetiva tal como se refere no Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior no Anexo B. No que diz respeito às condições de conforto térmico, os valores de referência considerados foram os indicados no RSECE,  $20^\circ\text{C}$  para aquecimento e  $25^\circ\text{C}$  para arrefecimento.

Depois de estipulados cada um destes parâmetros, procedeu-se à calibração do modelo que

consiste na aproximação de todos os consumos mensais resultantes da simulação no programa *DesignBuilder*, com o histórico das médias mensais já faturadas (Figura 5.4). Este processo é efetuado iterativamente admitindo uma margem de erro máxima de 10%, [21]. Importa referir que o modelo de simulação é uma aproximação da realidade e que a calibração permite a determinação de um estado de referência adequado, em que os consumos simulados se aproximam dos reais faturados.

A calibração foi realizada com base nos consumos energéticos faturados durante os anos 2011, 2012 até junho de 2013, representados na Figura 5.4, tendo-se verificado uma boa aproximação do modelo real aos resultados experimentais, como está representado na Figura 5.5.

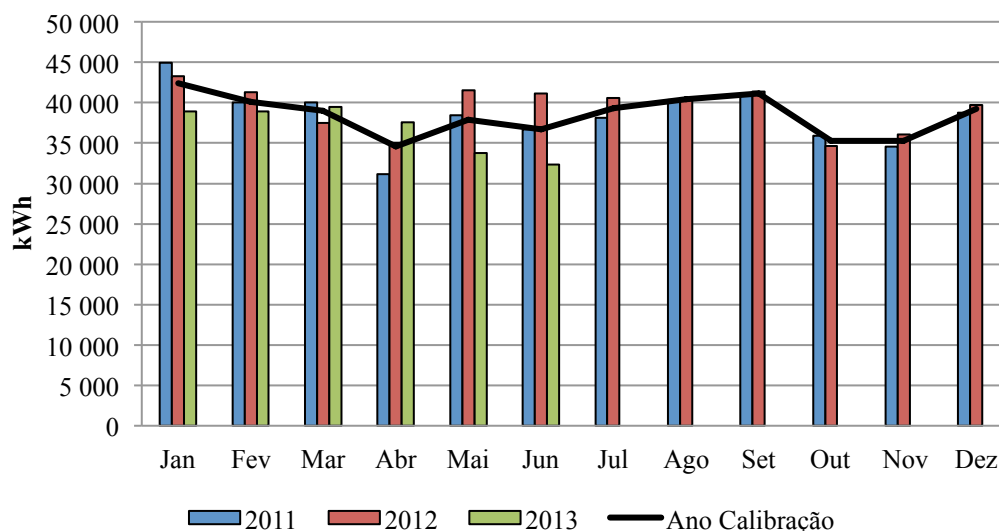


Figura 5.4: Histórico dos consumos faturados e respetiva média

A repartição dos consumos mensais pelos sectores de iluminação interior e exterior, equipamentos e sistema de climatização simulados consta da Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Simulação anual da energia final consumida

Simulação Anual Energia Final Consumida		Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior	kWh	11 085	10 059	11 451	10 255	11 451	10 987	10 719	11 451	10 621	11 085	10 987	10 719	130 870
Equipamentos	kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação	kWh	5 399	4 908	5 645	4 908	5 645	5 399	5 154	5 645	5 154	5 399	5 399	5 154	63 809
Arrefecimento	kWh	67	114	475	1 265	5 382	9 605	15 337	16 916	11 410	3 970	962	72	65 575
Aquecimento	kWh	7 968	5 491	4 705	2 612	1 137	394	176	189	369	1 039	3 585	6 439	34 104
Bombas Água Fria	kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente	kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior	kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
<b>Total kWh</b>														<b>437 072</b>

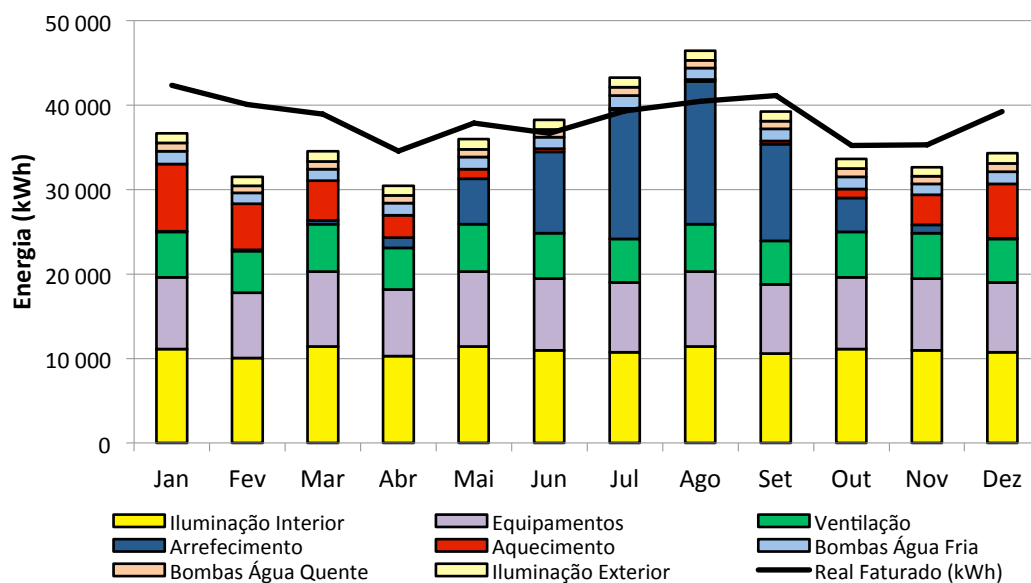


Figura 5.5: Comparação anual entre o modelo calibrado e o consumo anual faturado

Com a calibração do modelo no que diz respeito a consumo de energia eléctrica, pode-se verificar que para os anos de referência (2011, 2012 e 2013) a diferença entre os valores simulados e calibrados com os valores faturados é de apenas -5%, 437072 kWh (modelo calibrado) e 461366 kWh (real faturado) Tabela 5.4. A calibração considera-se válida pois todos os modelos calibrados que apresentem um erro de 10% em comparação com o modelo real, consideram-se viáveis e válidos segundo o RSECE. [21]

Tabela 5.4: Margem de erro (%) entre o real faturado e o modelo calibrado

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real faturado (kWh)	42 386	40 069	38 973	34 581	37 916	36 713	39 328	40 443	41 148	35 278	35 303	39 231	461 366
Real calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	437 072
Varição (%)	-13%	-21%	-11%	-12%	-5%	4%	10%	15%	-5%	-5%	-7%	-13%	-5%

Com a repartição dos consumos é possível analisar quais os principais consumidores de energia, deste modo o sistema de AVAC composto por, ventilação, arrefecimento, aquecimento, bombagem de água fria e quente é o maior consumidor, cerca de 44% seguido pelo consumo referente à iluminação interior com 30%. Com o valor de 23% de consumo seguem-se os equipamentos e por fim com 3% do consumo total a iluminação exterior, conforme na Figura 5.6. Os valores referentes a cada elemento consumidor estão apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Repartição de consumos calibrados anuais por sector consumidor

Consumidor		Ano
Iluminação Interior	kWh	130 870
Equipamentos	kWh	100 974
Ventilação	kWh	63 809
Arrefecimento	kWh	65 575
Aquecimento	kWh	34 104
Bombas Água Fria	kWh	16 965
Bombas Água Quente	kWh	11 197
Iluminação Exterior	kWh	13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh</b>	<b>437 072</b>

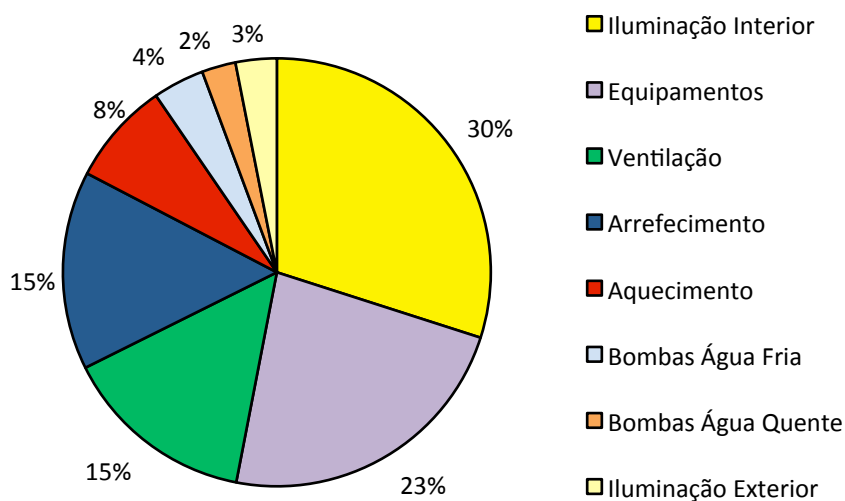


Figura 5.6 : Distribuição do consumo anual faturado (kWh/ano)

Para a simulação do desempenho energético de um ciclo diurno quer para a estação de arrefecimento, quer para a estação de aquecimento e com base nas Normais Climatológicas foi escolhido o dia 18 de agosto, considerado o dia mais quente para a cidade de Lisboa e o dia 25 de janeiro que representa o dia mais frio do ano.

É possível verificar, na Figura 5.7, que os ganhos internos com mais expressão são os ganhos solares (linha amarelo) que apresenta o valor mais alto às 08:00h e apresenta valores elevados até às 18:00h.

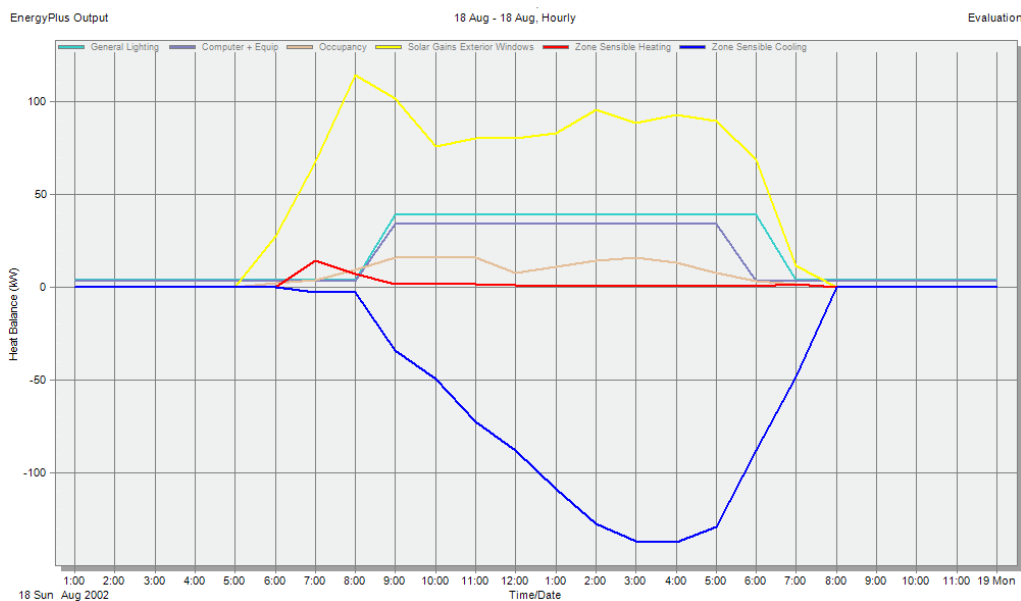


Figura 5.7: Ganhos internos para o dia 18 de agosto

Os ganhos provenientes do sistema de arrefecimento são também bastante elevados para este dia e estão representados pela linha azul. O seu valor aparece como negativo pois o programa *DesignBuilder* considera potências negativas quando estas são de arrefecimento e potências positivas quando são de aquecimento. Analisando a Figura 5.7, pode-se concluir que uma estratégia de climatização passiva a implementar terá que sortir efeito nestas duas fontes de ganhos energéticos, iluminação exterior e arrefecimento induzido através do sistema de climatização.

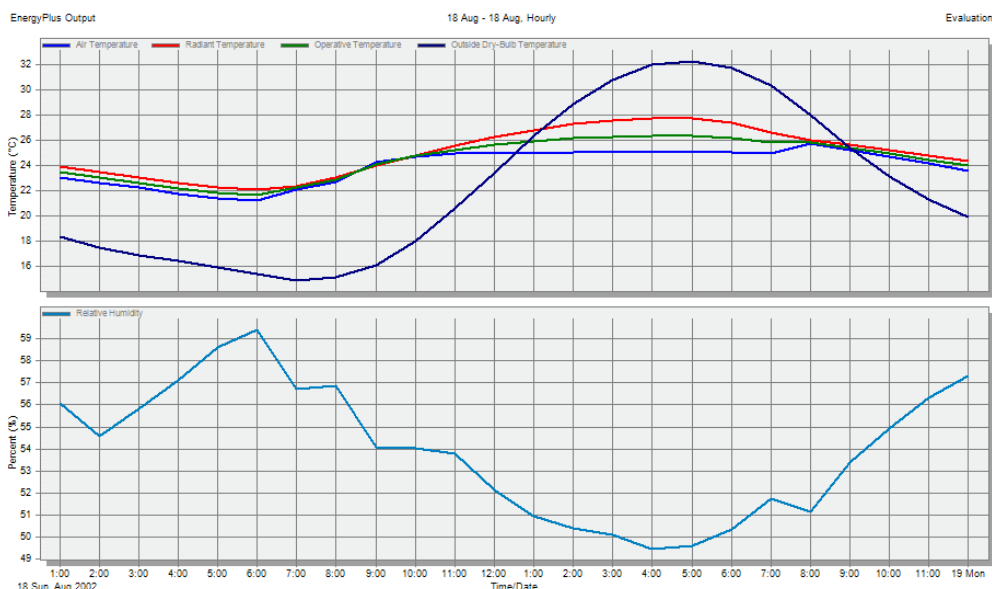


Figura 5.8: Distribuição horária das temperaturas do dia 18 de agosto.

Assim verifica-se que a relação direta entre a curva de temperatura externa sem efeitos da humidade relativa (linha azul escuro da Figura 5.8) com a curva do arrefecimento induzido pelo

sistema de climatização (linha a azul da Figura 5.7). Isto é quanto maior é a temperatura exterior, maior é a potência de arrefecimento.

Esta análise permite perceber que o sistema de climatização, Figura 5.9, neste caso o chiller, responsável pelo arrefecimento do edifício, tem o consumo de maior relevância e atinge o pico máximo de 109 kW às 15:00h.

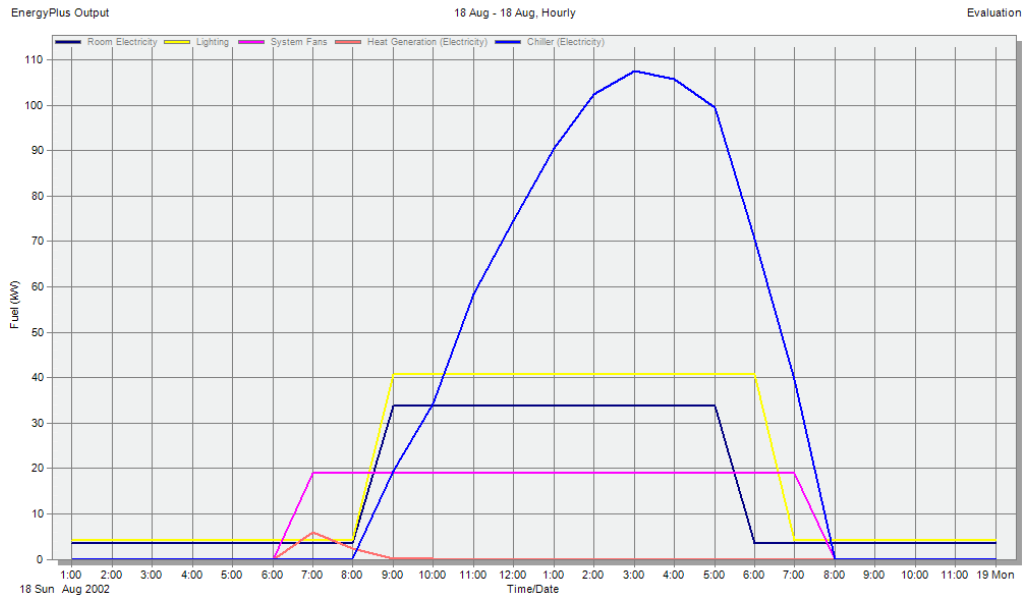


Figura 5.9: Consumo energético horário total referente ao dia 18 de agosto

O sector da iluminação interior apesar de ter um funcionamento constante em todo o período de ocupação apresenta-se como o segundo maior consumidor com um valor de 42 kW. Este é o exemplo prático que qualquer que seja a estratégia passiva adotada para o edifício é na diminuição destes dois elementos consumidores de energia que terá de surgir o efeito.

Para o caso do dia 25 de janeiro, que representa o dia extremo de inverno, os resultados da análise horária estão representados na Figura 5.10, Figura 5.11 e Figura 5.12. Pode-se analisar através da Figura 5.10, que a energia de aquecimento induzida por via do sistema de climatização é a principal fonte térmica e apresenta o valor máximo de 196 kW por volta das 08:00h e que varia durante todo o período de ocupação do edifício.

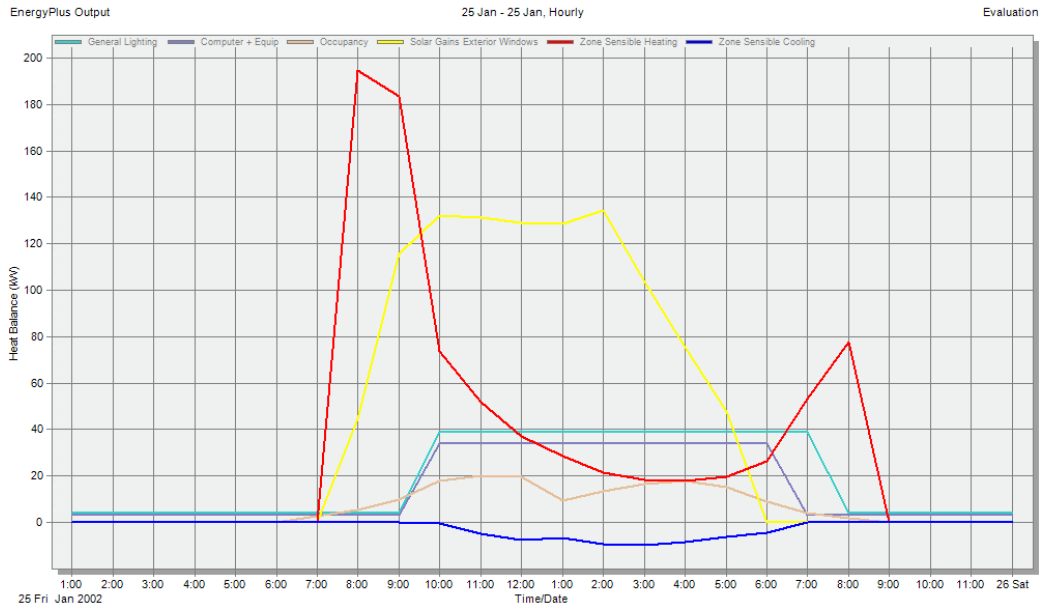


Figura 5.10: Ganhos internos para o dia 25 de janeiro

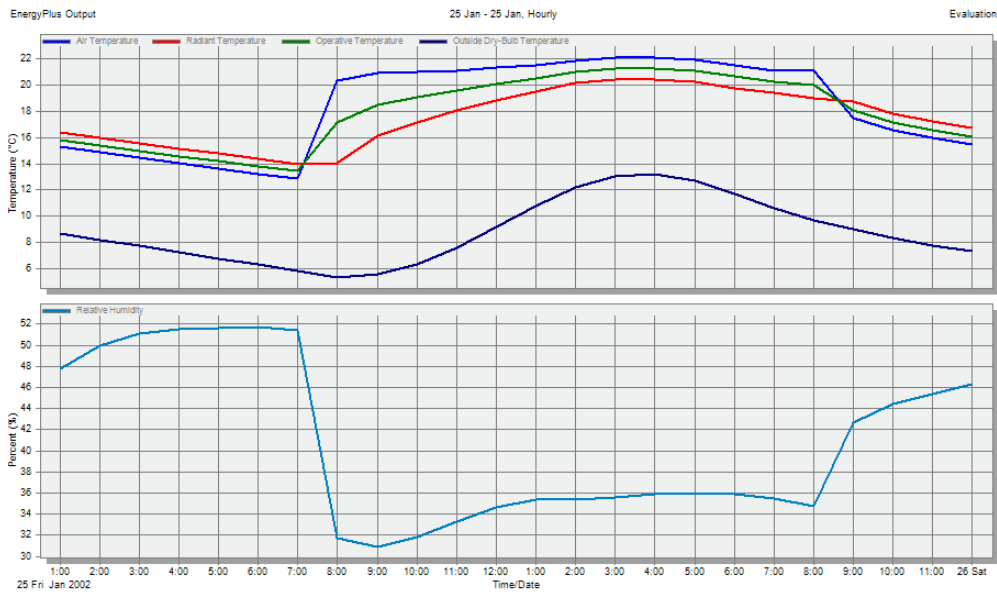


Figura 5.11: Distribuição horária das temperaturas do dia 25 de janeiro

Os ganhos solares atingem valores superiores em comparação com o dia 18 de agosto, uma vez que grande parte das fachadas do edifício estão orientadas a sul e nesta altura do ano o sol tem um ângulo menor de incidência, o que faz com que a radiação seja mais direta apesar de haver menos horas de sol neste dia comparando com o 15 de agosto.

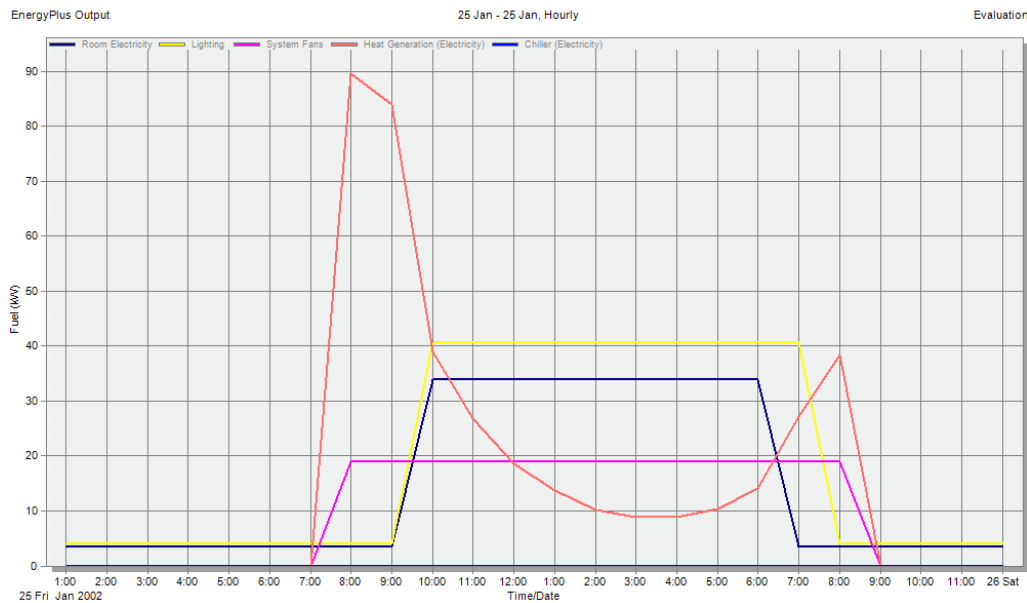


Figura 5.12: Consumo energético horário total referente ao dia 25 de janeiro

Para o caso da simulação nominal foi utilizado o mesmo modelo que o usado na simulação real, mas desta vez foram criados dois tipos de perfis de tipologias, um perfil variável para edifício de escritórios, e outro de perfis estáticos destinados à zona de cozinha, zona de estacionamento e de iluminação exterior de acordo com as tabelas do RSECE [16]. As tabelas com os perfis estipulados encontram-se em Anexo F. Com esta simulação foi possível obter um valor  $IEE_{nominal}$  de 33,70 kgep/(m<sup>2</sup>.ano), que é apresentado na Tabela 5.6, o que significa que o edifício se insere na classe energética B-. Pode assim garantir-se a viabilidade do modelo pois a diferença entre valores simulados com os valores do Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior apresentados em Anexo C, diferem apenas 1%, isto é, um valor de  $IEE_{nominal}$  de 33,70 kgep/(m<sup>2</sup>.ano) de cálculo para  $IEE_{nominal}$  de 33,91 kgep/(m<sup>2</sup>.ano) valor relativo ao Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior no Anexo C.

Tabela 5.6: Consumo nominal Total (kWh/ano e Kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Iluminação Interior	105 614	0,290	1,000	1,000	30 628	33,70
Equipamentos Eléctricos	218 113	0,290	1,000	1,000	63 253	
Ventilação	82 191	0,290	1,000	1,000	23 835	
Arrefecimento	75 935	0,290	0,500	1,000	11 011	
Aquecimento	11 424	0,290	0,853	1,050	2 966	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>529 808</b>				<b>139 488</b>	

A distribuição do consumo eléctrico anual por sector encontra-se representado na Figura 5.13.

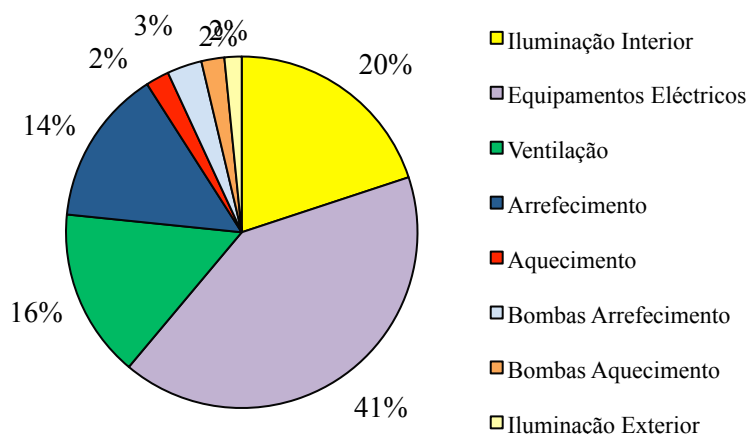


Figura 5.13: Distribuição do consumo nominal (kWh/ano)

O  $IEE_{\text{nominal}}$  de 33,70 (kgep/ano) significa que a classe em que o edifício se insere é na Classe B- e tem um  $IEE_{\text{referência}}$  de 33,83 (kgep/ano) como se apresenta na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 Verificação da classe energética do edifício no estado atual

$IEE_{\text{ref}} = 33,83$	$S = 13$
$IEE_{\text{ref}} - 0,75 \cdot S =$	24,05 Limite Superior da Classe A+
$IEE_{\text{ref}} - 0,50 \cdot S =$	27,31 Limite Superior da Classe A
$IEE_{\text{ref}} - 0,25 \cdot S =$	30,57 Limite Superior da Classe B
$IEE_{\text{ref}} =$	33,83 Limite Superior da Classe B-
$IEE_{\text{ref}} + 0,50 \cdot S =$	40,35 Limite Superior da Classe C
$IEE_{\text{ref}} + 1 \cdot S =$	46,88 Limite Superior da Classe D
$IEE_{\text{ref}} + 1,5 \cdot S =$	53,40 Limite Superior da Classe E
$IEE_{\text{ref}} + 2 \cdot S =$	59,92 Limite Superior da Classe F
$IEE_{\text{nom}} > IEE_{\text{ref}} + 2 \cdot S$	Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **B-**

### 5.3. Simulação da implementação de ventilação noturna natural, Medida 1

Para a implementação da estratégia de ventilação noturna natural utilizou-se o modelo com os parâmetros originais de todos os elementos construtivos. A alteração que se propôs foi apenas a renovação horária de ar através dos elementos envidraçados uma vez que estes permitem uma ventilação cruzada com as renovações horárias importantes. Quando se adota uma medida de ventilação unicamente incidente no período noturno, pode-se considerar valores até 30 ach Kolokotromi [22], mas no presente estudo foi admitido o valor de 8 ach. Este valor foi assumido

apenas para o período noturno dos meses mais quentes, ou seja de abril a setembro no horário definido das 23:00h às 07:00h. Esta estratégia não tem custos diretos para a sua implementação uma vez que se faz o aproveitamento da temperatura e do vento do exterior para o arrefecimento do edifício e assume-se que a abertura das janelas existentes permite a ventilação cruzada no interior do edifício. Esta estratégia foi designada de Medida 1 por simplificação de nomenclatura. O resultado relativo à repartição dos consumos reais anuais com adoção desta estratégia apresenta-se na Figura 5.14.

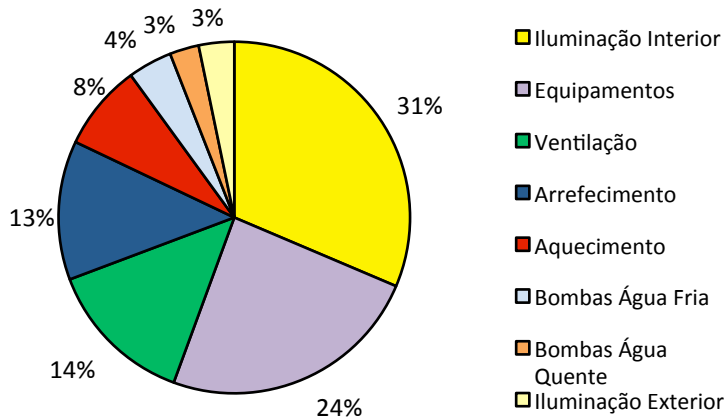


Figura 5.14: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria de ventilação noturna natural (kWh)

Em termos nominais esta medida tem o valor de  $IEE_{nominal}$  de 33,15 kgep/(m<sup>2</sup>.ano), o que significa que a classe em que o edifício se insere continua a ser a Classe B-. Apesar da medida ter originado a redução do valor de 0,55 kgep/(m<sup>2</sup>.ano).

$IEE_{nom} =$	<b>33,15</b>	kgep/(m <sup>2</sup> .ano)
$IEE_{ref} =$	33,83	S= 13
$IEE_{ref} - 0,75 \cdot S =$	24,05	Limite Superior da Classe A+
$IEE_{ref} - 0,50 \cdot S =$	27,31	Limite Superior da Classe A
$IEE_{ref} - 0,25 \cdot S =$	30,57	Limite Superior da Classe B
$IEE_{ref} =$	33,83	Limite Superior da Classe B-
$IEE_{ref} + 0,50 \cdot S =$	40,35	Limite Superior da Classe C
$IEE_{ref} + 1 \cdot S =$	46,88	Limite Superior da Classe D
$IEE_{ref} + 1,5 \cdot S =$	53,40	Limite Superior da Classe E
$IEE_{ref} + 2 \cdot S =$	59,92	Limite Superior da Classe F
$IEE_{nom} > IEE_{ref} + 2 \cdot S$		Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **B-**

## 5.4. Simulação da implementação de elementos de sombreamento

Nesta estratégia foram adotadas as melhorias referentes ao capítulo dos elementos de sombreamento. Para uma melhor e correta análise e comparação adotaram-se duas estratégias distintas.

1. A primeira baseada na alteração da área de envidraçado e respectivo caixilho por uma solução energeticamente mais eficiente, considerou-se como Medida 2.
2. A segunda envolve a aplicação de um sistema de estores exteriores com a alteração da composição do terraço em toda a sua área, considerou-se como Medida 3.

### 5.4.1. Simulação da implementação da primeira estratégia de elementos de sombreamento, Medida 2

No primeiro caso, no sector do envidraçado foi admitido um novo vidro com as características específicas para a redução de custos de aquecimento e arrefecimento e que garantem a melhoria do conforto junto das superfícies envidraçadas. Mais concretamente foi selecionado vidro duplo de marca *Saint-Gobain GLASS* o modelo *SGG COOL-LITE® SKN 165*, pois trata-se de um vidro de controlo solar de elevada performance destinado a edifícios de escritórios, centros comerciais, edifícios industriais, hotéis, hospitais etc. Este vidro tem uma reflexão próxima de um vidro duplo tradicional e um aspecto ligeiramente azulado proporcionando economias de energia e consequente proteção do ambiente, diminuindo os custos de climatização nos períodos de forte insolação. O referido vidro tem um coeficiente de transmissão térmica de  $U=1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  e o fator solar de 0,3, conforme Anexo E foi aplicado em todos os vãos envidraçados, o que corresponde a uma área total de  $896 \text{ m}^2$ , repartidos pelas 103 janelas existentes.

Relativamente à aplicação de nova caixilharia optou-se pela colocação de caixilhos de alumínio com corte térmico. Solução esta que permite uma melhoria quando comparada com a situação atual, caixilho de alumínio sem corte térmico. Atribuiu-se um coeficiente de transmissão térmica  $U= 4,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ , característico de caixilhos em alumínio com corte térmico. Desta forma escolheu-se o caixilho da marca *Technal*, modelo *SLIDE PRIME PA120* a aplicar nas janelas de todo edifício, no total de 103 unidades.

O resultado da simulação depois da aplicação desta estratégia relativamente à distribuição de consumos reais anuais está representado na Figura 5.15.

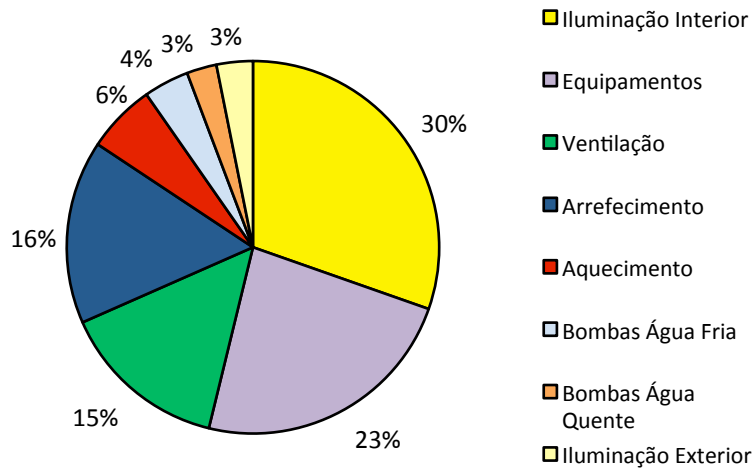


Figura 5.15: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria no envidraçado e nos caixilhos (kWh)

Em termos nominais esta medida tem o valor de  $IEE_{\text{nominal}}$  de 33,41  $\text{kgep}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ , o que significa que a classe em que o edifício se insere continua a ser a Classe B-, apesar de ter originado a redução do valor.

$IEE_{\text{nom}} =$	<b>33,41</b>	$\text{kgep}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$
$IEE_{\text{ref}} =$	33,83	$S = 13$
$IEE_{\text{ref}} - 0,75 \cdot S =$	24,05	Limite Superior da Classe A+
$IEE_{\text{ref}} - 0,50 \cdot S =$	27,31	Limite Superior da Classe A
$IEE_{\text{ref}} - 0,25 \cdot S =$	30,57	Limite Superior da Classe B
$IEE_{\text{ref}} =$	33,83	Limite Superior da Classe B-
$IEE_{\text{ref}} + 0,50 \cdot S =$	40,35	Limite Superior da Classe C
$IEE_{\text{ref}} + 1 \cdot S =$	46,88	Limite Superior da Classe D
$IEE_{\text{ref}} + 1,5 \cdot S =$	53,40	Limite Superior da Classe E
$IEE_{\text{ref}} + 2 \cdot S =$	59,92	Limite Superior da Classe F
$IEE_{\text{nom}} > IEE_{\text{ref}} + 2 \cdot S$		Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **B-**

#### 5.4.2. Simulação da implementação da segunda estratégia de elementos de sombreamento, Medida 3

Nesta secção a estratégia adoptada foi a implementação de estores pelo exterior. Foi escolhido o estore da marca *Wareama*, modelo E 80 A2D, por ser um estore externo com duplo motor o que permite movimento independente de duas secções de lamelas conforme Anexo E. É o tipo de estore que mais se adequa a este edifício uma vez que é de fácil aplicação sendo que o próprio edifício permite a sua aplicação. Em termos de simulação foi atribuído o valor de  $150 \text{ kW}/\text{m}^2$

para o *solar setpoint*. Significa isto que sempre que o sol incide numa janela com um fluxo energético igual ou superior a  $150 \text{ kW/m}^2$  o estore vai atuar, ou seja, baixar atenuando a entrada de radiação solar exterior e assim proporcionar melhor ambiente no interior. Este movimento é independente de janela para janela e de fachada para fachada uma vez que cada estore terá consigo associado um sistema de sensores de luz solar que funcionarão como controladores do estore, sendo assim possível o controlo de cada estore de uma forma individual. As especificidades do estore são remetidas para Anexo E.

A esta solução associou-se o *upgrade* energético de toda a cobertura com a aplicação de uma camada de isolamento térmico. No terraço preconizou-se uma camada de isolamento térmico *ROOFMATE XPS* com 8 cm de espessura por baixo de uma camada de uma manta impermeabilizante geotêxtil de poliéster, com uma densidade de  $250 \text{ gramas/m}^2$  e espessura de 3,1 cm. Esta estratégia baseia-se na reutilização de toda a cobertura do terraço existente o que significa que é possível a reutilização das lajetas de betão que lá se encontram. Desta forma o processo de aplicação do *upgrade* no terraço passa pelo levantamento de todas as lajetas existentes, pela aplicação do isolamento, seguido de colocação de manta de geotêxtil. Por cima deste colocam-se os *plots* e como última camada reaplicam-se as lajetas, uma vez que o terraço é transitável. Só desta forma se poderia efetuar o *upgrade* energético, como se encontra representado na Figura 5.16. As características técnicas dos materiais de melhoria encontram-se expressas em Anexo E. A Figura 5.17 representa o resultado da simulação depois da aplicação desta estratégia relativamente à distribuição de consumos reais anuais.

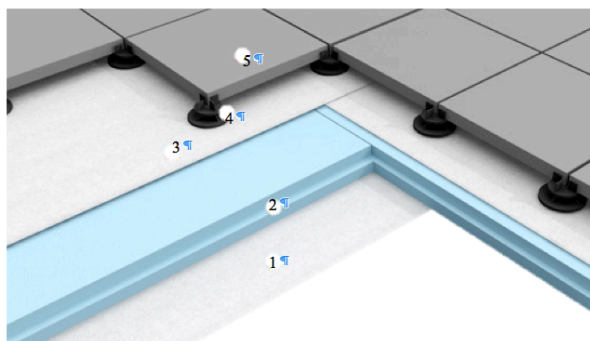


Figura 5.16: Esquema da estratégia de *upgrade* no terraço

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1- Cobertura            | 4- Plots           |
| 2- Camada de isolamento | 5- Lajeta de betão |
| 3- Manta geotêxtil      |                    |

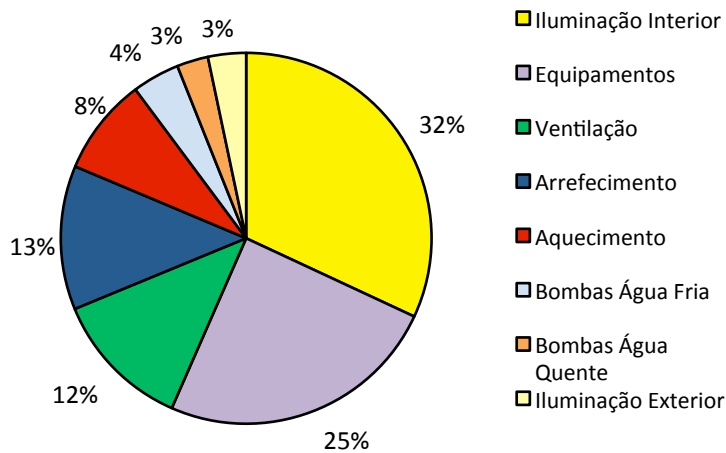


Figura 5.17: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria nos estores e terraço (kWh)

Em termos nominais esta medida tem o valor de  $IEE_{nominal}$  de 32,20  $kgep/(m^2 \cdot ano)$ , o que significa que a classe em que o edifício se insere continua a ser a Classe B-. Apesar de ter originado uma redução do valor de 1,5  $kgep/(m^2 \cdot ano)$ .

$IEE_{nom} =$	<b>32,20</b>	$kgep/(m^2 \cdot ano)$
$IEE_{ref} =$	33,83	$S = 13$
$IEE_{ref} - 0,75 \cdot S =$	24,05	Limite Superior da Classe A+
$IEE_{ref} - 0,50 \cdot S =$	27,31	Limite Superior da Classe A
$IEE_{ref} - 0,25 \cdot S =$	30,57	Limite Superior da Classe B
$IEE_{ref} =$	33,83	Limite Superior da Classe B-
$IEE_{ref} + 0,50 \cdot S =$	40,35	Limite Superior da Classe C
$IEE_{ref} + 1 \cdot S =$	46,88	Limite Superior da Classe D
$IEE_{ref} + 1,5 \cdot S =$	53,40	Limite Superior da Classe E
$IEE_{ref} + 2 \cdot S =$	59,92	Limite Superior da Classe F
$IEE_{nom} > IEE_{ref} + 2 \cdot S$		Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **B-**

### 5.5. Simulação da implementação de estratégia de redução de custos com a iluminação, Medida 4

Nesta secção abordou-se o caso da aplicação de um sistema de sensores de iluminação natural, por forma a controlar e reduzir os consumos referentes à iluminação interior. Esta medida foi simulada para os parâmetros de iluminação de 500 lux no plano de trabalho. [23] O Lux é uma unidade de luminância o que corresponde à incidência perpendicular de 1 lúmen por metro quadrado ( $1\text{lm}/\text{m}^2$ ). O lúmen é a unidade de medida do fluxo luminoso, ou seja, é a quantidade de radiação visível por uma fonte de radiação. Os sensores de iluminação colocaram-se sensivelmente no centro de cada área com elementos envidraçados na sua constituição. Desta forma garantem-se condições adequadas de trabalho assim como o balanço entre a luz natural exterior com a luz artificial interior de cada espaço.

Uma medida no sector da iluminação tem um potencial de grande importância visto ter um peso de 30% no consumo real de energia, sendo o segundo maior antecedido pelo sistema de climatização. Isto significa que a aplicação de qualquer medida que reduza esta fatia irá ter um resultado significativo no âmbito do consumo geral. Com a aplicação desta medida verificou-se uma redução significativa de  $6,03\text{ kgep}/(\text{m}^2.\text{ano})$  como está representada na Figura 5.18.

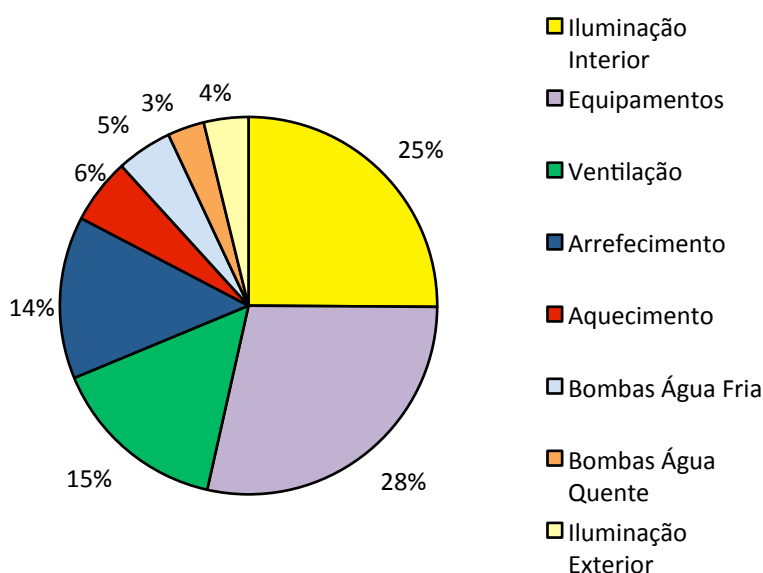


Figura 5.18: Repartição real de consumos anuais com a aplicação da medida de melhoria no sistema de iluminação (kWh)

Em termos nominais esta medida tem o valor de  $\text{IEE}_{\text{nominal}}$  de  $27,67\text{ kgep}/(\text{m}^2.\text{ano})$ , o que significa que a classe em que o edifício se insere n a Classe B. Assim, com a aplicação desta medida de melhoria o edifício ao mudar da Classe B- para a Classe B apresenta uma redução de valores de IEE significativa, uma vez que a medida incide no sector que apresenta o maior valor de consumos, ou seja na iluminação.

IEEnom=	<b>27,67</b>	kgep/(m <sup>2</sup> .ano)
IEEref=	33,83	S= 13
IEE <sub>ref</sub> - 0.75 . S =	24,05	Limite Superior da Classe A+
IEE <sub>ref</sub> - 0.50 . S =	27,31	Limite Superior da Classe A
IEE <sub>ref</sub> - 0.25 . S =	30,57	Limite Superior da Classe B
IEE <sub>ref</sub> =	33,83	Limite Superior da Classe B-
IEEref + 0,50 . S=	40,35	Limite Superior da Classe C
IEEref + 1 . S =	46,88	Limite Superior da Classe D
IEEref + 1,5 . S =	53,40	Limite Superior da Classe E
IEEref + 2 . S =	59,92	Limite Superior da Classe F
IEEnom>IEEref + 2 . S		Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **B**

## 5.6. Simulação da implementação das estratégias de ventilação natural, elementos de sombreamento e sistema de sensores de luminosidade em simultâneo

No âmbito da simulação do cumulativo das estratégias anteriormente ensaiadas em separado, pretende-se determinar o efeito da implementação de todas estas medidas em simultâneo e determinar o impacto que têm sobre o modelo real. O resultado da simulação em que estas medidas são tidas em conta pode ser observado na Figura 5.19. Verifica-se que o sector com maior peso continua a ser o do AVAC, em que todas as suas especialidades tem um peso de 42%, seguido do sector de equipamentos com 35% e iluminação interior com 18%. Por fim e com um peso de 5% está o sector de iluminação exterior.

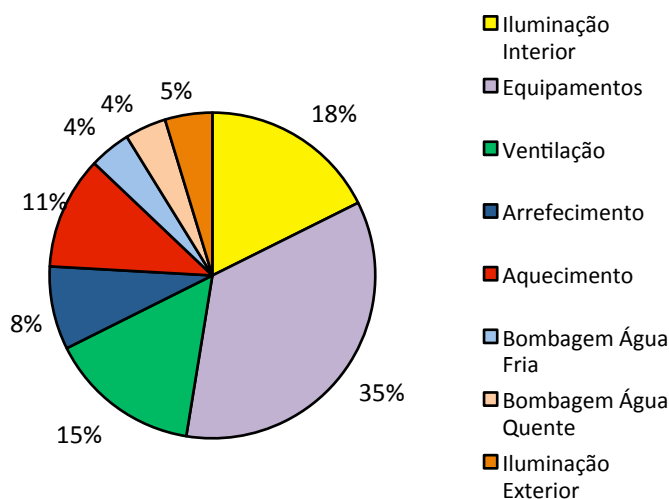


Figura 5.19: Repartição real de consumos anuais com a aplicação das medidas de melhoria em simultâneo (kWh)

Em termos nominais esta medida tem o valor de  $IEE_{nominal}$  de 25,35 kgep/(m<sup>2</sup>.ano), o que significa que a classe em que o edifício passa a inser-se na Classe A. Assim com a aplicação desta medida de melhoria o edifício ao mudar da Classe B- para a Classe A apresenta uma redução de valores de IEE bastante significativa neste caso de 8,35 kgep/(m<sup>2</sup>.ano).

$IEE_{nom} =$	<b>25,35</b>	kgep/(m <sup>2</sup> .ano)
$IEE_{ref} =$	33,83	$S = 13$
$IEE_{ref} - 0,75 \cdot S =$	24,05	Limite Superior da Classe A+
$IEE_{ref} - 0,50 \cdot S =$	27,31	Limite Superior da Classe A
$IEE_{ref} - 0,25 \cdot S =$	30,57	Limite Superior da Classe B
$IEE_{ref} =$	33,83	Limite Superior da Classe B-
$IEE_{ref} + 0,50 \cdot S =$	40,35	Limite Superior da Classe C
$IEE_{ref} + 1 \cdot S =$	46,88	Limite Superior da Classe D
$IEE_{ref} + 1,5 \cdot S =$	53,40	Limite Superior da Classe E
$IEE_{ref} + 2 \cdot S =$	59,92	Limite Superior da Classe F
$IEE_{nom} > IEE_{ref} + 2 \cdot S$		Sem Limite - Classe G

O edifício insere-se na classe: **A**



## Capítulo 6

### 6. Análise de resultados e viabilidade econômica

#### 6.1. Análise de cada medida de melhoria

##### 6.1.1. Medida de melhoria 1 - Ventilação noturna natural

Na medida de melhoria (Medida 1) que propôs a simulação de ventilação natural no período noturno apenas nos meses de arrefecimento, ou seja de abril a setembro inclusive, não se estipulou qualquer tipo de custo de implementação da medida, uma vez que esta baseia-se apenas na abertura das janelas existentes até 30% da sua área no período horário das 22:00H às 06:00H da manhã. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de -5%, Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Consumos e percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de ventilação noturna natural, Medida 1, em comparação com o modelo Real

		Ano
Consumo anual Real	kWh	437 072
Consumo anual com implementação de Medida 1	kWh	416 467
Variação	%	-5%

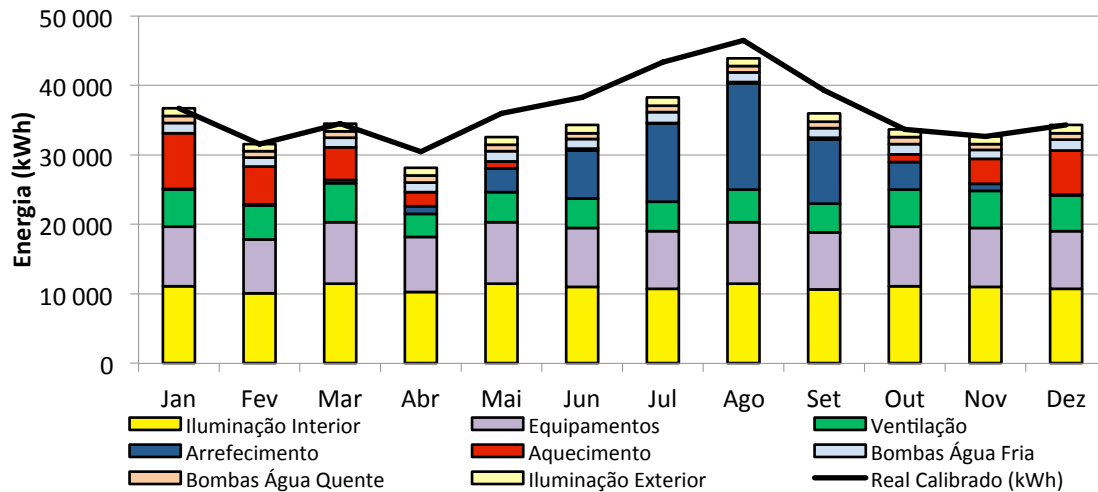


Figura 6.1: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 1

A comparação apresentada na Figura 6.1, permite verificar que com a aplicação da Medida 1, os benefícios, como esperado, só se registam nos meses de verão principalmente através da redução de consumos de arrefecimento e de ventilação. A redução destes consumos é compensada pela ação da ventilação noturna natural, Tabela 6.2. A ventilação noturna natural não tem um impacto significativo devido essencialmente à localização do edifício uma vez que as amplitudes térmicas não são muito acentuadas. [24]

Tabela 6.2: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 1

Mês	Consumo Energético Real (kWh)	Consumo Energético com medida 1 (kWh)	Variação (%)
Janeiro	36 707	36 707	0%
Fevereiro	31 533	31 533	0%
Março	34 523	34 523	0%
Abril	30 453	28 108	-8%
Maio	35 970	32 594	-9%
Junho	38 239	34 266	-10%
Julho	43 300	38 253	-12%
Agosto	46 448	43 900	-5%
Setembro	39 242	35 926	-8%
Outubro	33 681	33 681	0%
Novembro	32 679	32 679	0%
Dezembro	34 298	34 298	0%
<b>Total</b>	<b>437 072</b>	<b>416 467</b>	<b>-5%</b>
<b>Custo energético anual (€)</b>	<b>56 819</b>	<b>5 414</b>	

A implementação da Medida 1 permite uma redução de custo energético anual de 2679€, Tabela 6.3, o que se trata de um balanço positivo uma vez que a sua aplicação não tem qualquer tipo de custo associado. Esta medida será sempre uma boa solução.

Tabela 6.3: Poupança na fatura energética anual da medida de melhoria Medida 1

	Medida de melhoria (1) face ao Real
Poupança na fatura energética anual [€]	2679

### 6.1.2. Medida de melhoria 2 - Alteração de Envidraçado e Caixilharia

Na medida de melhoria (Medida 2) que propôs a alteração do vão de envidraçado assim como a alteração de todo o sistema de caixilharia do edifício teve associado um custo total de implementação de 187 726€. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de -1%, significa isto que o benefício da aplicação da medida ao final de um ano é de 1% comparando com o consumo de energia eléctrica real anual Tabela 6.4.

Tabela 6.4: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria no Envidraçado e Caixilharia, Medida 2, em comparação com o modelo Real

		Ano
Consumo anual Real	kWh	437 072
Consumo anual com implementação de Medida 2	kWh	430 845
Varição	%	-1%

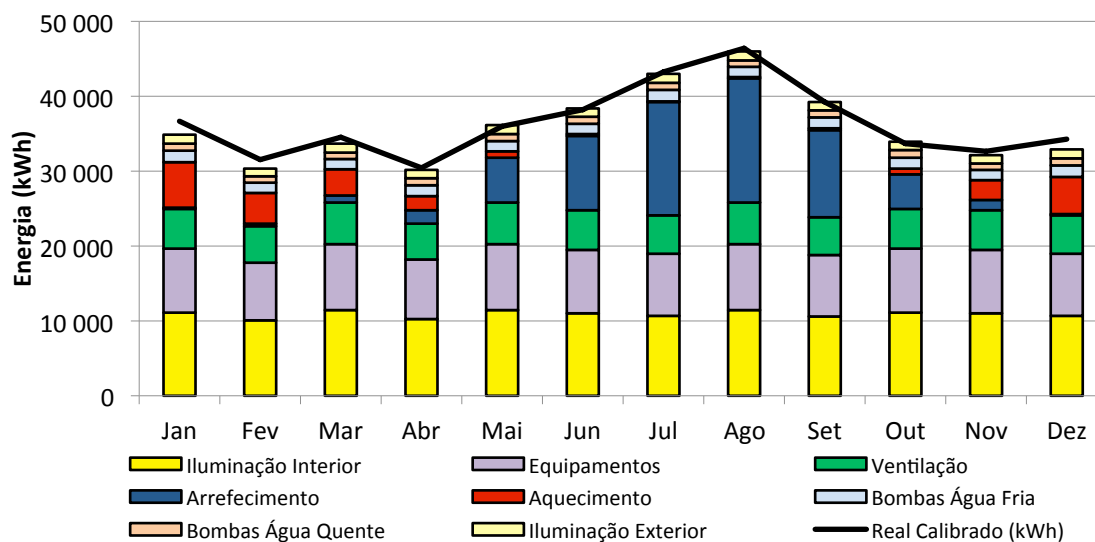


Figura 6.2: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da medida 2

Esta comparação apresentada na Figura 6.2, permite verificar que com a aplicação da Medida 2, os benefícios registados são essencialmente nos meses de inverno através da redução de consumos de aquecimento e de ventilação. Apesar de não terem uma expressão muito acentuada, representam uma melhoria no consumo energético anual em média de 1% como está representado na Tabela 6.5.

Tabela 6.5: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 2

Mês	Consumo Energético Real (kWh)	Consumo Energético com medida 2 (kWh)	Varição (%)
Janeiro	36 707	34 882	-5%
Fevereiro	31 533	30 336	-4%
Março	34 523	33 658	-3%
Abril	30 453	30 195	-1%
Maió	35 970	36 162	1%
Junho	38 239	38 370	0%
Julho	43 500	43 000	-1%
Agosto	46 448	46 000	-1%
Setembro	39 242	39 259	0%
Outubro	33 681	33 970	1%
Novembro	32 679	32 120	-2%
Dezembro	34 298	32 893	-4%
<b>Total</b>	<b>437 072</b>	<b>430 845</b>	<b>-1%</b>
<b>Custo energético anual [€]</b>	<b>56 819</b>	<b>56 009</b>	

A simulação teve em conta as características dos materiais descritos na Tabela 6.6 que originou um custo energético anual de 56009€.

Tabela 6.6: Características da medida de melhoria do Envidraçado e Caixilharia , Medida 2

	Envidraçado	Caixilharia	
Marca	SGG COOL-LITE SKN 165	SLIDE PRIME PA120	
Coefficiente de transmissão térmica [W/m2.°C]	1,1	4,7	
Fator solar	0,3	-	
Quantidade	896 [m2]	103 [unidades]	
Preço por unidade	121 [€/m2]	770 [€.unidade]	<b>Preço final da estratégia</b>
<b>Preço total</b>	<b>108 416 €</b>	<b>79 310 €</b>	<b>187 726 €</b>

A implementação da Medida 2 permite uma redução de custo energético anual de 810€, que quando comparado com o investimento inicial pode dizer-se que é muito reduzido. Seria contudo espectável uma vez que a medida apesar de ser uma boa solução a nível de alteração para materiais com melhor comportamento térmico, a área que estes ocupam no edifício é cerca de 20% da área da envolvente total. Isto significa que qualquer que seja a melhoria neste sector ainda que para a melhor solução, esta a nível global não representa grande expressão. Sendo assim o período de retorno, Tabela 6.7, neste caso é muito elevado (superior a 16 anos) o que demonstra que a aplicação apenas e só desta medida não tem viabilidade.

Tabela 6.7: Período de retorno em anos da medida de melhoria, Medida 2

	Medida de melhoria (2) face ao Real
Custo da implementação da estratégia [€]	187726
Poupança na fatura energética anual [€]	810
<b>Período de Retorno [anos]</b>	<b>&gt; 16</b>

### 6.1.3. Medida de melhoria 3 - Aplicação de sistema de Estores e *Upgrade* do Terraço

Na medida de melhoria, Medida 3, que propôs a aplicação de estores de alta reflectividade e o *upgrade* de todo o terraço, teve um custo total de implementação de 20342€. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de -6% representado na Tabela 6.8.

Tabela 6.8: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de estores e *upgrade* do terraço, Medida 3, em comparação com o modelo Real

		Ano
Consumo anual Real	kWh	437 072
Consumo aual com implementação de Medida 3	kWh	409 823
Variação	%	-6%

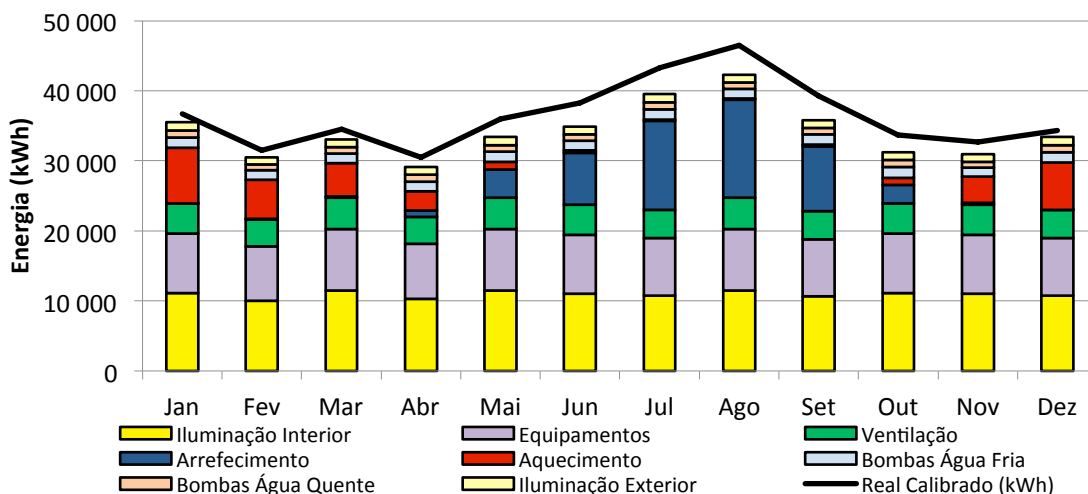


Figura 6.3: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 3

A comparação que se mostra na Figura 6.3 permite verificar que com a aplicação da Medida 3, os benefícios são essencialmente nos meses de verão, através da redução de consumo energético tanto de ventiladores como de arrefecimento. Apesar de não terem uma expressão muito acentuada, representam uma melhoria no consumo energético anual de 6%, Tabela 6.9.

Tabela 6.9: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 3

Mês	Consumo Energético Real (kWh)	Consumo Energético com medida 3 (kWh)	Variação (%)
Janeiro	36 707	35 478	-3%
Fevereiro	31 533	30 534	-3%
Março	34 523	33 073	-4%
Abril	30 453	29 125	-4%
Maio	35 970	33 425	-7%
Junho	38 239	34 908	-9%
Julho	43 300	39 525	-9%
Agosto	46 448	42 307	-9%
Setembro	39 242	35 842	-9%
Outubro	33 681	31 242	-7%
Novembro	32 679	30 982	-5%
Dezembro	34 298	33 384	-3%
<b>Total</b>	<b>437 072</b>	<b>409 823</b>	<b>-6%</b>
<b>Custo energético anual [€]</b>	<b>56 819</b>	<b>53 277</b>	

A simulação da implementação desta medida de melhoria teve em conta as características dos materiais descritos na Tabela 6.10.

Tabela 6.10: Características da medida de melhoria de estores e *upgrade* do terraço, Medida 3

	Isolamento térmico	Geotêxtil	Estores	
Marca	ROOFMATE XPS 8cm	Geofibra Poliéster	Wareama E80 A6D	
Espessura	8 [cm]	3,2 [cm]	-	
Quantidade	925 [m <sup>2</sup> ]	925 [m <sup>2</sup> ]	103 [un]	
Preço por unidade	8,31 [€/m <sup>2</sup> ]	0,32 [€/m <sup>2</sup> ]	120 [€/Un]	<b>Preço final da estratégia</b>
<b>Preço total</b>	<b>7 686 [€]</b>	<b>296 [€]</b>	<b>12 360 [€]</b>	<b>20 342 [€]</b>

A implementação da Medida 3 permite uma redução de custo energético anual de 3542€, que quando comparado com o investimento inicial, 20342€, pode referir-se que é razoável pois permite a redução de consumo energético anual de 6%, apesar de em termos nominais o edifício continuar dentro da Classe B-. Em termos de período de retorno, o prazo de 6 anos, Tabela 6.11, mostra que é uma medida possível de ser aplicada na realidade e é viável.

Tabela 6.11: Período de retorno em anos da medida de melhoria, Medida 3

	Medida de melhoria (3) face ao Real
Custo da implementação da estratégia [€]	20342
Poupança na fatura energética anual [€]	3542
<b>Período de Retorno [anos]</b>	<b>6</b>

#### 6.1.4. Medida de melhoria 4 - Aplicação de sensores de luminosidade

Na medida de melhoria, Medida 4, que propôs a aplicação de sensores de luminosidade em todos os espaços com janelas na sua constituição, teve um custo total de implementação de 2040€. A aplicação desta medida tem uma expressão no ciclo de faturação anual de -19%, o que significa que o benefício da sua aplicação ao final de um ano é de 19% quando comparado com o consumo de energia eléctrica real anual. Este valor pode ser observado na Tabela 6.12 e na Figura 6.4 a comparação entre o consumo anual real com o consumo resultante da implementação desta medida.

Tabela 6.12: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria de sensores de luminosidade, Medida 4, em comparação com o modelo Real

		Ano
Consumo anual Real	kWh	437 072
Consumo anual com implementação de Medida 4	kWh	355 364
Variação	%	-19%

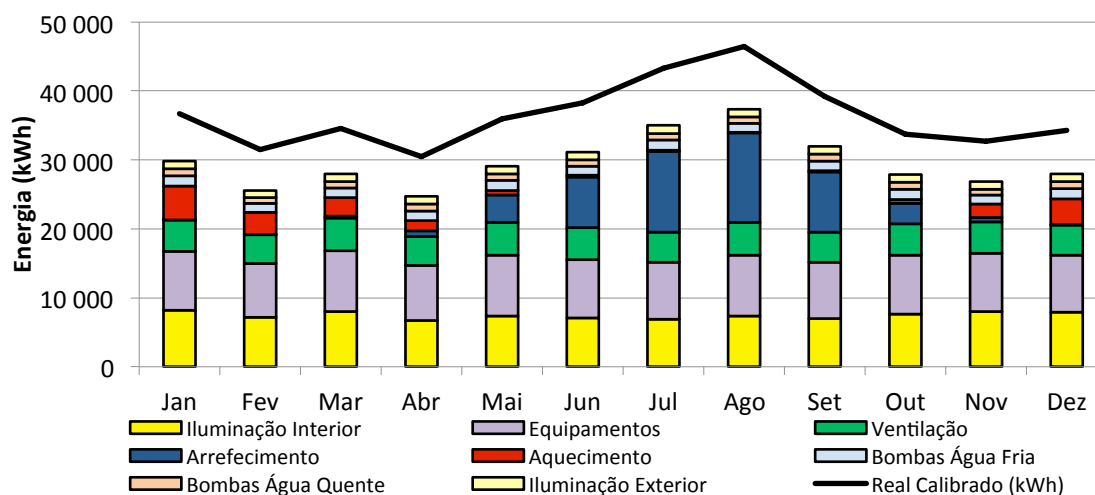


Figura 6.4: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação da Medida 4

O consumo associado ao sector da iluminação interior teve uma redução acentuada em todos os meses do ano, Tabela 6.13, uma vez que no modelo real este sector permanecia estático tendo ao longo do ano sempre sensivelmente o mesmo consumo de energia eléctrica. Desta forma com a aplicação de sensores de luminosidade verifica-se que o valor do consumo energético sofreu uma redução considerável passando de um consumo anual de 130870 kWh/ano para 89208 kWh/ano. Consequentemente o edifício em termos nominais passa a inserir-se na Classe B

Tabela 6.13: Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 4

Mês	Consumo Energético Real (kWh)	Consumo Energético com medida 4 (kWh)	Variação (%)
Janeiro	36 707	29 839	-19%
Fevereiro	31 533	25 586	-19%
Março	34 523	27 985	-19%
Abril	30 453	24 683	-19%
Maio	35 970	29 111	-19%
Junho	38 239	31 116	-19%
Julho	43 300	34 992	-19%
Agosto	46 448	37 383	-20%
Setembro	39 242	31 915	-19%
Outubro	33 681	27 896	-17%
Novembro	32 679	26 869	-18%
Dezembro	34 298	27 990	-18%
<b>Total</b>	<b>437 072</b>	<b>355 364</b>	<b>-19%</b>
<b>Custo energético anual [€]</b>	<b>56 819</b>	<b>46 197</b>	

A simulação da medida de melhoria teve em conta as características dos sensor descrito na Tabela 6.14 e registou o custo energético anual de 46197€.

Tabela 6.14: Características da medida de melhoria dos sensores de luminosidade, Medida 4

Sensor de Luminosidade		
Marca	Philips DUS804C	
Quantidade	17 [Un]	<b>Preço final da estratégia</b>
<b>Preço por unidade</b>	<b>120</b>	<b>2040 [€]</b>

A implementação da Medida 4 permite uma redução de custo energético anual de 10622€, que quando comparado com o investimento inicial, 2040€, pode-se considerar bastante bom, pois permite a redução de consumo energético anual de 19%, passando a edifício para a Classe B em termos nominais. Esta medida é possível de ser aplicada tendo um período de retorno inferior a 1 ano, o que mostra a grande viabilidade económica da sua aplicação Tabela 6.15.

Tabela 6.15: Período de retorno em anos da medida de melhoria Medida 4

	Medida de melhoria (4) face ao Real
Custo da implementação da estratégia [€]	2040
Poupança na fatura energética anual [€]	10622
<b>Período de Retorno [anos]</b>	<b>0,2</b>

## 6.2. Medida de melhoria 1+2+3+4

A implementação de todas as medidas de melhoria em simultâneo tem um custo total que resulta do somatório de todas elas, ou seja 210108€. O cumulativo das medidas tem uma expressão no ciclo de faturação anual de -33%, significa isto que o benefício da sua aplicação ao final de um ano é de 33% quando comparado com o consumo de energia eléctrica real anual. Este valor pode ser confirmado na Tabela 6.16 e a comparação entre o consumo anual real e o consumo resultante da implementação de todas as medidas está representado na Figura 6.5.

Tabela 6.16: Percentagem de variação de consumos na aplicação da medida de melhoria 1+2+3+4, em comparação com o modelo Real

		Ano
Consumo anual Real	kWh	437 072
Consumo anual com implementação de Medida 1+2+3+4	kWh	293 509
Variação	%	-33%

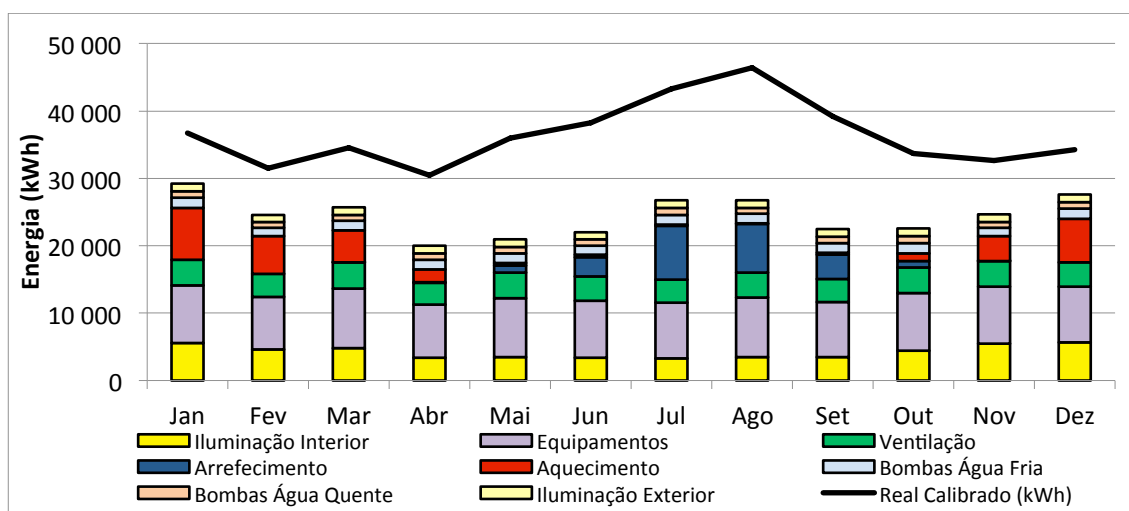


Figura 6.5: Comparação entre consumo anual real com o consumo resultante da implementação das Medidas 1+2+3+4

A análise da Figura 6.5 permite verificar que com a aplicação das Medidas 1+2+3+4, os benefícios são elevados verificando-se durante todo o ciclo anual. Como seria de esperar as medidas não são independentes e têm influência umas nas outras tendo maior impacto quando aplicadas individualmente. O consumo energético anual obtido traduz-se numa boa melhoria ao ter sido reduzido cerca de 33% em comparação ao consumo energético anual real conforme representação na Tabela 6.17.

Tabela 6.17: : Comparação entre consumo energético real e consumo energético com implementação da Medida 1+2+3+4

Mês	Consumo Energético Real (kWh)	Consumo Energético com medida 1+2+3+4 (kWh)	Variação (%)
Janeiro	36 707	29 258	-20%
Fevereiro	31 533	24 606	-22%
Março	34 523	25 742	-25%
Abril	30 453	20 012	-34%
Maio	35 970	20 935	-42%
Junho	38 239	22 044	-42%
Julho	43 300	26 739	-38%
Agosto	46 448	26 802	-42%
Setembro	39 242	22 499	-43%
Outubro	33 681	22 548	-33%
Novembro	32 679	24 666	-25%
Dezembro	34 298	27 659	-19%
<b>Total</b>	<b>437 072</b>	<b>293 509</b>	<b>-33%</b>
<b>Custo energético anual [€]</b>	<b>56 819</b>	<b>38 156</b>	

A implementação das Medida 1+2+3+4, permite uma redução de custo energético anual de 18663€, que quando comparado com o investimento inicial de, 210108€ tem um período de retorno de 11 anos, Tabela 6.18. A aplicação desta medida considera-se como viável uma vez que o período de retorno de 11 anos globalmente é bom.

Tabela 6.18: Período de retorno em anos da medida de melhoria Medida 1+2+3+4

	Medida 1+2+3+4 face ao Real
Custo da implementação da estratégia [€]	210108
Poupança na fatura energética anual [€]	18663
<b>Período de Retorno [anos]</b>	<b>11</b>

Na Figura 6.6 e Figura 6.7 apresentam-se as comparações entre os resultados de todas as simulações, tanto a nível real como nominal.

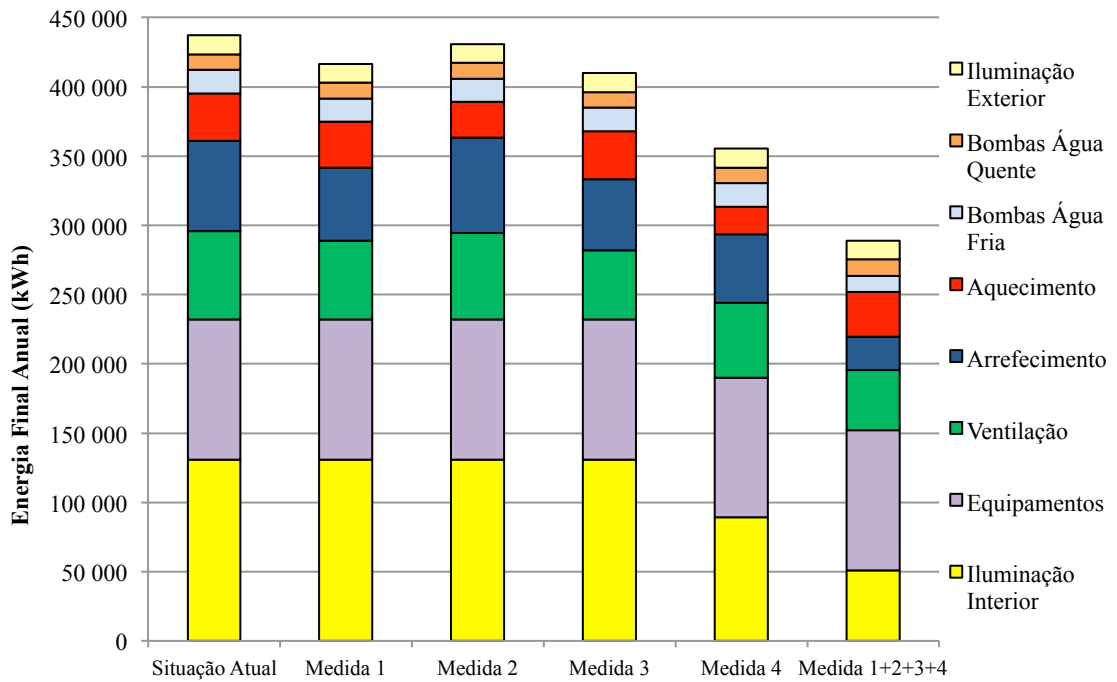


Figura 6.6: Resumo da energia final real anual (kWh)

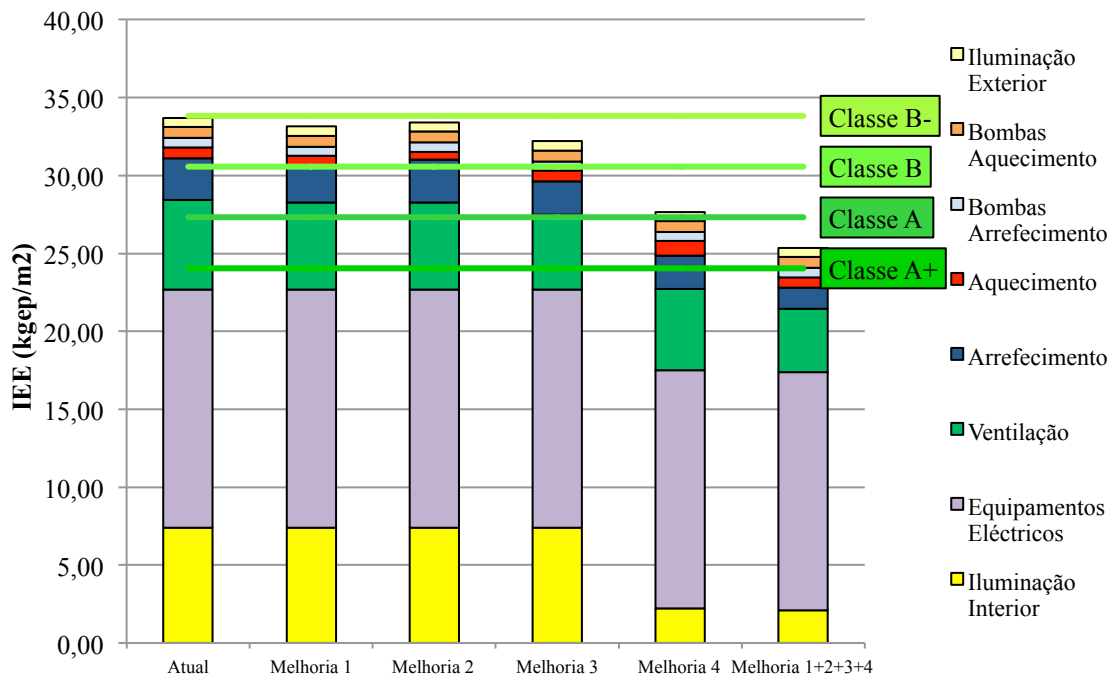


Figura 6.7: Resumo da energia final nominal anual (Kgep/m²)

### 6.3. Medidas complementares

Da análise de resultados anteriormente explanada importa ainda apontar alguns desenvolvimentos com potencial de melhoria de desempenho energético. Este capítulo pretende mostrar uma solução construtiva viável e aplicável ao edifício em análise tirando partido do potencial de arrefecimento por ventilação natural noturna com o intuito de reduzir consumos energéticos.

Relativamente ao potencial da ventilação natural noturna a solução mais indicada será o recurso a aberturas controladas isto é o caso de janelas “inteligentes” que são uma tecnologia já presente e aplicada em várias construções mas neste trabalho desenvolve-se a solução mais recente que combina em simultâneo: abertura automática, variação de luminosidade e sensores de chuva. As janelas são o elemento construtivo responsável pela principal admissão de ar, influência e alteração da temperatura interior, ou seja são fundamentais para a gestão da qualidade de ar e conforto térmico.

Em termos de solução para a ventilação do edifício, propõe-se o recurso a janelas “inteligentes” neste caso do tipo basculantes com a particularidade de que na fachada Sul e Poente a moldura seria fixa na parte inferior, enquanto na fachada orientada a Norte e a Nascente a moldura seria fixa no nível superior. O efeito criado pela fixação das molduras a níveis diferentes seria um gradiente térmico entre fachadas, em que a Sul e Poente a admissão de ar é efetuada a uma cota inferior canalizando o ar quente para zonas mais frias, Norte e Nascente onde este seria empurrado para o exterior a uma cota superior. A Figura 6.8 apresenta uma esquema simplificado do tipo de janelas a aplicar no edifício.

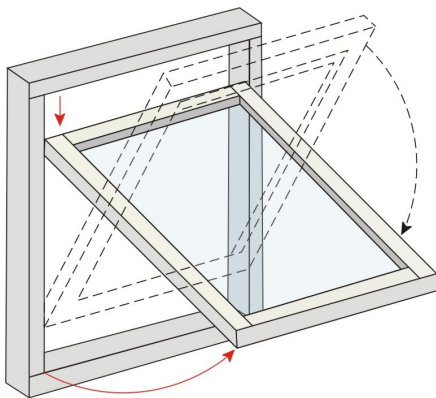


Figura 6.8: Janelas basculantes a colocar no edifício

O funcionamento das janelas deverá ser automático no uso diário e manual apenas para questões de limpeza e manutenção. No funcionamento automático os sensores de luminosidade regularão o índice de iluminação no interior. A decisão de abertura ou fecho automático das janelas dependerá da leitura através de sensores da temperatura exterior e interior. Os sensores de detecção de precipitação impedirão a abertura das janelas em caso de chuva.

Seria interessante o estudo de medidas de melhoria, neste caso de redução de custos, relativamente aos sectores de iluminação exterior e equipamentos. A colocação de iluminação led nas zonas exteriores, não como uma medida de desenvolvimento tecnológico futuro, mas sim como melhoria no consumo energético na zona envolvente. A substituição dos equipamentos dos quais fosse possível a alteração por equipamentos com as mesmas ou melhores características mas que consumam menor potência eléctrica.

# Capítulo 7

## 7. Conclusões

A tese que se apresenta permitiu desenvolver uma metodologia para a avaliação do potencial de climatização passiva num edifício de serviços. Deste modo estudou-se de uma forma exaustiva um edifício de serviços, podendo concluir-se que a ventilação natural, os elementos de sombra quando estudados em conjunto desempenham um papel relevante para a reabilitação energética neste tipo de edifícios. A ventilação natural tem um papel de extrema importância para a garantia tanto da qualidade do ar interior como do conforto térmico dos seus ocupantes. A implementação de elementos de sombreamento tem uma especial importância na melhoria das condições térmicas no interior. As duas estratégias permitem a melhoria do desempenho energético e consequentemente a redução das necessidades energéticas.

Esta dissertação focou-se exclusivamente no estudo de um edifício de serviços em Setúbal, que foi escolhido por ter sofrido recentemente um *upgrade* energético mas que a nível de soluções de climatização passiva nada foi implementado. Procedeu-se assim a uma exaustiva caracterização de todo o edifício, da sua envolvente, dos sistemas de climatização e dos consumos energéticos faturados.

A análise climática revelou que as variáveis mais determinantes na utilização da ventilação natural são a temperatura exterior, a velocidade e direção do vento. Desta forma foram apresentados os dados climáticos e da morfologia do edifício.

De maneira a aferir o desempenho energético real do edifício, construiu-se um modelo de cálculo utilizando o *software* de análise e simulação – *DesignBuilder*. Com este modelo simulou-se o desempenho energético na situação atual e só depois do modelo calibrado, simulou-se o ciclo anual do efeito de quatro estratégias de climatização passiva, podendo-se assim avaliar corretamente o potencial de arrefecimento passivo. Importa referir que os resultados obtidos nas diferentes simulações têm por base um modelo calibrado representativo do edifício real que tem uma variação de resultados de consumo energético faturado de -5% de acordo com o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios o modelo é viável. Esta comparação teve por base os consumos faturados dos anos 2011, 2012 até junho de 2013.

Da análise de resultados conclui-se que, por meio da aplicação da medida, ventilação natural há a poupança de 5% da factura anual, ou seja permite a poupança energética anual de 20 605 kWh. Uma vez que a implementação desta medida não assumiu qualquer tipo de custos, é possível assim obter uma poupança imediata de 2 678 € na fatura anual. Esta medida pode-se considerar viável uma vez que sem qual quer tipo de investimento é possível reduzir a fatura energética anual e obter uma poupança de 5% nos consumos energéticos. Desta forma, o edifício assume a classificação energética de Classe B-.

Através da alteração tanto dos vãos envidraçados como dos caixilhos, há uma poupança de 1% da fatura anual o que significa uma poupança energética anual de 6 227 kWh. Esta estratégia tem o custo de implementação de 187 726€ e permite uma poupança na fatura energética anual de 810 € com um período de retorno de 232 anos. Esta estratégia desta forma não tem qualquer tipo de viabilidade uma vez que além de ultrapassar o período de vida útil do equipamento e do edifício tem um retorno muito baixo. Desta forma o edifício assume a classificação energética de Classe B-.

Com a aplicação tanto de estores exteriores como de um *upgrade* a nível de todo o terraço obteve-se uma poupança de 6%, significa a poupança energética anual de 27 248 kWh. Esta medida tem o custo de investimento de 20 342€ e a consequente poupança na fatura energética anual de 3 542€ com um período de retorno de 6 anos. A aplicação desta estratégia por estes motivos considera-se como viável. Desta forma o edifício assume a classificação energética de Classe B-.

Por meio da aplicação de sensores de luminosidade interiores é possível uma poupança de 19% na fatura anual, ou seja poupança de 81 708 kWh no consumo energético anual. A estratégia tem o custo de implementação de 2 040€ o que significa que o período de retorno é inferior a 1 ano. Sendo esta de todas a mediada com maior impacto e de maior viabilidade. Com a aplicação desta medida o edifício passa a inserir-se na classificação de Classe B.

Por fim foi simulado o modelo com todas as medidas em simultâneo, ou seja a ventilação natural, envidraçado e caixilhos, estores exteriores e *upgrade* a nível do terraço e sensores de luminosidade interiores é possível a poupança de 33%, significa a poupança energética anual de 143 562 kWh. O custo total da implementação das medidas é 210 108€ possibilita uma poupança anual na fatura energética de 18 668€ com um período de retorno de 11 anos, passando o edifício assim a ser classificado por Classe A. A implementação desta medida pode-se considerar como viável uma vez que este período de retorno está no limite mas a poupança energética conseguida é bastante favorável.

O valor de tarifário utilizado foi de 0.13€/kWh, que resulta de uma média das tarifas dos anos 2011 a 2013.

Como trabalho futuro apresentou-se a proposta de uma possível janela que permita a ação da ventilação natural de maneira a arrefecer o edifício. Além do dimensionamento de janelas inteligentes, a otimização do sector de equipamentos passa por ser uma estratégia cuja implementação se recomenda.

Na investigação de questões relacionadas com a presente temática tão relevante na atualidade, modelação de sistemas de climatização e reabilitação energética, efetuou-se um percurso que permitiu o aprofundamento desta problemática, abrindo-se perspectivas fundadas num maior conhecimento.





# Bibliografia

- [1] M. Sá, “Produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis,” p. 20, 2010.
- [2] “Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis Decreto-Lei n.º 20/2013 de 10 de abril de 2013,” 2013, no. iii, pp. 2022–2091.
- [3] V. Olgyay, “Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism,” p. 26, 1973.
- [4] F. Moita, *Energia Solar Passiva*. Lisboa, 2010, p. 17.
- [5] F. Silva, “Ventilação natural de edifícios: turbulência atmosférica,” *Universidade Técnica de Lisboa : Instituto Superior Técnico*, 2003.
- [6] Z. Wang, L. Yi, and F. Gao, “Night ventilation control strategies in office buildings,” *Sol. Energy*, vol. 83, no. 10, pp. 1902–1913, Oct. 2009.
- [7] V. Geros, M. Santamouris, a Tsangrasoulis, and G. Guarracino, “Experimental evaluation of night ventilation phenomena,” *Energy Build.*, vol. 29, no. 2, pp. 141–154, Jan. 1999.
- [8] N. V Baker, *Passive and low energy building design for tropical island climates*. The Commonwealth Secretariat, 1987.
- [9] ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*. Atlanta, GA, USA: Amer Society of Heating, 1991.
- [10] H. Gonçalves, “Em direcção à energia zero Towards zero energy.”
- [11] Köppen-Geiger, “The Köppen climate classification,” *Wikipedia*, 2012. [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen\\_climate\\_classification](http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen_climate_classification).
- [12] E. P. Lebeña, “CONVERSÃO TÉRMICA da ENERGIA SOLAR,” *SPES , INETI*, pp. 1–89, 2006.
- [13] M. Silva and D. J. Palhinha, “Sistemas de sombreamento em arquitectura: Proposta de um novo método de concepção e dimensionamento,” Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

- [14] “Cruzfer.” 2010.
- [15] “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril.” pp. 2468–2513, 2006.
- [16] “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, RESECE,” 2006, pp. 2416–2468.
- [17] ADENE, “Nota Técnica NT-SCE-01 Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE,” pp. 1–16, 2008.
- [18] C. Pina Santos and M. Luís, “ITE 50 / Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.” LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2006.
- [19] IPMA, “Normais climatológicas,” 2013. [Online]. Available: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>.
- [20] . U.S. Department of Energy, “EnergyPlus Weather Data for Portugal,” 2013. [Online]. Available: [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather\\_data3.cfm/region=6\\_europe\\_wmo\\_region\\_6/country=PRT/cname=Portugal](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=PRT/cname=Portugal).
- [21] “Perguntas & Respostas RSECE,” 2011.
- [22] M. Kolokotroni, B. C. Webb, and S. D. Hayes, “Summer cooling with night ventilation for office buildings in moderate climates,” *Energy Build.*, vol. 27, no. 3, pp. 231–237, Jun. 1998.
- [23] “( informative ) Recommended criteria for lighting,” vol. 2007, p. 15251, 2007.
- [24] P. M. A. Miranda, “The Portuguese climate in the 20 th and 21 st centuries,” Universidade de Lisboa.

## **Anexo A.**

### **A. Desenhos técnicos**

Nota: Os desenhos técnicos estão em formato digital (CD).



## **Anexo B.**

### **B. Primeira certificação energética**



N.º CER  
CE0000040798230



## CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização Estrada dos Ciprestes, 15

Localidade Setúbal Freguesia SETUBAL (SANTA MARIA DA GRAÇA)

Concelho SETUBAL Região Portugal Continental

Data de emissão 01/12/2010 Data de validade 01/12/2013

Nome do perito qualificado Ana Teresa Pinto de Azevedo Costa N.º de PQ PQ00935

Imóvel descrito na 1.ª Conservatória do Registo Predial de Setúbal

sob o n.º 260 Art. matricial n.º 1187 Fogo/Fracção autón. Única

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

#### INDICADORES DE DESEMPENHO

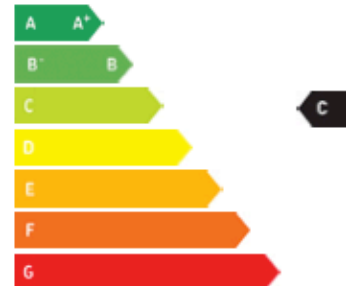
Valor do Indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética 34,83 kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B) 34,1 kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A+ 23,8775 kgep/m².ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal 168,9 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

#### CLASSE ENERGÉTICA



O indicador de eficiência energética, IEEnom, traduz o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob padrões nominais de funcionamento e por unidade de área, de forma a permitir comparações objetivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores. O valor de referência para este indicador (IEEref) está definido no D.L. 79/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes aquela data. Nos casos de edifício ou fracções autónomas com mais de uma tipologia de actividade, o IEEnom e IEEref correspondem a valores ponderados de acordo com as áreas afectas a cada tipologia.

A classificação energética baseia-se no desempenho energético dos sistemas de climatização e de iluminação do edifício ou fracção autónoma, usando como referência os valores limite de IEE para edifícios novos apresentados no Anexo XI do RSECE. A classe energética resulta do enquadramento do valor de IEE nominal numa escala predefinida e aplicável a todos os edifícios de serviços desta tipologia. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B+, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B-. Para mais informações sobre a classificação energética de edifícios e sobre este certificado, consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel cumpre com os requisitos aplicáveis estabelecidos no D.L. 79/2006 de 4 de Abril relativamente à qualidade do ar interior. Conforme aplicáveis, esses requisitos visam, através da verificação das condições de projecto ou da realização de auditorias periódicas, assegurar que o edifício ou fracção autónoma dispõe de condições adequadas para que as concentrações de poluentes no ar interior sejam inferiores às concentrações máximas de referência, salvaguardando assim a saúde dos seus ocupantes.



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE000040798230

N° do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2013

Data de validade 01/12/2013

### 3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

O edifício encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Setúbal, na zona climática I1V2S, implantado à cota de 18 m e uma distância à costa marítima de 0,98 km.

O espaço em estudo, Edifício da EDP sito na Estrada dos Ciprestes, é constituído por 7 pisos acima do solo e 1 abaixo da cota de soleira. No piso 1 localizam-se as entradas do edifício onde se encontra a recepção, assim como um posto médico. Os pisos 1 a 6 encontram-se os escritórios destinados maioritariamente a serviços administrativos e caracterizados por "open space" assim como por alguns gabinetes colectivos e individuais, salas de reunião e salas de formação.

No piso 6, para além das salas de formação e reuniões, existe um bar com serviço de refeições para uso dos funcionários da EDP, assim como um pequeno refeitório usado essencialmente pelos funcionários do piquete.

No piso 7 encontram-se os balneários e a casa das máquinas.

Existe ainda um piso em cave destinado a estacionamento, armazéns e salas técnicas (sala do Quadro Geral de Baixa Tensão, e bombagem da rede de incêndio).

O edifício encontra-se isolado, não sendo confinante com outras edificações. O edifício possui fachadas com orientação Norte, Sul, Este e Oeste. A fachada principal do edifício está orientada a Sul.

Foi considerada a tipologia de escritórios (3299,16 m<sup>2</sup>) e estabelecimento de saúde sem internamento (214,43 m<sup>2</sup>), com inércia média, com os espaços complementares: estacionamento (313,31 m<sup>2</sup>), armazém (152,28 m<sup>2</sup>), e cozinha (62,12 m<sup>2</sup>).

Os espaços não úteis encontrados neste edifício foram os seguintes: armazéns (arquivos localizados no piso 0) e garagem.

Neste edifício existe aproveitamento de energias renováveis, mais especificamente da energia solar. Existe microprodução de energia elétrica através de um sistema fotovoltaico e um sistema solar térmico para produção de água quente sanitária.

A produção de energia térmica para o sistema centralizado de climatização é feita por três chillers/bombas de calor. A distribuição de água arrefecida/aquecida é feita por um sistema a 4 tubos a 93 ventiloconvectores verticais e de conduta e 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's) do tipo 100% ar novo. Em algumas divisões existem sistemas independentes de expansão directa do tipo split.

A iluminação das zonas úteis é, maioritariamente, constituída por lâmpadas fluorescentes, tubulares T5 e compactas, equipadas com balastos electrónicos. A produção de água quente sanitária, AQS, dos balneários é efectuada através de um sistema solar térmico com apoio a termoacumulador eléctrico instalado no exterior. A AQS da cozinha é efectuada por um termoacumulador eléctrico.

Os equipamentos de climatização encontram-se, em geral, em bom estado e em funcionamento.

A manutenção é assegurada por uma empresa habilitada, disposta de técnicos credenciados, existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício preparado pelo técnico responsável pelos sistemas energéticos de climatização do edifício.

Área útil de pavimento	4041,3 m <sup>2</sup>	Pé-direito médio ponderado	2,6 m	Ano de construção	1990	Consumo Anual Global* (só edif. existentes)	442482 kWh/ano
------------------------	-----------------------	----------------------------	-------	-------------------	------	---	----------------

\* O consumo anual global corresponde à energia final utilizada no edifício, sendo determinado pela análise das faturas energéticas (electricidade e combustíveis), sem correcção climática.

### 4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (classificadas a negro aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
1 Diminuir o consumo de energia da climatização desligando a UTA R.01 durante o fim-de-semana	☺☺		
2 Substituição das lâmpadas fluorescentes TL5 e TLD por fluorescentes Master Eco	☺☺	☹☹	☹☹☹☹
3 Instalação de contadores parciais de consumo de energia eléctrica e implementação de um sistema de leitura periódica dos mesmos.			
4 Verificação periódica do estado de conservação dos filtros de ar das UTAN's e manter a limpeza periódica de todas instalações e equipamentos			
5 Manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites mantendo o sistema de renovação de ar em funcionamento durante o período de ocupação			
6 Realizar contrato de manutenção dos painéis solares válido por pelo menos 6 anos.			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perfil qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.

Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	☺☺☺☺ mais de 10000€/ano	☹☹☹☹ mais de 50000€	☹☹☹☹ inferior a 5 anos
	☺☺☺ entre 5000€ e 9999€/ano	☹☹☹ entre 10000€ e 49999€	☹☹☹ entre 5 e 10 anos

CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR		I N° CER CE0000040798230	
N° do perfil qualificado: PQ00935	Data de emissão: 01/12/2010	Data de validade: 01/12/2013	
entre 1000€ e 4999€/ano	entre 2000€ e 9999€	entre 10 e 15 anos	
menos de 1000€/ano	menos de 2000€	mais de 15 anos	

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA... **B\***

Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

No cálculo das medidas propostas foram utilizados os preços médios da energia eléctrica de 0,122 €/kWh e considerados os perfis de consumos reais encontrados na Auditoria Energética. As medidas propostas destinam-se à redução dos consumos energéticos, através de alteração dos dispositivos de iluminação, da alteração do regime de funcionamento de um equipamento de climatização. Recomenda-se ainda a formalização de um contrato de manutenção dos coletores solares térmicos instalados de forma a melhorar a classe energética. O impacto global da medida de iluminação na classe energética foi determinado por simulação dinâmica em condições nominais. Os valores de referência indicados para o investimento incluem apenas materiais, uma vez que a substituição das lâmpadas pode ser feita pelos técnicos da manutenção. Foram ainda recomendadas medidas de melhoria da gestão de consumos e da QAI.

## 5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

PAREDES	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
	da solução	máximo regulamentar
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)		
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total superior a 0,35 m.	0,96	1,8
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total de 0,30 m.	1,1	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (garagem) com uma espessura total de 30 cm de constituição desconhecida, revestimento interior em reboco.	1	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (armazéns) com uma espessura total de 15 cm. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2 cm.	1,78	1,8
COBERTURAS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de cobertura para o cálculo foi considerada uma cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso	1,84	1,25
PAVIMENTOS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com o exterior, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	3,1	1,25
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com zonas não úteis, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	2,21	1,25
PONTES TÉRMICAS PLANAS	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Não aplicável		
6. VÃOS ENVIDRAÇADOS	Factor solar	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	da solução	máximo regulamentar
• Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C).	0,55	0,56

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade supervisor



Direcção Geral de Energia e Geologia



AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE  
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

30



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000040798230

N° do peito qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

* Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,55	
* Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,56
* Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C)	0,34	
* Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,34.	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,34	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,29	0,56
* Vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,29	0,56
* Vão simples inserido na fachada Oeste, sem caixilharia, giratória sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor não especificado, sem protecção solar. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 5,6 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,85	0,56
* Clarabóia inserido na cobertura da sala de espera do posto medico, com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,75.	0,75	0,56

\*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

## 7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento

18421

kgpe/ano

Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento

25188

kgpe/ano

Nota: os consumos anuais nominais para aquecimento e arrefecimento devem ser afectados dos respectivos factores de correcção climática.

### SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* O sistema centralizado de climatização é constituído por 3 chillers/bomba de calor (potência unitária de aquecimento de 116 kW, COP de 2,63, e potência de arrefecimento de 106 kW, EER de 2,48), que climatizam o edifício através dos 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, a 4 tubos, e de 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's). Os chillers/bomba de calor estão localizados na cobertura do edifício. Cada unidade apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais, em todos os casos. Como sistemas individuais existem 4 unidades de expansão directa do tipo split, localizados na sala da gestão técnica centralizada, na casa das máquinas dos elevadores e na sala dos bastidores. A alimentação eléctrica das bombas de calor e das UTAN's é feita através do Q. Geral AVAC e do Q.AC Piso 3.

### SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIJO)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* A distribuição da energia térmica é feita através de rede hidráulica a quatro tubos. As bombas de distribuição de água fria e água quente são do tipo "in-line" equipadas com motor eléctrico de rotor seco com variador de frequência. O desacoplamento hidráulico é feito por colectores. As condutas de insuflação da rede aeróbica, provenientes das unidades de tratamento de ar são construídas em chapa de aço galvanizado.

### SUBSISTEMA DE EMISSÃO/DIFUSÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIJO) NOS ESPAÇOS TRATADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* Sistema de emissão/difusão de energia térmica composto por 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, a 4 tubos. A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pelas unidades de tratamento de ar, UTAN's e pelos ventiladores de duplo fluxo VFC. Estas unidades estão nas coberturas do edifício, no piso 3 e no piso 7, excepto o VFC 01 que se encontra instalado no tecto falso do hall dos elevadores do piso 5. As UTAN's R.01 e R05 são constituídas pelos seguintes módulos, no sentido de insuflação de ar: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, recuperador de calor do tipo Roda Térmica, filtro de sacos de classe F7, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador

Entidade gestora



Entidade supervisor



40



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR | N.º CER CE0000040798230

N.º do peito qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

de insuflação, atenuador de som e filtro de sacos. No sentido da extracção: filtro de ar plano de classe G3, atenuador de som, ventilador de extracção, roda térmica e secção de extracção. Ambos os ventiladores de insuflação e de extracção têm motor de transmissão por correias. Os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros.  
A UTAN G3 faz apenas insuflação de ar novo e é constituída pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação com transmissão por correia, atenuador de som e filtro de ar de sacos.  
Os ventiladores de duplo fluxo cruzado com recuperação de calor têm estrutura e painéis em aço zincado e são equipados com um permutador de placas de alumínio em caixa e um filtro G4. Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no tecto falso de cada piso. Tal como para a insuflação, as grelhas de extracção estão localizadas no tecto falso dos pisos.

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

**Proposta 1** O regime de funcionamento da UTAN R.01 é controlado pelo Sistema de Gestão Técnica. Verificou-se que o horário definido para este equipamento era das 7h10 às 20h, de segunda-feira a Domingo. Tendo em vista a redução dos consumos de energia e uma vez que este edifício tem ocupação apenas nos dias de semana recomenda-se a alteração do horário de funcionamento desta UTAN para o regime de Segunda a Sexta. A poupança anual expectável com esta alteração é cerca de 10.400kWh/ano, o que corresponde a 1.300 €/ano.

#### OUTRAS CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO (DETERMINANTES NA ECONOMIA DE ENERGIA, CONFORTO E QUALIDADE DO AR INTERIOR)

##### Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

- Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, do sistema de climatização centralizado existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT) onde é feito o seguinte controlo:
- Valores de temperatura da água nos circuitos de água fria e quente à entrada e saída dos colectores de água fria/quente;
- Estado de funcionamento dos chillers, e das bombas de circuito secundário;
- Contadores de entalpia nos chillers e nas UTAN's, que dão indicação do caudal dos vários circuitos de água, temperatura de ida e retorno dos mesmos, e energia consumida;
- Set point de temperatura da água de ida e de retorno aos chillers no Inverno e Verão.
- Horário de funcionamento das UTAN's, dos VFC's, dos ventiloconvectores e dos ventiladores de extracção;
- Valor da temperatura ambiente exterior, da temperatura de ar insuflado e de ar extraído por cada UTAN;
- Set point de temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
- Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias das unidades de tratamento de ar;
- Visualização do estado de funcionamento dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, dos ventiladores de fluxo cruzado e dos ventiladores de extracção;
- Visualização da localização dos principais equipamentos de climatização e dos quadros eléctricos de AVAC, em cada piso. No SGT é possível ainda visualizar mensagem de erros, com indicação das anomalias ocorridas.

## 8. ILUMINAÇÃO (INTERIOR E EXTERIOR)

Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício ou fracção autónoma

30625 kgep/ano

##### Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

- O tipo de iluminação existente é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e lâmpadas fluorescentes compactas com balastos electrónicos.
- Ao todo existem 398 lâmpadas T5 de 14W, em armaduras simples, duplas, triplas e quádruplas; 801 lâmpadas T5 de 28W, em armaduras simples e duplas; 122 lâmpadas T5 de 49W, em armaduras simples e duplas; 64 lâmpadas fluorescentes compactas de 11W, em armaduras simples e duplas; 4 lâmpadas fluorescentes compactas de 7W, em armaduras simples. A potência total instalada em iluminação interior é de 40,77 kW. Toda a iluminação é comandada manualmente, sendo que o horário de funcionamento da iluminação corresponde ao período em que se verifica actividade nos escritórios, incluindo os serviços de limpeza, o que corresponde ao período compreendido entre as 7h30 e as 19h30, nos dias da semana. Na clínica o horário de funcionamento da iluminação é das 8h às 20h, de segunda a sexta-feira. O levantamento da iluminação por piso, com indicação de quantidade, potência e localização encontra-se descrito na auditoria energética.
- A iluminação exterior é constituída por 12 armaduras de vapor de sódio de 100W e 10 armaduras simples de fluorescentes compactas de 11W. A potência total em iluminação exterior é 1,55 kW. A iluminação exterior é comandada através de um controlador horário programável.

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

**Proposta 2** A iluminação deste edifício é constituída essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares com balastro electrónico. Recomenda-se a substituição das lâmpadas TL5 de 28W e 49W e TL-D de 16W pela nova gama de lâmpadas fluorescentes, nomeadamente, Master TL5 Eco 25W e 45W e Master TL-D Eco de 16W. Esta nova gama permite diminuir a potência da lâmpada mantendo o fluxo luminoso, com uma mera substituição da lâmpada, sem ser necessário substituir a luminária. A redução de consumo em iluminação associada à substituição das lâmpadas avalia-se em 8,9 MWh/ano, o que corresponde a 1084€/ano. Utilizando o programa de simulação dinâmica concluiu-se que a redução da potência em iluminação irá implicar um ligeiro aumento do consumo de climatização na Estação de aquecimento mas, no entanto, uma diminuição mais acentuada do consumo de climatização na Estação de arrefecimento. A poupança global incluindo, a diminuição do consumo em iluminação, a diminuição do consumo de climatização no Verão e o aumento do consumo de climatização no Inverno será cerca de 12,7 MWh/ano, o que corresponde a uma diminuição de 1.500€/ano na factura de energia. O investimento inicial para a substituição das lâmpadas estima-se em cerca de 11.090 €. O investimento adicional correspondente é cerca de 2.000 €. O período de retorno simples, determinado de acordo com a fórmula do Anexo XIII do Decreto-Lei 79/2006, de 4 de Abril, é de 1,3 anos.

## 9. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

#### SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)

Entidade gestora



Entidade supervisor





CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000040798230

N° do perfil qualificado: PQ00935

Data de emissão: 01/12/2010

Data de validade: 01/12/2013

Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de Águas Quentes Sanitárias 2432 kgeplano

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

\* Na cantina existe um termoacumulador eléctrico com 50 litros e 1,7 kW. O sistema de produção de água quente sanitária dos balneários é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada associado a um depósito de acumulação com 500l de capacidade, que tem como sistema de apoio uma resistência eléctrica, de potência desconhecida. O depósito está localizado no exterior e instalado na posição vertical.

## 10. OUTROS CONSUMOS (INCLUINDO EQUIPAMENTOS)

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)	Consumo nominal estimado de energia primária
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Os equipamentos consumidores de energia existentes são os seguintes:</li> <li>- 2 elevadores nos escritórios (7,4 kW cada) e 1 elevador na cozinha;</li> <li>- 117 computadores, 3 digitalizadores, 2 equipamentos de fax, 7 fotocopiadoras, 52 impressoras, 4 projectores e 3 televisores.</li> <li>- 4 máquinas de água, 1 microondas, 1 moinho de café, 1 frigorífico, 1 aquário (50 W), 1 caixa multibanco;</li> <li>- na cozinha: 1 microondas (0,66 kW), 1 moinho de café, 4 frigoríficos, 1 fogão (19 kW), 1 forno (2,5 kW), 1 arca frigorífica, 1 fritadeira, 1 batedeira (1,5 kW), 1 batedeira (0,25 kW), 1 máquina de lavar a loiça e 1 máquina de cortar fiambre;</li> <li>- no bar: 1 máquina de café (3 kW), 1 moinho de café, 1 torradeira (2,5 kW), 1 máquina de lavar loiça (2,2 kW);</li> <li>- na cobertura: 1 ventilador de extracção das instalações sanitárias (0,55 kW).</li> </ul> <p>O levantamento dos equipamentos com indicação de quantidade, potência unitária e localização encontra-se descrito na auditoria energética.</p>	63548 kgeplano
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Iluminação exterior, constituída por 12 armaduras de vapor de sódio de 100W e 10 armaduras simples de fluorescentes compactas de 11W, com 1,55 kW e iluminação do estacionamento coberto e dos armazéns (áreas não úteis), constituída por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e T8 e uma fluorescente compacta, com 1,32 kW.</li> </ul>	2432 kgeplano

## 11. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)</p> <p>* O sistema de produção de água quente sanitária dos balneários é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada composto por 4 colectores solares planos perfazendo uma área total de 9,1 m<sup>2</sup>, instalados na cobertura plana, com azimute Sul e inclinação de 33°, não existindo obstruções assinaláveis do horizonte. O depósito de acumulação está isolado termicamente, possui 500l de capacidade, tem permutador de calor em serpentina, está localizado no exterior e instalado na posição vertical. Os colectores solares têm certificação "Solar Keymark".</p>	3708 kWh/ano

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 6 Embora os colectores solares existentes tenham sido instalados por um instalador credenciado pela DGEG e os próprios colectores disponham de certificação "Solar Keymark", no cálculo da classe energética não foi possível incluir a contribuição dos colectores solares, uma vez que estes foram instalados após a entrada em vigor do regulamento e não existe um contrato de manutenção válido por, pelo menos, seis anos. Desta forma recomenda-se a formalização do referido contrato de manutenção de forma a melhorar a classe energética do edifício. Como calculado anteriormente a contribuição dos painéis solares é de 3708 kWh/ano, o que corresponde a uma diminuição do consumo do sistema de apoio (resistência eléctrica) de 5297 kWh/ano.

OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)</p> <p>* Neste edifício existe ainda a microprodução de energia eléctrica por painéis fotovoltaicos para consumo interno. O sistema foi instalado ao abrigo de programas comunitários de demonstração. O projecto decorreu entre 1992 e 1996, tendo entrado em actividade provavelmente em 1995, o que significa que estes painéis têm cerca de 15 anos. O sistema solar é composto por 212 painéis fotovoltaicos perfazendo uma área total de 106 m<sup>2</sup>, instalados na cobertura plana do 3.º piso, com azimute Sul e sem obstruções assinaláveis do horizonte. As características dos painéis não são conhecidas apenas é do conhecimento da EDP que a potência eléctrica instalada seria de 10kW e que estão directamente ligados à rede do edifício através de um inversor e de um transformador.</p>	10117 kWh/ano

## 12. CAUDAIS DE AR NOVO POR ESPAÇO

Descrição do espaço	Caudal de ar novo	
	da solução	mínimo regulamentar



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000040798230

N° do ponto qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

• Não aplicável

### 13. CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS POLUENTES NO AR INTERIOR (MEDIDOS EM AUDITORIA)

Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data da auditoria
	29/11/2010

• Para as medições da QAI, as zonas do edifício foram seleccionadas tendo em conta a actividade desenvolvida em cada espaço. Desta forma, para este estudo foram consideradas consideradas 7 zonas distintas: recepção, posto médico, gabinetes, open space, bar, refeitório e salas de reunião/formação, tendo sido realizadas medições em 15 pontos no interior do edifício. Foi ainda avaliado um ponto no exterior para efeitos de comparação com os valores encontrados no interior. Não foram realizadas análises ao Radão pois Setúbal não é um dos distritos em que a pesquisa deste parâmetro seja obrigatória. Relativamente à pesquisa de Legionella, de forma a garantir a representatividade dos terminais de amostragem, foram seleccionados 3 pontos de colheita: um na válvula de descarga do depósito acumulador de AQS dos balneários e 1 num chuveiro dos balneários femininos e outro num chuveiro dos balneários masculinos. Face aos resultados apresentados e tendo em consideração a legislação de referência verificou-se que, para todos os pontos de medição, as concentrações encontram-se inferiores à respectiva concentração máxima de referência (CMR).

Foi feita a avaliação visual das respectivas condições estruturais e higiénicas de todos os equipamentos acessíveis do sistema de climatização. Da inspeção conclui-se que os equipamentos acessíveis encontram-se em bom estado de limpeza e conservação. Especificamente, no que concerne às unidades de tratamento de ar e aos ventiladores de fluxos cruzados, foi possível realizar a inspeção aos respectivos filtros e restantes componentes das unidades. De uma forma geral, os filtros inspeccionados são substituídos de acordo com o plano de manutenção estabelecido encontrando-se, no entanto, já com algum grau de sujidade tendo sido sugerida a substituição dos mesmos. O relatório da auditoria da QAI que evidencia todos os aspectos foi entregue ao promotor.

Valores verificados em auditoria para os principais parâmetros e poluentes	Concentração medida	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 microns (PM10)	0,06 mg/m <sup>3</sup>	0,15 mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Carbono	1313 mg/m <sup>3</sup>	1800 mg/m <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono	1,1 mg/m <sup>3</sup>	12,5 mg/m <sup>3</sup>
Ozono	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Formaldeído	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,1 mg/m <sup>3</sup>
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	0,0000 mg/m <sup>3</sup>	0,8 mg/m <sup>3</sup>
Microrganismos - bactérias	250 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Microrganismos - fungos	483 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Legionella	0,0000 UFC/l	100 UFC/l
Radão	Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 5 De forma a manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites cumprindo com os requisitos de Qualidade do Ar Interior, recomenda-se que os ventiladores de insuflação de ar das UTAN's se mantenham em funcionamento durante todo o período de ocupação dos espaços.

### 14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

Descrição da(s) solução(ões) e/ou estratégia(s) adoptada(s) e elementos relevantes

• Os equipamentos que compõem o sistema de climatização encontram-se em bom estado de conservação e a funcionar correctamente. A manutenção é assegurada por uma empresa credenciada em modo de outsourcing, dispondo de técnico de instalação e manutenção de climatização (TIM III) credenciado que acumula a função de técnico da qualidade de ar interior (TQAI), existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício (unidades interiores, rede de fluido refrigerante, unidades de tratamento de ar, chillers/bomba de calor, splits, ventiladores, quadros eléctricos) preparado pelo técnico responsável pelo funcionamento dos sistemas energéticos de climatização do edifício (TRF). Foram apresentadas evidências de que esta informação se encontra disponível de forma compilada prevista no RSECE, dando cumprimento do previsto no Artigo 19.º do referido regulamento.

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 3 Uma eficaz gestão de energia necessita do conhecimento e controlo dos consumos de energia individualizados por sector. Desta forma recomenda-se, ainda, a instalação de contadores parciais de energia eléctrica nos principais consumidores, nomeadamente os seguintes quadros eléctricos: Q. Geral AVAC, Q.AC Piso 3 e Q. Servidores. As leituras periódicas dos contadores e o seu registo constituem uma ferramenta útil de controlo e conhecimento dos consumos. É expectável com a aplicação desta medida e de acções correctivas dela decorrentes, uma redução nos consumos de energia, uma vez que se poderão detectar algumas anomalias durante o funcionamento normal da instalação.

Proposta 4 As condições de higiene e de manutenção dos sistemas de AVAC são um dos factores fundamentais na garantia de uma boa QAI

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades cooperadoras



Direcção Geral de Energia e Geologia

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE  
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

7/0



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000040798230

N° do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

nos espaços que esses sistemas servem, pelo que se recomenda a verificação do estado de contaminação, odores e de conservação dos filtros das UTAN's e restantes componentes, com a periodicidade estabelecida no plano de manutenção, e a antecipada substituição dos filtros de ar caso seja necessário. Adicionalmente recomenda-se manter a limpeza periódica de todas instalações e equipamentos com especial incidência nos locais com ocupação permanente.

## 15. TÉCNICOS RESPONSÁVEIS

### TÉCNICO RESPONSÁVEL PELO FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DE CLIMATIZAÇÃO E PELA QAI

Nome do técnico Mário Alberto Mano Gomes

Ordem ou Associação Profissional Anet

N° de membro 08028

### TÉCNICO DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

Nome do técnico Manuel José da Silva Bangueses

Empresa Sotecnica - Sociedade Electrotécnica, S.A.

N° de alvará 55  
IMOPPI / InCI

### TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR

Nome do técnico Manuel José da Silva Bangueses

Empresa Sotecnica - Sociedade Electrotécnica, S.A.

N° de alvará 55  
IMOPPI / InCI

## 16. INPECÇÕES PERIÓDICAS A CALDEIRAS, SISTEMAS DE AQUECIMENTO E EQUIP. DE AR CONDICIONADO

### CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

### SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

### EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

## OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

O presente Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior refere-se a um imóvel Existente no âmbito do Sistema de Certificação Energética.

O valor total de área apresentado corresponde ao somatório de 3575,71

m2 de área útil e 465,59 m2 de espaços complementares (armazéns e estacionamento).

Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica ( $U_{max}$ ) indicados, para a envolvente opaca são apenas aplicáveis a novos edifícios, devendo, no entanto, ser tomados como referência para efeitos de identificação de oportunidades de melhoria.

Para a determinação dos coeficientes de transmissão térmica das paredes de alvenaria, das coberturas e dos pavimentos foi adoptada a simplificação da NT-SCE-01.

Para determinação do nível de infiltrações foi utilizada a metodologia apresentada no D.L. 80/2006.

Os consumos de energia de aquecimento determinados por simulação dinâmica foram agravados em 5%, por não terem sido contabilizadas as perdas pelas pontes térmicas lineares, seguindo o recomendado pela Pergunta & Resposta n.º D5 do RSECE – Energia (versão 1.2), de Novembro 2008.

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica ( $U$ ) das paredes foram majorados em 35%, de acordo com as regras de simplificação da NT-SCE-01, de forma a serem contempladas as pontes térmicas planas.

Utilizaram-se os valores de referência da NT-SCE-01 para a determinação da eficiência dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias.

A metodologia de verificação do cumprimento dos requisitos da QAI foi a definida na Nota Técnica NT-SCE-02 de Março de 2009, publicada pela ADENE, cumprindo-se com os requisitos do cálculo do número de pontos, tipo e características dos equipamentos utilizados nas medições e o período de amostragem.

A documentação entregue pelo promotor foi a seguinte:

- Cópia da caderneta predial;

Entidade gestora



Entidade supervisor





CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000040798230

N° do ponto qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

- Cópia do registo na conservatória predial;
- Plantas de arquitectura;
- Alguns elementos do projecto de AVAC;

Não foi possível obter alçados.

Por falta de melhor informação considerou-se o ano de inscrição na matriz, como o ano de construção do edifício.

No cálculo da classe energética não foi possível incluir a contribuição dos colectores solares, uma vez que estes foram instalados após a entrada em vigor do regulamento e não existe um contrato de manutenção válido por, pelo menos, seis anos.

Os levantamentos e medições foram efectuados em 27 de Julho, 1 e 2 de Setembro e em 19 de Outubro de 2010. As visitas foram acompanhadas pelo Gestor do Edifício Sr. Noel Camoesas.

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades supervisoras

Direcção Geral  
de Energia e GeologiaAGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE  
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

3/9

## **Anexo C.**

### **C. Atual certificação energética**



N.º CER  
CE0000046169935



## CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

### TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: GRANDE EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

Morada / Localização Estrada dos Ciprestes, 15

Localidade Setúbal Freguesia SETUBAL (SANTA MARIA DA GBAÇA)

Concelho SETUBAL Região Portugal Continental

Data de emissão 30/03/2011 Data de validade 30/03/2014

Nome do perito qualificado Ana Teresa Pinto de Azevedo Costa N.º de PQ PQ00935

Imóvel descrito na 1.ª Conservatória do Registo Predial de Setúbal

sob o n.º 260 Art. matricial n.º 1187 Fogo/Fracção autón. \_\_\_\_\_

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

#### INDICADORES DE DESEMPENHO

Valor do Indicador de Eficiência Energética nominal (IEEnom) calculado por simulação energética  kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética de referência (IEEref) para edifícios novos (limite inferior da classe B)  kgep/m².ano

Valor do Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite da classe A+  kgep/m².ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas ao IEE nominal  toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

#### CLASSE ENERGÉTICA



O indicador de eficiência energética, IEEnom, traduz o consumo nominal específico de um edifício, ou seja, a energia necessária para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob padrões nominais de funcionamento e por unidade de área, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicadores e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores. O valor de referência para este indicador (IEEref) está definido no D.L. 79/2006 de 4 de Abril para edifícios cuja licença ou autorização de construção é posterior a 4 de Julho de 2006, bem como para edifícios já existentes aquela data. Nos casos de edifício ou fracções autónomas com mais de uma tipologia de actividade, o IEEnom e IEEref correspondem a valores ponderados de acordo com as áreas afectadas a cada tipologia. A classificação energética baseia-se no desempenho energético dos sistemas de climatização e de iluminação do edifício ou fracção autónoma, usando como referência os valores limite de IEE para edifícios novos apresentados no Anexo XI do RSECE. A classe energética resulta do enquadramento do valor de IEE nominal numa escala predefinida e aplicável a todos os edifícios de serviços desta tipologia. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B+, B, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B-. Para mais informações sobre a classificação energética de edifícios e sobre este certificado, consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 2. QUALIDADE DO AR INTERIOR (QAI)

O presente imóvel cumpre com os requisitos aplicáveis estabelecidos no D.L. 79/2006 de 4 de Abril relativamente à qualidade do ar interior. Conforme aplicáveis, esses requisitos visam, através da verificação das condições de projecto ou da realização de auditorias periódicas, assegurar que o edifício ou fracção autónoma dispõe de condições adequadas para que as concentrações de poluentes no ar interior sejam inferiores às concentrações máximas de referência, salvaguardando assim a saúde dos seus ocupantes.



### 3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

O edifício encontra-se localizado na zona urbana da cidade de Setúbal, na zona climática 11V2S, implantado à cota de 18 m e uma distância à costa marítima de 0,98 km.

O espaço em estudo, Edifício da EDP sito na Estrada dos Ciprestes, é constituído por 7 pisos acima do solo e 1 abaixo da cota de soleira. No piso 1 localizam-se as entradas do edifício onde se encontra a recepção, assim como um posto médico. Os pisos 1 a 6 encontram-se os escritórios destinados maioritariamente a serviços administrativos e caracterizados por "open space" assim como por alguns gabinetes colectivos e individuais, salas de reunião e salas de formação.

No piso 6, para além das salas de formação e reuniões, existe um bar com serviço de refeições para uso dos funcionários da EDP, assim como um pequeno refeitório usado essencialmente pelos funcionários do piquete.

No piso 7 encontram-se os balneários e a casa das máquinas.

Existe ainda um piso em cave destinado a estacionamento, armazéns e salas técnicas (sala do Quadro Geral de Baixa Tensão, e bombagem da rede de incêndio).

O edifício encontra-se isolado, não sendo confinante com outras edificações. O edifício possui fachadas com orientação Norte, Sul, Este e Oeste. A fachada principal do edifício está orientada a Sul.

Foi considerada a tipologia de escritórios (3299,16 m<sup>2</sup>) e estabelecimento de saúde sem internamento (214,43 m<sup>2</sup>), com inércia média, com os espaços complementares: estacionamento (313,31 m<sup>2</sup>), armazém (152,28 m<sup>2</sup>), e cozinha (62,12 m<sup>2</sup>).

Os espaços não úteis encontrados neste edifício foram os seguintes: armazéns (arquivos localizados no piso 0) e garagem.

Neste edifício existe aproveitamento de energias renováveis, mais especificamente da energia solar. Existe microprodução de energia eléctrica através de um sistema fotovoltaico e um sistema solar térmico para produção de água quente sanitária.

A produção de energia térmica para o sistema centralizado de climatização é feita por três chillers/bombas de calor. A distribuição de água arrefecida/aquecida é feita por um sistema a 4 tubos a 93 ventilosconectores verticais e de conduta e 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's) do tipo 100% ar novo. Em algumas divisões existem sistemas independentes de expansão directa do tipo split.

A iluminação das zonas úteis é, maioritariamente, constituída por lâmpadas fluorescentes, tubulares T5 e compactas, equipadas com balastos electrónicos. A produção de água quente sanitária, AQS, dos balneários é efectuada através de um sistema solar térmico com apoio a termoacumulador eléctrico instalado no exterior. A AQS da cozinha é efectuada por um termoacumulador eléctrico.

Os equipamentos de climatização encontram-se, em geral, em bom estado e em funcionamento.

A manutenção é assegurada por uma empresa habilitada, dispendo de técnicos credenciados, existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício preparado pelo técnico responsável pelos sistemas energéticos de climatização do edifício.

Área útil de pavimento	4041,3 m <sup>2</sup>	Pé-direito médio ponderado	2,6 m	Ano de construção	1990	Consumo Anual Global* (só edif. existentes)	442482 kWh/ano
------------------------	-----------------------	----------------------------	-------	-------------------	------	---	----------------


\* O consumo anual global corresponde à energia final utilizada no edifício, sendo determinado pela análise das faturas energéticas (electricidade e combustíveis), sem correcção climática.

### 4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR




Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (classificadas a negro aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
1 Diminuir o consumo de energia da climatização desligando a UTA R.01 durante o fim-de-semana	🟢🟢		
2 Instalação de contadores parciais de consumo de energia eléctrica e implementação de um sistema de leitura periódica dos mesmos.			
3 Verificação periódica do estado de conservação dos filtros de ar das UTAN's e manter a limpeza periódica de todas instalações e equipamentos			
4 Manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites mantendo o sistema de renovação de ar em funcionamento durante o período de ocupação			
5 Instalação de um sistema free-cooling na sala dos bastidores para substituição dos splits no inverno e no período nocturno durante todo o ano.			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perfil qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.


Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	🟢🟢🟢🟢 mais de 10000€/ano	🟡🟡🟡🟡 mais de 50000€	🔴🔴🔴 inferior a 5 anos
	🟢🟢🟢 entre 5000€ e 9999€/ano	🟡🟡🟡 entre 10000€ e 49999€	🔴🔴🔴 entre 5 e 10 anos
	🟢🟢 entre 1000€ e 4999€/ano	🟡🟡 entre 2000€ e 9999€	🔴🔴 entre 10 e 15 anos

 CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR I N° CER CE0000046168935

N° do peço qualificado: PQ00935 Data de emissão: 30/03/2011 Data de validade: 30/03/2014

 menos de 1000€/ano  menos de 2000€  mais de 15 anos

---

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA...  B

Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

No cálculo das medidas propostas foram utilizados os preços médios da energia eléctrica de 0,122 €/kWh e considerados os perfis de consumos reais encontrados na Auditoria Energética. As medidas propostas destinam-se à redução dos consumos energéticos, através da alteração do regime de funcionamento de um equipamento de climatização e da instalação de um sistema free-cooling na sala dos bastidores. Foram ainda recomendadas medidas de melhoria da gestão de consumos e recomendações de conservação da boa Qualidade do Ar Interior.

## 5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total superior a 0,35 m.	0,96	1,8
• Parede exterior de constituição desconhecida revestida exteriormente a reboco e pelo interior a estuque (posterior a 1960), com espessura total de 0,30 m.	1,1	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (garagem) com uma espessura total de 30 cm de constituição desconhecida, revestimento interior em reboco.	1	1,8
• Parede interior de separação da área útil com compartimentos não úteis (armazéns) com uma espessura total de 15 cm. Para o cálculo foi considerada uma parede de tijolo furado de 11 cm, rebocada em ambas as faces com uma espessura média de 2 cm.	1,78	1,8

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de cobertura para o cálculo foi considerada uma cobertura exterior pesada horizontal com acabamento interior com caixa-de-ar não ventilada com uma espessura expectável de 30 cm e tecto falso	1,84	1,25

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com o exterior, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	3,1	1,25
• Como se desconhece a constituição da laje de pavimento confinante com zonas não úteis, para o cálculo considerou-se laje de pavimento pesada sem qualquer isolamento.	2,21	1,25

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Não aplicável		

## 6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
• Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,56
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m².°C).	0,55	0,56
• Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m².°C).	0,55	
• Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem		



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000046169935

N° do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 30/03/2011

Data de validade 30/03/2014

classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,55.	0,55	0,56
* Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C)	0,34	
* Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,34.	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Norte com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Sul, Este e Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por estore de lâminas metálicas de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,34	0,34	0,56
* Vão simples inserido na fachada Este e Oeste com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,29	0,56
* Vão simples inserido na fachada Oeste com caixilharia metálica giratória, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo colorido + incolor não especificado, com protecção interior constituída por cortina transparente de cor clara. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 4,3 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,29	0,56
* Vão simples inserido na fachada Oeste, sem caixilharia, giratória sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor não especificado, sem protecção solar. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 5,6 W/(m <sup>2</sup> .°C).	0,85	0,56
* Clarabóia inserido na cobertura da sala de espera do posto medico, com caixilharia metálica fixa, sem classificação de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor + incolor não especificado, sem protecção. Coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/(m <sup>2</sup> .°C) e com factor solar de 0,75.	0,75	0,56

\*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

## 7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Consumo nominal estimado de energia primária para aquecimento	16689 kgep/ano	Consumo nominal estimado de energia primária para arrefecimento	24822 kgep/ano
---	----------------	---	----------------

Nota: os consumos anuais nominais para aquecimento e arrefecimento devem ser afectados dos respectivos factores de correcção climática.

### SUBSISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

#### Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* O sistema centralizado de climatização é constituído por 3 chillers/bomba de calor (potência unitária de aquecimento de 116 kW, COP de 2,63, e potência de arrefecimento de 106 kW, EER de 2,46), que climatizam o edifício através dos 93 ventilosconectores verticais e de condutas, a 4 tubos, e de 3 unidades de tratamento de ar (UTAN's). Os chillers/bomba de calor estão localizados na cobertura do edifício. Cada unidade apresenta condensadores arrefecidos a ar, com ventiladores axiais, em todos os casos. Como sistemas individuais existem 4 unidades de expansão directa do tipo split, localizados na sala da gestão técnica centralizada, na casa das máquinas dos elevadores e na sala dos bastidores. A alimentação eléctrica das bombas de calor e das UTAN's é feita através do Q. Geral AVAC e do Q.AC Piso 3.

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 5 A sala dos servidores tem instaladas duas unidades individuais de climatização do tipo split. Dada as características dos equipamentos aí instalados e das cargas térmicas envolvidas, esta sala necessita de arrefecimento constante. De forma a reduzir os consumos energéticos recomenda-se a instalação de um sistema de ventilação que funcione em modo de free-cooling, arrefecendo o ar ambiente apenas por renovação do ar interior. Este sistema pode ser conseguido através da instalação de um ventilador de extracção e de uma admissão de ar do exterior dotada de um módulo de filtragem. O sistema funcionaria sempre que as condições exteriores de temperatura fossem mais favoráveis do que as interiores. A poupança de energia expectável verificar-se-ia durante o período nocturno e nos dias de Inverno. Sempre que necessário, a partir do controlo de temperatura da sala, um dos splits entraria em funcionamento para complementar o sistema de ventilação. A poupança anual prevista seria cerca de 2,7 MWh, ou seja, 330 €/ano.

### SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIO)

#### Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* A distribuição da energia térmica é feita através de rede hidráulica a quatro tubos. As bombas de distribuição de água fria e água quente são do tipo "in-line" equipadas com motor eléctrico de rotor seco com variador de frequência. O desacoplamento hidráulico é feito por colectores. As condutas de insulação da rede aerólica, provenientes das unidades de tratamento de ar são construídas em chapa de aço galvanizado.

Entidade gestora



Entidade supervisor



48



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR | Nº CER CE0000046169935

Nº do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 30/03/2011

Data de validade 30/03/2014

## SUBSISTEMA DE EMISSÃO/DIFUSÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALOR OU FRIJO) NOS ESPAÇOS TRATADOS

## Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* Sistema de emissão/difusão de energia térmica composto por 93 ventiloconvectores verticais e de conduta, e 4 tubos. A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pelas unidades de tratamento de ar, UTAN's e pelos ventiladores de duplo fluxo VFC. Estas unidades estão nas coberturas do edifício, no piso 3 e no piso 7, excepto o VFC 01 que se encontra instalado no tecto falso do hall dos elevadores do piso 5. As UTAN's R.01 e R.05 são constituídas pelos seguintes módulos, no sentido de insuflação de ar: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, recuperador de calor do tipo Roda Térmica, filtro de sacos de classe F7, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação, atenuador de som e filtro de sacos. No sentido da extração: filtro de ar plano de classe G3, atenuador de som, ventilador de extração, roda térmica e secção de extração. Ambos os ventiladores de insuflação e de extração têm motor de transmissão por correias. Os filtros têm sondas de pressão diferencial para ar que permitem verificar o estado de colmatagem dos filtros.

A UTAN 03 faz apenas insuflação de ar novo e é constituída pelos seguintes módulos: secção de admissão de ar, pré-filtro de ar plano de classe G3, bateria de água fria, bateria de água quente, ventilador de insuflação com transmissão por correia, atenuador de som e filtro de ar de sacos.

Os ventiladores de duplo fluxo cruzado com recuperação de calor têm estruturas e painéis em aço zincado e são equipados com um permutador de placas de alumínio em calha e um filtro G4. Nos espaços interiores a insuflação é feita por difusores instalados no tecto falso de cada piso. As grelhas de extração estão localizadas igualmente no tecto falso dos pisos.

## Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 1 O regime de funcionamento da UTAN R.01 é controlado pelo Sistema de Gestão Técnica. Verificou-se que o horário definido para este equipamento era das 7h10 às 20h, de segunda-feira a Domingo. Tendo em vista a redução dos consumos de energia e uma vez que este edifício tem ocupação apenas nos dias de semana recomenda-se a alteração do horário de funcionamento desta UTAN para o regime de Segunda a Sexta. A poupança anual expectável com esta alteração é cerca de 10400kWh/ano, o que corresponde a 1300 €/ano.

## OUTRAS CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO (DETERMINANTES NA ECONOMIA DE ENERGIA, CONFORTO E QUALIDADE DO AR INTERIOR)

## Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, do sistema de climatização centralizado existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT) onde é feito o seguinte controlo:

- \* Valores de temperatura da água nos circuitos de água fria e quente à entrada e saída dos coletores de água fria/quente;
- \* Estado de funcionamento dos chillers, e das bombas de circuito secundário;
- \* Contadores de entalpia nos chillers e nas UTAN's, que dão indicação do caudal dos vários circuitos de água, temperatura de ida e retorno dos mesmos, e energia consumida;
- \* Set point de temperatura da água de ida e de retorno aos chillers no Inverno e Verão.
- \* Horário de funcionamento das UTAN's, dos VFC's, dos ventiloconvectores e dos ventiladores de extração;
- \* Valor da temperatura ambiente exterior, da temperatura de ar insuflado e de ar extraído por cada UTAN;
- \* Set point de temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
- \* Percentagem de abertura das válvulas de água quente e fria das baterias das unidades de tratamento de ar;
- \* Visualização do estado de funcionamento dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, dos ventiladores de fluxo cruzado e dos ventiladores de extração;
- \* Visualização da localização dos principais equipamentos de climatização e dos quadros eléctricos de AVAC, em cada piso.

No SGT é possível ainda visualizar mensagem de erros, com indicação das anomalias ocorridas.

## 8. ILUMINAÇÃO (INTERIOR E EXTERIOR)

Consumo nominal estimado de energia primária para iluminação interior no edifício ou fracção autónoma

29288 kgep/ano

## Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* O tipo de iluminação existente é constituído essencialmente por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e lâmpadas fluorescentes compactas com balastros electrónicos.

Ao todo existem 386 lâmpadas T5 de 14W, em armaduras simples, duplas, triplas e quádruplas; 2 lâmpadas T8 de 16W; 801 lâmpadas T5 de 25W, em armaduras simples e duplas; 145 lâmpadas T5 de 45W, em armaduras simples e duplas; 65 lâmpadas fluorescentes compactas de 11W, em armaduras simples e duplas; 4 lâmpadas fluorescentes compactas de 7W, em armaduras simples. A potência total instalada em iluminação interior é de 37,77 kW. Toda a iluminação é comandada manualmente, sendo que o horário de funcionamento da iluminação corresponde ao período em que se verifica actividade nos escritórios, incluindo os serviços de limpeza, o que corresponde ao período compreendido entre as 7h30 e as 19h30, nos dias da semana. Na clínica o horário de funcionamento da iluminação é das 8h às 20h, de segunda a sexta-feira. O levantamento da iluminação por piso, com indicação de quantidade, potência e localização encontra-se descrito na auditoria energética.

\* A iluminação exterior é constituída por 12 armaduras de vapor de sódio de 100W e 12 armaduras simples de fluorescentes compactas de 11W. A potência total em iluminação exterior é 1,55 kW. A iluminação exterior é comandada através de um controlador horário programável.

## 9. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

## SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)

Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de Águas Quentes Sanitárias

2023 kgep/ano

## Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades supervisoras



5/5



Consumo nominal estimado de energia primária para preparação de Águas Quentes Sanitárias 2432 kgep/ano

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)

\* Na cantina existe um termoacumulador eléctrico com 50 litros e 1,7 kW. O sistema de produção de água quente sanitária dos banheiros é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada associado a um depósito de acumulação com 500l de capacidade, que tem como sistema de apoio uma resistência eléctrica, de potência desconhecida. O depósito está localizado no exterior e instalado na posição vertical.

## 10. OUTROS CONSUMOS (INCLUINDO EQUIPAMENTOS)

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	Consumo nominal estimado de energia primária
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Os equipamentos consumidores de energia existentes são os seguintes:</li> <li>- 2 elevadores nos escritórios (7,4 kW cada) e 1 elevador na cozinha;</li> <li>- 117 computadores, 3 digitalizadores, 2 equipamentos de fax, 7 fotocopiadoras, 52 impressoras, 4 projectores e 3 televisores.</li> <li>- 4 máquinas de água, 1 microondas, 1 moinho de café, 1 frigorífico, 1 aquário (50 W), 1 caixa multibanco;</li> <li>- na cozinha: 1 microondas (0,68 kW), 1 moinho de café, 4 frigoríficos, 1 fogão (19 kW), 1 forno (2,5 kW), 1 arca frigorífica, 1 fritadeira, 1 batedeira (1,5 kW), 1 batedeira (0,25 kW), 1 máquina de lavar a loiça e 1 máquina de cortar fiambre;</li> <li>- no bar: 1 máquina de café (3 kW), 1 moinho de café, 1 torradeira (2,5 kW), 1 máquina de lavar loiça (2,2 kW);</li> <li>- na cobertura: 1 ventilador de extracção das instalações sanitárias (0,55 kW).</li> </ul> <p>O levantamento dos equipamentos com indicação de quantidade, potência unitária e localização encontra-se descrito na auditoria energética.</p>	63548 kgep/ano
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Iluminação exterior, constituída por 12 armaduras de vapor de sódio de 100W e 10 armaduras simples de fluorescentes compactas de 11W, com 1,55 kW e iluminação do estacionamento coberto e dos armazéns (áreas não úteis), constituída por lâmpadas fluorescentes tubulares T5 e T8 e uma fluorescente compacta, com 1,32 kW.</li> </ul>	2432 kgep/ano

## 11. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* O sistema de produção de água quente sanitária dos banheiros é constituído por um sistema solar térmico de circulação forçada composto por 4 colectores solares planos perfazendo uma área total de 9,1 m<sup>2</sup>, instalados na cobertura plana, com azimute Sul e inclinação de 33°, não existindo obstruções assinaláveis do horizonte. O depósito de acumulação está isolado termicamente, possui 500l de capacidade, tem permutador de calor em serpentina, está localizado no exterior e instalado na posição vertical. Os colectores solares têm certificação "Solar Keymark".</li> </ul>	3708 kWh/ano

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 6 Embora os colectores solares existentes tenham sido instalados por um instalador credenciado pela DGEG e os próprios colectores disponham de certificação "Solar Keymark", no cálculo da classe energética não foi possível incluir a contribuição dos colectores solares, uma vez que estes foram instalados após a entrada em vigor do regulamento e não existe um contrato de manutenção válido por, pelo menos, seis anos. Desta forma recomenda-se a formalização do referido contrato de manutenção de forma a melhorar a classe energética do edifício. Como calculado anteriormente a contribuição dos painéis solares é de 3708 kWh/ano, o que corresponde a uma diminuição do consumo do sistema de apoio (resistência eléctrica) de 5297 kWh/ano.

OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Neste edifício existe ainda a microprodução de energia eléctrica por painéis fotovoltaicos para consumo interno. O sistema foi instalado ao abrigo de programas comunitários de demonstração. O projecto decorreu entre 1992 e 1996, tendo entrado em actividade provavelmente em 1995, o que significa que estes painéis têm cerca de 15 anos.</li> <li>O sistema solar é composto por 212 painéis fotovoltaicos perfazendo uma área total de 106 m<sup>2</sup>, instalados na cobertura plana do 3.º piso, com azimute Sul e sem obstruções assinaláveis do horizonte. As características dos painéis não são conhecidas apenas é do conhecimento da EDP que a potência eléctrica instalada seria de 10kW e que estão directamente ligados à rede do edifício através de um inversor e de um transformador.</li> </ul>	10117 kWh/ano

## 12. CAUDAIS DE AR NOVO POR ESPAÇO

Descrição do espaço	Caudal de ar novo
	da solução   mínimo regulamentar

Entidade gestora



Entidade supervisor



05



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR | N.º CER CE0000040798230

N.º do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 01/12/2010

Data de validade 01/12/2013

• Não aplicável

### 13. CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS POLUENTES NO AR INTERIOR (MEDIDOS EM AUDITORIA)

Descrição sucinta da metodologia utilizada, observações, resultados e conclusões	Data da auditoria
<p>Para as medições da QAI, as zonas do edifício foram seleccionadas tendo em conta a actividade desenvolvida em cada espaço. Desta forma, para este estudo foram consideradas consideradas 7 zonas distintas: recepção, posto médico, gabinetes, open space, bar, refeitório e salas de reunião/formação, tendo sido realizadas medições em 15 pontos no interior do edifício. Foi ainda avaliado um ponto no exterior para efeitos de comparação com os valores encontrados no interior. Não foram realizadas análises ao Radão pois Setúbal não é um dos distritos em que a pesquisa deste parâmetro seja obrigatória. Relativamente à pesquisa de Legionella, de forma a garantir a representatividade dos terminais de amostragem, foram seleccionados 3 pontos de colheita: um na válvula de descarga do depósito acumulador de AQS dos banheiros e 1 num chuveiro dos banheiros femininos e outro num chuveiro dos banheiros masculinos. Face aos resultados apresentados e tendo em consideração a legislação de referência verificou-se que, para todos os pontos de medição, as concentrações encontram-se inferiores à respectiva concentração máxima de referência (CMR).</p> <p>Foi feita a avaliação visual das respectivas condições estruturais e higiénicas de todos os equipamentos acessíveis do sistema de climatização. Da inspeção conclui-se que os equipamentos acessíveis encontram-se em bom estado de limpeza e conservação. Especificamente, no que concerne às unidades de tratamento de ar e aos ventiladores de fluxos cruzados, foi possível realizar a inspeção aos respectivos filtros e restantes componentes das unidades. De uma forma geral, os filtros inspeccionados são substituídos de acordo com o plano de manutenção estabelecido encontrando-se, no entanto, já com algum grau de sujidade tendo sido sugerida a substituição dos mesmos. O relatório da auditoria da QAI que evidencia todos os aspectos foi entregue ao promotor.</p>	29/11/2010

Valores verificados em auditoria para os principais parâmetros e poluentes	Concentração medida	Concentração máxima de referência
Partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 microns (PM10)	0,06 mg/m <sup>3</sup>	0,15 mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Carbono	1313 mg/m <sup>3</sup>	1800 mg/m <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono	1,1 mg/m <sup>3</sup>	12,5 mg/m <sup>3</sup>
Ozono	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Formaldeído	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,1 mg/m <sup>3</sup>
Compostos Orgânicos Voláteis Totais	0,0000 mg/m <sup>3</sup>	0,6 mg/m <sup>3</sup>
Microrganismos - bactérias	250 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Microrganismos - fungos	483 UFC/m <sup>3</sup>	500 UFC/m <sup>3</sup>
Legionella	0,0000 UFC/l	100 UFC/l
Radão	Bq/m <sup>3</sup>	400 Bq/m <sup>3</sup>

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 5 De forma a manter os níveis de concentração de poluentes abaixo dos limites cumprindo com os requisitos de Qualidade do Ar Interior, recomenda-se que os ventiladores de insuflação de ar das UTAN's se mantenham em funcionamento durante todo o período de ocupação dos espaços.

### 14. CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SISTEMAS ENERGÉTICOS

Descrição da(s) solução(ões) e/ou estratégia(s) adoptada(s) e elementos relevantes

Os equipamentos que compõem o sistema de climatização encontram-se em bom estado de conservação e a funcionar correctamente. A manutenção é assegurada por uma empresa credenciada em modo de outsourcing, dispo de técnico de instalação e manutenção de climatização (TIM III) credenciado que acumula a função de técnico da qualidade de ar interior (TQAI), existindo um plano de manutenção preventiva adequado aos equipamentos e sistemas do edifício (unidades interiores, rede de fluido frigorígeno, unidades de tratamento de ar, chillers/bomba de calor, splits, ventiladores, quadros eléctricos) preparado pelo técnico responsável pelo funcionamento dos sistemas energéticos de climatização do edifício (TRF). Foram apresentadas evidências de que esta informação se encontra disponível de forma compilada prevista no RSECE, dando cumprimento do previsto no Artigo 19.º do referido regulamento.

#### Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 3 Uma eficaz gestão de energia necessita do conhecimento e controlo dos consumos de energia individualizados por sector. Desta forma recomenda-se, ainda, a instalação de contadores parciais de energia eléctrica nos principais consumidores, nomeadamente os seguintes quadros eléctricos: Q. Geral AVAC, Q.AC Piso 3 e Q. Servidores. As leituras periódicas dos contadores e o seu registo constituem uma ferramenta útil de controlo e conhecimento dos consumos. É expectável com a aplicação desta medida e de acções correctivas dela decorrentes, uma redução nos consumos de energia, uma vez que se poderão detectar algumas anomalias durante o funcionamento normal da instalação.

Proposta 4 As condições de higiene e de manutenção dos sistemas de AVAC são um dos factores fundamentais na garantia de uma boa QAI

Entidade gestora



Entidades supervisoras



7/0



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

I N° CER CE0000046169935

N° do perfil qualificado PQ00935

Data de emissão 30/03/2011

Data de validade 30/03/2014

Empresa Sotecnica - Sociedade Electrotécnica, S.A.	N° de alvará IMOPPI / InCI	55
--	----------------------------	----

**TÉCNICO DE QUALIDADE DO AR INTERIOR**

Nome do técnico Manuel José da Silva Bangueses

Empresa Sotecnica - Sociedade Electrotécnica, S.A.	N° de alvará IMOPPI / InCI	55
--	----------------------------	----

**16. INPECÇÕES PERIÓDICAS A CALDEIRAS, SISTEMAS DE AQUECIMENTO E EQUIP. DE AR CONDICIONADO****CALDEIRAS**

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

**SISTEMAS DE AQUECIMENTO COM CALDEIRAS**

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

**EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO**

Principais resultados da(s) inspeção(ões) realizada(s)

• Não aplicável

**OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR**

O valor total de área apresentado corresponde ao somatório de 3575,71

m2 de área útil e 465,59 m2 de espaços complementares (armazéns e estacionamento).

Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica ( $U_{max}$ ) indicados, para a envolvente opaca são apenas aplicáveis a novos edifícios, devendo, no entanto, ser tomados como referência para efeitos de identificação de oportunidades de melhoria.

Para a determinação dos coeficientes de transmissão térmica das paredes de alvenaria, das coberturas e dos pavimentos foi adoptada a simplificação da NT-SCE-01.

Para determinação do nível de infiltrações foi utilizada a metodologia apresentada no D.L. 80/2006.

Os consumos de energia de aquecimento determinados por simulação dinâmica foram agravados em 5%, por não terem sido contabilizadas as perdas pelas pontes térmicas lineares, seguindo o recomendado pela Pergunta & Resposta n.º D5 do RSECE – Energia (versão 1.2), de Novembro 2006.

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U) das paredes foram majorados em 35%, de acordo com as regras de simplificação da NT-SCE-01, de forma a serem contempladas as pontes térmicas planas.

Utilizaram-se os valores de referência da NT-SCE-01 para a determinação da eficiência dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias. A metodologia de verificação do cumprimento dos requisitos da QAI foi a definida na Nota Técnica NT-SCE-02 de Março de 2009, publicada pela ADENE, cumprindo-se com os requisitos do cálculo do número de pontos, tipo e características dos equipamentos utilizados nas medições e o período de amostragem.

A documentação entregue pelo promotor foi a seguinte:

- Cópia da caderneta predial;
- Cópia do registo na conservatória predial;
- Plantas de arquitectura;
- Alguns elementos do projecto de AVAC;

Não foi possível obter alçapados.

Por falta de melhor informação considerou-se o ano de inscrição na matriz, como o ano de construção do edifício.

Os levantamentos e medições foram efectuados em 27 de Julho, 1 e 2 de Setembro e em 19 de Outubro de 2010. As vistas foram acompanhadas pelo Gestor do Edifício Sr. Noel Camoesas.



## **Anexo D.**

### **D. Esquema de pisos no *DesignBuilder***

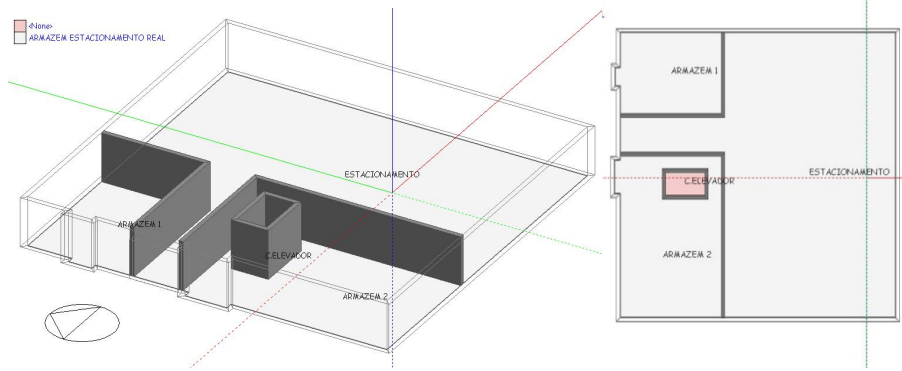


Figura D. 1 | Piso -1

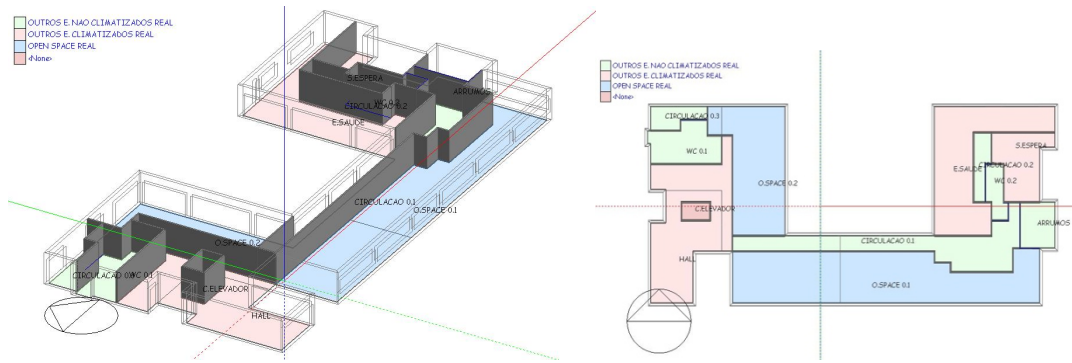


Figura D. 2 | Piso 0

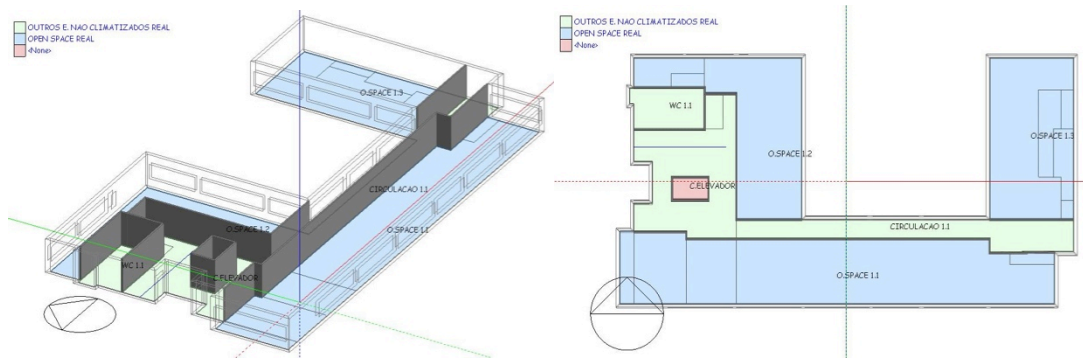


Figura D. 3 | Piso 1

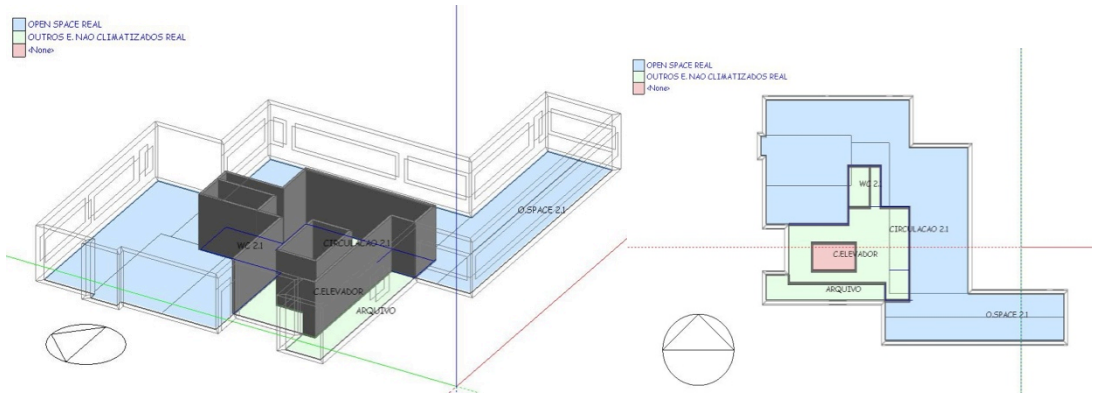


Figura D. 3 | Piso 2

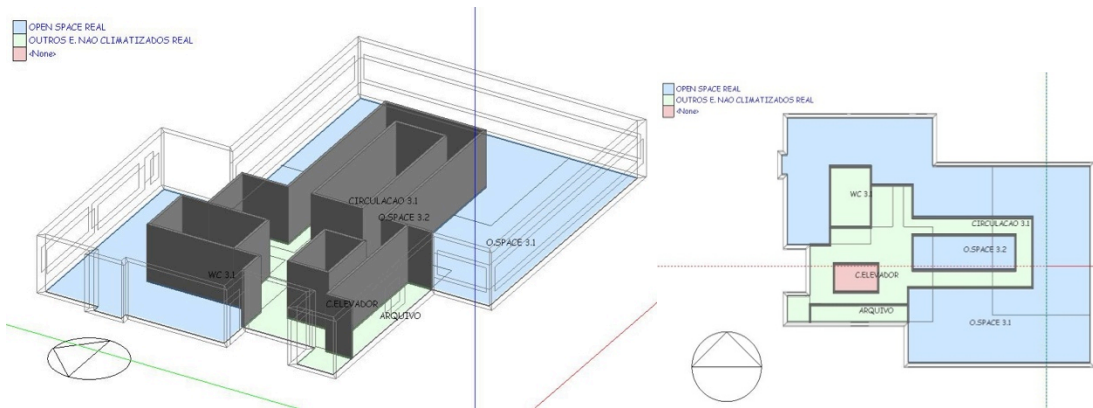


Figura D. 4 | Piso 3

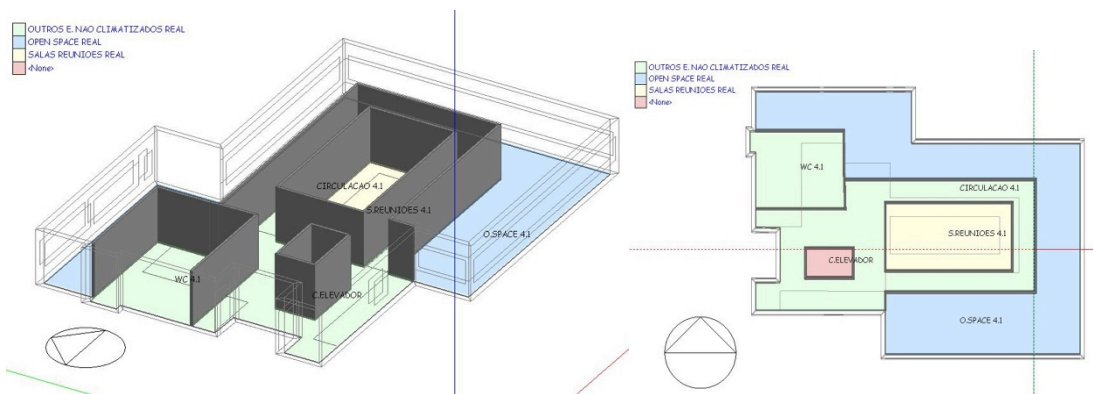


Figura D. 5 | Piso 4

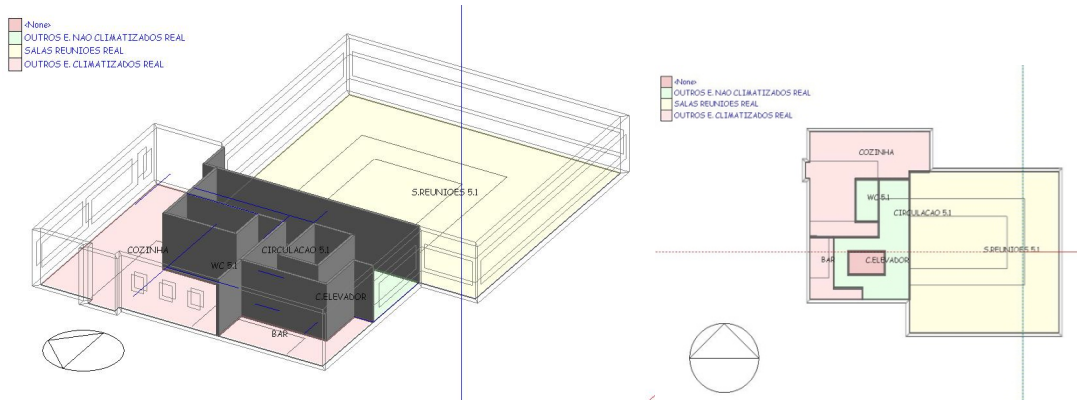


Figura D. 6 | Piso 5

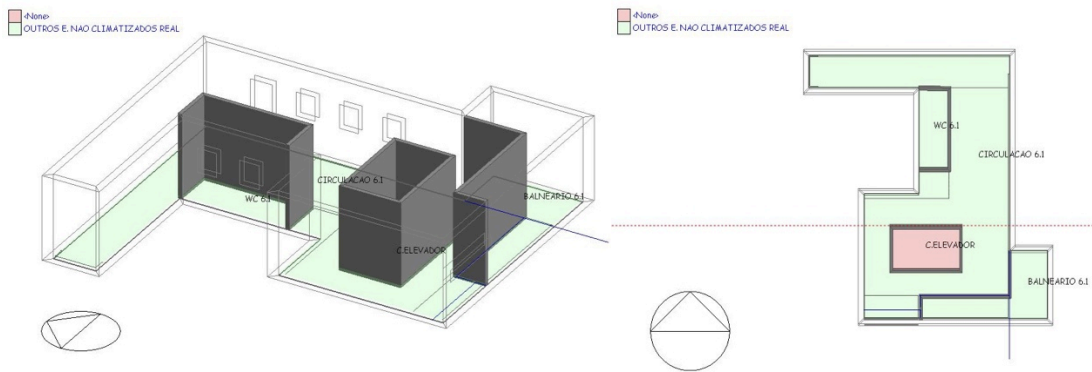


Figura D. 7 | Piso 6

## **Anexo E.**

### **E. Soluções adotadas**

Nota: As soluções adotadas estão em formato digital (CD).



## **Anexo F.**

### **F. Quadros com os valores de cálculo da modelação no programa DesignBuilder**

**Perfis estáticos da simulação nominal:**Estacionamento

	Densidade (W/m <sup>2</sup> )	Nº horas funcionamento	Área (m <sup>2</sup> )	Energia (kWh)
Iluminação	2,1	2730	632,2	3 604
Equipamento	0	2730	632,2	0
Ventilação	8	2730	632,2	13 807
<b>TOTAL:</b>				<b>17 411</b>

**Cálculo do Consumo Nominal e do IEE Nominal para a tipologia de Estacionamentos, 10 horas/dia, segunda a sexta**

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Iluminação Interior	3 604	0,290	1,000	1,000	1 045	7,99
Equipamentos Eléctricos		0,290	1,000	1,000	0	
Ventilação	13 807	0,290	1,000	1,000	4 004	
Arrefecimento		0,290	0,500	1,000	0	
Aquecimento		0,290	0,853	1,050	0	
Bombas Arrefecimento		0,290	0,500	1,000	0	
Bombas Aquecimento		0,290	0,853	1,050	0	
Iluminação Exterior		0,290	1,000	1,000	0	
<b>Totais</b>	<b>17 411</b>				<b>5 049</b>	

Cozinha

	Densidade (W/m <sup>2</sup> )	Nº horas funcionamento	Área (m <sup>2</sup> )	Energia (kWh)
Iluminação	5,6	1560	112,8	984
Equipamento	250	1560	112,8	43 992
Ventilação	8	1560	112,8	1 408
<b>TOTAL:</b>				<b>46 384</b>

**Cálculo do Consumo Nominal e do IEE Nominal para a tipologia de Cozinha, 6 horas/dia, segunda a sexta**

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Iluminação Interior	984	0,290	1,00	1,00	285	119,25
Equipamentos Eléctricos	43 992	0,290	1,00	1,00	12 758	
Ventilação	1 408	0,290	1,00	1,00	408	
Arrefecimento		0,290	0,50	1,00	0	
Aquecimento		0,290	0,85	1,05	0	
Bombas Arrefecimento		0,290	0,50	1,00	0	
Bombas Aquecimento		0,290	0,85	1,05	0	
Iluminação Exterior		0,290	1,00	1,00	0	
<b>Totais</b>	<b>46 384</b>				<b>13 451</b>	

Iluminação Exterior

	Potência (kW)	Nº horas funcionamento	Energia (kWh)
Iluminação	1,55	5400	8 370

**Perfil variável da simulação nominal:**Escritórios**Cálculo do Consumo Nominal e do IEE Nominal para a tipologia de Escritórios**

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Iluminação Interior	101 026	0,290	1,00	1,00	29 297	35,65
Equipamentos Eléctricos	174 121	0,290	1,00	1,00	50 495	
Ventilação	66 976	0,290	1,00	1,00	19 423	
Arrefecimento	75 935	0,290	0,50	1,00	11 011	
Aquecimento	11 424	0,290	0,85	1,05	2 966	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,50	1,00	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,85	1,05	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,00	1,00	2 427	
<b>Totais</b>	<b>466 014</b>				<b>120 987</b>	

**Cálculo do consumo Nominal Global e do IEE Nominal Global**

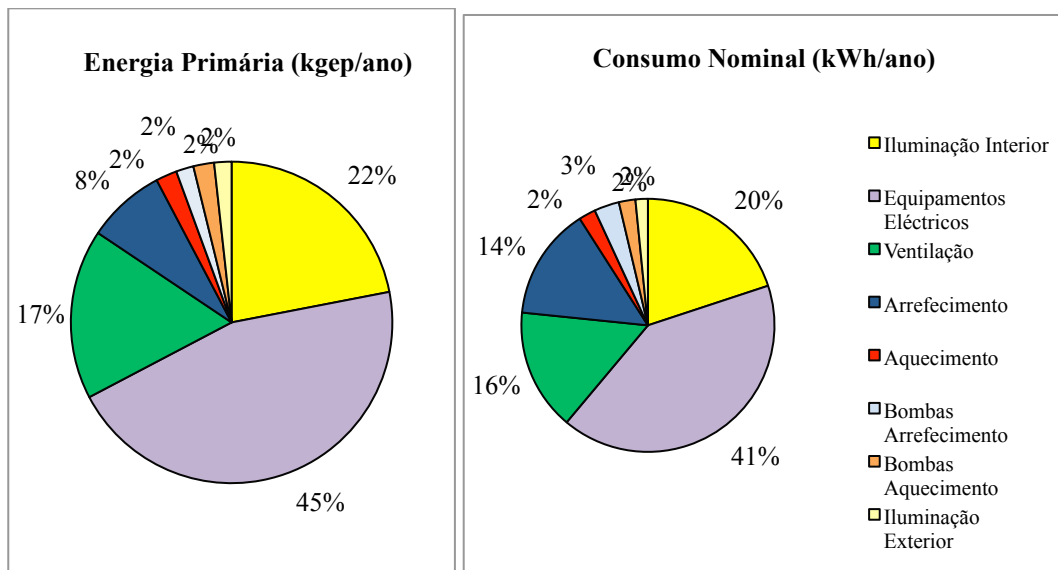
Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Iluminação Interior	105 614	0,290	1,000	1,000	30 628	33,70
Equipamentos Eléctricos	218 113	0,290	1,000	1,000	63 253	
Ventilação	82 191	0,290	1,000	1,000	23 835	
Arrefecimento	75 935	0,290	0,500	1,000	11 011	
Aquecimento	11 424	0,290	0,853	1,050	2 966	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>529 808</b>				<b>139 488</b>	

**Cálculo do IEE Referência**

Zona ou Tipologia	Ap Total (m <sup>2</sup> )	IEE Referência (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Parâmetro S
Escritórios	3 394	35,00	15
Cozinha	113	121,00	5
Estacionamento	632	12,00	4
<b>Totais</b>	<b>4 139</b>	<b>33,83</b>	<b>13</b>

## IEE de referência e IEE nominal

IEE de referência: IEEref= 33,83 kgep/(m<sup>2</sup>.ano)  
 IEE Nominal: IEEnom= **33,70** kgep/(m<sup>2</sup>.ano)



## VENTILAÇÃO NATURAL - MEDIDA 1

## Modelo Real

Simulação Anual Energia Final Consumida		Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior	kWh	11 085	10 059	11 451	10 255	11 451	10 987	10 719	11 451	10 621	11 085	10 987	10 719	130 870
Equipamentos	kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação	kWh	5 399	4 908	5 645	3 296	4 317	4 250	4 254	4 745	4 139	5 399	5 399	5 154	56 905
Arrefecimento	kWh	67	114	475	1 140	3 474	6 922	11 224	15 312	9 208	3 970	962	72	52 940
Aquecimento	kWh	7 968	5 491	4 705	2 004	997	253	142	145	270	1 039	3 585	6 439	33 038
Bombas Água Fria	kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente	kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior	kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
<b>Total kWh</b>														<b>416 467</b>

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real Calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	<b>437 072</b>
Medida 4 (sensor ilumina)	36 707	31 533	34 523	28 108	32 594	34 266	38 253	43 900	35 926	33 681	32 679	34 298	<b>416 467</b>
Varição (%)	0%	0%	0%	-8%	-9%	-10%	-12%	-5%	-8%	0%	0%	0%	<b>-5%</b>

Consumidor		Ano
Iluminação Interior	kWh	130 870
Equipamentos	kWh	100 974
Ventilação	kWh	56 905
Arrefecimento	kWh	52 940
Aquecimento	kWh	33 038
Bombas Água Fria	kWh	16 965
Bombas Água Quente	kWh	11 197
Iluminação Exterior	kWh	13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh</b>	<b>416 467</b>

## Modelo Nominal

## Cálculo do Consumo Nominal Global

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Fatores de Conversão (kgep/kWh)	Fatores de Correção Climática	Fatores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m2.ano)
Iluminação Interior	105 614	0,290	1,000	1,000	30 628	33,15
Equipamentos Eléctricos	218 112	0,290	1,000	1,000	63 252	
Ventilação	79 564	0,290	1,000	1,000	23 074	
Arrefecimento	65 304	0,290	0,500	1,000	9 469	
Aquecimento	11 398	0,290	0,853	1,050	2 960	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>516 524</b>				<b>137 177</b>	

## ENVIDRAÇADO E CAIXILHARIA - MEDIDA2

## Modelo Real

Simulação Anual Energia Final Consumida		Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior	kWh	11 085	10 059	11 451	10 255	11 451	10 987	10 719	11 451	10 621	11 085	10 987	10 719	130 870
Equipamentos	kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação	kWh	5 317	4 834	5 559	4 834	5 559	5 317	5 075	5 559	5 075	5 317	5 317	5 075	62 838
Arrefecimento	kWh	185	303	937	1 780	5 983	9 917	15 155	16 595	11 596	4 588	1 349	234	68 621
Aquecimento	kWh	6 107	4 179	3 465	1 914	814	294	137	149	279	792	2 721	4 951	25 802
Bombas Água Fria	kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente	kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior	kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
<b>Total kWh</b>														<b>430 845</b>

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real Calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	<b>437 072</b>
Medida 2 (vidro+caixilho)	34 882	30 336	33 658	30 195	36 162	38 370	43 000	46 000	39 259	33 970	32 120	32 893	<b>430 845</b>
Erro (%)	-5%	-4%	-3%	-1%	1%	0%	-1%	-1%	0%	1%	-2%	-4%	<b>-1%</b>

Consumidor		Ano
Iluminação Interior	kWh	130 870
Equipamentos	kWh	100 974
Ventilação	kWh	62 838
Arrefecimento	kWh	68 621
Aquecimento	kWh	25 802
Bombas Água Fria	kWh	16 965
Bombas Água Quente	kWh	11 197
Iluminação Exterior	kWh	13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh</b>	<b>430 845</b>

Modelo Nominal:

Cálculo do Consumo Nominal Global

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m2.ano)
Iluminação Interior	105 614	0,290	1,000	1,000	30 628	33,41
Equipamentos Eléctricos	218 112	0,290	1,000	1,000	63 252	
Ventilação	79 447	0,290	1,000	1,000	23 040	
Arrefecimento	78 835	0,290	0,500	1,000	11 431	
Aquecimento	8 160	0,290	0,853	1,050	2 119	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>526 700</b>				138 265	

ESTORES E UPGRADE TERRAÇO - MEDIDA 3

Modelo Real

Simulação Anual Energia Final Consumida		Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior	kWh	11 085	10 059	11 451	10 255	11 451	10 987	10 719	11 451	10 621	11 085	10 987	10 719	130 870
Equipamentos	kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação	kWh	4 232	3 847	4 424	3 847	4 424	4 232	4 040	4 424	4 040	4 232	4 232	4 040	50 013
Arrefecimento	kWh	1	14	180	909	4 019	7 446	12 677	14 003	9 154	2 710	345	1	51 458
Aquecimento	kWh	7 972	5 653	4 770	2 701	1 177	389	176	182	340	1 027	3 672	6 710	34 769
Bombas Água Fria	kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente	kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior	kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
<b>Total kWh</b>													<b>409 823</b>	

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real Calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	437 072
Medida 3 (Estore+Terraç)	35 478	30 534	33 073	29 125	33 425	34 908	39 525	42 307	35 842	31 242	30 982	33 384	409 823
Varição (%)	-3%	-3%	-4%	-4%	-7%	-9%	-9%	-9%	-9%	-7%	-5%	-3%	-6%

Consumidor		Ano
Iluminação Interior	kWh	130 870
Equipamentos	kWh	100 974
Ventilação	kWh	50 013
Arrefecimento	kWh	51 458
Aquecimento	kWh	34 769
Bombas Água Fria	kWh	16 965
Bombas Água Quente	kWh	11 197
Iluminação Exterior	kWh	13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh</b>	<b>409 823</b>

Modelo Nominal:

Cálculo do Consumo Nominal Global

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m2.ano)
Iluminação Interior	105 614	0,290	1,000	1,000	30 628	32,20
Equipamentos Eléctricos	218 112	0,290	1,000	1,000	63 252	
Ventilação	68 707	0,290	1,000	1,000	19 925	
Arrefecimento	60 315	0,290	0,500	1,000	8 746	
Aquecimento	11 175	0,290	0,853	1,050	2 902	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>500 455</b>				133 248	

## SENSOR LUMINOSIDADE - Medida 4

## Modelo Real

Simulação Anual Energia Final Consumida	Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior kWh	8 153	7 217	7 988	6 754	7 331	7 081	6 893	7 337	6 946	7 594	7 984	7 930	89 208
Equipamentos kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação kWh	4 578	4 162	4 787	4 162	4 787	4 578	4 370	4 787	4 370	4 578	4 578	4 370	54 107
Arrefecimento kWh	23	39	237	853	3 990	7 377	11 716	12 908	8 696	2 975	602	21	49 437
Aquecimento kWh	4 897	3 207	2 726	1 501	648	226	99	104	215	561	1 959	3 755	19 898
Bombas Água Fria kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
<b>Total kWh</b>													<b>355 364</b>

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real Calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	437 072
Medida 1	29 839	25 586	27 985	24 683	29 111	31 116	34 992	37 383	31 915	27 896	26 869	27 990	355 364
Erro (%)	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%	-19%	-20%	-19%	-17%	-18%	-18%	-19%

Consumidor	Ano
Iluminação Interior	kWh 89 208
Equipamentos	kWh 100 974
Ventilação	kWh 54 107
Arrefecimento	kWh 49 437
Aquecimento	kWh 19 898
Bombas Água Fria	kWh 16 965
Bombas Água Quente	kWh 11 197
Iluminação Exterior	kWh 13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh 355 364</b>

## Modelo Nominal

## Cálculo do Consumo Nominal Global

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m2.ano)
Iluminação Interior	31 758	0,290	1,000	1,000	9 210	27,67
Equipamentos Eléctricos	218 112	0,290	1,000	1,000	63 252	
Ventilação	74 670	0,290	1,000	1,000	21 654	
Arrefecimento	60 195	0,290	0,500	1,000	8 728	
Aquecimento	14 937	0,290	0,853	1,050	3 879	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>436 204</b>				114 518	

## MEDIDA 1+2+3+4

## Modelo Real

Simulação Anual Energia Final Consumida		Jan 31	Fev 28	Mar 31	Abr 30	Mai 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Out 31	Nov 30	Dez 31	TOTAL
Iluminação Interior	kWh	5 586	4 646	4 788	3 376	3 436	3 383	3 269	3 460	3 438	4 448	5 482	5 687	50 999
Equipamentos	kWh	8 553	7 761	8 828	7 923	8 828	8 472	8 279	8 828	8 198	8 553	8 472	8 279	100 974
Ventilação	kWh	3 785	3 441	3 957	3 241	3 757	3 585	3 413	3 757	3 413	3 785	3 785	3 613	43 532
Arrefecimento	kWh	0	0	10	103	1 002	2 900	8 016	7 216	3 634	967	39	0	23 887
Aquecimento	kWh	7 699	5 558	4 740	1 879	385	322	127	122	326	1 160	3 614	6 445	32 377
Bombas Água Fria	kWh	1 495	1 300	1 365	1 430	1 430	1 365	1 495	1 365	1 430	1 495	1 300	1 495	16 965
Bombas Água Quente	kWh	987	858	901	944	944	901	987	901	944	987	858	987	11 197
Iluminação Exterior	kWh	1 153	1 042	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	1 153	1 116	1 153	1 116	1 153	13 578
													<b>Total kWh</b>	<b>293 509</b>

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Real Calibrado (kWh)	36 707	31 533	34 523	30 453	35 970	38 239	43 300	46 448	39 242	33 681	32 679	34 298	437 072
Medida 4 (sensor ilumina)	29 258	24 606	25 742	20 012	20 935	22 044	26 739	26 802	22 499	22 548	24 666	27 659	293 509
Varição (%)	-20%	-22%	-25%	-34%	-42%	-42%	-38%	-42%	-43%	-33%	-25%	-19%	-33%

Consumidor		Ano
Iluminação Interior	kWh	50 999
Equipamentos	kWh	100 974
Ventilação	kWh	43 532
Arrefecimento	kWh	23 887
Aquecimento	kWh	32 377
Bombas Água Fria	kWh	16 965
Bombas Água Quente	kWh	11 197
Iluminação Exterior	kWh	13 578
<b>TOTAL</b>	<b>kWh</b>	<b>293 509</b>

## Modelo Nominal

Item	Consumo Nominal (kWh/ano)	Factores de Conversão (kgep/kWh)	Factores de Correção Climática	Factores de Correção Pontes Térmicas	Energia Primária (kgep/ano)	IEE (kgep/m2.ano)
Iluminação Interior	29 894	0,290	1,000	1,000	8 669	25,35
Equipamentos Eléctricos	218 112	0,290	1,000	1,000	63 252	
Ventilação	58 235	0,290	1,000	1,000	16 888	
Arrefecimento	38 450	0,290	0,500	1,000	5 575	
Aquecimento	10 489	0,290	0,853	1,050	2 724	
Bombas Arrefecimento	16 965	0,290	0,500	1,000	2 460	
Bombas Aquecimento	11 197	0,290	0,853	1,050	2 907	
Iluminação Exterior	8 370	0,290	1,000	1,000	2 427	
<b>Totais</b>	<b>391 712</b>				<b>104 903</b>	



