

## Avaliação do desempenho energético de uma pequena fracção de serviços existente tendo por base as metodologias regulamentares do RSECE e do RECS

OCTÁVIO MANUEL MOREIRA FITAS CRUZ  
Outubro de 2014



Avaliação do desempenho energético de uma pequena  
fracção de serviços existente tendo por base as  
metodologias regulamentares do RSECE e do RECS

Octávio Fitas Cruz

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Energias  
Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



24 de outubro de 2014







Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado em Energias Sustentáveis

Candidato: Octávio Fitas Cruz, Nº 1990782, 1990782@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Isabel Sarmento, isp@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



24 de outubro de 2014



*À memória de “Titó”, meu Avô*





*“Não há nada como o sonho para criar o futuro. Utopia hoje, carne e osso amanhã.”*  
Victor Hugo



## *Agradecimentos*

Agradeço à Engenheira Isabel Sarmiento pela ajuda na escolha do tema, pela sua disponibilidade, pelo apoio prestado no esclarecimento de dúvidas, bem como, pela orientação deste trabalho.

Ao Leandro, ao Vasco e ao Rui pela ajuda e pelos constantes encorajamentos.

À Ana e aos meus pais por estarem sempre presentes.

Aos amigos pelos momentos de distração e apoio.



## *Resumo*

A dependência energética das grandes economias mundiais, alertaram o mundo para a necessidade de mudar o comportamento relativo ao consumo de energia.

O sector dos edifícios representa 40% dos consumos globais de energia na União Europeia, já no panorama nacional, o sector dos edifícios representa 28% dos consumos globais da energia, constituindo uma parte significativa no consumo global de energia, sendo portanto, essencial avaliar o desempenho energético dos edifícios, no sentido de promover a sua eficiência energética e beneficiar do grande potencial de economia de energia.

Portugal à luz das linhas de orientação da União Europeia com o objectivo de instigar o aumento da eficiência energética nos edifícios, lançou o programa nacional para a eficiência energética nos Edifícios (P3E). Posteriormente, da transposição da Directiva 2002/91/CE para a ordem jurídica nacional surgiu o SCE, o RCCTE e o RSECE. Já em 2013, com a necessidade de transpor para a ordem da jurídica nacional a Directiva n.º 2010/31/EU, surge o Decreto-Lei n.º 118/2013, reunindo num só diploma o SCE, o REH e o RECS, promovendo uma revisão da legislação nacional, garantindo e promovendo a melhoria do desempenho energético dos edifícios.

Através da presente dissertação, pretende-se avaliar o desempenho energético de uma pequena fracção de serviços existente tendo por base a metodologia regulamentar revogada do RSECE e a vigente metodologia regulamentar do RECS.

Após apresentação dos dois regulamentos e da identificação das principais diferenças entre as duas metodologias regulamentares, procedeu-se ao enquadramento da fracção em estudo no âmbito de aplicação do RSECE e do RECS. Segundo os dois regulamentos a fracção não está sujeita a requisitos mínimos de qualidade térmica, nem a quaisquer requisitos energéticos e de eficiência dos sistemas técnicos, ao tratar-se de uma pequena fracção de serviços existente.

Recorrendo ao software DesignBuilder, gerou-se o modelo da fracção em estudo, que através da simulação dinâmica multizona permitiu obter os consumos de energia anuais e a

sua desagregação por utilização final. A partir dos consumos energia, determinaram-se os indicadores de eficiência energética de acordo com as duas metodologias, permitindo deste modo, proceder à classificação energética da fracção em estudo.

De acordo com o RSECE a fracção em estudo obteve a classificação D, já segundo o RECS alcançou a classe C.

Para aumentar a eficiência energética da fracção e conseqüentemente diminuir o consumo energético, foi proposto proceder à substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas tubulares de tecnologia LED e à substituição do sistema de ventilação mecânico por um sistema de ventilação dimensionado para os novos valores de caudal de ar novo regulamentares.

Com a implementação destas duas medidas a fracção em estudo melhoraria a sua classificação energética, exigindo um investimento baixo e apresentando um período de retorno de 1 ano e 5 meses. Segundo o RSECE passaria para a classe B, e aplicando a metodologia regulamentar do RECS alcançaria a classe B.

### ***Palavras-Chave***

RSECE, RECS, eficiência energética, simulação dinâmica, IEE, consumo energético e classe energética

## *Abstract*

The Great Economies dependence on Energy alert the world for the need to change the behavior on energy consumption.

Building sector represents 40% of European Union global energy consumption. On the national outlook, the building sector represents 28% of the global energy consumption, which is a significant part of the global energy consumption. Like this is essential to evaluate the energetic performance of the buildings, promoting its energetic efficiency and benefit of the great potential coming from energy economy.

Portugal, following the European Union guidelines and with the target of increasing the energetic efficiency of the buildings, launch the national program for Building efficiency (P3E). After this, from the transcription of 2002/91/CE Directive for the national juridical order, came the SCE, the RCCTE and the RSECE. Already in 2013, with the need of implementing 2010/31/EU Directive in the national juridical order, comes the “Decreto-Lei nº 118/2013”, unifying in a single diploma the SCE, the REH and the RECS, promoting a revision of the national legislation, assuring and promoting the buildings energetic performance.

Thru this dissertation, it's pretended to evaluate the energetic performance of a small fraction of existing service taking as base the regulatory methodology revoked from RSECE and current regulatory methodology from RECS.

After presenting both regulations and identify the main differences between the two regulatory methodologies, proceeded with the framework of the faction in study according to the RSECE and the RECS. Following the two regulatory methodologies the faction is not subject to minimum requirements on thermic quality nor any energetic requirements and efficiency of the technical systems.

By using DesingBuilder software it was generated a model of the faction under study, which, by multi-zone dynamic simulation allowed to obtain the annual energetic consumptions and its breakdown for final use. From the energy consumptions, the



energetic efficiency indicators were determined according to both methods, allowing, this way, to proceed to the energetic classification of the faction is study.

According to the RSECE the faction in study was classified D, and according to the RECS, reach C class.

To increase the energetic efficiency of the faction and, consequently, diminish the energy consumption, was proposed to proceed to the replacement of the existing lamps for LED technology tubular ones and the replacement of the ventilation mechanical system by a dimensioned ventilation system for the new regulatory air flow values.

With the implementation of these two measures, the faction in study would improve its energetic classification, showing a low investment and presenting a payback period of one year and five months. According to the RSECE it would pass for B class and applying the regulatory methodology of the RECS it would reach B.

### ***Keywords***

RSECE, RECS, energetic efficiency, dynamic simulation, IEE, energetic consumption and energetic class.

# Índice

<b>Agradecimentos</b>	<b><i>xí</i></b>
<b>Resumo</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>Abstract</b>	<b><i>xv</i></b>
<b>Índice</b>	<b><i>xvii</i></b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b><i>xxi</i></b>
<b>Índice de Gráficos</b>	<b><i>xxv</i></b>
<b>Índice de Tabelas</b>	<b><i>xxvii</i></b>
<b>Nomenclatura</b>	<b><i>xxix</i></b>
<b>1. Introdução</b>	<b><i>1</i></b>
1.1. Contextualização	1
1.2. Objectivos	1
1.3. Organização do relatório	2
1.4. Enquadramento	3
1.5. Caracterização energética - edifícios de serviços [2]	5
1.6. Regulamentos aplicáveis [4, 5, 2, 6, 7, 8, 9]	6
1.7. Sistema Nacional da Certificação Energética e da qualidade do Ar Interior nos Edifícios, 2006 (SCE)	13
1.8. Regulamento dos Sistemas de Climatização em Edifícios (RSECE)	13
1.9. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)	14
1.10. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, 2013 (SCE)	16
1.11. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)	17
1.12. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)	18
<b>2. RSECE e RECS</b>	<b><i>19</i></b>
2.1. RSECE [10, 11, 12]	19
2.1.1. Capítulo I – Objecto e âmbito de aplicação	20
2.1.1.1. Objecto	20
2.1.1.2. Âmbito de aplicação	20
2.1.2. Capítulo II – Princípios gerais, definições e referências	21
2.1.2.1. Índices e parâmetros de caracterização	21

2.1.2.2.	Indicador de eficiência energética, IEE	22
2.1.2.3.	Classificação Energética	25
2.1.2.4.	Requisitos exigenciais	27
2.1.3.	Capítulo III – Requisitos energéticos	29
2.1.3.1.	Condições nominais	29
2.1.3.2.	Requisitos energéticos para GES existentes	30
2.1.3.3.	Requisitos energéticos para GES a construir e grandes intervenções de reabilitação	30
2.1.3.4.	Requisitos energéticos para PES existentes	30
2.1.3.5.	Requisitos energéticos para PES a construir e intervenções de reabilitação	30
2.1.3.6.	Requisitos energéticos para edifícios de habitação com sistemas de climatização	31
2.1.4.	Capítulo IV – Requisitos para a manutenção da qualidade do ar interior	31
2.1.4.1.	Garantia da qualidade do ar	31
2.1.5.	Capítulo V – Requisitos para concepção das instalações mecânicas de climatização	33
2.1.5.1.	Limitação da potência instalada em novos sistemas de climatização	33
2.1.5.2.	Requisitos de eficiência energética no projecto de novos sistemas de climatização	33
2.1.5.3.	Sistemas de regulação e controlo	36
2.1.5.4.	Sistemas de monitorização e de gestão de energia	36
2.1.6.	Capítulo VI – Construção, ensaios e manutenção	37
2.1.6.1.	Equipamentos instalados	37
2.1.6.2.	Ensaio de recepção	37
2.1.6.3.	Condução e manutenção das instalações	38
2.1.6.4.	Auditorias a caldeiras e ar condicionado	39
2.1.6.5.	Técnico responsável pelo funcionamento (TRF)	39
2.1.6.6.	Técnico de instalação e manutenção de sistemas de climatização e de QAI	40
2.1.7.	Capítulo VII – Licenciamento	40
2.1.7.1.	Licenciamento ou autorização de construção	40
2.1.8.	Capítulo IX – Disposições transitórias	40
2.1.8.1.	Viabilidade económica	40
2.2.	RECS [9, 14, 15, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21]	41
2.2.1.	Secção I – Objectivo e âmbito de aplicação	41
2.2.1.1.	Objectivo	41
2.2.1.2.	Âmbito de aplicação	41
2.2.2.	Secção II – Princípios gerais	42
2.2.2.1.	Comportamento térmico	42
2.2.2.2.	Eficiência dos sistemas técnicos	42
2.2.2.3.	Ventilação e qualidade do ar interior	43
2.2.2.3.1.	Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior	43
2.2.2.4.	Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos	46
2.2.3.	Secção III – Requisitos específicos	46
2.2.3.1.	Subsecção I – Edifícios novos e intervenções	46
2.2.3.1.1.	Comportamento térmico	46
2.2.3.1.1.1.	Requisitos da qualidade térmica da envolvente	46
2.2.3.1.2.	Eficiência dos sistemas técnicos	48

2.2.3.1.2.1. Indicador de eficiência energética, IEE	49
2.2.3.1.2.2. Tipos de indicador de eficiência energética	52
2.2.3.1.2.3. Determinação dos indicadores de eficiência energética prevista e efectivo	53
2.2.3.1.2.4. Valor máximo do indicador de eficiência energética	57
2.2.3.1.2.5. Determinação do indicador de eficiência energética	57
2.2.3.1.2.6. Determinação da classe energética	58
2.2.3.1.2.7. Requisitos para os Sistemas de climatização	60
2.2.3.1.2.8. Requisitos para preparação de AQS	67
2.2.3.1.2.9. Requisitos para sistemas de iluminação	69
2.2.3.1.2.10. Requisitos para sistemas de regulação, controlo e gestão técnica	71
2.2.3.1.2.11. Requisitos para elevadores	72
2.2.3.1.2.12. Requisitos para sistemas de energia renovável	73
2.2.3.1.2.13. Requisito outras soluções de eficiência energética	73
2.2.3.1.3. Ventilação e qualidade do ar interior	73
2.2.3.1.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos	74
2.2.3.1.4.1. Ensaio e recepção provisória das instalações	74
2.2.3.1.4.2. Plano de manutenção	76
2.2.3.2. Subsecção II - Edifícios sujeitos a grande intervenção	77
2.2.3.2.1. Comportamento térmico	77
2.2.3.2.2. Eficiência dos sistemas técnicos	77
2.2.3.2.3. Ventilação	77
2.2.3.2.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos	78
2.2.3.3. Subsecção III - Edifícios existentes	78
2.2.3.3.1. Comportamento térmico	78
2.2.3.3.2. Eficiência dos sistemas técnicos	78
2.2.3.3.3. Qualidade do ar interior	78
2.2.3.3.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos	79
2.2.4. Metodologia de apuramento da viabilidade económica e plano de retorno	79
2.3. Principais diferenças entre o RECS e o RSECE	79
<b>3. Simulação dinâmica [22, 9]</b>	<b>83</b>
3.1. EnergyPlus [23, 24]	84
3.1.1. Método do balanço energético (HBM)	86
3.2. DesignBuilder [25]	88
<b>4. Caso de estudo [11, 9, 26]</b>	<b>91</b>
4.1. Caracterização da fracção em estudo	91
4.1.1. Soluções construtivas	93
4.1.2. Condições de funcionamento reais	96
4.2. Enquadramento no âmbito do RSECE	101
4.2.1. Dados climáticos segundo o RSECE	102
4.2.2. Soluções construtivas segundo o RSECE	102
4.2.3. Condições de funcionamento nominais segundo o RSECE	103

4.3.	Enquadramento no âmbito do RECS _____	105
4.3.1.	Dados climáticos segundo o RECS _____	106
4.3.2.	Condições de funcionamento de referência segundo o RECS _____	106
4.4.	Simulação Dinâmica dos Modelos _____	108
4.4.1.	Soluções construtivas de referência segundo o RECS _____	108
4.4.2.	Simulação Real – Modelo Real _____	111
4.4.2.1.	Resultados obtidos através da simulação real - RSECE _____	112
4.4.2.2.	Resultados obtidos através da simulação prevista – RECS _____	115
4.4.2.3.	Resultados obtidos através da simulação real – RECS _____	118
4.4.2.4.	Resultados obtidos convertidos em energia primária _____	119
4.4.3.	Simulação Nominal – Modelo Nominal _____	119
4.4.3.1.	Resultados obtidos através da simulação nominal _____	120
4.4.4.	Simulação Referência – Modelo Referência, RECS _____	123
4.4.4.1.	Resultados obtidos através da simulação referência _____	124
4.5.	Indicadores de Eficiência Energética, IEE _____	128
4.6.	Classificação energética _____	130
4.6.1.	Classe energética segundo o RSECE _____	130
4.6.2.	Classe energética segundo o RECS _____	131
4.7.	Análise dos resultados _____	132
<b>5.</b>	<b><i>Medidas propostas para aumento de eficiência energética</i></b> _____	<b>137</b>
5.1.	Substituição da Iluminação interior _____	138
5.2.	Substituição dos ventiladores _____	139
5.3.	Substituição da iluminação interior e dos ventiladores _____	140
5.4.	Classificação energética com a implementação das medidas propostas para aumento de eficiência energética _____	141
<b>6.</b>	<b><i>Conclusões e trabalhos futuros</i></b> _____	<b>143</b>
6.1.	Conclusões _____	143
6.2.	Trabalhos futuros _____	146
	<b><i>Bibliografia</i></b> _____	<b>147</b>
	<b><i>Anexo A - Fração e elementos construtivos</i></b> _____	<b>149</b>
	<b><i>Anexo B - Perfis reais de utilização</i></b> _____	<b>155</b>
	<b><i>Anexo C - Perfis nominais de utilização</i></b> _____	<b>157</b>
	<b><i>Anexo D - Cálculo dos IEE</i></b> _____	<b>159</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1 - Tipos de Indicador de Eficiência energética [11].....	24
Figura 2- Valores limites dos consumos globais dos edifícios de serviços existentes [10] .....	24
Figura 3 - Classe energética [32].....	26
Figura 4 - Classe energética [32].....	27
Figura 5 - Zoneamento Climático [5].....	28
Figura 6 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos [5] .....	28
Figura 7 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem [5] .....	29
Figura 8 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes [10] .....	29
Figura 9 - Caudais mínimos de ar novo [10].....	31
Figura 10- Níveis de rendimento útil das caldeiras [12] .....	34
Figura 11 - Repartição de potências de aquecimento [10] .....	35
Figura 12 - Espessuras mínimas de isolamento [10] .....	35
Figura 13 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação [15].....	44
Figura 14 - Caudal mínimo de ar novo determinado devido aos materiais e ao tipo de actividade desenvolvida [15] .....	45
Figura 15 - Caudal mínimo de extracção de ar a assegurar para locais e instalações específicas [15] .....	45
Figura 16 - Valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços [14].....	47
Figura 17 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços [14] .....	47
Figura 18 - Zonas climáticas de inverno e de verão no continente [21].....	48
Figura 19 - Consumos de energia a considerar no IEE <sub>S</sub> e no IEE <sub>T</sub> [14] .....	50
Figura 20 - Métodos aceites para determinar o IEE de um edifício de comércio e serviços em função do tipo de edifício e a sua situação [14] .....	54
Figura 21 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona [14] .....	55
Figura 22 - Considerações a respeitar na aplicação do método de simulação dinâmica multizona para a determinação do IEE de edifícios no âmbito do RECS [14] .....	56
Figura 23 -Forma de cálculo do IEE <sub>S</sub> [18] .....	58

Figura 24 - Intervalos de valor de $R_{IEE}$ para determinação da classe energética para PES e para GES .....	59
Figura 25 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica [14] .....	61
Figura 26 - Classificação do desempenho de unidades split, multisplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar [14].....	62
Figura 27 -Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras [14] .....	62
Figura 28 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de tratamento de ar [14] .....	63
Figura 29 -Requisitos de eficiência energética de bombas e ventiladores [14].....	63
Figura 30 - Distancias mínimas a respeitar entre admissões/entrada de ar e os diferentes locais com emissão de poluentes [14] .....	65
Figura 31 - Numero de escalões a considerar em função da potência térmica nominal [14].....	65
Figura 32 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função do $Q_{pr}$ [14].....	68
Figura 33 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) [14].....	70
Figura 34 - Funções mínimas a adoptar para os sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção [14].....	70
Figura 35 - Tipos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica a adoptar em função da potência térmica nominal [14].....	71
Figura 36 - Estrutura geral do EnergyPlus [24] .....	85
Figura 37 - DesignBuilder - Interface do Caso de Estudo .....	89
Figura 38 - Modelo geométrico do Caso de Estudo .....	92
Figura 39 - Fracção em estudo .....	92
Figura 40 – Layout da Fracção em estudo .....	93
Figura 41 – Template Construção do Caso de Estudo .....	93
Figura 42 – Distribuição das luminárias .....	97
Figura 43 – Sistema de AVAC.....	100
Figura 44 – Perfil de utilização AVAC.....	100
Figura 45 - Localização do Caso de Estudo, DesignBuilder.....	102
Figura 46 - Actividade do Caso de Estudo, DesignBuilder .....	105
Figura 47 – Redução da área de envidraçado para 30% da área de fachada para determinação do $IEE_{ref}$ .....	110
Figura 48 – Parede exterior de acordo com a solução de referência a considerar na determinação do $IEE_{ref}$ .....	110
Figura 49 – Classe energética com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, segundo o RSECE.....	141
Figura 50 - Classe energética com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, segundo o RECS.....	142
Figura 51 - Diferentes tipos de envolvente da fracção.....	149
Figura 52 - Coberturas, envolvente exterior e pavimento em contacto com o solo envolvente sem requisitos térmicos.....	150
Figura 53 – Espaço não útil, Central AVAC.....	150

Figura 54 - Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica ..... 154





## *Índice de Gráficos*

Gráfico 1 - Consumo de energia primária [1] .....	3
Gráfico 2 – Consumo de energia primária e emissões de CO <sub>2</sub> , cenário Português [1] .....	4
Gráfico 3 - Consumo de energia final por sector em Portugal, 2010 [3] .....	5
Gráfico 4 - Repartição do consumo de energia final por tipo de edifícios [3] .....	6
Gráfico 5 - Consumos energéticos mensais reais .....	112
Gráfico 6 – Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento reais .....	113
Gráfico 7 – Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos reais .....	114
Gráfico 8 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final reais .....	115
Gráfico 9 – Consumos energéticos mensais nominais .....	120
Gráfico 10 – Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento nominais .....	121
Gráfico 11 - Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos nominais .....	122
Gráfico 12 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final nominais .....	123
Gráfico 13 – Consumos energéticos mensais de referência .....	125
Gráfico 14 - Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento de referência .....	125
Gráfico 15 - Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos de referência .....	126
Gráfico 16 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final de referência ..	127
Gráfico 17– Indicadores de eficiência energética segundo o RSECE.....	129
Gráfico 18 - Indicadores de eficiência energética segundo o RECS .....	129
Gráfico 19 - Consumos energéticos segundo a simulação real e nominal .....	133
Gráfico 20 - Consumos energéticos segundo a simulação real e referência .....	134
Gráfico 21 – Consumos energéticos da iluminação interior .....	138
Gráfico 22 - Poupança energética com as medidas propostas.....	140
Gráfico 23 - Perfil real de utilização - Ocupação.....	155
Gráfico 24 - Perfil real de utilização - Iluminação.....	155
Gráfico 25 - Perfil real de utilização - Equipamentos .....	156
Gráfico 26 - Perfil de utilização do sistema de AVAC .....	156
Gráfico 27 – Perfil nominal de utilização - Ocupação .....	157
Gráfico 28 - Perfil nominal de utilização - Iluminação.....	157
Gráfico 29- Perfil nominal de utilização - Equipamentos .....	158



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Distancias mínimas de captação de ar novo [13] .....	32
Tabela 2 - Pontos a monitorizar/medir nos sistemas de climatização e requisitos em termos de acessórios e equipamentos [14].....	66
Tabela 3 – Soluções construtivas da envolvente opaca.....	95
Tabela 4 – Vãos envidraçados [27] .....	96
Tabela 5 - Ocupação da fracção - real.....	96
Tabela 6 - Densidade de iluminação – real .....	98
Tabela 7 - Densidade de equipamentos - real.....	98
Tabela 8 - Caudal de ar novo – real .....	99
Tabela 9 - Constituição do sistema VRV .....	99
Tabela 10 - Dados climáticos de referência .....	102
Tabela 11 – Verificação requisitos mínimos de qualidade térmica, envolvente opaca.....	103
Tabela 12 - Verificação requisitos mínimos de qualidade térmica, envolvente translúcida .....	103
Tabela 13 - Caudal de ar – nominal (m <sup>3</sup> /h) .....	104
Tabela 14 - Parâmetros climáticos .....	106
Tabela 17 - Iluminação da fracção referência - RECS .....	107
Tabela 18 - Caudal de ar novo segundo o Decreto-Lei 118/2013 – (m <sup>3</sup> /h).....	107
Tabela 15 – Soluções de referência a considerar ao nível da envolvente na determinação do IEE <sub>ref</sub> , para o caso de estudo.....	109
Tabela 16 - Vãos envidraçados de referência [27].....	109
Tabela 19 – Consumos energéticos anuais por utilização final reais - RSECE .....	114
Tabela 20 - Consumos energéticos anuais por utilização final previstos – RECS .....	117
Tabela 21 - Consumos energéticos anuais por utilização final previstos – RECS .....	118
Tabela 22 - Consumos energéticos anuais por utilização final reais em energia primária.....	119
Tabela 23 - Consumos energéticos anuais por utilização final nominais.....	122
Tabela 24 - Consumos energéticos anuais por utilização final referência .....	126
Tabela 25 – Indicador de Eficiência Energética para a fracção em estudo segundo o RSECE .....	128
Tabela 26 - Indicador de Eficiência Energética para a fracção em estudo segundo o RECS .....	128
Tabela 27 – Indicadores de eficiência energética e parâmetro S aplicáveis ao caso de estudo segundo o RSECE.....	130
Tabela 28 - Classe energética segundo o RSECE.....	130
Tabela 29 – Indicadores de eficiência energética aplicáveis ao caso de estudo.....	131
Tabela 30 – Classe energética segundo o RECS.....	131
Tabela 31 - Consumos energético relativos à iluminação interior .....	135

Tabela 32 – Densidade de iluminação alternativa.....	138
Tabela 33- Período de retorno do investimento da substituição da iluminação interior .....	139
Tabela 34 – Período de retorno do investimento da instalação de um novo sistema de ventilação	139
Tabela 35 - Período de retorno do investimento da instalação de um novo sistema de ventilação e substituição da iluminação interior .....	140
Tabela 36 - Indicadores de eficiência energética e parâmetro S aplicáveis ao caso de estudo segundo o RSECE com a aplicação das medidas de eficiência energética .....	141
Tabela 37 - Indicadores de eficiência energética aplicáveis ao caso de estudo aplicáveis ao caso de estudo segundo o RECS com a aplicação das medidas de eficiência energética .....	142
Tabela 38 – Coeficiente $\tau$ .....	150
Tabela 39 - Factor de forma .....	151
Tabela 40 – Características térmicas dos elementos construtivos.....	153
Tabela 41 - Inércia térmica.....	154

# *Nomenclatura*

## **Abreviaturas**

- ADENE – *Agência Para A Energia*
- ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*
- AVAC – *Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado*
- BESTEST – *Bluilding Energy Simulation Test*
- BLAST – *Building Loads Analysis and System Thermodynamics*
- DGEG – *Direção Geral de Energia e Geologia*
- DOE-2 – *U.S.Department of Energy*
- GEE – *Gases de Efeito de Estufa*
- GES – *Grande Edifício de serviços*
- HBM – *Heat Balance Method*
- IEE – *Indicador de Eficiência Energética*
- LNEC – *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
- P3E – *Programa Nacional para a Eficiência Energética nos Edifícios*
- PES – *Pequeno Edifício de Serviços*
- PEScC – *Pequeno Edifício de Serviços Existente com Climatização*
- QAI – *Qualidade do Ar Interior*
- RCCTE – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos*

*Edifícios*

- RECS – *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços*
- REH – *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação*
- RSECE – *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*
- SCE – *Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*
- VRV – *Variable Refrigerante Flow*
- VRV – *Volume de Refrigerante Variável*

# 1. Introdução

Esta dissertação foi realizada no âmbito da disciplina Dissertação/Projecto/Estágio, 2º ano do Mestrado em Energias Sustentáveis Engenharia Mecânica, orientada pela Engenheira Isabel Sarmento.

## **1.1. Contextualização**

Esta dissertação foi realizada no âmbito da disciplina Dissertação/Projecto/Estágio, 2º ano do Mestrado em Energias Sustentáveis Engenharia Mecânica, orientada pela Engenheira Isabel Sarmento.

Este trabalho surge, da vontade em adquirir novas valências na área da climatização, de modo, a contribuir para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

## **1.2. Objectivos**

O objectivo principal deste trabalho consiste na avaliação do desempenho energético de uma pequena fracção de serviços existente tendo por base as metodologias regulamentares do RSECE e do RECS.

Para tal foi necessário efectuar:



- Estudo da regulamentação revogada e da actualmente em vigor, RSECE e RECS, respectivamente;
- Análise comparativa entre os dois regulamentos, RSECE e RECS;
- Simulação energética dinâmica da fracção;
- Avaliação do desempenho energético de uma pequena fracção de serviços existente segundo as metodologias do RSECE e do RECS;
- Propostas de medidas de melhoria que visem a eficiência energética da fracção.

### **1.3. Organização do relatório**

O capítulo 1 corresponde à introdução, na qual é apresentado o objectivo deste trabalho. Paralelamente efectua-se o enquadramento do trabalho, a caracterização energética dos edifícios de comércio e serviços no panorama nacional e europeu e a apresentação dos regulamentos aplicáveis.

No capítulo 2, são aprofundados os regulamentos utilizados para avaliar o desempenho energético da fracção objecto de estudo, designadamente, o RSECE e o RECS.

Já no capítulo 3, é feita uma pequena abordagem à simulação energética dinâmica, ao EnergyPlus e ao DesignBuilder.

No capítulo 4, procede-se à caracterização da fracção em estudo. São apresentadas as soluções construtivas e as diferentes condições de funcionamento. De seguida, é feito o enquadramento da fracção no âmbito do RSECE e do RECS.

Segue-se a apresentação e discussão dos resultados das simulações efectuadas. Calculam-se os indicadores de eficiência energética necessários para determinar a classificação energética da fracção de acordo com as duas metodologias abordadas. Analisam-se os diferentes resultados obtidos e é analisado o aumento de eficiência energética para a iluminação interior.

No último capítulo, o capítulo 6, são reunidas as principais conclusões e perspectivados futuros desenvolvimentos a este trabalho.

## 1.4. Enquadramento

A energia é fundamental para a sobrevivência humana, tornando-se um elemento estratégico e indispensável ao desenvolvimento social e económico.

O aumento do consumo energético é uma tendência resultante do desenvolvimento económico. Um desenvolvimento consumado através da excessiva utilização de energia de origem fóssil, tais como o petróleo, o carvão e o gás natural, com a consequente emissão de gases com efeito de estufa (GEE).

A crise económica da década de 70 e os choques petrolíferos de 1973 e 1979 revelaram a dependência das grandes economias mundiais dos combustíveis fósseis. O aumento do preço destes combustíveis, aliado às esgotáveis reservas dos mesmos e aos impactos ambientais, sociais e económicos provocados pelas alterações climáticas (causados pela utilização de combustíveis para produção de energia), alertaram o mundo para a necessidade de mudar o comportamento relativo ao consumo de energia e à sua produção, tornando imperativo procurar soluções para estas questões vitais para o planeta.

Surge assim a necessidade de procurar novos caminhos para permitir a manutenção dos padrões económicos e culturais das sociedades mais desenvolvidas e ao mesmo tempo permitir aos países em desenvolvimento ou menos desenvolvidos atingir os padrões desejáveis, sem comprometer o futuro das gerações futuras.

No gráfico (1), é possível ver a evolução do consumo de energia primária da União Europeia e do Mundo. Já no gráfico (2), é apresentada a relação entre o consumo de energia primária e as emissões de CO<sub>2</sub>, para o cenário nacional.

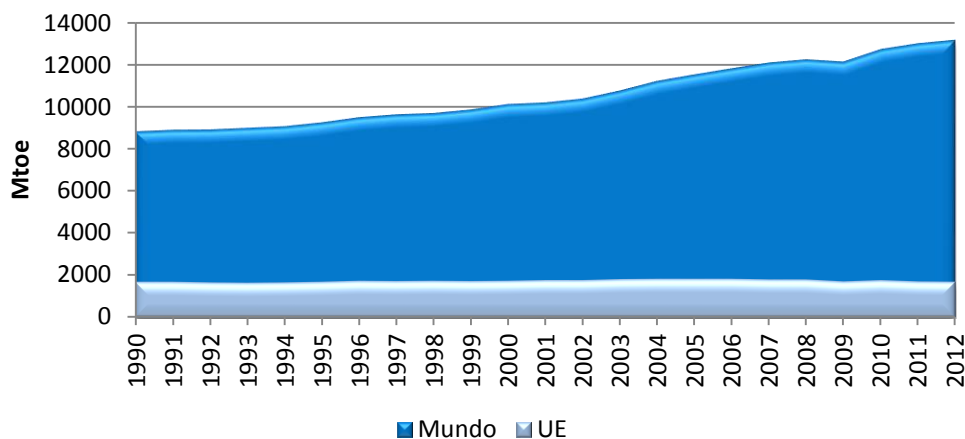
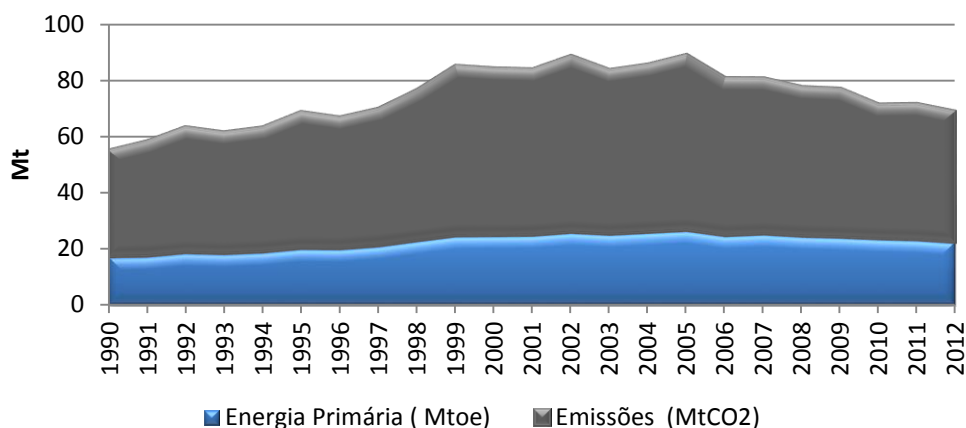


Gráfico 1 - Consumo de energia primária [1]



**Gráfico 2 – Consumo de energia primária e emissões de CO<sub>2</sub>, cenário Português [1]**

Com o Protocolo de Quioto, a comunidade internacional dá um passo importante para transformar o panorama energético, desde a produção de energia até ao consumo da mesma. O Protocolo de Quioto impõe um tecto nas emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases responsáveis pelo aumento de efeito de estufa para a atmosfera e que contribuem para o aquecimento global.

Por sua vez a União Europeia como uma das signatárias do Protocolo, comprometeu-se a reduzir em 8% as emissões de gases responsáveis pelo aumento de efeito de estufa em relação a 1990, durante o período de 2008 a 2012.

Mais tarde (Dezembro de 2008), na sequência do Protocolo de Quioto a União Europeia aprovou o Pacote “ Energia – Clima 20-20-20”, no qual definiu três metas a atingir até 2020. Com este pacote a União Europeia pretende, reduzir as emissões de GEE em 20% ou 30%, dependendo de acordo internacional, face a 1990, paralelamente aumentar para 20% a quota-parte das energias renováveis no consumo de energia e aumentar em 20% na eficiência energética até 2020.

Este compromisso passa pelo envolvimento e pela aplicação de medidas a todos os sectores de actividades, nomeadamente aos edifícios residenciais e de serviços, aos transportes e à indústria.

Serão portanto os governos e a forma como responderão a estes desafios que regularão o futuro da energia e do planeta.

### 1.5. Caracterização energética - edifícios de serviços [2]

Na União Europeia 40% dos consumos globais de energia devem-se ao sector dos edifícios, já no panorama nacional, os edifícios residenciais e de serviços representam cerca de 30% do consumo de energia final. De acordo com o Balanço Energético de 2010, o sector dos edifícios representa 28% dos consumos globais da energia em Portugal (Gráfico 3), correspondendo a uma parcela significativa do consumo global de energia, sendo portanto essencial actuar, no sentido de beneficiar do grande potencial de economia de energia neste sector e ao mesmo tempo promover a utilização de energia proveniente de fontes renováveis neste sector, contribuindo para a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa.

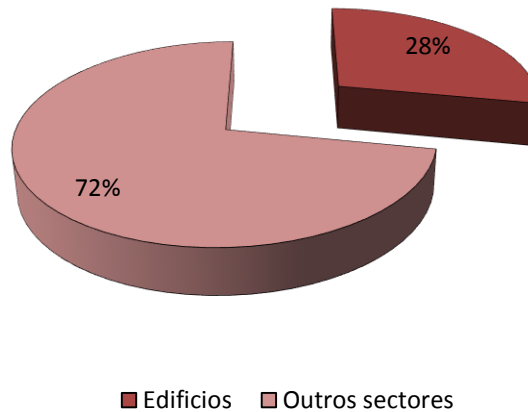
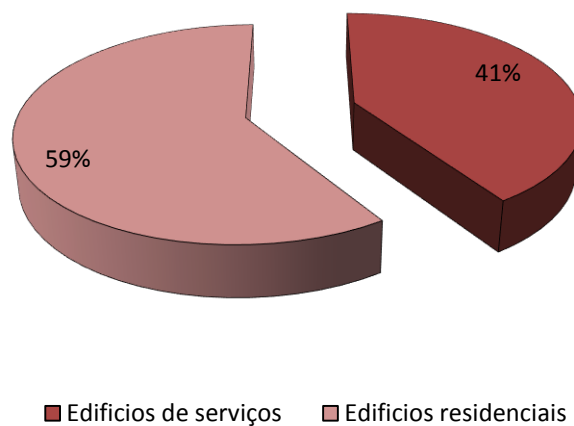


Gráfico 3 - Consumo de energia final por sector em Portugal, 2010 [3]

Os edifícios de serviços representam 41% do consumo de energia por tipologia de edifícios, correspondendo os restantes 59% aos edifícios residenciais, como podemos observar no gráfico (4).



**Gráfico 4 - Repartição do consumo de energia final por tipo de edifícios [3]**

No entanto, o longo ciclo de vida dos edifícios revela-se um obstáculo para a introdução de medidas e políticas de eficiência energética e a respectiva poupança energética por parte do sector dos edifícios. O estabelecimento de requisitos mínimos de eficiência energética em edifícios novos e existentes sujeitos a grandes renovações só afecta um número reduzido do parque nacional de edifícios. Por outro lado a crise actual, veio agravar a falta de investimento público e privado, relativamente à construção de novos edifícios e às renovações dos existentes. Apesar destas barreiras prevê-se uma poupança energética significativa com a aplicação do pacote legislativo.

Ao mesmo tempo, nas renovações de edifícios existentes onde a intervenção principal ocorre no interior dos edifícios a sensibilidade e responsabilidade profissional ainda se encontra muito distante do desejado e do exigido pela legislação.

### **1.6. Regulamentos aplicáveis [4, 5, 2, 6, 7, 8, 9]**

Portugal à luz das linhas de orientação da União Europeia, lança em Dezembro de 2001 o programa E4 (Eficiência Energética e Energias e Energias Endógenas), com este programa procurava-se, reduzir a factura energética, garantir a protecção do ambiente e a segurança no processo do abastecimento energético. Apostando na melhoria da eficiência energética, na valorização das energias endógenas, na pluralidade do acesso às formas de energia existentes no mercado e mais garantias por parte dos fornecedores de energia.

No entanto, para Portugal, esta não era uma preocupação nova, pois desde 1991, através do Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e mais tarde em 1998, com o Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de Maio, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que se reportava principalmente aos edifícios com sistemas de climatização. Portugal dava assim os primeiros passos no âmbito da eficiência energética dos edifícios.

Neste contexto o Ministério da Economia, publica em Fevereiro de 2002, o Programa Nacional para a Eficiência Energética nos Edifícios (P3E), onde reúne todas as medidas do E4 afectas aos edifícios residenciais e de serviços. O P3E, foca a necessidade de actualizar os dois regulamentos vigentes afectos a eficiência energética dos edifícios. Salienta a importância de estimular a certificação energética de edifícios, através de uma fiscalização efectuada por técnicos qualificados e através da responsabilização dos mesmos. Este programa, tinha como principal objectivo instigar o aumento da eficiência energética nos edifícios em Portugal.

Paralelamente foram transpostas as disposições da Directiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD). Esta directiva determina uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, a aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e para os grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, a certificação energética dos edifícios e a inspecção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios.

Da transposição daquela Directiva 2002/91/CE para a ordem jurídica nacional surgiu um pacote legislativo que visa a eficiência energética nos edifícios, através dos seguintes Decretos-Lei:

- Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril (SCE) – Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;
- Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril (RSECE) – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
- Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril (RCCTE) – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

Face à necessidade de aumentar a eficiência energética, a União Europeia em Março de 2007 sublinhou a necessidade de aumentar a eficiência energética a fim de alcançar o objectivo de redução de 20% do consumo de energia até 2020. Mais tarde, na sua Resolução de 31 de Janeiro de 2008 recomenda o reforço das disposições da Directiva 2002/91/CE. Já em Dezembro de 2008 o Parlamento Europeu aprovou o Pacote “*Energia – Clima 20-20-20*”.

Em 2010 foi publicada a Directiva 2010/31/UE de 19 de Maio de 2010, que revoga a anterior EPBD, surge da necessidade de aumentar a eficiência energética na União Europeia, de modo, a honrar o compromisso de reduzir as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990 e em 30% no caso de se alcançar um acordo internacional até 2020. Era portanto necessário estabelecer acções mais concretas para promover a eficiência energética no sector dos edifícios, aproveitando, deste modo, todo o potencial existente neste sector para a poupança de energia e a correspondente redução de emissão de gases com efeito de estufa.

Tal como a sua antecessora, esta directiva fomenta a melhoria do desempenho energético dos edifícios, no entanto acrescenta novas imposições e definições, tais como, fracção autónoma, edifício com necessidades quase nulas de energia e grandes renovações. O artigo 9.º determina que todos os Estados Membros devem assegurar que:

- Em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- Todos os novos edifícios detidos e ocupados por autoridades públicas, a partir de 31 de Dezembro de 2018 devem ser edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Paralelamente os Estados Membros devem, desenvolver políticas de incentivo que visem aumentar o número de edifícios com necessidades quase nulas de energia através de incentivos e criar um sistema independente para o controlo dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspecção.

Já em 2012 é divulgada uma nova directiva, a Directiva 2012/27/EU de 25 de Outubro de 2012 relativa à eficiência energética, que determina um conjunto de medidas para tornar possível atingir a meta de 20% em matéria de eficiência energética em 2020, uma vez que

este objectivo se mostrava cada vez mais difícil de alcançar e ao mesmo tempo preparar o caminho para os anos seguintes.

No capítulo II, no artigo n.º4, Renovação de Edifícios e no artigo n.º5 Papel exemplar dos edifícios dos organismos públicos da Directiva 2012/27/EU, são abordadas as estratégias relativas à renovação do parque nacional de edifícios públicos e privados. Estratégias estas que englobam políticas e medidas destinadas a incentivar renovações profundas de edifícios, a realizar estimativas das economias de energia esperadas, a proceder à identificação das abordagens rentáveis das renovações relevantes para as tipologias de edifícios e para as zonas climáticas, a traçar o cenário do parque imobiliário nacional e a correspondente perspectiva futura. Devendo ser publicada a primeira versão desta estratégia até 30 de Abril de 2014, a actualizar de três em três anos. Reforça ainda o papel do Estado como exemplo, ao estabelecer que cada Estado Membro ***“assegura que, a partir de 1 de Janeiro de 2014, sejam renovados todos os anos 3 % da área construída total dos edifícios aquecidos e/ou arrefecidos detidos e ocupados pelas respetivas administrações centrais, a fim de cumprir pelo menos os requisitos mínimos de desempenho energético por si estabelecidos.”***

Aguardava-se assim, com expectativa as revisões ao RSECE e ao RCCTE e respectivas publicações, de modo a actualizar o pacote legislativo nacional e perceber o alcance que estas revisões poderiam ter não só no domínio da eficiência energética nos edifícios, mas também na economia nacional.

Com a necessidade de transpor para a ordem da jurídica nacional a Directiva n.º 2010/31/EU, surge em 2013 o Decreto-Lei n.º 118/2013.

Através deste Decreto-Lei procede-se a introdução de orientações sobre a eficiência energética e o conforto térmico, promove-se uma revisão da legislação nacional, garantindo e promovendo a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Reunindo num único diploma uma matéria regulada anteriormente em três diplomas diferentes, esclarecendo a actuação das diferentes entidades e técnicos envolvidos no SCE.



Por outro lado há uma separação evidente do âmbito de aplicação do REH e do RECS. O REH passa a incidir exclusivamente sobre os edifícios de habitação e o RECS sobre os edifícios de comércio e serviços.

A avaliação de desempenho energético e a definição de requisitos dos edifícios passa a ter como base o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas no caso dos edifícios de habitação, no caso dos edifícios de comércio e serviços aos requisitos anteriores juntam-se a instalação, a condução e a manutenção de sistemas técnicos. São então, definidos requisitos específicos para os edifícios novos, os edifícios sujeitos a grande intervenção e os edifícios existentes, é também definido um mapa evolutivo de requisitos com um horizonte temporal no limite até 2020 e são criadas condições para uma rápida adaptação dos requisitos regulamentares, baseados na rentabilidade resultantes do desempenho energético dos edifícios e dos seus componentes.

Ao mesmo tempo, são apresentados requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios. Os sistemas de climatização, de iluminação, de preparação de água quente sanitária, de aproveitamento de energias renováveis e de gestão de energia, estão agora obrigados a padrões mínimos de eficiência energética.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 introduz no cenário nacional o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, apresentado anteriormente na Directiva 2010/31/EU. Pretende-se reduzir numa razão custo-benefício as necessidades energéticas do edifício, recorrendo a energia renovável para responder às suas necessidades. Deste modo, a promoção da utilização de fontes de energia renovável, a clarificação e o reforço dos métodos para quantificação do seu contributo, assim como o incentivo a soluções e sistemas passivos nos edifícios, ganham um papel de destaque na melhoria da eficiência energética. Analogamente, com o objectivo de promover a eficiência energética e a optimização do seu funcionamento, são criadas regras e requisitos para a instalação, condução e manutenção dos sistemas de climatização em edifícios de comércio e serviços, de modo a obter resultados mais favoráveis promove a substituição dos sistemas de ar condicionado e de caldeiras utilizados para climatização.

É incentivada a ventilação natural em prejuízo dos equipamentos de ventilação mecânica, numa visão energeticamente eficiente e de redução de custos. As auditorias de qualidade do ar interior são eliminadas, sendo necessário controlar as fontes de poluição e adoptar

medidas preventivas. Mantém-se a conservação dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, assim como os níveis de concentrações de poluentes do ar interior, de forma a garantir os mesmos níveis de protecção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios.

O pré-certificado e o certificado SCE passam a ser reconhecidos como certificações técnicas, sendo obrigatórias na instrução de operações urbanísticas.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 revoga os Decretos-Lei n.º 78/2006, o n.º 79/2006 e o n.º 80/2006. No desenvolvimento do Decreto-Lei n.º 118/2013 surge um pacote legislativo, constituído por Leis, Portarias e Despachos.

Em Agosto de 2013 a Lei n.º 58/2013. D.R. n.º 159, Série I, estabelece os requisitos de acesso e da actividade de perito qualificado e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, as suas competências e deveres profissionais. Já em Novembro do mesmo ano a Portaria n.º 349-A/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e dos seus técnicos, define para efeitos de certificação energética as categorias de edifícios, os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão. Estabelece o valor das taxas de registo no SCE e os critérios de selecção da verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, os elementos de informação necessários presentes no relatório de verificação de qualidade e da anotação no registo individual dos técnicos.

Também em Novembro de 2013, através da Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE é apresentada. São também definidos os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Por sua vez a Portaria n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02 define os elementos necessários para os procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, e de autorização de utilização.

Ainda em Dezembro os requisitos de concepção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes são estabelecidos pela Portaria n.º 349-D/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02. Paralelamente os valores mínimos de caudal de ar novo, o método de avaliação das condições de referência para poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, existentes e sujeitos a grande intervenção são apresentados na Portaria n.º 353-A/2013. D.R. n.º 235, Suplemento, Série I de 2013-12-04.

Surgem também em Dezembro de 2012 um conjunto de Despachos, o n.º 15793-C/2013 é referente aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE), o Despacho n.º 15793-D/2013 publica os factores de conversão entre energia útil e energia primária. O Despacho n.º 15793-E/2013 define as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções e existentes, já o Despacho n.º 15793-F/2013 indica os parâmetros para o zonamento climático e respectivos dados. Por sua vez o Despacho n.º 15793-G/2013 define os elementos mínimos a incluir no ensaio e recepção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção, o Despacho n.º 15793-H/2013 apresenta as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis. O método de cálculo das necessidades energéticas é apresentado através do Despacho n.º 15793-I/2013. As regras para determinar a classe energética estão publicadas no Despacho n.º 15793-J/2013. No Despacho n.º 15793-K/2013 são apresentados os parâmetros térmicos, por fim o Despacho n.º 15793-L/2013 apresenta a metodologia para apurar a viabilidade económica da utilização ou adopção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

Espera-se deste modo caminhar para a melhoria da eficiência energética do parque de edifícios nacional.

## **1.7. Sistema Nacional da Certificação Energética e da qualidade do Ar Interior nos Edifícios, 2006 (SCE)**

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios é criado através do Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, tem como finalidade garantir a aplicação regulamentar do RCCTE e do RSECE, certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificar as medidas correctivas ou de melhorias de desempenho que se possam aplicar aos edifícios e aos seus sistemas energéticos.

O âmbito de aplicação está definido no artigo 3.º do Decreto-Lei. A gestão do SCE é atribuída à Agência para a Energia (ADENE).

A certificação é executada por peritos qualificados, aos quais compete entre outras funções, avaliar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios, proceder às inspecções e auditorias periódicas, a emissão dos respectivos certificados (CE) e o registo a da declaração de conformidade regulamentar (DCR).

## **1.8. Regulamento dos Sistemas de Climatização em Edifícios (RSECE)**

O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, Regulamento dos Sistemas de Climatização em Edifícios surge da necessidade de actualizar o Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de Maio, imposta pela Directiva 2002/91/CE. O RSECE estabelece um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação equipados com sistemas de climatização.

No entanto, o RSECE vai mais longe do que o estabelecido na Directiva 2002/91/CE ao abordar as questões da Qualidade do Ar Interior (QAI), nomeadamente ao impor taxas de renovação do ar interior nos espaços e valores de concentração máxima dos principais poluentes.

Este regulamento mostrou ser bastante inovador e tem como base os seguintes objectivos:

- Definir as condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização;
- Impor limites máximos de consumos de energia nos grandes edifícios de serviços existentes. Para os edifícios novos e grandes reabilitações de edifícios que venham a ter sistemas de climatização, impõe não só os limites máximos de

consumos de energia, como também os limites da potência aplicáveis aos sistemas de climatização;

- Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização, desde a fase de projecto, da fase da instalação e durante o funcionamento, de modo a melhorar o desempenho energético efectivo e garantir a qualidade do ar interior;
- Definir as condições de manutenção dos sistemas de climatização;
- Estabelecer as condições de monitorização e de auditoria dos edifícios relativamente aos consumos de energia e da qualidade do ar interior;
- Definir as habilitações de todos os técnicos envolvidos no projecto, na instalação e na manutenção dos sistemas de climatização.

Este regulamento será alvo de uma apresentação mais pormenorizada num capítulo posterior.

### **1.9. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)**

O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, revoga o Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro. Esta nova versão adapta às condições nacionais a Directiva 2002/91/CE, ao mesmo tempo impõe um conjunto adicional de restrições de modo a fomentar um aumento de qualidade térmica dos edifícios. O RCCTE determina requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, especialmente ao nível das características da envolvente limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos.

As principais diferenças entre as duas versões têm a ver por um lado com as metodologias de cálculo, introduzindo um maior rigor na estimativa de valores, nomeadamente, na estimativa dos consumos energéticos dos edifícios, e por outro lado, com novas exigências, nomeadamente, no que se refere à qualidade do ar interior. Por exemplo, o cálculo da estimativa do consumo de águas quentes sanitárias é agora considerado, valorizando todos os dispêndios de energia e tem em conta o tipo de sistema de aquecimento e de arrefecimento, assim como as fontes de energia primária utilizadas, conduzindo a diferentes exigências em função da eficiência dos equipamentos. Esta estimativa servirá para introduzir a obrigatoriedade do uso de painéis solares térmicos para o seu

aquecimento ou de outras alternativas renováveis. Para todos os edifícios novos, desde que possuam uma exposição solar apropriada, o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária passa a ser obrigatório, ou em alternativa, o aproveitamento de outras formas de energia renováveis com capacidade de captação equivalente numa base anual, podendo estas serem usadas para outros afins.

As metodologias de cálculo introduzem outra diferença importante devido ao facto de agora se basearem na hipótese de todos os edifícios virem no futuro a serem dotados de sistemas para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias, situação em que a sua contribuição energética se torna importante.

O factor de forma do edifício, a permeabilidade ao ar das caixilharias são novos parâmetros a ter em consideração, o efeito das pontes térmicas planas e lineares passam a ser quantificadas de forma detalhada.

As diferenças entre as duas versões acabam por ser significativas no que diz respeito à verificação do regulamento.

Este regulamento aplica-se a:

- Edifícios de habitação;
- Edifícios de serviços com área útil inferior ou igual a 1000 m<sup>2</sup> e sem sistemas mecânicos de climatização ou com sistemas de climatização de potência inferior ou igual a 25 kW;
- Grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente ou nas instalações de preparação de águas quentes sanitárias das tipologias de edifícios referidas anteriormente;
- Ampliações de edifícios existentes, das tipologias atrás referidas, exclusivamente na nova área construída.

Relativamente ao âmbito do RCCTE, excluem-se:

- Edifícios ou fracções autónomas destinados a serviços, a construir ou renovar que, pelas suas características de utilização, se destinem a permanecer frequentemente abertos ao contacto com o exterior e não sejam aquecidos nem

climatizados, por exemplo, lojas não climatizadas com porta aberta para o exterior;

- Locais de culto e os edifícios para fins industriais, afectos ao processo de produção, bem como garagens, armazéns, oficinas e edifícios agrícolas não residenciais;
- Intervenções em edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências do RCCTE;
- Infra-estruturas militares e imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade;
- Todos os edifícios não-residenciais que fiquem sujeitos ao RSECE.

### **1.10. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, 2013 (SCE)**

O Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), é criado com o Decreto-Lei n.º 118/2013 de modo a melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respectivos regulamentos.

O âmbito de aplicação está definido no capítulo II, secção I e o objecto da certificação no artigo 6.º do Decreto-Lei. O pré-certificado (PCE) e o certificado (CE) SCE passam a ser reconhecidos como certificações técnicas, sendo obrigatórias na instrução de operações urbanísticas.

A gestão do SCE continua ser da responsabilidade da ADENE e a fiscalização é da competência da Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Por sua vez, compete à Direcção-Geral da Saúde e à Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., acompanhar a aplicação do presente diploma no âmbito das suas competências em matéria de qualidade do ar interior.

No artigo 13.º, define como técnicos do SCE, os Peritos qualificados e os Técnicos de instalação e manutenção e apresenta as suas competências. Os edifícios com necessidades quase nulas de energia são abordados no artigo 16.º.

## **1.11. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)**

O REH nasce com a necessidade de transpor para a ordem da jurídica nacional a Directiva n.º 2010/31/EU. Determina *“os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.”*

Os principais objectivos do REH são a promoção da melhoria do seu comportamento térmico, o conforto térmico, a redução das necessidades energéticas e ao mesmo tempo a prevenção de patologias. Estabelece, requisitos de qualidade térmica da envolvente, requisitos de ventilação dos espaços ao impor um valor mínimo de cálculo para a taxa de renovação do ar, designa valores de necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício e limites para edifícios novos e de grandes intervenções em edifícios existentes. Paralelamente determina requisitos ao nível da qualidade, da eficiência e do funcionamento dos sistemas técnicos a instalar nos edifícios, regras para cálculo do contributo das energias renováveis.

Este Regulamento aplica-se aos edifícios para a habitação, nas seguintes condições:

- Edifícios novos, projecto e construção;
- Grande intervenção na envolvente ou nos sistemas técnicos de edifícios existentes;
- Avaliação energética dos edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes, no âmbito do SCE.

Estão excluídos do âmbito do REH:

- Edifícios não destinados a habitação;
- Edifícios mencionados nas alíneas h) e i) do artigo 4.º.



## **1.12. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)**

O RECS tal como o REH nasce com a transposição da Directiva n.º 2010/31/EU para a legislação nacional. Com o intuito de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior, estabelece as regras a garantir nas diferentes etapas do edifício, desde o projecto, à construção, à utilização e manutenção de edifícios de comércio e serviços e os respectivos sistemas técnicos, assim como os requisitos para a classificar o seu desempenho.

Também o RECS será alvo de uma apresentação mais detalhada num capítulo posterior.

## 2. RSECE e RECS

### 2.1. RSECE [10, 11, 12]

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios procurou introduzir medidas de racionalização para os sistemas de climatização a instalar nos edifícios, pretendendo assim, contribuir para a eficiência energética no sector dos edifícios principalmente no subsector dos serviços.

Estabelecia limites à potência máxima dos sistemas a instalar, de modo a combater o sobredimensionamento dos sistemas de climatização, prática esta muito comum nesta área de mercado.

O RSECE também definia, as condições de conforto térmico e de higiene exigidas nos diferentes espaços dos edifícios em função da sua utilização, promovia a eficiência global dos edifícios a nível dos seus consumos energéticos. Impunha regras de eficiência aos sistemas de climatização para permitir melhorar o seu desempenho energético e garantir uma boa qualidade do ar interior através de uma manutenção apropriada, assim como monitorizava as próprias acções de manutenção dos sistemas de climatização de modo a garantir a eficiência energética e a qualidade do ar interior.

## **2.1.1. Capítulo I – Objecto e âmbito de aplicação**

### **2.1.1.1. Objecto**

O RSECE estabelecia as condições a observar no projecto, na concepção da instalação, na manutenção, na monitorização e auditoria para os edifícios em termos dos consumos de energia, do conforto térmico e da qualidade do ar interior de novos sistemas de climatização. Determinava também os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes, nos novos projectos e nas grandes reabilitações de edifícios (condições de funcionamento nominal), em particular para a climatização, assim como, os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização.

Definia ainda, as condições de monitorização e de auditoria dos edifícios ao nível do consumo de energético e da qualidade do ar interior, as habilitações de todos os técnicos envolvidos no projecto, na instalação e na manutenção dos sistemas de climatização quer a nível da eficiência energética, quer da qualidade do ar interior.

### **2.1.1.2. Âmbito de aplicação**

Relativamente ao âmbito este Regulamento aplicava-se:

- A grandes edifícios ou fracções autónomas de serviços com área útil superior a 1000 m<sup>2</sup> e com área útil superior a 500 m<sup>2</sup> para edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas;
- Aos novos pequenos edifícios ou fracções de serviços equipados com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW;
- Aos novos edifícios de habitação ou a cada uma das suas fracções autónomas com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW;
- Aos novos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou fracções autónomas existentes, de serviços ou de habitação, com potência instalada igual ou superior a 25 kW para qualquer tipologia de edifícios;
- A grandes intervenções de reabilitações relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços;

- Nas ampliações dos edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limiar definido para ser considerada uma grande intervenção de reabilitação.

Estavam isentos deste regulamento:

- Pequenos edifícios ou fracções autónomas de serviços sem sistemas de climatização, ou equipados com sistemas autónomos com potência instalada até 25 kW;
- Locais de culto;
- Edifícios industriais e agrícolas destinados a actividades de produção;
- Garagens, armazéns e similares sem sistemas de climatização;
- Edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências do RSECE;
- Infra-estruturas militares e imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade.

## **2.1.2. Capítulo II – Princípios gerais, definições e referências**

### **2.1.2.1. Índices e parâmetros de caracterização**

A caracterização energética dos edifícios era realizada através de indicadores de consumo específico, os indicadores de eficiência energética (IEE), calculados a partir dos consumos efectivos de energia e convertidos posteriormente em unidade de energia primária. Tratava-se de um valor indicativo do consumo energético por m<sup>2</sup> de um determinado espaço. Indicador que era utilizado para verificar se os edifícios de serviços cumpriam com o requisito energético aplicável do RSECE e para determinar a classe de desempenho no âmbito do SCE.

Os factores de conversão das fontes de energia utilizados no cálculo do IEE eram os seguintes:

- Electricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis: 0,086 kgep/kWh.

Contudo a eficiência energética dos edifícios também podia ser caracterizada por um indicador de CO<sub>2</sub> produzido correspondente ao consumo de energia do edifício por metro quadrado de área útil.

### 2.1.2.2. Indicador de eficiência energética, IEE

O indicador de eficiência energética era determinado a partir dos consumos nominais ou reais de energia de um edifício durante um ano, não só do consumo provocado pelo sistema de climatização, mas também pelos consumos da iluminação, equipamentos, elevadores, águas quentes sanitárias, etc. E determinava-se recorrendo à seguinte equação:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{Ap} \quad (1)$$

Com:

$IEE$  = indicador de eficiência energética (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$IEE_I$  = indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$IEE_V$  = indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano);

$Q_{out}$ , = consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);

$Ap$  = área útil de pavimento m<sup>2</sup>.

O  $IEE_I$  e o  $IEE_V$  eram calculados através das seguintes equações:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{Ap} \times F_{CI} \quad \text{e} \quad IEE_V = \frac{Q_{arr}}{Ap} \times F_{CV} \quad (2 \text{ e } 3)$$

Com:

$Q_{aq}$  = consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);

$F_{CI}$  = Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento;

$Q_{arr}$  = consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);

$F_{CV}$  = Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento.

Os factores de correcção  $F_{CI}$  e o  $F_{CV}$  consideravam as diferenças de necessidades de aquecimento ou de arrefecimento em função do rigor do clima, corrigidas pelo grau de

exigência na qualidade da envolvente de cada zona climática. Como região climática de referência adopta-se a região I1-V1 norte, 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração de aquecimento. Estes factores eram determinados pelas seguintes equações:

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad (4)$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad (5)$$

Em que:

$N_{I1}$  = necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, para o edifício na zona I1 (kW/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{Ii}$  = necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício na zona onde está localizado (kW/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{V1}$  = necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, para o edifício na zona V1 (kW/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{Vi}$  = necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício na zona onde está localizado (kW/m<sup>2</sup>.ano).

O cálculo do IEE era realizado, de acordo com o tipo de IEE apresentado na figura (1), ou seja, o  $IEE_{real,facturas}$  era determinado através das facturas energéticas dos últimos três anos. Já o  $IEE_{real,simulação}$ , era estimado recorrendo a um método de simulação dinâmica que cumprisse a Norma ASHRAE 140-2004, usando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correcção climática. Também o  $IEE_{nom}$  era estimado por simulação dinâmica cumprindo a Norma ASHRAE 140-2004, no entanto utilizavam-se os perfis padrão do Anexo XV, com correcção climática. O  $IEE_{ref}$ , novo encontrava-se definido no Anexo XI e o  $IEE_{ref,exis}$ , estava definido no Anexo X.

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
IEE <sub>real, facturas</sub>	IEE real obtido pelas facturas	Por análise simples das facturas energéticas (últimos 3 anos de registos), sem correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*</li> </ul>
IEE <sub>real, simulação</sub>	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para efeitos da 1ª auditoria de edifícios novos (ao fim do terceiro ano de funcionamento)</li> <li>Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*</li> </ul>
IEE <sub>nom</sub>	IEE nominal	Por simulação dinâmica em condições nominais nomeadamente, utilizando os perfis padrão do Anexo XV, com correcção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos</li> <li>Classificação energética do edifício (tanto novos como existentes)</li> <li>Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*</li> </ul>
IEE <sub>ref, novo</sub>	IEE de referência limite para edifícios novos	Definido no Anexo XI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos</li> <li>Referência para classificação energética (aplicável a edifícios novos e existentes)</li> </ul>
IEE <sub>ref, exist</sub>	IEE de referência limite para edif. existentes	Definido no Anexo X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificação simplificada e detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE*</li> </ul>

**Figura 1 - Tipos de Indicador de Eficiência energética [11]**

ANEXO X

Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes

Tipos de actividade	Tipologia do edifício	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Serviços .....	Bingos e clubes sociais .....	45
	Clubes desportivos com piscina .....	35
	Clubes desportivos sem piscina .....	25
	Escritórios .....	40
	Sedes de bancos e seguradoras .....	70
	Filiais de bancos e seguradoras .....	60
	Comunicações .....	40
	Bibliotecas .....	20
	Museus e galerias .....	10
	Tribunais .....	10
Estabelecimentos prisionais .....	20	

**Figura 2- Valores limites dos consumos globais dos edifícios de serviços existentes [10]**

### 2.1.2.3. Classificação Energética

O Despacho n.º 10250/2008 veio estabelecer o modelo de certificado a emitir para os novos edifícios e dos edifícios existentes. Determinou também que a declaração de conformidade regulamentar (DCR) e certificado energético e da qualidade do ar interior (CE) seriam os certificados emitidos pelos peritos qualificados no âmbito do SCE.

Paralelamente, definiu os tipos e modelos de certificado, ou seja, para efeitos da certificação energética, as fracções autónomas ou edifícios podem ser classificados como:

- a) Habitação sem climatização (HsC), para fracções ou edifícios de habitação sem sistema de climatização ou com sistema de climatização com uma potência térmica, igual ou inferior a 25 kW;
- b) Habitação com climatização (HcC), para fracções ou edifícios de habitação que disponham de sistema de climatização cuja potência térmica, seja superior a 25 kW;
- c) Pequenos serviços sem climatização (PESsC), para fracções ou edifícios de serviços, com área útil igual ou menor a 1000 m<sup>2</sup> sem sistema de climatização ou cujo sistema de climatização tenha uma potência térmica, igual ou inferior a 25 kW;
- d) Pequenos serviços com climatização (PEScC), para fracções ou edifícios de serviços, com área útil igual ou menor a 1000 m<sup>2</sup> com sistema de climatização cuja potência térmica, seja superior a 25 kW, **(como o caso de estudo a apresentar)**;
- e) Grandes serviços (GES), para fracções ou edifícios de serviços, com área útil superior a 1000 m<sup>2</sup> ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, independentemente de dispor ou não de sistema de climatização.

Para os HsC e os HcC o certificado a emitir correspondia ao Tipo A, no caso dos PEScC e GES o certificado correspondente era o Tipo B, por fim para os PESsC o certificado a emitir era o Tipo C. O conteúdo e formato dos diferentes certificados estavam apresentados nos Anexos I, II e III do Despacho n.º 10250/2008.



Relativamente à classe energética das fracções ou edifícios esta era determinada em função do tipo de certificado a emitir, ou seja, para os novos HsC, HcC e PESsC a classe energética era dada pela seguinte equação:

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (6)$$

Em que,

$N_{tc}$ , é o valor das necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes;

$N_t$ , é o valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes.

O valor de  $N_{tc}$  e  $N_t$ , eram determinados de acordo com as metodologias definidas para o efeito no Decreto -Lei 80/2006 de 4 de Abril. Para o caso de edifícios ou fracções de edifícios existentes a determinação do valor de  $N_{tc}$  que iria definir a respectiva classificação energética, poderia ser efectuado de acordo com as metodologias estabelecidas no Decreto -Lei 80/2006, de 4 de Abril, ou de acordo com as simplificações determinadas na nota técnica NT-SCE-01.

Os edifícios ou fracções autónomas de edifícios referidos anteriormente, podiam ser classificados de acordo com o valor de R nas classes energéticas apresentadas na seguinte figura (3).

Classe Energética	Valor de R
A + .....	$R \leq 0,25$
A .....	$0,25 < R \leq 0,50$
B .....	$0,50 < R \leq 0,75$
B - .....	$0,75 < R \leq 1,00$
C .....	$1,00 < R \leq 1,50$
D .....	$1,50 < R \leq 2,00$
E .....	$2,00 < R \leq 2,50$
F .....	$2,50 < R \leq 3,00$
G .....	$R > 3,00$

Figura 3 - Classe energética [32]

Para os edifícios que são objecto de certificado Tipo B (**como o caso de estudo a apresentar**), a classe energética era determinada com base no valor do indicador de eficiência energética obtido na base dos padrões nominais de utilização ( $IEE_{nom}$ ), no valor do indicador de eficiência energética de referência para edifícios novos ( $IEE_{ref,novos}$ ) e no valor do parâmetro S, (parâmetro definido no Anexo IV do despacho n.º 10250/2008). Deste modo a classificação energética deveria ser feita recorrendo a seguinte figura.

Classe Energética	Condição a verificar
A +	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 X S$
A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 X S$
B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 X S$
B -	$IEE_{ref,novos} - 0,25 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 X S$
D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 X S$
E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 X S$
F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 X S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 X S$
G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 X S < IEE_{nom}$

Figura 4 - Classe energética [32]

#### 2.1.2.4. Requisitos exigenciais

Os requisitos exigenciais de conforto térmico de referência e qualidade térmica da envolvente, eram os fixados no RCCTE, tendo ainda em conta que a velocidade do ar interior não devia exceder os 0,2 m/s e a necessidade de compensar os desequilíbrios radiativos térmicos.

Requisitos mínimos de qualidade térmica:

- Zoneamento climático, país e regiões divididas em 3 zonas climáticas de Inverno e 3 zonas climáticas de Verão;
- Classificação dos diferentes tipos de envolvente;

- Verificação dos requisitos térmicos de qualidade térmica, o coeficiente de transmissão térmica superficial (U) da superfície envolvente opaca exterior, interior e edifícios vizinhos  $\leq U_{\text{máx}}$ , o  $U_{\text{PTP}} \leq U_{\text{máx}}$  e o factor solar dos vãos envidraçados  $\leq$  factor solar máximo.

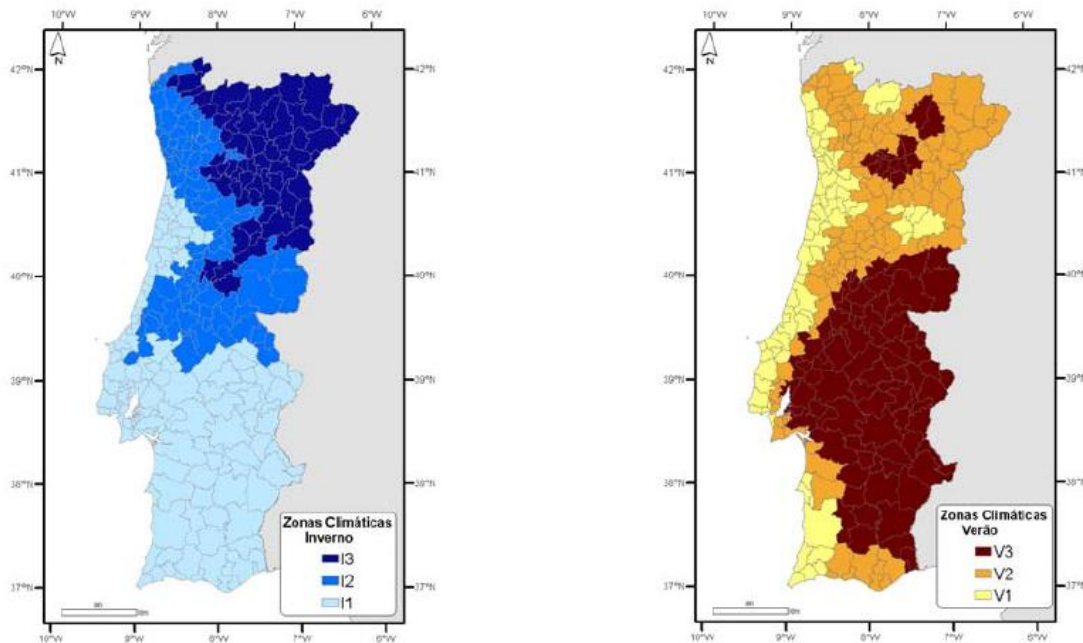


Figura 5 - Zoneamento Climático [5]

Elemento da envolvente	(U-W/m <sup>2</sup> °C)		
	Zona climática (*)		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Elementos exteriores em zona corrente (**):			
Zonas opacas verticais .....	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente (***):			
Zonas opacas verticais .....	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

Figura 6 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos [5]

	Zona climática (*)		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Classe de inércia térmica (**)			
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

**Figura 7 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem [5]**

Os requisitos da Qualidade do Ar Interior determinavam o valor mínimo de renovação do ar por espaço dependendo da sua utilização e do tipo de fontes poluentes existentes nesse mesmo espaço e as concentrações máximas de algumas substâncias poluentes do ar interior.

#### ANEXO VII

##### Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes

Parâmetros	Concentração máxima de referência (mg/m <sup>3</sup> )
Partículas suspensas no ar (PM10).....	0,15
Dióxido de carbono .....	1800
Monóxido de carbono .....	12,5
Ozono .....	0,2
Formaldeído.....	0,1
Compostos orgânicos voláteis totais .....	0,6

**Figura 8 - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes [10]**

### 2.1.3. Capítulo III – Requisitos energéticos

#### 2.1.3.1. Condições nominais

Os requisitos energéticos eram calculados na base de padrões de referência de utilização (definidos e actualizáveis por portaria), no entanto as condições de utilização podiam ser alteradas quando fosse necessário adoptar uma solução específica e se a entidade licenciadora aceitar.

Todos os novos edifícios de serviços e os existentes sujeitos a grande reabilitação, deviam ter envolventes de acordo com os requisitos mínimos de qualidade térmica.

#### **2.1.3.2. Requisitos energéticos para GES existentes**

O consumo global específico de energia em condições normais de funcionamento ( $IEE_{real}$ ) de um GES existente, era avaliado periodicamente por auditoria energética no âmbito do SCE, não podendo ultrapassar o valor definido no RSECE e actualizado por portaria ( $IEE_{ref,exis}$ ). Se o consumo nominal específico ( $IEE_{nom}$ ) fosse superior ao permitido, dever-se-ia submeter um plano de racionalização energética (PRE), de modo a reduzir o consumo específico para os valores conformes.

#### **2.1.3.3. Requisitos energéticos para GES a construir e grandes intervenções de reabilitação**

Neste caso o consumo nominal específico de energia ( $IEE_{nom}$ ) era calculado através de uma simulação dinâmica multizona do edifício, usando metodologias de simulação que obedecem às exigências do regulamento. A partir do momento em que o edifício passasse a ser utilizado, este ficava sujeito aos requisitos de um GES existente, devendo a primeira auditoria acontecer durante o terceiro ano de funcionamento. Se a primeira auditoria demonstrasse um consumo superior ao valor máximo permitido, o proprietário ficava sujeito a coima anual, até à reposição do consumo específico dentro dos valores regulamentares (caso não justifique).

#### **2.1.3.4. Requisitos energéticos para PES existentes**

Este tipo de edifícios não ficava sujeito a qualquer requisito de limitação de consumo de energia (**como o caso de estudo a apresentar**).

#### **2.1.3.5. Requisitos energéticos para PES a construir e intervenções de reabilitação**

Não podiam ultrapassar um consumo nominal específico ( $IEE_{nom}$ ), baseado em padrões de utilização típicos calculados de acordo com uma metodologia de simulação dinâmica simplificada, paralelamente a componente de climatização não podia ultrapassar 80% das necessidades de energia nominais para aquecimento e arrefecimento permitidas pelo RCCTE.

### 2.1.3.6. Requisitos energéticos para edifícios de habitação com sistemas de climatização

Não podiam ultrapassar as necessidades nominais específicas, baseadas em padrões de utilização típicos, correspondentes a 80% das necessidades nominais para aquecimento e arrefecimento permitidas pelo RCCTE.

## 2.1.4. Capítulo IV – Requisitos para a manutenção da qualidade do ar interior

### 2.1.4.1. Garantia da qualidade do ar

Todos os edifícios novos deviam garantir os valores de caudal de ar novo estabelecidos pelo RSECE, de modo a garantir uma adequada qualidade do ar interior (QAI) durante o período de funcionamento do edifício. Os requisitos exigenciais dos QAI estavam definidos e eram actualizáveis periodicamente por portaria.

A quantidade de ar novo era determinada através do método prescritivo em que para um determinado tipo de actividade era atribuído um caudal mínimo de ar novo em função do número de ocupantes ou da área do espaço.

#### ANEXO VI

##### Caudais mínimos de ar novo

Tipo de actividade		Caudais mínimos de ar novo	
		[m <sup>3</sup> /(h.ocupante)]	[m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )]
Residencial .....	Salas de estar e quartos .....	30	
Comercial .....	Salas de espera .....	30	
	Lojas de comércio .....		5
	Áreas de armazenamento .....		5
	Vestiários .....		10
	Supermercados .....	30	5

**Figura 9 - Caudais mínimos de ar novo [10]**

Se os materiais de revestimento interior adoptados não fossem ecologicamente limpos, os valores de caudal de ar novo deveriam ser aumentados em 50%. Caso fosse permitido

fumar, o caudal mínimo de ar novo a garantir teria um valor de 60 m<sup>3</sup>/ocupante, devendo estes espaços encontrarem-se em depressão em relação aos espaços adjacentes.

Era necessário afectar os valores de caudal mínimo da eficiência do sistema de ventilação adoptada, garantir que a velocidade do ar fosse  $\leq 0,2$  m/s nas zonas ocupadas e a ausência de correntes de ar (de modo a não causar desconforto nem promoverem o arrastamento de partículas).

Já a captação de ar novo deveria ser realizada longe de exaustões, do tráfego urbano ou outras fontes de poluição locais e fora da sua influência na presença de ventos dominantes. Caso fosse feita em zonas interiores era obrigatório garantir uma limpeza efectiva periódica, através do plano de manutenção preventiva e uma franca ventilação da zona de captação de ar novo, devendo também possuir uma capacidade de filtragem adequada.

<b>Distância mínima de captação de ar novo</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Distancia (m)</b>
Exaustões significativamente contaminadas	5
Exaustões tóxicas e perigosas	10
Respiros de esgotos, chaminés e condutas de aparelhos e equipamentos de combustão	5
Entradas de garagens, áreas de carga e descarga	5
Áreas intensas de carga de camiões ou docas, paragens de autocarros e zonas de marcha lenta	7,5
Ruas, locais de estacionamento e entrada de garagem	1,5
Via publica com trafego intenso	7,5
Pavimento, cobertura inclinada ou terraço	0,30
Zonas de armazenamento de lixos e resíduos domésticos	5
Torres de arrefecimento – admissão de ar e tanque de água	5
Torres de arrefecimento – exaustão	7,5

**Tabela 1 - Distancias mínimas de captação de ar novo [13]**

A periodicidade das auditorias de QAI era de dois em dois anos para edifícios ou locais que funcionem como estabelecimento de ensino ou formação, actividades desportivas ou lazer, infantários, creches, estabelecimentos para permanência de crianças, centros de idosos, lares, hospitais, clínicas e similares. Para edifícios comerciais, de serviços, de turismo, de transporte, de actividades culturais e escritórios era de três em três anos e de seis em seis anos para os restantes. Deviam-se avaliar as condições higiénicas do sistema

de AVAC e a capacidade de filtragem do sistema, verificando o estado dos filtros e a sua eficácia.

## **2.1.5. Capítulo V – Requisitos para concepção das instalações mecânicas de climatização**

### **2.1.5.1. Limitação da potência instalada em novos sistemas de climatização**

Os métodos de dimensionamento das potências térmicas tinham que ser realizados através de métodos validados. As potências térmicas dos equipamentos a instalar não podiam exceder em mais de 40% o valor calculado em projecto. No entanto, para hospitais e empreendimentos turísticos de categoria superior ou igual a três estrelas era permitido exceder o limite da potência térmica instalada com a instalação de unidades de reserva.

### **2.1.5.2. Requisitos de eficiência energética no projecto de novos sistemas de climatização**

Todos os edifícios novos, os edifícios existentes sujeitos a grande reabilitação, estavam obrigados a adoptar um sistema energético centralizado sempre que a potencia a instalar fosse superior a 100 kW (4Pm), desde que fosse economicamente viável.

Era obrigatório recorrer a sistemas de climatização que utilizem fontes renováveis, assim como, é também obrigatório a ligação de sistemas a redes urbanas de distribuição de calor e frio, desde que sejam economicamente viáveis.

O recurso a sistemas de co-geração nos grandes edifícios com áreas superiores a 10000 m<sup>2</sup> de área útil do tipo, estabelecimentos de saúde com internamento, empreendimentos turísticos de quatro ou mais estrelas, centros comerciais e piscinas aquecidas com mais de 200 m<sup>2</sup> de pano de água, era obrigatório, desde que fosse economicamente viável, sendo o estudo de viabilidade obrigatório.

O recurso a potência eléctrica para aquecimento por efeito de joule estava limitado a 5% da potência térmica de aquecimento até ao limite de 25 kW por fracção autónoma de edifício, excepto se fosse comprovada a não viabilidade económica da instalação de equipamentos



alternativos. Para os sistemas do tipo só arrefecimento era possível instalar equipamentos para reaquecimento terminal com uma potência até 10% da potência de arrefecimento a instalar.

A aplicação de unidades individuais de climatização, cuja potência excedesse-se 12 kW estava limitada, excluindo espaços que apresentassem condições interiores específicas em relação às verificadas no restante edifício ou fracção autónoma.

A recuperação de energia no ar de rejeição na estação de aquecimento com eficiência mínima de 50% ou recuperação equivalente, sempre que a potência térmica de rejeição em condições de projecto fosse superior a 80 kW, era obrigatória desde que fosse economicamente viável.

Para os sistemas de climatização do tipo ar-ar (tudo ar), em que o caudal de ar de insuflação fosse superior a 10000 m<sup>3</sup>/h, era obrigatório instalar dispositivos que permitissem o arrefecimento dos locais apenas com o ar exterior (free-cooling) sempre que temperatura ou a entalpia do ar exterior fosse inferior à do ar de retorno, desde que fosse economicamente viável.

Impunha a necessidade de registar o consumo de energia dos sistemas de climatização comuns a várias fracções autónomas ou edifícios.

Os equipamentos de aquecimento e arrefecimento não deveriam ter um valor de eficiência nominal inferior aos indicados no Decreto-Lei nº 136/94, de 20 de Maio, que procedeu à transposição para o direito interno nacional da Directiva nº 92/42/CEE, relativa às exigências de rendimento das novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos e na Portaria n.º 337/96 de 6 Agosto.

Níveis de rendimento útil

Tipos de caldeiras	Intervalos de potência — Qutlovátios	Rendimento à potência nominal		Rendimento em carga parcial (30%)	
		Temperatura média da água na caldeira (em graus centígrados)	Expressão da exigência do rendimento (em percentagem)	Temperatura média da água na caldeira (em graus centígrados)	Expressão da exigência do rendimento (em percentagem)
Caldeiras padrão . . . . .	4 a 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Caldeiras de baixa temperatura (*) . . .	4 a 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Caldeiras de gás de condensação . . . . .	4 a 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

(\*) Incluindo as caldeiras de condensação que utilizem combustíveis líquidos.

(\*\*) Temperatura da água de retorno à caldeira.

Figura 10- Níveis de rendimento útil das caldeiras [12]

Obrigava à repartição da potência de aquecimento em contínuo ou por escalões de acordo com a figura (11), desde que fosse economicamente viável.

**Número mínimo de escalões das instalações de aquecimento**

Potência (kilowatt)	Escalões
Inferior a 100 .....	1
De 100 a 500 .....	2
De 500 a 1000 .....	4
Superior a 1000 .....	Modulante

**Figura 11 - Repartição de potências de aquecimento [10]**

Para equipamentos dos sistemas de climatização com potência eléctrica instalada superior a 12 kW, ou potência máxima em combustíveis fósseis superior a 100 kW era necessário ter meios de registo individual para contagem dos consumos de energia.

Impunha que os motores dos elementos propulsores dos fluidos de transporte tivessem a classificação mínima EFF2.

Determinava que todas as redes de condutas e tubagens e respectivos acessórios e componentes fossem isolados e que tivessem barreira contra vapor no caso de tubagens de água arrefecida. A espessura do isolamento, estava definida em função da dimensão dos componentes a isolar, da sua localização, do tipo de isolamento e da temperatura do fluido em circulação.

**Espessuras mínimas de isolamento**

Fluido interior quente					Fluido interior frio				
Diâmetro exterior (em milímetros)	Temperatura do fluido (em graus centígrados)				Diâmetro exterior (em milímetros)	Temperatura do fluido (em graus centígrados)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200		-20 a -10	-9.9 a 0	0.1 a 10	>10
D ≤ 35 .....	20	20	30	40	D ≤ 35 .....	40	30	20	20
35 < D ≤ 60 .....	20	30	40	40	35 < D ≤ 60 .....	50	40	30	20
60 < D ≤ 90 .....	30	30	40	50	60 < D ≤ 90 .....	50	40	30	30
90 < D ≤ 140 .....	30	40	50	50	90 < D ≤ 140 .....	60	50	40	30
140 < D .....	30	40	50	60	140 < D .....	60	50	40	30

**Figura 12 - Espessuras mínimas de isolamento [10]**

Era necessário especificar no projecto todos os acessórios que permitissem uma fácil monitorização e manutenção preventiva dos sistemas, tais como:

- Consumo eléctrico de todos os motores com potência superior a 5,5 kW;
- Estado de colmatagem dos filtros de ar e água;
- Estado dos registos corta-fogo (aberto/fechado);
- Gases de combustão de caldeiras com potência superior a 100 kW;
- Temperatura do ar exterior;
- Temperatura média do ar interior, ou de cada zona controlada;
- Temperatura da água em circuitos primários (ida/retorno);
- Temperatura de insuflação das unidades de tratamento de ar;
- QAI por grande zona a climatizar.

### **2.1.5.3. Sistemas de regulação e controlo**

A adopção destes sistemas era obrigatória em qualquer sistema de climatização, devendo garantir no mínimo, a limitação da temperatura de conforto máxima e mínima, a regulação da potência de aquecimento e arrefecimento em função das necessidades térmicas do edifício e permitir reduzir automaticamente ou desligar a climatização em períodos de não ocupação.

O sistema de regulação e controlo deveria permitir a sua integração num sistema de gestão técnica de energia, que se iria sobrepor a ele.

### **2.1.5.4. Sistemas de monitorização e de gestão de energia**

Os sistemas de monitorização e de gestão de energia eram obrigatórios em função da potência instalada de acordo com:

- Sistema monitorização a partir de 100 kW instalados;
- Sistema gestão de energia a partir de 200 kW instalados;
- Sistema gestão de energia com possibilidade de optimização centralizada da parametrização a partir de 250 kW instalados.

## **2.1.6. Capítulo VI – Construção, ensaios e manutenção**

### **2.1.6.1. Equipamentos instalados**

Todos os equipamentos instalados deviam possuir certificados de conformidade, chapa de identificação em local visível e ser acompanhados por documentação técnica em língua portuguesa. Deviam também estar equipados com mecanismos de protecção de acordo com o fabricante e a regulamentação existente.

### **2.1.6.2. Ensaios de recepção**

Os ensaios de recepção permitiam garantir que as condições de funcionamento dos sistemas de climatização estavam de acordo com o projectado, assim, todas as instalações tinham que ser submetidas a ensaios de recepção, de acordo com a seguinte lista ajustada a cada caso específico:

- Estanqueidade da rede da tubagem;
- Estanqueidade da rede de condutas;
- Medição dos caudais de água e ar;
- Medição da temperatura e da humidade relativa (nos circuitos de ar);
- Medição de consumos em cada propulsor de fluido, caldeira e máquina frigorífica;
- Verificação das protecções eléctricas em todos os propulsores de fluido, caldeira e máquina frigorífica;
- Verificação do sentido de rotação em todos os motores e propulsores de fluidos;
- Verificação da eficiência nominal de todos os motores propulsores de fluido, caldeira e máquina frigorífica;
- Verificação do sentido de colocação dos filtros e das válvulas anti-retorno;
- Comprovar a correcta drenagem de condensados produzidos em cada local onde possam acontecer;
- Deve ser verificado se o sistema de controlo reage conforme o esperado, em resposta a uma solicitação de sentido positivo ou negativo;
- Os pontos obrigatórios para monitorização estão indicados no Anexo V do RSECE;

- Devem ser verificados todos os componentes especiais e essenciais, tais como sistemas anti-corrosão das redes de tubagem, bombas de calor desumificadoras, desgaseificadores, sistemas de detecção de gás, válvulas motorizadas de 2 e de 3 vias, etc;
- Limpeza das redes e componentes.

Deveria ser efectuado um relatório comprovativo da realização dos ensaios, se os resultados não forem satisfatórios deveriam ser repetidos e se necessário aplicar medidas correctivas.

### **2.1.6.3. Condução e manutenção das instalações**

Todos os sistemas energéticos dos edifícios, ou fracções autónomas deviam ser mantidos em condições que permitissem um funcionamento optimizado e deste modo garantissem o conforto ambiental, a QAI e a eficiência energética.

Era obrigatório para as instalações e equipamentos, a existência de um plano de manutenção preventiva, elaborado por técnicos qualificados. Este plano tinha que conter no mínimo os seguintes elementos:

- Identificação e localização do edifício;
- Identificação e contactos do técnico responsável;
- Identificação e contactos do proprietário e do locatário;
- Descrição e caracterização resumida do edifício e dos correspondentes compartimentos interiores climatizados;
- Descrição detalhada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas energéticos e da optimização da QAI;
- Periodicidade das operações de manutenção preventiva e limpeza;
- A qualificação profissional que as devem executar;
- Registo das operações realizadas e dos resultados e dos técnicos que as realizaram;
- Registo das análises periódicas da QAI;
- Definição das grandezas a medir.

As operações de manutenção deviam ser realizadas por técnicos de manutenção certificados. Era necessário garantir o acesso a todos os equipamentos constituintes da instalação de climatização para efeitos de manutenção e as alterações introduzidas deviam ser registadas no projecto e em livro de ocorrências. Assim como, deveriam existir diagramas que representassem esquematicamente os sistemas de climatização instalados, assim como uma cópia do projecto e instruções de operação.

#### **2.1.6.4. Auditorias a caldeiras e ar condicionado**

As caldeiras de sistemas de aquecimento ficavam sujeitas a inspecções periódicas, de modo a determinar a sua eficiência e eventual substituição caso fosse economicamente viável para todos os edifícios, de acordo com o tipo de combustível e potência nominal:

- Alimentadas a combustíveis líquidos ou sólidos de potência nominal útil de 20 kW a 100 kW, 6 anos;
- Alimentadas a combustíveis líquidos ou sólidos não renováveis de potência nominal útil superior a 100 kW, 2 anos e 1 ano se superior a 500 kW;
- Alimentadas a combustíveis gasosos de potência nominal útil superior a 100 kW, 3 anos e 2 anos se superior a 500 kW.

Os edifícios ou fracções autónomas com potência instalada superior a 12kW estavam sujeitos a inspecções periódicas (o responsável por requerer estas inspecções era o proprietário) para determinar a sua eficiência e analisar a eventual substituição caso fosse economicamente viável, em função da potência nominal útil:

- Equipamentos com potência nominal útil superior a 12 kW e inferior a 100 kW, 3 anos;
- Equipamentos com potência nominal útil superior a 100 kW, 1 ano.

#### **2.1.6.5. Técnico responsável pelo funcionamento (TRF)**

Devia haver um técnico responsável pelo bom funcionamento dos sistemas energéticos de climatização, pela sua manutenção, pela qualidade do seu ar interior e pela gestão da respectiva informação técnica. No caso dos pequenos edifícios ou fracções autónomas de serviços podia ser garantida pelo técnico de manutenção. Este devia ser indicado ao

organismo responsável pelo SCE, no prazo de 10 dias após a emissão do alvará de licença de autorização ou da autorização.

A identificação do TRF tinha que estar afixada em local acessível e visível.

#### **2.1.6.6. Técnico de instalação e manutenção de sistemas de climatização e de QAI**

A montagem dos sistemas de climatização e de QAI, assim como a sua manutenção tinha que ser acompanhada por um técnico de instalação e manutenção e de QAI qualificados e certificados.

### **2.1.7. Capítulo VII – Licenciamento**

#### **2.1.7.1. Licenciamento ou autorização de construção**

Estes procedimentos deveriam assegurar a demonstração do cumprimento do presente Regulamento e deviam incluir:

- O projecto de licenciamento das instalações mecânicas de climatização que descreva as soluções adoptadas e a total conformidade com o Regulamento;
- Uma ficha sumário;
- Um levantamento dimensional para cada fracção autónoma do edifício;
- O cálculo dos valores das necessidades nominais específicas de energia do edifício e das potências máximas a instalar;
- Termo de responsabilidade do técnico responsável pelo projecto;
- Certificado emitido por perito qualificado, no âmbito do SCE.

### **2.1.8. Capítulo IX – Disposições transitórias**

#### **2.1.8.1. Viabilidade económica**

É determinada através do parâmetro período de retorno simples (PRS), dado pela equação seguinte:

$$PRS = \frac{Ca}{P1} \quad (7)$$

Com,

$Ca$  = custo adicional de investimento da solução mais eficiente;

$P1$  = poupança anual, resultado da solução mais eficiente.

Não são tidos em consideração possíveis alterações nos preços de energia, custos financeiros e a inflação.

## **2.2. RECS [9, 14, 15, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21]**

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço têm como propósito a promoção da eficiência energética e a qualidade do ar interior.

Determina as regras a garantir nas diferentes etapas do edifício, desde o projecto, à construção, à utilização e manutenção de edifícios de comércio e serviços e os respectivos sistemas técnicos, assim como os requisitos para a classificar o seu desempenho.

### **2.2.1. Secção I – Objectivo e âmbito de aplicação**

#### **2.2.1.1. Objectivo**

Determina as regras a observar nas diferentes fases da vida dos edifícios de comércio e serviços e para os seus sistemas técnicos, desde a fase de projecto até a utilização. Ao mesmo tempo, estabelece os requisitos para a caracterização do desempenho dos mesmos edifícios de modo a promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior.

#### **2.2.1.2. Âmbito de aplicação**

Quanto á sua aplicação, este regulamento destina-se a edifícios de comércio e serviços para as seguintes condições:

- Projecto e construção de novos edifícios;
- Grande intervenção na envolvente ou sistemas técnicos de edifícios existentes;



- Avaliação energética e da manutenção dos edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes no âmbito do SCE.

Estão isentos deste regulamento:

- Os edifícios destinados a habitação;
- Locais de culto ou para actividades religiosas;
- Armazéns, estacionamento, oficinas e similares;
- As instalações industriais, agrícolas ou pecuárias;
- Os monumentos e os edifícios a que seja reconhecido especial valor arquitectónico ou histórico;
- Os edifícios integrados em conjuntos ou sítios classificados ou em vias de classificação, ou situados dentro de zonas de protecção;
- Infra-estruturas militares e imóveis afectos ao sistema de informações que se encontrem sujeitos a regras de controlo e de confidencialidade.

## **2.2.2. Secção II – Princípios gerais**

### **2.2.2.1. Comportamento térmico**

Todos os edifícios abrangidos pelo RECS devem ser avaliados e estão sujeitos a determinados requisitos de modo a fomentar a melhoria do seu comportamento térmico, a prevenção de patologias e o conforto ambiente, incidindo para esse efeito nas características da envolvente opaca e envidraçada dos edifícios.

Nesta secção, são estabelecidos os requisitos de qualidade térmica da envolvente para os edifícios novos e as grandes intervenções em edifícios existentes, expressa em termos de coeficiente de transmissão térmica da envolvente e de factor solar dos vãos envidraçados.

### **2.2.2.2. Eficiência dos sistemas técnicos**

Também os sistemas técnicos dos edifícios abrangidos pelo RECS no sentido de promover a eficiência e a utilização racional de energia devem ser avaliados e sujeitos a requisitos actuando nos sistemas de climatização, de preparação de AQS, de gestão de energia, de iluminação, de energias renováveis, de elevadores e escadas rolantes.

Determina requisitos para a concepção e de instalação dos sistemas técnicos, estabelece um IEE para caracterização do desempenho energético dos edifícios e dos respectivos limites máximos e obriga a efectuar avaliações energéticas periódicas dos consumos energéticos dos edifícios existentes, de modo a averiguar a necessidade de preparar um plano de racionalização energética.

### **2.2.2.3. Ventilação e qualidade do ar interior**

Estabelece através da Portaria n.º 353-A/2013, os requisitos de ventilação e qualidade do ar interior. De modo a garantir os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço de acordo com as suas especificidades, e os patamares de protecção para as concentrações de poluentes do ar interior, os edifícios de comércio e serviços devem estar preparados com soluções naturais, ou equipados de meios mecânicos ou recorrendo a uma combinação de ambas as soluções.

#### **2.2.2.3.1. Requisitos de ventilação e qualidade do ar interior**

Relativamente à ventilação natural, segundo este regulamento um espaço é adequadamente ventilado se forem verificadas as condições previstas nos diferentes métodos, o método base, o simplificado e o condicionado. No método base, a taxa de renovação horária de ar deve ser calculada através de um método que satisfaça os requisitos da norma EN 15242 ou outra equivalente, ao mesmo tempo, deve garantir o caudal mínimo de ar novo em 90% no mínimo das horas anuais do período de ocupação do edifício. Também para método simplificado recorre-se à norma EN 15242, especificamente às suas simplificações, no entanto o caudal de ar novo tem que ser igual ou superior ao valor de caudal mínimo de ar novo determinado pelos métodos previstos no RECS. No método condicional é necessário respeitar um conjunto de condições para existir um caudal de ventilação natural adequado. Desde a área útil total das aberturas na envolvente exterior, o tipo de janela e aberturas, a densidade de ocupação do espaço e as localizações das aberturas nas fachadas.

Quanto à ventilação mecânica, os sistemas de ventilação devem garantir uma distribuição homogénea do ar novo nas zonas ocupadas e também respeitar os valores mínimos de caudal de ar novo previstos no RECS, afectados pela eficácia de remoção de poluentes. No entanto todos os espaços localizados juntos das fachadas devem ***“apresentar uma área útil de abertura de janelas correspondente a, pelo menos, 2% da área de pavimento do espaço que servem”***, exceptuando os constrangimentos técnicos.

O caudal mínimo de ar novo pode ser determinado através de dois métodos, o método analítico e o prescritivo.

Através do método analítico o caudal mínimo de ar novo é calculado através do valor da concentração média de CO<sub>2</sub> durante o tempo em que está ocupado, ajustando o valor de caudal de ar novo de modo a garantir que não se ultrapassa o limiar de protecção para a concentração de CO<sub>2</sub>, ou seja, o caudal mínimo de ar novo será aquele que garantir uma concentração de CO<sub>2</sub> inferior aos limiares de protecção.

No método prescritivo o caudal de ar novo é determinado com base na diluição das cargas poluentes resultantes dos ocupantes e dos materiais e da actividade desenvolvida do edifício. Sendo que o valor a pesar, é o maior dos valores determinados. Para a diluição da carga poluente devido à ocupação os valores são os anunciados na figura (13).

**Tabela I.04 - Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação, [m<sup>3</sup>/(hora.pessoa)]**

Tipo de actividade	Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Exemplos de tipo de espaço	Caudal de ar novo [m <sup>3</sup> /(hora.pessoa)]
Sono	0,8	Quartos, Dormitórios e similares	16
Descanso	1,0	Salas de repouso, Salas de espera, Salas de conferências, Auditórios e similares, Bibliotecas.	20
Sedentária	1,2	Escritórios, Gabinetes, Secretarias, Salas de aula, Cinemas, Salas de espetáculo, Salas de Refeições, Lojas e similares, Museus e galerias, Salas de convívio, Salas de actividade de estabelecimentos de geriatria e similares.	24
		Salas de jardim de infância e pré-escolar e Salas de creche.	28
Moderada	1,75 (1,4 a 2,0)	Laboratórios, Ateliers, Salas de Desenho e Trabalhos Oficiais, Cafés, Bares, Salas de Jogos e similares.	35
Ligeiramente Alta	2,5 (2,0 a 3,0)	Pistas de dança, Salas em ginásios, Salas de ballet e similares	49
Alta	5,0 (3,0 a 9,0)	Salas de musculação, Salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	98

**Figura 13 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação [15]**

Se o espaço tiver ocupantes com mais que um tipo de actividade, é necessário calcular a média ponderada da actividade metabólica e de seguida afectar o valor de caudal de ar novo com a média da actividade metabólica encontrada.

Para a diluição da carga poluente devida aos materiais e às actividades desenvolvidas no edifício os valores de caudal de ar novo a utilizar são os apresentados na seguinte figura.

Situação do edifício	Caudal de ar novo [m <sup>3</sup> / (hora.m <sup>2</sup> )]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	5

Figura 14 - Caudal mínimo de ar novo determinado devido aos materiais e ao tipo de actividade desenvolvida [15]

Para piscinas o caudal mínimo de ar novo deve ser calculado com base no valor de 20 m<sup>3</sup>/ (hora.m<sup>2</sup>), tendo como área de referência a área do pano de água. Se o espaço tiver uma actividade tipo “*Sono*” o valor de caudal mínimo de ar novo deve ser calculado em função da ocupação. No caso de se analisar a existência predominante de materiais de baixa emissão poluente (≥75%), o valor de caudal mínimo de ar novo deve ser 2 m<sup>3</sup>/ (hora.m<sup>2</sup>).

Espaços sem ocupação permanente ou ocupados ocasionalmente por períodos inferiores a 2 h por dia, estão excluídos do cumprimento do valor de caudal mínimo de ar novo, desde que o caudal de ar seja superior a 2 m<sup>3</sup>/ (hora.m<sup>2</sup>). Se a ventilação for realizada através de ar transferido ou através de recirculação de ar, este não pode ser procedente de instalações sanitárias, cozinhas, arrumos, parques de estacionamento, espaços onde é permitido fumar ou espaços com outras fontes de contaminação.

Para espaços com utilização do tipo sanitários e balneários, os caudais mínimos de extracção de ar a garantir são os apresentados na figura (15) e a captação deve ser efectuada junto da própria fonte de poluição. Também para as instalações sanitárias, estas devem estar em depressão relativamente aos espaços vizinhos, recorrendo a rede de condutas de extracção autónomas.

Tipo de utilização	Caudal [m <sup>3</sup> /h]
Instalação sanitária pública	Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A <sub>pav</sub> )
Instalação sanitária privada	Max (45 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A <sub>pav</sub> ) <sup>(a)</sup>
Balneários	Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x A <sub>pav</sub> ) <sup>(b)</sup> Max (45 x n.º duche; 10 x A <sub>pav</sub> ) <sup>(a)</sup> Max (90 x n.º duche; 10 x A <sub>pav</sub> ) <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> quando o sistema de extracção tem funcionamento contínuo.

<sup>(b)</sup> quando o sistema de extracção não está em contínuo

Figura 15 - Caudal mínimo de extracção de ar a assegurar para locais e instalações específicas [15]

#### **2.2.2.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos**

Determina os requisitos de instalação, da manutenção e da condução das instalações de modo a garantir o seu funcionamento em regime de elevada eficiência energética, tendo em conta os requisitos da própria instalação, a qualidade, organização e gestão da manutenção e a utilização da instalação de uma forma otimizada de modo a garantir o seu funcionamento num regime de elevada eficiência energética.

O Técnico de instalação e manutenção (TIM), deve ter um cuidado especial com as exigências de instalação, com a manutenção e com o funcionamento da instalação.

#### **2.2.3. Secção III – Requisitos específicos**

Através da portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro, são estabelecidos os requisitos de concepção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos para os edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

##### **2.2.3.1. Subsecção I – Edifícios novos e intervenções**

Apesar de haver distinção entre edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção no RECS, na portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro os dois tipos de edifícios são tratados do mesmo modo. Assim a apresentação de ambos é feita ao mesmo tempo.

##### **2.2.3.1.1. Comportamento térmico**

###### ***2.2.3.1.1.1. Requisitos da qualidade térmica da envolvente***

Os edifícios novos estão sujeitos ao cumprimento dos requisitos relativos à qualidade térmica da sua envolvente, nomeadamente no que respeita aos valores máximos:

- a) Do coeficiente de transmissão térmica superficial da envolvente opaca;

Tabela I.11 - Valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços [W/m<sup>2</sup>.°C]

Elemento em zona corrente da envolvente	Zona climática		
	I1	I2	I3
Elemento opaco vertical	1,75	1,60	1,45
Elemento opaco horizontal	1,25	1,00	0,90

**Figura 16 - Valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior de edifícios de comércio e serviços [14]**

Caso seja demonstrado através de simulação energética que o cumprimento destes requisitos acarreta um aumento dos consumos energéticos não é obrigatório respeitar os valores do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível.

b) Do factor solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais.

Tabela I.12 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados de edifícios de comércio e serviços,  $g_{T_{máx}}$

$g_{T_{máx}}$ por zona climática		
V1	V2	V3
0,56	0,56	0,50

**Figura 17 - Factores solares máximos admissíveis de vão envidraçados de edifícios de comércio e serviços [14]**

Se a soma da área de vãos envidraçados verticais por orientação, for superior a 30% da área da fachada da qual fazem parte, o factor solar máximo deve ser afectado pela seguinte razão:

$$0,3/(A_{env}/A_{eve}) \quad (8)$$

Em que,

$A_{env}$ , representa a soma das áreas dos vão envidraçados verticais, por orientação (m<sup>2</sup>);

$A_{ene}$ , representa a área da envolvente vertical exterior, por orientação(m<sup>2</sup>).

Este requisito não se aplica para os PES, e pode ser dispensado para o GES se conduzir a um aumento dos consumos energéticos.

O zoneamento climático do país é feito através da divisão em 3 zonas climáticas de Inverno e 3 zonas climáticas de climáticas de Verão. Este zoneamento é estabelecido de acordo com a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos, (NUTS), apresentadas no Despacho (extrato) n.º 15793 – F/2013, assim como os critérios para determinar as zonas climáticas de inverno e verão, os respectivos parâmetros climáticos e as respectivas correcções.

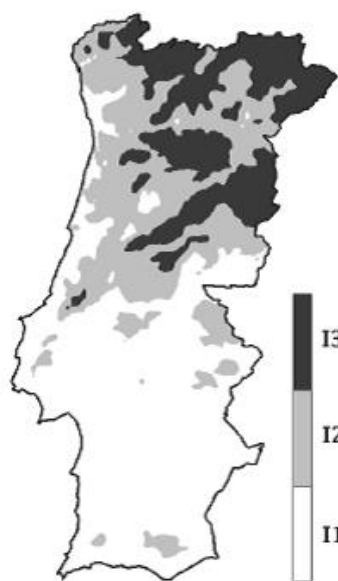


Fig. 01.01 - Zonas climáticas de inverno no continente

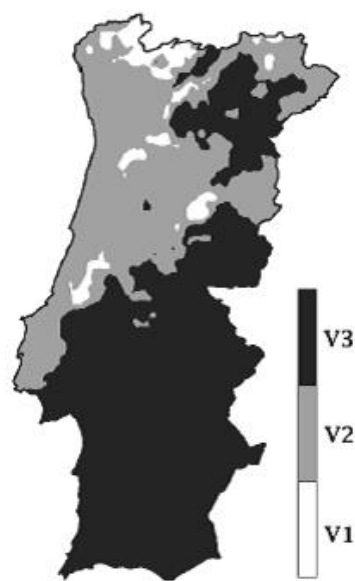


Fig. 01.02 - Zonas climáticas de verão no continente

**Figura 18 - Zonas climáticas de inverno e de verão no continente [21]**

#### **2.2.3.1.2. Eficiência dos sistemas técnicos**

Todos os sistemas técnicos de edifícios novos de comércio e serviços ficam sujeitos ao cumprimento dos requisitos de concepção definidos na Portaria n.º 349-D/2013.

O valor do indicador de eficiência energética previsto ( $IEE_{pr}$ ), não pode exceder o valor do indicador de eficiência energética de referência ( $IEE_{ref}$ ).

O cumprimento dos requisitos deve ser demonstrado explicitamente nas peças escritas e desenhadas na fase de projecto e actualizado no final da obra.

A primeira avaliação energética posterior à emissão do primeiro certificado SCE deve ocorrer até ao final do terceiro ano de funcionamento do edifício. Os edifícios que se

encontrem em funcionamento devem ser avaliados periodicamente, de modo a identificar as necessidades e as oportunidades de redução dos consumos específicos de energia. Estão excluídos da obrigatoriedade da avaliação os edifícios que não se encontrem em funcionamento, os pequenos edifícios de serviços, com excepção aos que tenham uma área útil superior a 500 m<sup>2</sup> e sejam propriedade de uma entidade pública, estando estes sujeitos a avaliações de 10 em 10 anos, após a emissão do certificado SCE. Para os grandes edifícios de serviços este período é de 6 anos, sendo necessário elaborar um relatório de avaliação energética.

#### 2.2.3.1.2.1. Indicador de eficiência energética, IEE

Como já foi referido anteriormente, o desempenho de um edifício de comércio e serviços é caracterizado pelo indicador de eficiência energética. Este indicador é calculado através do somatório dos diferentes consumos anuais de energia e convertido posteriormente em unidade de energia primária por unidade de área interior útil de pavimento e é dado pela seguinte equação:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} \quad , (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (9)$$

O IEE<sub>S</sub>, exprime os consumos de energia considerados no cálculo da classificação energética do edifício, e é dado pela seguinte expressão:

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}), \quad (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (10)$$

Com,

$E_{S,i}$ , consumos de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S, indicadas na figura (19),  $(kWh_{EP} / m^2)$ ;

$A_p$ , área interior útil de pavimento,  $(m^2)$ ;

$F_{pu,i}$ , factor de conversão de energia útil para energia primária,  $(kWh_{EP} / kWh)$ .

Já o IEE<sub>T</sub>, traduz os consumos de energia não considerados no cálculo da classificação energética do edifício, e é dado pela seguinte expressão:

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}), \quad (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (11)$$

Onde,

$E_{T,i}$ , consumos de energia por fonte de energia i para os usos do tipo T, indicadas na figura (19),  $(kWh_{EP} / m^2)$ ;



$A_p$ , área interior útil de pavimento, ( $m^2$ );

$F_{pu,i}$ , factor de conversão de energia útil para energia primária, ( $kWh_{EP} / kWh$ ).

Tabela I.01 - Consumos de energia a considerar no IEE<sub>s</sub> e no IEE<sub>T</sub>

Consumos no IEE <sub>s</sub>	Consumos no IEE <sub>T</sub>
- aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação	- ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica
- ventilação e bombagem em sistemas de climatização	- equipamentos de frio
- aquecimento de águas sanitárias e de piscinas	- iluminação dedicada e de utilização pontual
- iluminação interior	- elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de dezembro de 2015)
- elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016)	- iluminação exterior (até 31 de dezembro de 2015)
- iluminação exterior (a partir de 1 de janeiro de 2016)	- todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE <sub>s</sub>

Figura 19 - Consumos de energia a considerar no IEEs e no IEE<sub>T</sub> [14]

Por sua vez o IEE<sub>ren</sub>, é calculado através da produção de energia eléctrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, no entanto só deve ser considerada a energia eléctrica destinada para consumo próprio e energia térmica que seja utilizada ou possível de ser empregada no edifício.

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}), \quad (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (12)$$

Com,

$E_{ren,i}$ , produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo, ( $kWh_{EP} / m^2$ );

$A_p$ , área interior útil de pavimento, ( $m^2$ );

$F_{pu,i}$ , factor de conversão de energia útil para energia primária, ( $kWh_{EP} / kWh$ ).

Os factores de conversão entre energia final e energia primária publicados no Despacho (extracto) n.º 15793-D/2013 a ser utilizados no cálculo do IEE de edifícios de serviços estão são os seguintes:

- Electricidade: 2,5( $kWh_{EP}/kWh$ );
- Combustíveis: 1( $kWh_{EP}/kWh$ ).

- Para energia térmica de origem renovável, o  $F_{pu,i}$ , tem um valor igual a 1  $kWh_{EP} / kWh$

Relativamente aos consumos de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente, humidificação e desumidificação, aquecimento de águas sanitárias e águas para piscinas, implicados no cálculo do IEEs, estes podem ser calculados em função da seguinte expressão:

$$E_{S,i} = \left[ \sum_{n=n_s} \left( \sum_k \frac{f_{n,k} \cdot Q_n}{\eta_{n,k}} \right) \right]_i, \quad (kWh/ano) \quad (13)$$

Com,

$Q_n$ , necessidades de energia para o uso n,  $(kWh/ano)$ ;

$f_{n,k}$ , fracção das necessidades de energia para o uso n supridas pelo sistema k;

$\eta_{n,k}$ , eficiência do sistema k, servindo o uso n;

$i$ , fonte de energia.

As necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente, humidificação e desumidificação têm que ser determinadas através de simulação dinâmica multizona, ou através de cálculo dinâmico simplificado se apenas houver aquecimento e arrefecimento ambiente. Se a simulação dinâmica ou o calculo dinâmico simplificado facultarem o consumo de energia numa base horária o cálculo do  $E_{S,i}$  pode ser determinado por:

$$E_{S,i} = \left[ \sum_{n=n_s} (W_n) \right]_i, \quad (kWh/ano) \quad (14)$$

Em que,

$(W_n)$ , corresponde o consumo de energia para o uso n,  $(kWh/ano)$ .

Para o cálculo das necessidades de energia para o aquecimento de água das piscinas deve ser utilizado a metodologia descrita na Norma Portuguesa 4448. Relativamente às necessidades de energia para a preparação de AQS, utiliza-se a seguinte expressão:

$$Q_a = \frac{(C_{aqS} \cdot 4,187 \cdot \Delta T)}{3600}, \quad (kW/ano) \quad (15)$$

Com,

$Q_a$ , energia global necessária para a preparação de AQS,  $(kWh/ano)$ ;

$C_{aqS}$ , consumo de AQS, (l/ano);

$\Delta T$ , aumento de temperatura necessário à preparação de AQS, ( $^{\circ}C$ ).

O cálculo das necessidades de energia para a iluminação interior, dedicada e pontual ou iluminação exterior, para os sistemas de ventilação, para as bombas associadas ao sistema de climatização, centrais de bombagem de água potável e esgotos, para elevadores, escadas e tapetes rolantes, para equipamentos de frio e outros equipamentos não referidos deve ser efectuado de acordo com as seguintes expressões:

$$E_{S,i} = \left[ \sum_{n=n_S} \left( \sum_k f_{n,k} \cdot W_{n,k} \right) \right]_i, \quad (kWh/ano) \quad (16)$$

$$E_{T,i} = \left[ \sum_{n=n_T} \left( \sum_k f_{n,k} \cdot W_{n,k} \right) \right]_i, \quad (kWh/ano) \quad (17)$$

O consumo de energia do equipamento ou sistema k na hora h ( $W_{n,k}$ ), pode ser retirado do resultado da simulação dinâmica multizona ou do cálculo dinâmico simplificado. Se não houver informação sobre este consumo podem-se utilizar uma das seguintes expressões:

$$W_{n,k} = \sum_h (W_{n,k})_h, \quad (kWh/ano) \quad (18)$$

$$W_{n,k} = P_k \cdot nh_e = P_k \sum_h f_h, \quad (kWh/ano) \quad (19)$$

Em que,

$W_{n,k}$ , consumo de energia do equipamento ou sistema k na hora h, (kWh);

$P_k$ , potência absorvida pelo equipamento, (kW);

$f_h$ , fracção de uso na hora h, (h);

$nh_e$ , número de horas equivalentes de funcionamento, (h/ano).

#### **2.2.3.1.2.2. Tipos de indicador de eficiência energética**

O indicador de eficiência energética para edifícios de comércio e serviços, pode ser dos seguintes tipos:

- IEE previsto ( $IEE_{pr}$ ), que traduz o consumo anual de energia do edifício tendo em conta a sua localização, as características da envolvente, a eficiência dos sistemas técnicos e os perfis de utilização previstos para o edifício. Tem como base a seguinte expressão:

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,ren} \quad , (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (20)$$

- IEE efectivo ( $IEE_{ef}$ ), que representa o consumo anual de energia do edifício, obtido através do histórico de facturas de energia, dos resultados de uma avaliação energética realizado numa base de tempo anual, ou de dados fornecidos a um sistema de gestão de energia;
- IEE de referência ( $IEE_{ref}$ ), que indica o consumo anual de energia do edifício, como se estivesse preparado com soluções de referência para alguns elementos da envolvente e para alguns sistemas técnicos, sem alterar as restantes características do edifício. É obtido através da seguinte expressão:

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad , (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (21)$$

### ***2.2.3.1.2.3. Determinação dos indicadores de eficiência energética prevista e efectivo***

O IEE de um edifício de comércio e serviços, para aplicação do RECS pode ser determinado pelos seguintes métodos:

- Método de previsão do  $IEE_{pr}$  através de simulação dinâmica multizona;
- Método de previsão do  $IEE_{pr}$  recorrendo ao cálculo dinâmico simplificado;
- Método de determinação do  $IEE_{ef}$  através do consumo efectivo do edifício.

O método base utilizado para determinar o IEE para qualquer edifício novo na fase de licenciamento ou edifícios sujeitos a grandes intervenções é a simulação dinâmica multizona. No caso dos edifícios novos depois de obterem a licença de utilização e para os edifícios existentes o método base para determinar o IEE é o método do consumo efectivo. Contudo, são aceites outros métodos para determinar o IEE em função do tipo de edifício e a sua situação, como mostra a figura (20).

Para os grandes edifícios de comércio e serviços submetidos a um Plano de Racionalização Energética, no qual, as medidas de melhoria propostas não incidam nos sistemas de climatização nem na envolvente, a avaliação da variação do consumo de energia pode ser estabelecida através de um cálculo anual simples, no qual se considera a potência absorvida e os perfis de utilização dos equipamentos. Se os perfis de utilização ou outros elementos necessários à caracterização da utilização dos espaços, não estiverem definidos nem sejam conhecidos podem ser utilizados os elementos a disponibilizar pela entidade gestora do SCE.

Se algum sistema técnico do edifício não estiver especificado em projecto ou não estiver instalado, o cálculo do  $IEE_{pr}$  deve ser feito tendo em conta as condições apresentadas na tabela I.07 Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013. Para o caso de o edifício só contemplar sistemas técnicos instalados ou especificados em projecto para uma parte do edifício, essas partes devem ser tratadas isoladamente.

Tipo de edifício	Método	Novo	Existente	Grande intervenção
Pequeno edifício de comércio e serviços (PES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Simulação dinâmica multizona ou cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)
Grande edifício de comércio e serviços (GES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
GES sujeito a PRE, com medidas de melhoria no sistema de climatização e/ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
GES sujeito a PRE sem medidas de melhoria no sistema de climatização ou na envolvente	Base	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável
	Alternativo(s)	Não aplicável	Cálculo anual simples	Não aplicável

**Figura 20 - Métodos aceites para determinar o IEE de um edifício de comércio e serviços em função do tipo de edifício e a sua situação [14]**

Os programas utilizados para determinar o IEE, pelo método de simulação dinâmica multizona, têm que ser acreditados pela norma ASHRAE 140 e devem possuir a capacidade para modelar:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, separando as parcelas relativas à ocupação, à iluminação e aos equipamentos;
- Ajustar a parametrização dos sistemas de climatização e das zonas térmicas;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

Para promover uma aplicação uniforme do método de simulação multizona no cálculo do IEE<sub>pr</sub>, é necessário que este método seja suportado e pelas especificações do projecto para os edifícios novos ou existentes sujeitos a grandes intervenções, paralelamente para os edifícios existentes também é necessário uma avaliação energética na qual se realize o levantamento dos elementos indicados na tabela I.03 Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013.

**Tabela I.03 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e/ou caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona.**

Tipo de elemento	Aspeto(s) a levantar/caraterizar por zona térmica
Volumetria	- Tipo de espaço - Pé-direito - Áreas em contato com o solo, áreas totais do pavimento do espaço, da envolvente vertical e da envolvente horizontal, exterior e interior, opaca e envidraçada

**Figura 21 - Elementos mínimos a considerar no levantamento e caracterização do edifício para efeitos de aplicação do método de simulação dinâmica multizona [14]**

Conjuntamente devem ser consideradas as condições a respeitar na aplicação do método de simulação multizona, apresentadas na tabela I.04 Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013.

Tabela I.04 - Condições a respeitar na aplicação do método de simulação dinâmica multizona para determinação do IEE de edifícios no âmbito do RECS

Elemento	Condições a respeitar
Dados climáticos	- Devem ser utilizados os dados climáticos disponibilizados, para este efeito, pela entidade gestora do SCE

Figura 22 - Considerações a respeitar na aplicação do método de simulação dinâmica multizona para a determinação do IEE de edifícios no âmbito do RECS [14]

Caso o programa de simulação não permita a modelação de algum componente ou sistema, o consumo respectivo deve ser estimado por cálculo anual simples de acordo com a equação (18) ou pela equação (19), devidamente evidenciado e fundamentado.

Já segundo o método de cálculo dinâmico simplificado, o  $IEE_{pr}$  é determinado com base:

- No balanço de energia numa base horária apresentado na norma EN ISO 13790 para estimar as necessidades de energia em aquecimento e em arrefecimento;
- Cálculo anual simples para estimativa do consumo de energia.

Para a avaliação das necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento segundo a norma EN ISO 13790, é necessário considerar algumas simplificações metodológicas.

No sentido de promover uma aplicação uniforme do cálculo dinâmico simplificado para determinar o  $IEE_{pr}$ , é necessário que este método seja sustentado pelas especificações de projecto em que se realize no mínimo o levantamento dos elementos anunciados na tabela I.05 e pelas orientações referidas na tabela I.06. Estas tabelas fazem parte do Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013.

No método do consumo efectivo, o  $IEE_{ef}$  é determinado através da seguinte equação:

$$IEE_{ef} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{fi} \cdot F_{pi}, \quad (kWh_{EP} / m^2 \cdot ano) \quad (22)$$

Em que,

$E_{fi}$ , energia final por fonte de energia, (kWh);

$F_{pi}$ , factor de conversão para energia primária, ( $kWh_{EP} / kWh$ ).

Paralelamente é necessário quantificar individualmente os diferentes consumos médios anuais, em função da sua utilização e forma de energia no mínimo para um dos termos  $IEE_S$  ou  $IEE_T$ .

Para determinar o consumo médio anual de energia final por fonte de energia e do consumo anual em função do tipo de utilização, devem ser consideradas as facturas de energia ou os registos de contagem de energia dos últimos 36 meses de utilização, ou 12 meses, se este período representar o normal funcionamento do edifício e os resultados de uma avaliação energética, assim como os dados procedentes de um sistema de gestão de energia. Também é necessário contabilizar as fontes de energia renováveis para o cálculo do  $IEE_{ef}$ , estimando a energia produzida para um dado fim ou através dos registos de energia, para os períodos referidos anteriormente.

#### ***2.2.3.1.2.4. Valor máximo do indicador de eficiência energética***

O indicador de eficiência energética, previsto de um edifício novo de comércio e serviços novos em licenciamento deve ser inferior ou igual ao indicador de eficiência energética de referência.

No caso dos edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande intervenção, estes devem apresentar um indicador de eficiência energética previsto inferior ou igual ao indicador de eficiência energética de referência majorado em 50%.

#### ***2.2.3.1.2.5. Determinação do indicador de eficiência energética***

Para o cálculo do  $IEE_{ref}$ , é necessário considerar as soluções de referência indicadas na tabela I.07 do Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013, ao mesmo tempo é necessário manter as restantes soluções e características previstas e adoptadas no edifício.

Entende-se por edifício passivo, todo aquele, que a percentagem de horas de ocupação anual em que se verifiquem necessidades de aquecimento e/ou arrefecimento para manter a temperatura interior entre os 19 °C e os 27 °C seja menor ou igual a 10%. Trata-se de um edifício híbrido se a percentagem de horas referidas anteriormente e 10% e menor ou igual a 30%.



Nos edifícios novos em funcionamento e nos existentes enquadráveis, o cálculo do  $IEE_{ref}$  deve ser sustentada por uma avaliação energética de acordo com os pressupostos e elementos mínimos indicados na tabela I.08 do Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013.

Para os sistemas técnicos previstos que recorram a redes urbanas de frio e calor, sistemas de cogeração e trigeração, as soluções de referência ainda não estão definidas.

### 2.2.3.1.2.6. Determinação da classe energética

As regras para determinação, da classe energética de edifícios de comércio e serviços são apresentadas pelo Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. Segundo o despacho anterior, a classe energética dos edifícios de comércio e serviços é determinada através da seguinte expressão:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad (23)$$

Em que,

$R_{IEE}$ , rácio de classe energética;

$IEE_S$ , indicador de eficiência energética de acordo com o tipo e condição de edifício relativamente aos consumos do tipo S, (tabela 02, do Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013);

$IEE_{ref,S}$ , indicador de eficiência energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S;

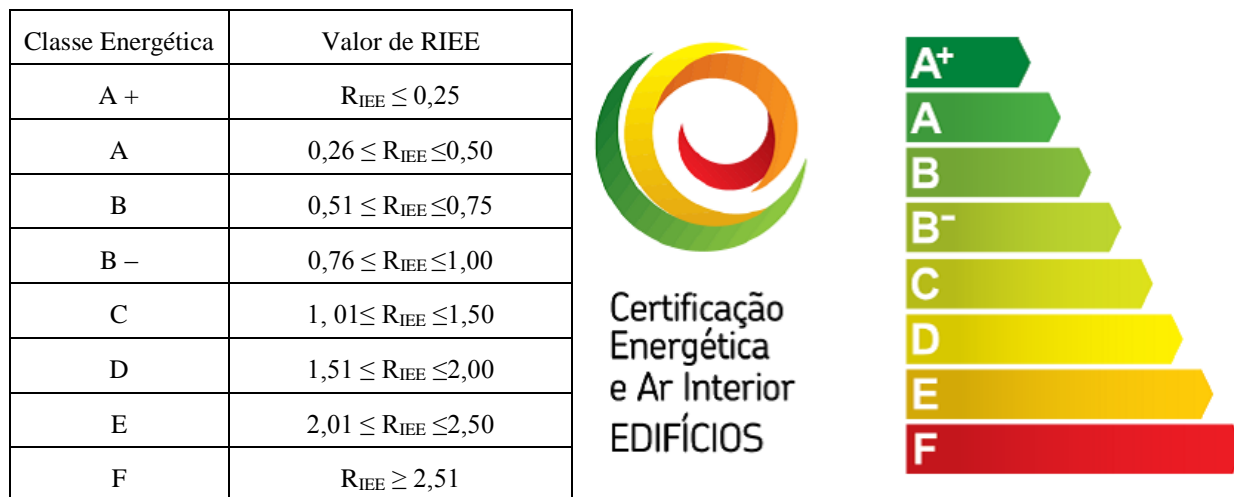
$IEE_{REN}$ , indicador de eficiência energética renovável associado à produção de energia eléctrica e térmica de origem renovável.

Tabela 02 – Forma de cálculo do  $IEE_S$ , para efeitos de classificação energética de Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços (PES) e de Grandes Edifícios de Comércio e Serviços (GES)

Tipo de edifício	Forma de cálculo do $IEE_S$		
	Novo	Existente	Grande intervenção
PES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES com Plano de Racionalização Energética (PRE) e medidas de melhoria no Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)	n.a.	$IEE_{pr,S}$	n.a.
GES com PRE e outro tipo de medidas de melhoria	n.a.	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	n.a.

Figura 23 -Forma de cálculo do IEEs [18]

Por fim recorrendo a figura abaixo apresentada, é determinada a classe energética, podendo ter 8 classificações possíveis desde A<sup>+</sup> a F. Os edifícios novos têm uma classificação energética mínima B<sup>-</sup> e as grandes intervenções uma classificação energética mínima C.



**Figura 24 - Intervalos de valor de R<sub>IEE</sub> para determinação da classe energética para PES e para GES**

Todos os GES licenciados depois de 1 de Dezembro de 2013, que detenham uma classe energética menor que a classe B<sup>-</sup>, ficam sujeitos a Plano de Racionalização Energética (PRE), sendo obrigatório realizar todas as medidas que possibilitem atingir a classe B<sup>-</sup>. Paralelamente, os GES existentes estão sujeitos a um PRE se a sua classe energética for igual ou menor que D até 31 de Dezembro de 2015. A partir desta data a classe energética mínima será a C.

Também os edifícios, que tenham consumos de energia final superior a 2,5 GWh e 5 GWh, estão sujeitos a PRE, no caso dos primeiros deve haver uma redução de consumo de energia final de 3% e no segundo caso deve haver uma redução de 5%. Estas reduções devem acontecer num período de tempo máximo de 6 anos. Apenas as medidas de eficiência energética que sejam economicamente viáveis, são de implementação obrigatória.

O proprietário tem a obrigação de submeter, os relatórios anuais de execução e progresso (REP), referente ao PRE durante o período de implementação, expondo as metas atingidas, os desvios e as medidas tomadas ou a tomar.

### ***2.2.3.1.2.7. Requisitos para os Sistemas de climatização***

Todos os sistemas de climatização a instalar em edifícios de comércio e serviços, estão sujeitos a princípios de dimensionamento, requisitos gerais independentes do tipo de sistema instalado, requisitos específicos para os subsistemas de produção e distribuição de energia, em função do tipo de sistema ou equipamento e respectivas características técnicas, e requisitos de controlo, regulação e monitorização, conforme descrito nas secções seguintes.

#### **Requisitos gerais**

As soluções adoptadas para climatização devem respeitar o seguinte:

Para instalações de climatização com potência térmica nominal global superior a 25 kW, é necessária a concepção de projecto de aquecimento, ventilação e ar condicionado, de acordo com a Portaria nº 701-H/2008, de 29 de Julho (artigo 44.º) e por técnico reconhecido.

O recurso a potência eléctrica para aquecimento por efeito de Joule está 5% da potência térmica global de aquecimento até ao limite de 25 kW por fracção autónoma de edifício, a menos que seja demonstrada a não viabilidade económica da instalação de sistemas alternativos.

Para os sistemas que tenham como função unicamente o arrefecimento é possível instalar equipamentos para reaquecimento terminal com uma potência até 10% da potência de arrefecimento a instalar.

Para os sistemas de climatização do tipo ar-ar (tudo ar), em que a soma dos caudais de ar de insuflação seja superior a 10000 m<sup>3</sup>/h, é obrigatório instalar dispositivos que permitam arrefecimento dos locais apenas com o ar exterior (free-cooling) quando a temperatura ou a entalpia do ar exterior for inferior à do ar de retorno, desde que seja economicamente viável.

A análise da viabilidade económica, da instalação de recuperação de energia no ar de rejeição na estação de aquecimento com eficiência mínima de 50%, sempre que a soma da potência térmica de rejeição de todos os equipamentos em condições de projecto seja

superior a 80 kW, é obrigatória e a sua instalação é obrigatória a menos que não economicamente viável.

Para sistemas com potência instalada de climatização superior a 100 kW em espaços com ocupação permanente nos quais a sua ocupação média é menor que 50% da ocupação máxima, é obrigatório instalar um sistema de caudal de ar novo variável que ajuste os caudais em função da ocupação e da utilização dos espaços controlado por detectores de presença ou pela monitorização de dióxido de carbono, desde que seja economicamente viável.

### Requisitos para sistemas de produção de energia

Os sistemas de ar condicionado do tipo bombas de calor com ciclo reversível e chillers de arrefecimento estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência, tais como a classe de eficiência mínima figura (25), a relação de eficiência energética (EER) e ao coeficiente de performance (COP).

Tabela I.13 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Split, multissplit, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo <i>Rooftop</i>		
Unidades do tipo <i>Chiller</i> de compressão (Bomba de calor)		

Figura 25 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica [14]

Tabela I.14 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas
A	EER > 3,20	EER > 3,00	COP > 3,60	COP > 3,40
B	3,20 ≥ EER > 3,00	3,00 ≥ EER > 2,80	3,60 ≥ COP > 3,40	3,40 ≥ COP > 3,20
C	3,00 ≥ EER > 2,80	2,80 ≥ EER > 2,60	3,40 ≥ COP > 3,20	3,20 ≥ COP > 3,00
D	2,80 ≥ EER > 2,60	2,60 ≥ EER > 2,40	3,20 ≥ COP > 2,80	3,00 ≥ COP > 2,60
E	2,60 ≥ EER > 2,40	2,40 ≥ EER > 2,20	2,80 ≥ COP > 2,60	2,60 ≥ COP > 2,40
F	2,40 ≥ EER > 2,20	2,20 ≥ EER > 2,00	2,60 ≥ COP > 2,40	2,40 ≥ COP > 2,20
G	EER ≤ 2,20	EER ≤ 2,00	COP ≤ 2,40	COP ≤ 2,20

Figura 26 - Classificação do desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-ar [14]

Relativamente aos sistemas de aquecimento, preparação de AQS através de caldeira ou esquentador, também estes estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência, como podemos ver na figura (27).

Tabela I.18 - Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Caldeira	B	A

Figura 27 -Requisitos mínimos de eficiência energética de caldeiras [14]

### Requisitos para sistemas de distribuição de energia

Todas as unidades de tratamento de ar devem ser certificadas e estar classificadas pela Eurovent (European Committee of Air Handling and Refrigeration) e cumprir os requisitos mínimos de eficiência.

Tabela I.20 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de tratamento de ar, segundo norma EN 13053

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Unidades de tratamento de ar	D	C

Figura 28 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de tratamento de ar [14]

As unidades de tratamento de ar e termoventiladores, que tenham baterias de aquecimento/arrefecimento devem ter um isolamento com espessura mínima igual a 50 mm. No caso de estarem instaladas, em espaços interiores, que não sejam fortemente ventilados e o seu caudal for inferior a 1500 m<sup>3</sup>/h a espessura do isolamento pode passar para 25 mm. Já no caso de elementos propulsores dos fluidos de transporte, ou seja, as bombas e os ventiladores, estes precisam satisfazer os requisitos apresentados na seguinte figura.

Tabela I.21 - Requisitos de eficiência energética de bombas e ventiladores

Equipamento	Função	Potência [kW]	Motor elétrico - Classe IEC <sup>(2)</sup>		Potência específica [W/(m <sup>3</sup> /s)]	
			entrada em vigor	1 de janeiro 2015	entrada em vigor	1 de janeiro 2015
Bombas	Climatização e AQS	0,75 a 7,5	IE2	IE2	-	
		≥ 7,5		IE3 <sup>(1)</sup>		
Ventiladores	UTA e UTAN	0,75 a 7,5	IE2	IE2	SFP5 ≥2000 - 3000	SFP4 ≥1250 - 2000
	Extração e Exaustão	≥ 7,5			IE3 <sup>(1)</sup>	

<sup>(1)</sup> Nível IE2, caso o motor esteja equipado com um variador de velocidade.

<sup>(2)</sup> Requisito aplicável apenas se o motor estiver classificado segundo a norma IEC60034-30.

Figura 29 -Requisitos de eficiência energética de bombas e ventiladores [14]

As redes de transporte de fluidos e os seus componentes devem ser isoladas termicamente, de acordo com os valores mínimos definidos no RECS, em função da dimensão dos componentes, do tipo de isolamento e da temperatura do fluido circulante. Paralelamente

devem possuir barreira contra vapor se as tubagens ou as condutas onde o fluido se encontra a temperatura inferior à temperatura do ambiente.

No que diz respeito aos requisitos dos sistemas de climatização e de ventilação, a Portaria n.º 353-A/2013 estabelece ainda que:

- Não exista isolamento em contacto directo com o ar circulante;
- Os acessos para inspecção, manutenção e limpeza de filtros, baterias, permutadores, tabuleiros de condensados, torres de arrefecimento, unidades de tratamento de ar, ventiladores e redes de condutas sejam salvaguardados e de fácil acesso;
- As unidades de tratamento de ar interior ou ar novo que movimentem caudais de ar superiores a 1500 m<sup>3</sup>/h devem estar associadas a módulos de filtragem de acordo com as normas EN 779 ou EN 1822, devidamente identificados e de classe adequada a qualidade do ar exterior e interior sendo recomendado no mínimo a existência de um filtro de classe F5 antes de baterias e recuperadores de calor, um filtro F7 a seguir a ventiladores com motores e transmissão por correias em contacto com o ar circulante e a seguir a atenuadores acústicos que não atestem a desagregação do elemento acústico. Paralelamente devem possuir pressostatos diferenciais que permitam monitorizar o grau de colmatção dos filtros e alertem para a sua substituição;
- Também para estas unidades, é obrigatória a existência de tabuleiros de condensados. Estes tabuleiros não devem permitir a acumulação de água, devem estar equipados com sifões de modo a evitar a passagem de odores e devem estar ligados à rede de drenagem de águas pluviais sempre que possível. Por sua vez sempre que a velocidade do ar na passagem pelas baterias das unidades de tratamento de ar, for igual ou superior a 2,5 m/s é necessário instalar um separador de gotas;
- É necessário garantir uma adequada captação de ar novo, garantindo as distâncias mínimas em relação a locais de emissões poluentes de acordo com a figura (33) ou com as normas internacionais EN 13779 e a ASHRAE 62.1;

Local	Valor mínimo [m]
Pavimento (superfície abaixo da admissão de ar, telhado inclinado, etc)	0,3
Solo	2
Grelha de extração e exaustão de ar interior	5
Entradas de garagens	5
Respiradouros de colunas da rede de esgotos, chaminés e exaustões de equipamentos de combustão	5
Exaustões de torres de arrefecimento	7,5
Exaustões tóxicas ou perigosas	10

**Figura 30 - Distancias mínimas a respeitar entre admissões/entrada de ar e os diferentes locais com emissão de poluentes [14]**

- É necessário também, garantir a protecção de todas as aberturas dos elementos constituintes do sistema de ventilação desde as condutas e respectivos acessórios, os ventiladores, as unidades de tratamento de ar e restantes componentes durante o transporte, armazenamento e instalação;
- A fiscalização da QAI, deve ser feita através de laboratórios que possuam um sistema de garantia e controlo de qualidade, e que apliquem a metodologia estabelecida pelas entidades competentes, nos domínios do ambiente e da saúde, devem manter os registos e a documentação necessária que comprovem o cumprimento dos critérios de qualidade.

### **Requisitos para controlo, regulação e monitorização**

Obriga à repartição da potência de aquecimento em contínuo ou por escalões, desde que seja economicamente viável.

Tabela I.25 - Número de escalões a considerar em função da potência térmica nominal (P)

P (kW)	Nº de escalões
$\leq 50$	1
$50 > P \leq 250$	2
$250 > P \leq 500$	4
$P > 500$	Modulante

**Figura 31 - Numero de escalões a considerar em função da potência térmica nominal [14]**



Os sistemas de regulação e controlo da climatização devem permitir ao utilizador a possibilidade de limitação da temperatura do ar interior, a regulação da potência de aquecimento e arrefecimento em função das necessidades térmicas do edifício, permitir o controlo automático em períodos de não ocupação e permitir a definição de parâmetros de horários de funcionamento. Deve, ainda, permitir a sua integração num sistema de gestão técnica de energia, que se poderá sobrepor a ele.

Os sistemas de climatização centralizados, que abasteçam diferentes edifícios ou fracções, têm que ter dispositivos para contagem dos consumos de energia de cada fracção autónoma ou edifícios desde que tenham uma área interior de pavimento igual ou superior a 500 m<sup>2</sup>. A partir de 31 de Dezembro de 2015 a presente obrigação é extensível a todas as fracções ou edifícios.

É obrigatória nos sistemas de climatização a existência de pontos de medição ou de monitorização de determinados parâmetros em função da potência instalada de climatização e do tipo de instalação. Estes pontos devem estar equipados com acessórios ou equipamentos que permitam uma fácil monitorização e manutenção preventiva, tal como podemos observar na tabela (2).

Pontos a monitorizar	Acessório que permita integrar o equipamento de monitorização			Equipamento de monitorização instalado de forma permanente		
	P ≤ 25	25 > P ≤ 100	P > 100	P ≤ 25	25 > P ≤ 100	P > 100
Consumo de unidades de climatização com potência eléctrica superior a 12 kW					x	x
Consumo eléctrico de motores com potência superior a 1 kW		x	x			
Consumo de combustíveis líquidos e gasosos em caldeiras						x
Estado de colmatagem dos filtros de ar					x	x
Estado de aberto/fechado dos registos corta-fogo				x	x	x
Gases de combustão de caldeiras		x	x			
Temperatura média do ar interior, ou de cada zona controlada a temperatura distinta				x	x	x
Temperatura da água em circuitos primários de ida/retorno				x	x	x
Temperatura de insuflação e retorno das unidades de tratamento de ar				x	x	x

**Tabela 2 - Pontos a monitorizar/medir nos sistemas de climatização e requisitos em termos de acessórios e equipamentos [14]**

#### **2.2.3.1.2.8. Requisitos para preparação de AQS**

Também para os sistemas de preparação de AQS a instalar nos edifícios de comércio e serviços estão definidos os requisitos a cumprir, ou seja, requisitos gerais, específicos e de controlo, regulação e monitorização.

##### **Requisitos gerais**

É obrigatório o aproveitamento de energia solar térmica para preparação de AQS, se houver área disponível para a sua instalação em coberturas horizontais ou se houver área livre entre o quadrante sudeste e sudoeste para as coberturas inclinadas, desde que seja tecnicamente e economicamente viável. A instalação solar térmica, deve aproveitar da melhor forma possível a área de cobertura disponível, ao mesmo tempo, deve ser ajustada às necessidades e ao perfil de utilização de AQS do edifício. Os sistemas solares com depósitos de armazenamento equipados com resistência de apoio eléctrico, devem possuir um relógio programável que permita controlar a resistência eléctrica, de modo a que o depósito de armazenamento receba a energia procedente do colector solar durante o dia. Podem ser utilizados outros sistemas de aproveitamento de energia renovável em substituição do sistema solar térmico, desde que garantam energia primária equivalente ao sistema solar térmico, independentemente da sua utilização.

##### **Requisitos para sistemas de produção de energia**

Todas as caldeiras a combustível líquido ou gasoso, os esquentadores ou quaisquer equipamentos de queima usados para preparação de AQS devem satisfazer aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na figura (29).

Já as bombas de calor para preparação de água quente destinada a climatização e AQS devem ostentar o certificado “European Quality Label for Heat Pumps”, ou devem ser avaliadas ao nível do seu desempenho pela norma EN 14511, apresentando como valor mínimo um COP igual a 2,3. No caso de as bombas de calor se destinarem apenas a produção de AQS ou para aquecimento de piscinas o seu desempenho deve ser avaliado de acordo com a norma EN 16147, tendo igualmente como valor mínimo um COP igual a 2,3.

Relativamente aos sistemas para aproveitamento de energias renováveis, estes devem respeitar os requisitos de projecto e de qualidade dos equipamentos e respectivos componentes de acordo com a legislação, regulamentação e normas portuguesas (EN

12976 e EN 12975 para sistemas/colectores solares térmicos), devem ser instalados por técnicos qualificados. Paralelamente a sua instalação e manutenção deve ser registada no SCE.

Para instalações com área de captação superior a 20 m<sup>2</sup>, é necessário a existência de projecto de execução executado de acordo com a Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho.

Para os termoacumuladores eléctricos, a eficiência destes é função das perdas estáticas do equipamento,  $Q_{pr}$ , sendo determinada de acordo com a seguinte figura (32).

Intervalos de $Q_{pr}$ [kWh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0,97
$1 \leq Q_{pr} < 1,5$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,5$	0,93

Figura 32 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função do  $Q_{pr}$  [14]

### **Requisitos para sistemas de distribuição e acumulação de energia**

A concepção e instalação de sistemas de preparação de AQS, os sistemas de preparação de AQS com recurso a energia solar ou outra energia renovável, devem obedecer aos mesmos requisitos de eficiência mínima mencionados anteriormente para as bombas de circulação e isolamento de redes de transporte de fluidos dos sistemas de climatização.

O sistema de acumulação de AQS tem que estar preparado para evitar o desenvolvimento de *legionella spp.*

### **Requisitos para controlo, regulação e monitorização**

Sempre que os sistemas mistos de aquecimento e preparação de AQS tenham uma potência térmica nominal de climatização superior a 100 kW, estão obrigados a ter contadores de energia que permitam a contabilização da energia usada para aquecimento e para preparação de AQS.

Todos os sistemas de AQS que recorram a energia solar e possuam uma área de painéis maior que 20 m<sup>2</sup>, têm que ter um sistema de monitorização e registo da produção solar.

Deve ser dada preferência ao aproveitamento do recurso renovável para preparação de AQS, para isso, o sistema de apoio deve ser controlado de modo a só entrar em funcionamento só quando for mesmo necessário.

Quando a AQS for preparada através de energia solar do tipo circulação forçada é necessário haver um sistema de controlo para o equipamento de bombagem de modo a garantir que este só funcionará quando for necessário.

#### ***2.2.3.1.2.9. Requisitos para sistemas de iluminação***

Os sistemas de iluminação a instalar em edifícios de comércio e serviços estão sujeitos a requisitos para os parâmetros de iluminação, para a densidade de potência, requisitos de controlo, de regulação de fluxo e de monitorização e gestão.

#### **Requisitos gerais**

A este nível destaca-se a eficiência nominal dos equipamentos de iluminação a instalar, não devendo ser inferior ao referido na Directiva 2009/125/CE.

Relativamente ao projecto de iluminação deve ser apreciada a escolha de:

- Luminárias com elevados rendimentos e grupos ópticos com controlo de encandeamento adequado;
- Fontes de luz e acessórios com níveis de eficiência de acordo com a regulamentação europeia;
- Solução global que se revele mais eficiente na fase de dimensionamento;
- Equipamentos de controlo e regulação de fluxo eficientes, que permitam a comutação por detecção de movimento ou ocupação, a comutação em função do nível de luz natural, a regulação por luz natural, o controlo horário, o comando por interface e a gestão operacional.

#### **Requisitos de parâmetros de iluminação**

Os valores máximos admissíveis de iluminância não podem ultrapassar em mais de 30% os valores apresentados na EN 1246-1.

## Requisitos de densidade de potência

Os sistemas de iluminação a instalar não poderão ter potências de iluminação que ultrapassem os valores apresentados na tabela 1.28 da Portaria n.º 349-D/2013. Para espaços que não façam parte desta tabela, devem ser utilizados valores de espaços semelhantes.

Tipo de espaço segundo a função	DPI		Fator de controlo	
	[(w/m <sup>2</sup> )/100lux]		Ocupação FO	Disponibilidade de luz natural FD
	Entrada em vigor	31 dez 2015		
Escritórios com mais de 6 pessoas, salas de desenho.	2,5	2,1	0,9	0,9

Figura 33 - Valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) [14]

## Requisitos de controlo, regulação e monitorização

A escolha das soluções de controlo e regulação para qualquer edifício de comércio e serviços deverá ser feita em função das exigências operacionais das instalações e do potencial de aumento sustentável de eficiência energética que resulte da sua implementação, sendo no mínimo obrigatória a adopção das funções assinaladas na Tabela I.29 e para as situações de edifícios novos e de edifícios sujeitos a grande intervenção.

O controlo e regulação devem ser feitos de acordo com as exigências operacionais do próprio edifício e do potencial de aumento sustentável de eficiência energética consequente da sua implementação. No entanto é obrigatória a adopção de determinadas funções mínimas, como podemos observar na seguinte figura (34).

	Edifícios novos		Edifícios sujeitos a grande intervenção	
	GES	PES	GES	PES
Deteção de presença <sup>(1)</sup>	X	X	X	X
Comutação por luz natural <sup>(2)</sup>	-	-	X	-
Regulação por luz natural <sup>(2)</sup>	X	-	-	-
Controlo horário	X	X	X	-
Comando por interface	X	-	X	-
Gestão operacional	X	-	X	-

Figura 34 - Funções mínimas a adoptar para os sistemas de iluminação a instalar em edifícios novos e em edifícios sujeitos a grande intervenção [14]

#### **2.2.3.1.2.10. Requisitos para sistemas de regulação, controlo e gestão técnica**

Os sistemas de regulação, controlo e gestão técnica são obrigatórios, no entanto a potência térmica nominal do edifício determina o tipo de sistema a instalar podendo ser sistemas autónomos de regulação e controlo, sistema de gestão técnica e sistema de gestão técnica centralizada.

Tabela I.30 - Tipos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica a adotar em função da potência térmica nominal

Potência (kW)	Tipo de sistema
Inferior a 100	Sistemas autónomos de regulação e controlo
Entre 100 e 250	Sistema de Gestão Técnica
Igual ou superior a 250	Sistema de Gestão Técnica Centralizada

**Figura 35 - Tipos de sistemas de regulação, controlo e gestão técnica a adoptar em função da potência térmica nominal [14]**

Relativamente aos sistemas autónomos de regulação e controlo, estes devem obedecer aos requisitos para controlo, regulação e monitorização para os diferentes sistemas já referidos anteriormente.

Já para os sistemas de gestão técnica centralizada, estes devem ser alvo de um projecto elaborado por um projectista qualificado, incluindo os vários sistemas técnicos e de manutenção do edifício

Os sistemas de gestão técnica centralizada têm que cumprir os requisitos mínimos da classe C da norma EN 15232, ao mesmo tempo devem cumprir os seguintes requisitos:

- a) Utilizar protocolos de comunicação padrão usados normalmente nos sistemas de gestão técnica de edifícios, definidos pelas normalizações ISO, ANSI e ASHRAE;
- b) Como mínimo, deve:
  - a. Contar a energia eléctrica por sistema ou instalação de AVAC;
  - b. Efectuar a contagem individualizada da energia proveniente de eventual produção renovável e/ou cogeração, caso existam;

- c. Realizar a contagem individualizada de energia, para equipamentos com potência eléctrica superior a 12 kW;
  - d. Proceder a contagens singulares de energia eléctrica, energia térmica ou outras fontes de energia, que permitam calcular o rendimento das unidades produtoras de água quente ou água fria com potência eléctrica superior a 50 kW, no caso de GES e sempre que possível;
  - e. Contar por equipamento produtor com potência térmica nominal superior a 100 kW o consumo de combustíveis líquidos e gasosos;
  - f. Permitir apurar a energia usada para aquecimento, preparação de AQS e aquecimento de águas de piscinas em sistemas mistos;
  - g. Permitir a contagem geral de energia eléctrica, energia térmica e outras fontes de energia;
  - h. Outras contagens pretendidas nos sistemas técnicos da Portaria n.º 349-D/2013.
- c) Possibilitar a criação de um histórico de dados dos últimos 6 anos, que seja exportável para uma folha de cálculo e que registe as seguintes variáveis:
- a. As contagens referidas anteriormente na alínea b), com uma periodicidade mínima de 15 minutos;
  - b. Temperatura e humidade do ar exterior;
  - c. Temperatura média do ar interior, ou da temperatura de cada zona diferente;
  - d. Tempo de funcionamento dos motores eléctricos, se estiverem integrados no sistema de gestão técnica;
  - e. Medição de CO<sub>2</sub> se aplicável.

#### ***2.2.3.1.2.11. Requisitos para elevadores***

Para os elevadores a instalar em edifícios de comércio e serviços são definidos requisitos mínimos de eficiência, em função da sua classificação segundo a norma VDI 4707 até à publicação da metodologia a definir por Despacho do Director-Geral de Energia e Geologia. Depois de 31 de Dezembro de 2015 é necessário afixar uma etiqueta de desempenho energético do elevador.

Ao mesmo tempo os elevadores devem permitir o controlo de iluminação da cabine e o modo *Sleep mode*, depois de 31 de Dezembro de 2018 devem contemplar a regeneração de energia.

#### ***2.2.3.1.2.12. Requisitos para sistemas de energia renovável***

O estudo da implementação de soluções que envolvam a utilização de fontes de energia renovável deve estar presente no concebimento dos sistemas técnicos dos edifícios. O estudo deve ser detalhado e deve fazer parte do projecto de obra ou de intervenção, deve contemplar os sistemas solares fotovoltaicos ou eólicos em locais sem ligação à rede eléctrica, sistemas de aproveitamento de biomassa para preparação de AQS onde existir uma rede de recolha de resíduos florestais e sistemas de energia geotérmica em locais com recurso geotérmico com temperatura superior a 40 °C para aquecimento ambiente e preparação de AQS.

#### ***2.2.3.1.2.13. Requisito outras soluções de eficiência energética***

É obrigatório a instalação de sistemas de cogeração em edifícios com mais de 5000 m<sup>2</sup> de área interior útil de pavimento, com necessidades de aquecimento e de AQS significativas, desde que seja viável economicamente.

Deve ser prevista ligação de sistemas a redes urbanas de distribuição de calor e frio, desde que sejam economicamente viáveis.

#### **2.2.3.1.3. Ventilação e qualidade do ar interior**

Os edifícios novos estão sujeitos ao cumprimento dos valores mínimos de caudal de ar novo, devem estar equipados com sistemas e soluções que garantam a ventilação dos espaços através de meios naturais, mecânicos ou híbridos. Paralelamente devem cumprir todos os requisitos referidos anteriormente no subcapítulo requisitos para os sistemas de climatização e requisitos para sistemas de distribuição de energia e estabelecidos na Portaria n.º 353-A/2013.

A ventilação natural deve ser privilegiada face à ventilação mecânica, devendo esta, ser usada só em situações que a ventilação natural não consiga satisfazer as normas aplicáveis.

Após a obtenção da licença de utilização, os edifícios novos ficam sujeitos ao cumprimento dos limiares de protecção e condições de referência dos poluentes estando sujeitos a fiscalização.



#### **2.2.3.1.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos**

Os sistemas técnicos devem ser projectados, instalados e mantidos de modo a garantir um acesso fácil para manutenção dos próprios sistemas.

Os sistemas técnicos dos edifícios devem ser projectados, instalados e mantidos de forma a garantirem o acesso para manutenção. A sua instalação deve ser realizada por uma equipa que integre um TIM. Os equipamentos instalados devem estar identificados através de uma chapa de identificação. Paralelamente é necessário, fornecer toda a documentação técnica, em língua portuguesa, de todos os principais constituintes dos sistemas técnicos instalados no edifício.

Se a potência térmica nominal de climatização for superior a 25 kW estão sujeitos a recepção das instalações de acordo com a Despacho (extrato) n.º 15793 – G/2013.

Os sistemas técnicos estão sujeitos a um plano de manutenção elaborado de acordo com as características dos sistemas instalados, assim como as recomendações dos fabricantes e regulamentos se tiverem uma potência térmica nominal para climatização superior a 250 kW. Durante o seu funcionamento devem ser acompanhados por um TIM ou por outro técnico habilitado se for exigido pela legislação em vigor. As alterações efectuadas devem cumprir os requisitos regulamentares, devem ser registadas, acompanhadas pelo TIM do edifício e se necessário actualizar o plano de manutenção.

##### ***2.2.3.1.4.1. Ensaios e recepção provisória das instalações***

***“ No caso de edifícios novos com potência térmica nominal de climatização instalada ou prevista superior a 25 kW, os respetivos sistemas técnicos devem ser objeto de recepção das instalações, nos termos do procedimento a aprovar pela DGEG ”***

Depois da conclusão das instalações e antes da fase de utilização, é necessário realizar o ensaio e a recepção provisória de modo a atestar que as instalações satisfazem os objectivos pretendidos. Para isso é necessário realizar testes de funcionamento à instalação de acordo com as metodologias e critérios de aceitação estabelecidos e devidamente pormenorizados no projecto de execução. Estes testes devem ficar registados num relatório, devem incluir a formação dos responsáveis do edifício e devem ter a presença do TIM do edifício sempre que aplicável. Os ensaios são da responsabilidade da entidade instaladora e se aplicável na presença da fiscalização.

As instalações e os respectivos componentes estão sujeitos à obrigatoriedade, desde que não estejam excluídos no projecto dos seguintes ensaios:

- a) Testes de funcionamento das redes de condensados;
- b) Estanquidade das redes de tubagem, (o ensaio deve ser feito a 100% da rede);
- c) Estanquidade da rede de condutas, (o ensaio deve ser feito, a 10% da rede, caso não seja satisfatório deve abranger mais 20% da rede, se o segundo ensaio não for satisfatório o ensaio deve ser feito a toda a rede);
- d) Medição dos caudais de água, em cada componente principal do sistema, (aceitam-se medições com recurso a sensores de pressão diferencial);
- e) Medição dos caudais de ar nas unidades terminais;
- f) Medição de temperatura e humidade relativa, no ambiente;
- g) Medição dos consumos eléctricos;
- h) Avaliação do rendimento de combustão de todas as caldeiras ou sistemas de queima e dos consumos de combustível se tiverem contadores;
- i) Verificação das protecções eléctricas;
- j) Verificação do sentido de rotação em todos os motores e propulsores de fluidos;
- k) Verificação do registo e do funcionamento dos pontos de monitorização e controlo;
- l) Confirmação do registo de limpeza das redes e respectivos componentes, em cumprimento das condições higiénicas das instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
- m) Ensaio de níveis de iluminação;
- n) Confirmação do consumo de energia eléctrica dos circuitos de iluminação, para aparelhos de iluminação a funcionar a 100% fluxo de luz e a aparelhos a funcionar sujeitos às funções de controlo.

O relatório dos ensaios tem que ser atestado pelo dono de obra e deve fazer parte deste relatório no mínimo a seguinte informação:

- a) A data de realização e identificação dos técnicos e das entidades presentes;
- b) Os resultados desejados e obtidos;
- c) As medidas de seguimento, na possibilidade do ensaio ter continuação;

- d) Explicação sobre a possibilidade de novos ensaios e a definição do período para serem realizados.

Se o resultado dos ensaios não for aceitável, os ensaios devem ser repetidos após as correcções mencionadas no relatório dos ensaios.

A recepção provisória fica completada com a entrega dos manuais de operação, das telas finais, catálogos técnicos e certificados dos equipamentos, do relatório de execução dos ensaios, dos procedimentos a seguir para a manutenção de cada equipamento para serem integrados no plano de manutenção.

#### ***2.2.3.1.4.2. Plano de manutenção***

O plano de manutenção tem como finalidade garantir que os sistemas técnicos estão em condições adequadas e optimizadas, tanto ao nível operacional como de funcionamento, de modo a atingir o conforto térmico e a eficiência energética desejada.

Do plano de manutenção devem fazer parte os seguintes elementos:

- a) Identificação e localização do edifício;
- b) Identificação e contactos do proprietário e utilizador;
- c) Identificação e contactos do TIM do edifício, se aplicável;
- d) Breve descrição do edifício, incluindo:
  - i. Área(s) e tipo de actividade(s) que nele ocorrem;
  - ii. O número médio de utilizadores, (distinguindo os permanentes dos ocasionais, se possível);
  - iii. Horário(s) habitual(is) de utilização das zonas com utilizadores permanentes.
- e) Identificação, localização e caracterização simples dos sistemas técnicos do edifício;
- f) Descrição pormenorizada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas técnicos;
- g) Periodicidade das operações de manutenção preventiva e de limpeza e a qualificação profissional dos técnicos que as devem executar;
- h) Registo das operações de manutenção executadas e do técnico que as realizou;
- i) Definição das grandezas a medir para posterior constituição de um histórico do funcionamento da instalação.

O plano de manutenção deve ainda ter, diagramas que representem os sistemas técnicos instalados, uma cópia do projecto actualizado e instruções de operação e actuação em caso de emergência.

### **2.2.3.2. Subsecção II - Edifícios sujeitos a grande intervenção**

#### **2.2.3.2.1. Comportamento térmico**

Os edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande intervenção, estão sujeitos aos mesmos requisitos que os edifícios novos, segundo o Anexo I da portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro.

No entanto, deve ser acautelada a integração harmoniosa entre as partes existentes e as partes da envolvente sujeitas a intervenções, de modo a garantirem a melhoria do comportamento térmico e a redução das necessidades energéticas do edifício. Caso não seja possível devido a implicações de ordem técnica, funcional ou arquitectónica é possível adoptar outras soluções, desde que, sejam justificadas e não diminuam o desempenho do edifício antes da intervenção, devendo estas e as suas potenciais consequências estar registadas no pré-certificado e no certificado SCE.

#### **2.2.3.2.2. Eficiência dos sistemas técnicos**

Similarmente ao comportamento térmico, também ao nível da eficiência dos sistemas técnicos, estes ficam sujeitos ao cumprimento dos requisitos de concepção definidos no Anexo I da portaria n.º 349-D/2013 de 2 de Dezembro. Acautelando o referido anteriormente para o comportamento térmico, acrescentando ainda a viabilidade económica para permitir adoptar outras soluções.

Conjuntamente, devem ter um  $IEE_{pr}$  inferior ao  $IEE_{ref}$  afectado de um coeficiente de majoração de 50%.

#### **2.2.3.2.3. Ventilação**

Se a grande intervenção incidir no sistema de ventilação, estes passam a ter os mesmos requisitos dos edifícios novos. Também aqui, é necessário acautelar a integração harmoniosa entre as partes existentes e as partes intervencionadas e os respectivos sistemas técnicos.

Caso se verifiquem incompatibilidades, podem ser adoptadas outras soluções, podendo considerar-se uma redução de 30% do valor de caudal de ar novo determinado se não comprometer a qualidade de ar interior.

Também aqui, para os GES todas as intervenções devem ficar registadas e ser acompanhadas pelo TIM do edifício.

#### **2.2.3.2.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos**

Os sistemas técnicos desta subsecção, devem ser instalados, mantidos e conduzidos da mesma maneira que os sistemas técnicos de edifícios novos.

O TIM do edifício deve seguir os trabalhos e garantir a actualização do plano de manutenção com toda a informação necessária.

### **2.2.3.3. Subsecção III - Edifícios existentes**

#### **2.2.3.3.1. Comportamento térmico**

Os edifícios de comércio e serviços existentes não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico.

#### **2.2.3.3.2. Eficiência dos sistemas técnicos**

Os edifícios de comércio e serviços existentes não estão sujeitos a requisitos de eficiência dos seus sistemas técnicos. No entanto o seu desempenho energético deve ser avaliado periodicamente com vista à identificação da necessidade e das oportunidades de redução dos respectivos consumos específicos de energia.

A avaliação energética periódica aos GES deve ser realizada de 6 em 6 anos, já os PES estão dispensados de avaliação energética, só após emissão do certificado SCE, ou se forem propriedade de uma entidade pública e estiverem ocupados por uma entidade pública e visitados por público com frequência é que estão sujeitos a avaliação energética periódica de 10 em 10 anos, devendo incluir o certificado no âmbito do SCE e o relatório de avaliação energética.

#### **2.2.3.3.3. Qualidade do ar interior**

Ficam sujeitos ao cumprimento dos limiares de protecção e condições de referência dos poluentes constantes da Portaria n.º 353-A/2013.

#### **2.2.3.3.4. Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos**

Os sistemas técnicos dos edifícios de comércio e serviços existentes devem possuir um plano de manutenção actualizado que inclua as tarefas de manutenção a realizar, de acordo com os requisitos referidos para os edifícios novos.

Durante o seu funcionamento devem ser acompanhados por um TIM ou por outro técnico habilitado se for exigido pela legislação em vigor. Caso haja, modificações nos sistemas técnicos, estas devem respeitar os requisitos de eficiência e instalação, condução e manutenção a que os sistemas técnicos de edifícios novos estão sujeitos.

#### **2.2.4. Metodologia de apuramento da viabilidade económica e plano de retorno**

As medidas de eficiência energética condicionadas pela viabilidade económica, são de implementação necessária desde que:

- a) Não haja constrangimentos ou limitações técnicas, legais ou administrativas à instalação;
- b) O período de retorno simples (PRS) seja igual ou inferior a 8 anos.

$$PRS = \frac{C}{P} \quad (24)$$

Com,

C, valor da totalidade dos custos de investimento;

P, valor da poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo, (determinado com base em simulações anuais, detalhadas do funcionamento do edifício e dos seus sistemas técnicos ou por cálculo anual simples).

Não são tidos em consideração possíveis alterações nos preços de energia, custos financeiros e a inflação.

### **2.3. Principais diferenças entre o RECS e o RSECE**

Uma das principais diferenças entre os dois regulamentos está no âmbito de aplicação, uma vez que o RECS passa exclusivamente a ser aplicado a edifícios de serviços e comércio, já o RSECE também podia ser aplicado a edifícios de habitação. Também o zoneamento

climático sofreu modificações, assim como os parâmetros climáticos (número de graus-dias (base de 20°C) para o RSECE e (base de 18°C) para o RECS).

O pré-certificado (PCE) e o certificado SCE (CE) passam a ser reconhecidos como certificações técnicas, substituindo o certificado energético e da qualidade do ar interior (CE) e a declaração de conformidade regulamentar (DCR).

Com o novo regulamento, nas grandes intervenções só os elementos ou sistemas que são alvo de intervenção passam a estar sujeitos a requisitos, podendo no entanto ser justificada a dispensa de intervenção.

Os edifícios de comércio e serviços passam agora a estar sujeitos a requisitos de qualidade térmica e requisitos para os seus sistemas técnicos. O RECS impõe requisitos não só aos sistemas de climatização, mas também aos sistemas de preparação de AQS, de iluminação, de gestão de energia, aos elevadores e aos sistemas de energias renováveis.

A nível dos requisitos de qualidade térmica da envolvente, o RECS, apresenta valores diferentes do coeficiente de transmissão térmica máximo admissível para a envolvente opaca exterior. Paralelamente a envolvente interior deixa de ter requisitos de qualidade térmica da envolvente, desaparecendo também a definição de zona útil e zona não útil.

Também os factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, sofrem alterações e deixam de estar afectos á inércia térmica. No entanto, se a soma da área de vãos envidraçados verticais por orientação, for superior a 30% da área da fachada da qual fazem parte, o factor solar máximo deve ser afectado pela seguinte razão:  $0,3(A_{env}/A_{eve})$ . Esta imposição não é aplicada a PES, podendo também, ser dispensado se for provado que contribui para o aumento dos consumos energéticos.

Já nos sistemas técnicos, não só, deixa de ser obrigatório instalar sistemas energéticos centralizados, como deixa de haver limite máximo da potência instalada de climatização. No RSECE não podia exceder em mais de 40% o valor calculado em projecto.

Passa a ser obrigatório, instalar um sistema de caudal de ar novo variável, que ajuste os caudais em função da ocupação e da utilização dos espaços, para sistemas com potência instalada de climatização superior a 100 kW em espaços com ocupação permanente, nos quais, a sua ocupação média é menor que 50% da ocupação máxima, desde que seja economicamente viável.

Os sistemas de produção de energia, dos sistemas de climatização e dos sistemas de preparação de AQS estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência. Também os sistemas de distribuição de energia e acumulação estão sujeitos a requisitos mínimos de eficiência.

Com o RECS acaba a figura de TRF, passando o TIM a ter as obrigações que pertenciam ao TRF no RSECE. Para os edifícios, com uma potência térmica nominal superior a 25 kW de climatização instalada ou prevista a instalar é necessário o acompanhamento de um TIM.

O Plano de Manutenção passa a ser obrigatório só acima dos 250 kW de potência de climatização instalada, sendo a sua elaboração da competência do TIM;

Relativamente à ventilação e qualidade do ar interior, no RECS, continua a ser obrigatório garantir os caudais de ar novo mínimos, sendo este o principal requisito da QAI. No entanto o método de cálculo é diferente, podendo ser realizado através do método prescritivo ou pelo método analítico. De uma forma geral os valores dos caudais de ar novo diminuíram em relação ao RSECE. Paralelamente a nova legislação apresenta uma metodologia de cálculo para a ventilação natural de modo a promover a sua utilização.

Com a nova legislação a metodologia de cálculo dos indicadores energéticos e a classificação energética sofre alterações significativas. A unidade de energia primária passa de kgep para kWh<sub>EP</sub>, assim como, a unidade do IEE deixa de ser kgep/m<sup>2</sup> e passa a ser kW<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.

A classificação energética passa a estar baseada em condições reais (previstas para os novos edifícios ou efectivas para os edifícios existentes), contemplando, as soluções de projecto para os edifícios a construir e as soluções adoptadas nos edifícios existentes. Comparando os respectivos indicadores (IEE<sub>pr</sub> e IEE<sub>ef</sub>), com os indicadores de referência (IEE<sub>ref</sub>), calculados para as condições de funcionamento real, mas com soluções de referência. Na legislação anterior a classificação energética era baseada em condições nominais de funcionamento, os indicadores de eficiência energética de referência para as diferentes tipologias constavam do Anexo XV do RSECE. Logo, os consumos reais passam a ser obtidos através do funcionamento real, com as soluções reais, deixando de ser estimados com recurso aos perfis padrão de referência de utilização dos edifícios, tornando o método de cálculo mais próximo das condições reais.



O RECS apresenta uma redução de classes energéticas em relação ao RSECE, passando a haver 8 classificações possíveis desde A<sup>+</sup> a F, já no RSECE havia 9 classes energéticas, desde A<sup>+</sup> a G.

Nos edifícios novos é necessário que IEE<sub>pr</sub> seja menor ou igual ao IEE<sub>ref</sub>, os edifícios existentes sujeitos a grande intervenção, devem apresentar um IEE<sub>pr</sub> inferior ou igual ao IEE<sub>ref</sub>, majorado em 50%.

Os edifícios existentes não estão sujeitos a requisitos energéticos, no entanto, o seu desempenho energético deve ser avaliado periodicamente com vista à identificação da necessidade e das oportunidades de redução dos respectivos consumos específicos de energia.

A avaliação energética periódica aos GES deve ser realizada de 6 em 6 anos. No caso dos PES, estes estão dispensados de avaliação energética, só após emissão do certificado SCE estão sujeitos a avaliação energética periódica de 10 em 10 anos. No entanto, se forem “*propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m<sup>2</sup> ou, a partir de 1 de julho de 2015, superior a 250 m<sup>2</sup>*” estão sujeitos a avaliação periódica.

### 3. Simulação dinâmica [22, 9]

A simulação dinâmica é um método de análise computacional do comportamento térmico e dos consumos energéticos do edifício, para além de determinar as cargas térmicas e as suas diversas componentes, permite determinar o consumo energético do sistema de climatização assim como o consumo global do edifício. Possibilitando, deste modo, testar várias soluções, vários materiais, diferentes orientações do edifício, vários tipos de sistemas de climatização a instalar, para assim conseguir minimizar a potência necessária da instalação, o seu consumo e o consumo do próprio edifício.

Neste contexto, a simulação dinâmica do consumo de energia dos edifícios tornou-se num instrumento muito importante para o aumento da eficiência, não só na fase de projecto, mas também, para intervenções em edifícios existentes de modo a obter uma redução de consumo energético no sector dos edifícios.

O Decreto-Lei n.º 118/2013, define simulação dinâmica como, *“a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência”*.

A utilização de programas de simulação dinâmica, permite, obter resultados muito próximos da realidade através da introdução das características mais relevantes do edifício para o cálculo da carga térmica, para isso recorrem às equações de transferência de calor e massa associadas a um conjunto de algoritmos e dados base dos programas.

Dado o alargado leque de programas de simulação disponibilizados por fabricantes, instituições governamentais, instituições públicas e universidades, às suas diferentes qualidades e limitações, a ASHRAE para tentar minimizar as diferenças existentes entre os diversos programas publicou a norma ASHRAE 140-2004, que adoptava o método BESTEST (Building Energy Simulation Test) como conduta para testar e avaliar os programas de simulação através de testes padrões que permitem identificar possíveis erros. Mais tarde a HVAC BESTEST permitiu analisar o comportamento dos programas para uma série de casos concretos, mas de complexidade bastante simples, com um sistema de climatização e ventilação mecânica tendo em consideração a sensibilidade às temperaturas exteriores e interiores, ou seja para casos simples de modelar. Já para casos mais complexos não garante os mesmos resultados.

### **3.1. EnergyPlus [23, 24]**

O EnergyPlus é um programa de simulação desenvolvido para modelagem de edifícios e dos equipamentos previstos para o seu aquecimento, arrefecimento e ventilação, ou seja, é um programa de análise de consumos de energia e de simulação de carga térmica.

Este programa nasce da fusão de dois programas de simulação já existentes, o BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) e o DOE-2 (U.S.Department of Energy), reunindo os seus melhores recursos e características. Estes dois programas foram desenvolvidos no final de 1970 e início de 1980, ambos surgiram com a preocupação provocada pela crise energética dos anos 70 e com o reconhecimento da importância da parcela relativa ao consumo de energia do edifício no consumo global de energia para os Estados Unidos da América.

Através da descrição realizada pelo utilizador do edifício, das suas características físicas, dos seus sistemas mecânicos, dos perfis de utilização e da sua localização, o EnergyPlus determina as cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento, a capacidade do sistema de climatização, o consumo de energia dos equipamentos e outros detalhes que possibilitam verificar se a simulação traduz o comportamento real do edifício. Deste modo, permite

simular vários aspectos, desde a própria geometria do edifício e a sua orientação, os vários elementos da envolvente, os sistemas de climatização, os perfis de utilização do edifício, proporcionando ao utilizador monitorizar o consumo de energia durante a fase de projecto, mas também ao longo do seu ciclo de vida do edifício.

O EnergyPlus é composto por três módulos básicos, o módulo de gestão da simulação, o módulo de simulação de equilíbrio térmico e um módulo de simulação de sistemas de construção, como se pode observar na seguinte figura.

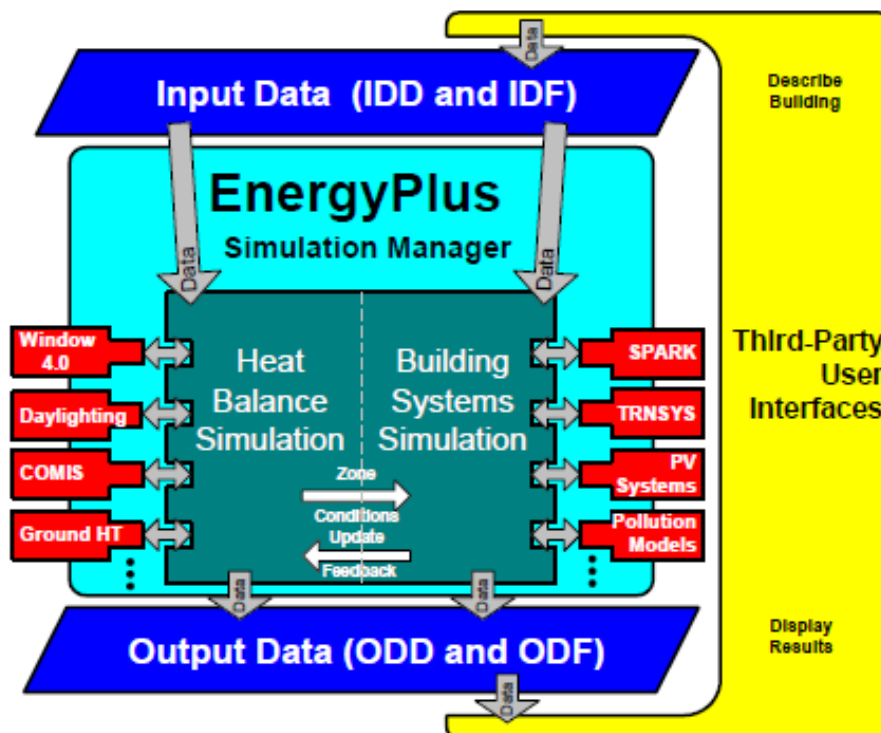


Figura 36 - Estrutura geral do EnergyPlus [24]

A interpretação dos resultados do EnergyPlus não é simples, sendo recomendável tratar os resultados da simulação para facilitar a sua interpretação. A necessidade de utilizar outro programa para facilitar a interpretação dos resultados da simulação realizada com o EnergyPlus, aliada a uma interface gráfica pouco amigável do utilizador faz com que o EnergyPlus seja muitas vezes utilizado em interação com outras ferramentas.

O método utilizado pelo programa para o cálculo da carga térmica é o método do balanço energético, que irá ser apresentado de seguida.

### 3.1.1. Método do balanço energético (HBM)

O método do balanço energético, não é um método novo, muitos programas de cálculo utilizaram este método. No entanto, só foi descrito completamente, ou apresentado como um forma aplicável para o cálculo da carga térmica pela ASHRAE, como resultado do projecto de investigação RP-875. Posteriormente em 1997, foram apresentados os procedimentos detalhados deste método por (Liesen and Pedersen 1997; McClellan and Pedersen 1997; Pedersen et al. 1997).

Este método baseia-se, no balanço energético aplicado às superfícies exteriores e interiores da envolvente do espaço a estudar e do seu ar interior. Requer pressupostos simplificadores, o que faz com que seja um método aproximado. O pressuposto essencial consiste, em considerar que no espaço a temperatura do ar é uniforme. Trata as várias superfícies do espaço, como tendo temperaturas de superfície e comprimentos de onda uniformes. Considera condução unidimensional e trata-as como superfícies radiativas difusas. Neste contexto o método do balanço energético pode ser visto como quatro processos distintos:

- Balanço energético das superfícies exteriores;
- Balanço energético das superfícies interiores;
- Condução nas paredes;
- Balanço energético do ar.

O balanço energético na face exterior das superfícies é dado por:

$$q_{asol}'' = q_{LWR}'' + q_{conv}'' - q_{ko}'' = 0 \quad (25)$$

Com,

$q_{asol}''$  = fluxo de radiação directa e difusa absorvida (q/A), (W/m<sup>2</sup>);

$q_{LWR}''$  = fluxo de radiação de longo comprimento de onda com o ar e a vizinhança, (W/m<sup>2</sup>);

$q_{conv}''$  = fluxo de energia resultante da troca por convecção, (W/m<sup>2</sup>),

$q_{ko}''$  = fluxo de energia resultante da condução através da parede, (W/m<sup>2</sup>).

Para o processo de condução de calor nas paredes, existem vários métodos e expressões que permitem calcular o valor desta parcela. Destes métodos fazem parte o método dos

elementos finitos, o método das diferenças finitas, o método das séries temporais entre outros. Estes métodos mostram que o cálculo da carga térmica é inerente do tempo.

O balanço de calor aplicado às superfícies interiores do espaço a estudar, é o processo fundamental deste método. Para além de envolver os diversos métodos de transferência de calor, estes estão associados. O balanço energético na face interior das superfícies é dado por:

$$q''_{LWX} + q''_{SW} + q''_{LWS} + q''_{ki} + q''_{sol} + q''_{conv} = 0 \quad (26)$$

Com,

$q''_{LWX}$  = fluxo de radiação de longo comprimento de onda entre as superfícies da zona/espço, (W/m<sup>2</sup>);

$q''_{SW}$  = fluxo de radiação de pequeno comprimento de onda entre as superfícies e a iluminação, (W/m<sup>2</sup>);

$q''_{LWS}$  = fluxo de radiação de longo comprimento de onda entre os equipamentos e as superfícies da zona/espço, (W/m<sup>2</sup>);

$q''_{ki}$  = fluxo de energia resultante da condução através da parede, (W/m<sup>2</sup>);

$q''_{sol}$  = fluxo de energia resultante da radiação solar absorvida pela superfície, (W/m<sup>2</sup>);

$q''_{conv}$  = fluxo de energia resultante da troca por convecção, (W/m<sup>2</sup>).

Relativamente ao balanço energético do ar, este processo considera quatro factores. A equação apresentada de seguida traduz este processo e os factores envolvidos:

$$q_{conv} + q_{CE} + q_{IV} + q_{sys} = 0 \quad (27)$$

Com,

$q_{conv}$  = transferência de calor por convecção a partir das superfícies para o ar, (W);

$q_{CE}$  = fracção convectiva das cargas internas, (W);

$q_{IV}$  = carga sensível consequente das infiltrações e da ventilação, (W);

$q_{sys}$  = transferência de calor do sistema de AVAC ou para o sistema de AVAC, (W).

Este método, assume uma zona térmica única, com uma temperatura definida. A zona é composta por quatro paredes, uma cobertura e o pavimento. Considera o efeito de inércia térmica de cada elemento construtivo, as temperaturas no interior e no exterior das

superfícies e a energia necessária para o sistema de AVAC manter o ar à temperatura definida.

### **3.2. DesignBuilder [25]**

O DesignBuilder é um software especializado em simulação energética e análise térmica, tem integrado o programa de simulação EnergyPlus, ou seja, o cálculo é efectuado através do EnergyPlus e o DesignBuilder oferece-lhe uma interface muito mais simples e intuitiva, tornando a modelação dos edifícios e dos seus diversos sistemas mais fácil e rápida, assim como, a interpretação dos resultados. Recolhe os resultados do EnergyPlus e apresenta-os graficamente e numericamente, não sendo necessário recorrer a módulos externos para tratamento dos resultados.

Permite obter informações precisas sobre o comportamento térmico do edifício, a sua representação em imagem ou vídeo em qualquer etapa da modelação. Torna, deste modo, a modelação e o processo de avaliação mais rápidos e mais simples. Possibilita visualizar um amplo leque de resultados para diferentes períodos de tempo (anuais, mensais, horários e sub-horários).

Determina as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento, a transferência de calor através dos diferentes tipos de envolvente, o consumo energético global e relativo às diferentes componentes das cargas térmicas, a temperatura do ar, a temperatura radiante e operativa, a humidade, os níveis de conforto, os dados climáticos do local e as emissões de CO<sub>2</sub>.

Actualmente é composto pelos módulos de visualização, EnergyPlus, CFD (Computational Fluid Dynamics), iluminação natural e AVAC.

A modelação é feita em sete fases:

- Fase 1 – modelação geométrica, na qual é definida a geometria do edifício;
- Fase 2 – definição da envolvente e utilização, aqui, são introduzidos todos os parâmetros relativos à envolvente, e as condições de utilização do edifício;
- Fase 3 – definição da iluminação, define-se a potência instalada e o tipo de iluminação para o edifício, ou zona do edifício;

- Fase 4 – definição das instalações de climatização e produção de águas quentes sanitárias, de acordo com o nível de detalhe pretendido;
- Fase 5 – execução das simulações e interpretação de resultados;
- Fase 6 – estudos detalhados, aqui poderão ser realizadas mais análises, como a ventilação natural;
- Fase 7 – alterar, reiniciar e finalizar, nesta fase implementa as modificações para afinar o modelo ou conclui-se a modelação de acordo com os resultados anteriores.

O DesignBuilder, está em constante evolução, incorporando novas funcionalidades de modo a enriquecer o seu potencial e a sua versatilidade, também pode usar outro programa de simulação como alternativa ao EnergyPlus, o DBSim, que apesar de não ter as mesmas capacidades do EnergyPlus permite realizar análises muito rápidas em edifícios complexos, foi pensado para as primeiras etapas de desenho e para cálculos para instalações simples.

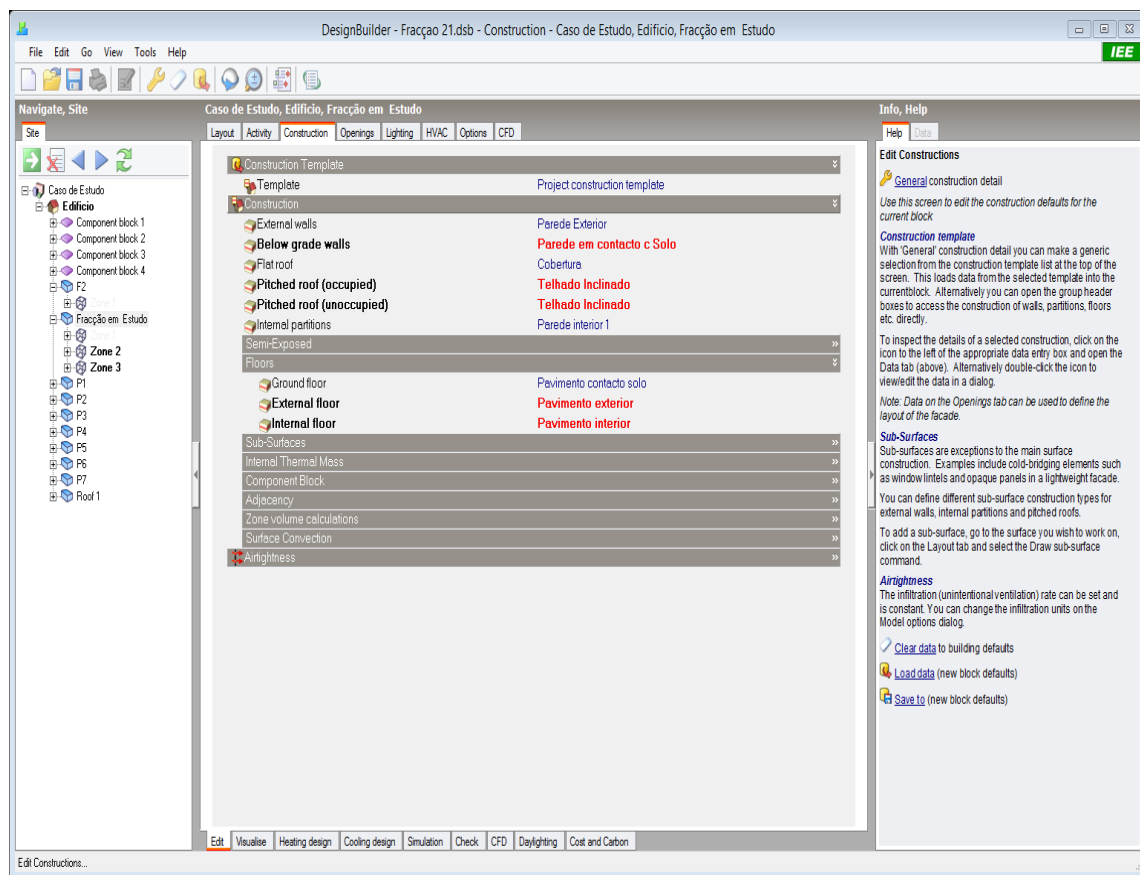


Figura 37 - DesignBuilder - Interface do Caso de Estudo



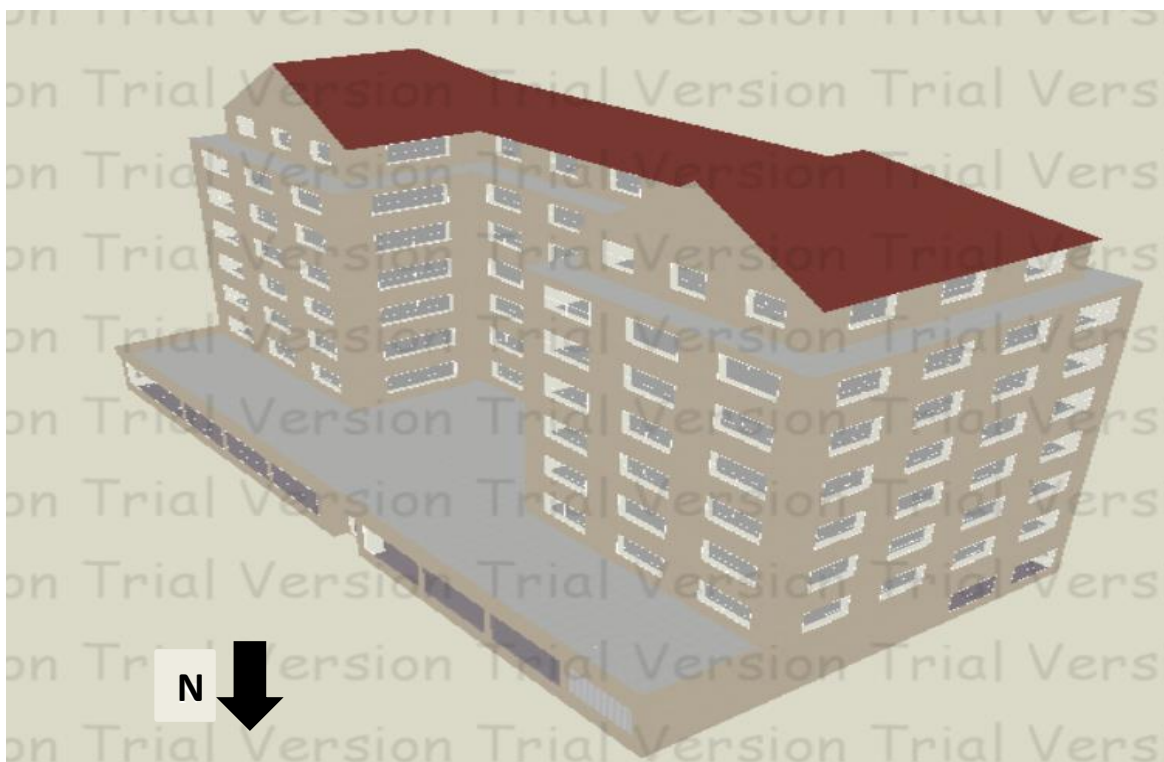


## 4. Caso de estudo [11, 9, 26]

### 4.1. Caracterização da fracção em estudo

Neste subcapítulo é descrita integralmente a fracção em estudo, isto é, a nível geográfico, a nível geométrico e da envolvente, o sistema AVAC instalado, equipamentos, ocupação e iluminação, ou seja, tudo o que é necessário para modelar satisfatoriamente o edifício no programa de simulação dinâmica, DesignBuilder, de modo, a construir um suporte ao restante trabalho. Para isso foi reunida toda a informação disponível, recorrendo a levantamentos, peças escritas e desenhadas, catálogos de equipamentos e à publicação do LNEC: ITE 50, de modo a caracterizar a fracção o mais próximo possível da realidade. Infelizmente não foi possível ter acesso aos consumos energéticos da fracção, pois contrariamente ao compromisso inicial, fui avisado que não tinham tido autorização para me fornecerem esses dados, nem poderiam permitir a medição dos consumos. Relativamente à informação necessária para proceder à caracterização da fracção segundo o RECS, foi necessário assumir alguns pressupostos, já que, o levantamento ocorreu antes da publicação do regulamento.

A fracção objecto de estudo faz parte de um edifício localizado na freguesia de Lumiar, concelho de Lisboa, Portugal. Está inserida no Rés-do-Chão de um edifício de tipologia mista, constituído por espaços comerciais e escritórios no Rés-do-Chão e por apartamentos nos restantes pisos. Trata-se de uma fracção de serviços do tipo “*Filial de banco*”.



**Figura 38 - Modelo geométrico do Caso de Estudo**

A fracção possui a fachada principal orientada a Nordeste, estando organizada em três zonas distintas, um open-space para atendimento ao público e serviços de escritórios com uma área de 433 m<sup>2</sup>, uma sala de reuniões com 30 m<sup>2</sup> de área e por uma zona técnica/central térmica, apresentando um pé direito médio de 3,5 m.



**Figura 39 - Fracção em estudo**

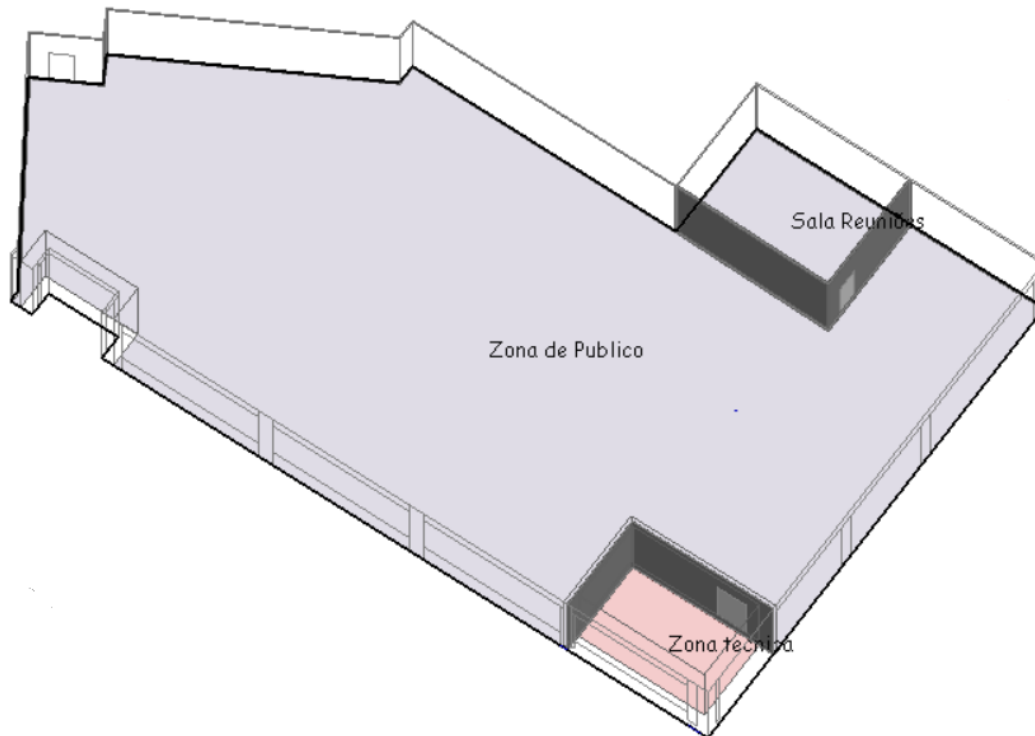


Figura 40 – Layout da Fracção em estudo

#### 4.1.1. Soluções construtivas

A tipificação de soluções construtivas permite definir valores de vários parâmetros térmicos que conduzem à avaliação do desempenho energético da fracção.



Figura 41 – Template Construção do Caso de Estudo

As soluções construtivas que compõem, a fracção em estudo são apresentadas de seguida, estando as informações complementares relativas às suas características térmicas apresentadas no Anexo A. Os coeficientes de transmissão térmica estão apresentados na tabela (3).

### **Paredes Exteriores**

A parede exterior da fracção possui a seguinte tipologia:

PE1 – Parede dupla, constituída (do interior para o exterior do espaço útil) por reboco tradicional com 0,025 m de espessura, pano de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura, caixa-de-ar com 0,10 m de espessura, pano de alvenaria de tijolo furado com 0,22 m de espessura e acabamento em pedra natural de calcário.

### **Paredes Interiores**

As paredes interiores existentes na fracção em estudo são de dois tipos. O tipo PI1 separa a fracção em estudo de fracções autónomas adjacentes (aquecidas) e o tipo PI2 separa a fracção de espaços não aquecidos.

PI1 – Parede Interior em parede simples, constituída por um pano de alvenaria de tijolo furado com 0,11 m de espessura revestido por reboco tradicional com 0,025 m de espessura em ambas as faces.

PI2 – Parede Interior, composta por placa de gesso cartonado com espessura 0,025 m, isolamento térmico a lã de rocha com 0,05 m de espessura, caixa-de-ar e placa de gesso cartonado com espessura 0,025 m.

### **Pontes Térmicas Planas**

As pontes térmicas planas tipificam-se nas seguintes soluções:

PT1 – Pilar intermédio, constituída (do interior para o exterior do espaço útil) por reboco tradicional com 0,025 m de espessura, pano de alvenaria de tijolo furado com 0,10 m de espessura, betão armado com 0,35 m de espessura e acabamento em pedra natural de calcário.

Dada a sua reduzida área as pontes térmicas planas não são relevantes do ponto de vista energético, no entanto têm um peso importante ao nível da saúde e do conforto dos ocupantes e a nível da durabilidade da construção.

### **Coberturas**

A cobertura da fracção é qualificada como sendo uma cobertura horizontal sem isolamento térmico, segundo o ITE 50, QII.13.

COB – Cobertura exterior, constituída (do interior para o exterior espaço útil) por reboco tradicional, laje maciça com 0,35 m de espessura, camada de forma, sistema de impermeabilização, camada de protecção e protecção exterior.

### **Pavimentos**

PAV – Pavimento em contacto com o solo, constituída (do interior para o exterior do espaço útil) por revestimento cerâmico (granito polido), betonilha de regularização com 0,05 m de espessura, laje de betão com 0,30 m de espessura e camada de protecção.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup> °C)]</b>
Parede exterior	PE1 Reboco tradicional + pano de alvenaria de tijolo furado de 0,11 m + caixa-de-ar + pano de alvenaria de tijolo furado de 0,11 m + pedra natural de calcário	0,85
Parede interior	PI1 Pano de alvenaria de tijolo furado de 0,11 m + reboco tradicional em ambas as faces	1,78
	PI2 Placa de gesso cartonado de 0,025 m+ lâ de rocha com 0,05 m+ caixa-de-ar + placa de gesso cartonado de 0,025 m	0,55
Ponte térmica plana	PT1 Reboco tradicional + pano de alvenaria de tijolo furado de 0,10 m + betão armado com 0,35 m + pedra natural de calcário	1,63
Cobertura	COB Reboco tradicional + laje maciça com 0,35 m + camada de forma + sistema de impermeabilização + camada de protecção + protecção exterior	1,1
Pavimento	PAV Revestimento cerâmico + betonilha de regularização com 0,05 m + laje de betão com 0,30 m + camada de protecção	2,71

**Tabela 3 – Soluções construtivas da envolvente opaca**

## Vãos Envidraçados

Os vãos envidraçados presentes na fracção, são do tipo VE1, para as janelas e VE2 para a porta exterior.

<b>Vão Envidraçado 1</b>									
Constituição	e (mm)	Emissividade (%)	F. Solar	Coef. Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Factores Energéticos (%)			
						Transmitância	Ref.ext	Ref.int	Absorção A1
Vidro simples	6	0,89	0,9	1,03	5,7	89	8	8	3

<b>Vão Envidraçado 2</b>									
Constituição	e (mm)	Emissividade (%)	F. Solar	Coef. Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Factores Energéticos (%)			
						Transmitância	Ref.ext	Ref.int	Absorção A1
Vidro simples	10	0,89	0,84	0,96	5,6	89	8	8	12

Tabela 4 – Vãos envidraçados [27]

As soluções construtivas apresentadas serão utilizadas para a simulação real e para a simulação nominal. Para a simulação referencia, serão apresentadas posteriormente as alterações necessárias.

### 4.1.2. Condições de funcionamento reais

As condições de funcionamento reais são as mesmas para a determinação das necessidades energéticas, com a excepção do ficheiro climático, que segundo o RCES passa a ser o ficheiro climático obtido pelo Software para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios, considerando-se os perfis reais de utilização do caso de estudo apresentados no Anexo B.

## Ocupação

O número de ocupantes e o perfil de utilização foram determinados, tendo como base, o cruzamento dos dados facultados pelos funcionários através das suas vivências e das peças desenhadas. O horário de funcionamento é das 8h 30m até às 17h 30m, com abertura ao público às 9h e fecho às 16h. A densidade de ocupação está apresentada na tabela (5).

<b>Ocupação da fracção</b>			
	Área (m <sup>2</sup> )	Ocupação	Densidade (m <sup>2</sup> /Ocup)
<b>Zona Público</b>	433	56	7,7
<b>Sala Reuniões</b>	30	14	2,1

Tabela 5 - Ocupação da fracção - real

Segundo o 2009 - ASHRAE Handbook - Fundamental (SI), a taxa de calor emitido por um adulto com actividade moderada para a tipologia de edifício de escritórios é de 130 W (75 W carga sensível e 55 W carga latente).

## Iluminação

As cargas da iluminação foram obtidas através das peças escritas e desenhadas da especialidade. A distribuição das luminárias é realizada de acordo com a figura (42), sendo projectada de modo a garantir 500 lux. O valor da iluminância da fracção foi retirado das peças escritas da especialidade, deste modo, assume-se que a iluminância está de acordo com o valor apresentado.

As luminárias são do tipo fluorescente quadrado (600 x 600 mm), para embutir, equipadas com difusor em alumínio mate e superfície de reflexão parabólica, com quatro lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 18 W e balastro electrónico, correspondendo a uma potência do circuito de 72,8 W.



**Figura 42 – Distribuição das luminárias**

A tabela seguinte apresenta a densidade de iluminação do caso de estudo, assim como todos os elementos necessários para o seu cálculo.



<b>Iluminação da fracção</b>						
	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº Luminárias</b>	<b>P lâmpadas (W)</b>	<b>P circuito (W)</b>	<b>P total (W)</b>	<b>Densidade (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Zona Publico</b>	433	128	4 x 18	72,8	9216	21
<b>Sala Reuniões</b>	30	6	4 x 18	72,8	436,8	15

**Tabela 6 - Densidade de iluminação – real**

A ASHRAE, no 2009 - ASHRAE Handbook - Fundamental (SI), sugere um valor de 16 W/m<sup>2</sup>, para bancos/escritórios, (áreas de actividade bancária).

A iluminação exterior é garantida por letreiros com lâmpadas fluorescentes com uma potência total de 1200 W, comandados automaticamente por um relógio programável.

### **Equipamentos**

A quantificação de equipamentos resultou do levantamento efectuado. Já as potências dos equipamentos foram obtidas recorrendo ao 2009 – ASHRAE Handbook-Fundamental (SI), com excepção da potência da ATM.

<b>Equipamentos da fracção</b>				
	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>W</b>	<b>Densidade (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Zona Publico</b>	433	PC	16 135	8
		Monitor	2 70	
		Multifunções	3 135	
<b>Sala reuniões</b>	30	ATM	1 750	7
		Monitor	1 70	
		PC	1 135	

**Tabela 7 - Densidade de equipamentos - real**

A densidade de potência dos equipamentos é de 8 W/m<sup>2</sup> na Zona de Publico e de 7 W/m<sup>2</sup> na sala de reuniões, como é possível observar na tabela anteriormente apresentada.

### **Ar novo**

Os caudais de ar novo foram obtidos do relatório de ensaios e das telas finais de acordo com a seguinte tabela.

<b>Caudal de ar novo</b>			
	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>Zona Publico</b>	433	56	3900
<b>Sala reuniões</b>	30	14	550

**Tabela 8 - Caudal de ar novo – real**

### **Sistema AVAC**

A climatização do espaço é assegurada por um sistema de climatização do tipo VRF (Variable Refrigerant Flow), mais conhecido por VRV (Volume de Refrigerante Variável). O sistema é composto por uma unidade condensadora (exterior), de funcionamento reversível em bomba de calor da marca Daikin e modelo referência RXYQ e 7 unidades interiores do tipo de ligação a condutas de média pressão estática, para montagem embutida em tecto falso e ligação a conduta da marca Daikin e modelo referencia FXSQ, nos modelos apresentados na tabela (9).

<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Modelo</b>	<b>Gama de capacidades</b>	<b>Potência de Arrefecimento</b>	<b>Potência de Aquecimento</b>	<b>EER</b>	<b>COP</b>
			CV	kW	kW		
Unidade Exterior	1	RXYQ18	18	50,00	58,00	3,40	3,89
Unidade Interior	5	FXSQ63	-	7,10	8,00	-	-
	1	FXSQ80	-	9,00	10,0	-	-
	1	FXSQ40	-	4,50	5,00	-	-

**Tabela 9 - Constituição do sistema VRV**

O fornecimento do ar novo é garantido por um ventilador centrífugo em caixa da marca France Air e modelo MODULYS DP, equipado com um módulo de filtragem G4-F7, associado a respectiva rede de condutas. Paralelamente um ventilador centrífugo em caixa da marca France Air e modelo MODULYS DP é o responsável pela extracção do ar.

As temperaturas de conforto real utilizada no espaço é de 22 °C para aquecimento e 24 °C para arrefecimento.

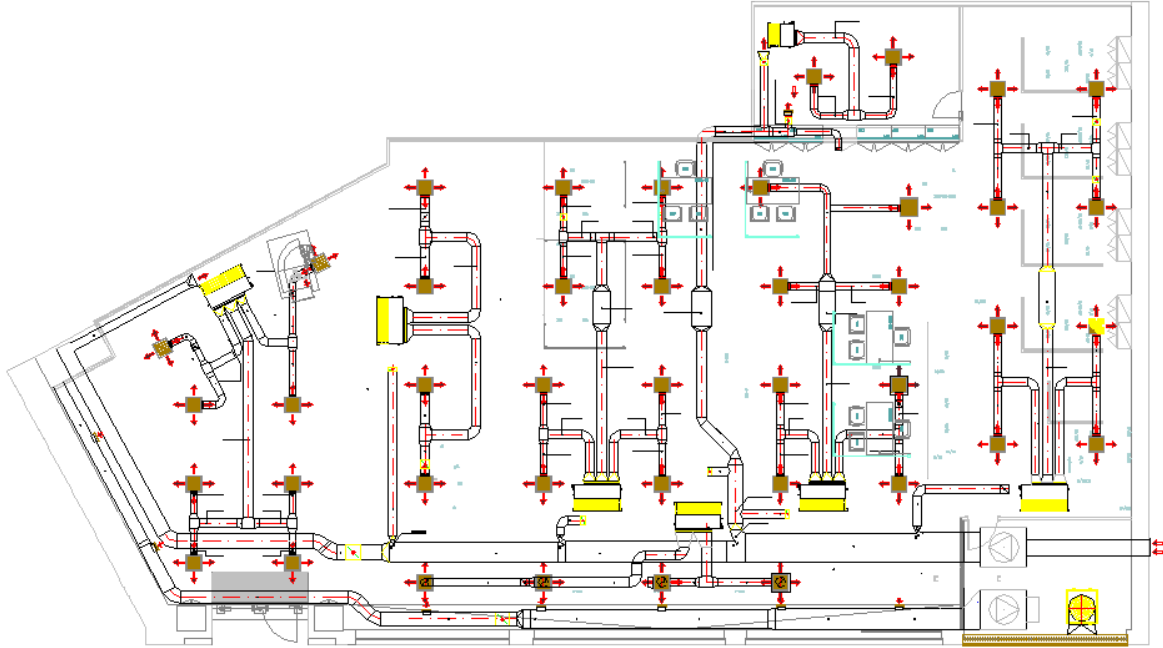


Figura 43 – Sistema de AVAC

O perfil de utilização do sistema de climatização é igual para todos os cenários. Tem um horário de funcionamento diferente do horário de ocupação, arranca uma hora antes e para uma hora depois.

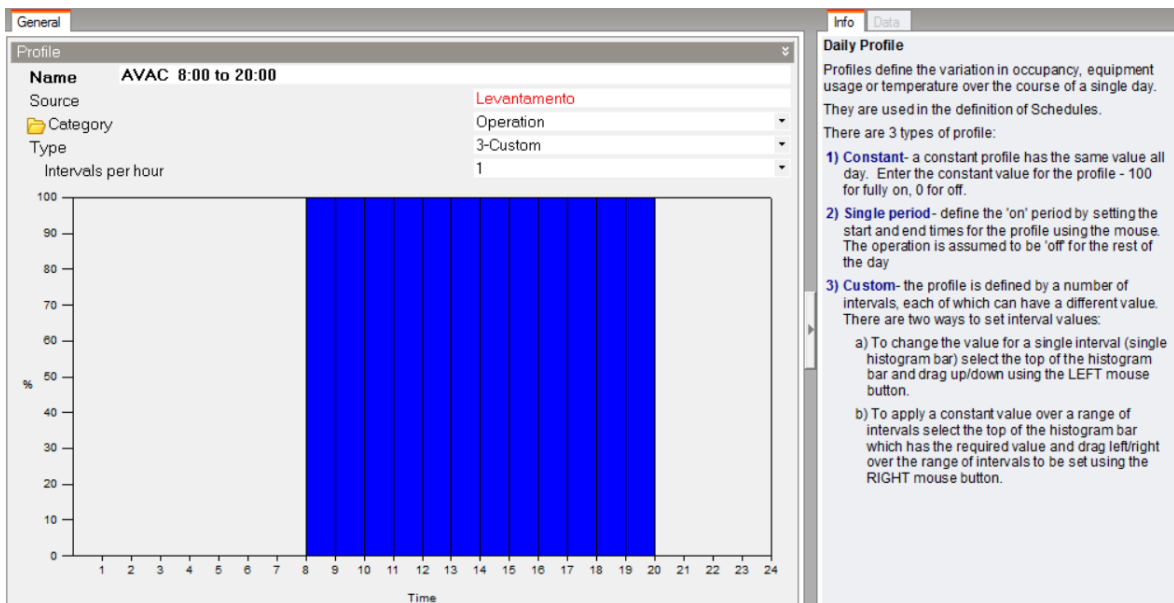


Figura 44 – Perfil de utilização AVAC

## 4.2. Enquadramento no âmbito do RSECE

Relativamente ao âmbito do RSECE, a fracção em estudo, é classificada como um pequeno edifício de serviços existente com climatização (PEScC), não estando, portanto sujeita a requisitos mínimos de qualidade térmica nem a quaisquer requisitos energéticos (limitação de consumo de energia). Quanto aos requisitos de QAI, apenas serão cumpridos, com a aplicação dos caudais mínimos de ar novo impostos pelo RSECE para o cálculo do  $IEE_{\text{nominal}}$ .

*“Um pequeno edifício de serviços existente com climatização (PEScC, com áreas inferiores a 1000m<sup>2</sup> mas com potência de climatização superior a 25kW), fica sujeito ao RSECE, nomeadamente no que concerne aos seguintes requisitos:*

- requisitos de QAI (artigo 27º ponto 3 DL79/2006), embora sem obrigatoriedade de verificação periódica (artigo 33º ponto 1 DL79/2006),*
- existência de um técnico responsável pelo funcionamento do edifício (TRF), função que pode ser assegurada por um técnico de manutenção (TIM III) (ponto 7 do artigo 21º do DL 79/2006)*
- realização de inspecções periódicas a caldeiras e sistemas de aquecimento (ponto 1 e 2 do art.º 20 do DL 79/2006 de 4 Abril), caso existam.*

*O cumprimento dos referidos requisitos deverá ficar atestado num Certificado Energético e da QAI, emitido por um Perito do SCE, caso o edifício seja objecto de uma transacção comercial (venda ou arrendamento).”*

#### 4.2.1. Dados climáticos segundo o RSECE

De acordo com as indicações do Quadro III.1 do Anexo III do RCCTE, as zonas climáticas e dados climáticos de referência para o concelho de Lisboa são:

Dados climáticos RSECE	
Zona climática de Inverno	I1
Altitude (m)	109
Número de graus-dias de aquecimento (°C.dias)	1190
Duração da estação de aquecimento (meses)	5,3
Zona climática de Verão	V2Sul
Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (kWh/m <sup>2</sup> .mes)	108
Temperatura do ar exterior (°C)	32
Amplitude térmica (°C)	11

Tabela 10 - Dados climáticos de referência

Como a freguesia do Lumiar está a uma altitude 109 m, não é necessário efectuar correcções em função da altitude.

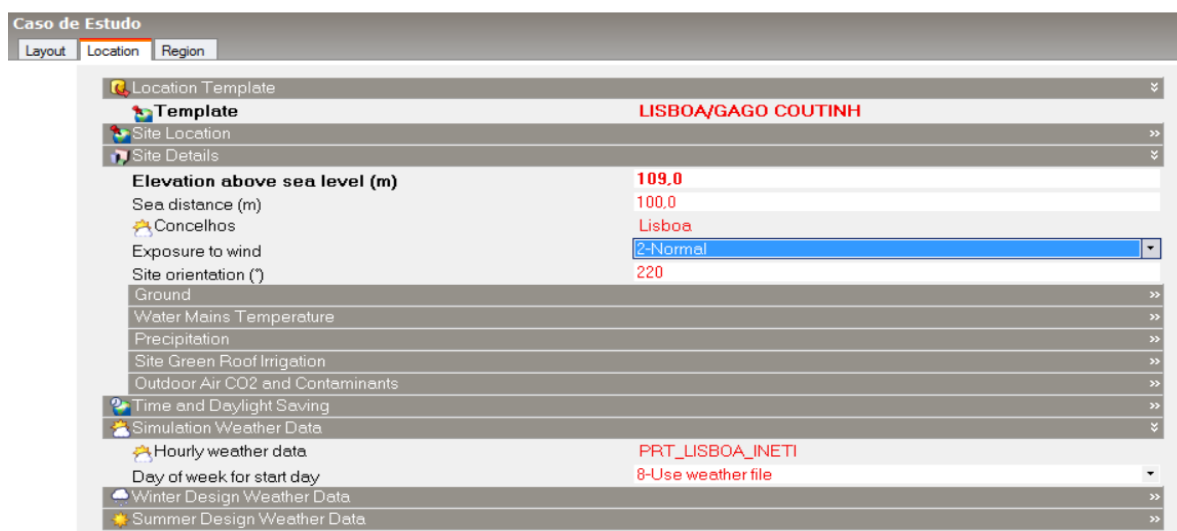


Figura 45 - Localização do Caso de Estudo, DesignBuilder

#### 4.2.2. Soluções construtivas segundo o RSECE

As soluções construtivas a considerar no âmbito do RSECE são as soluções construtivas reais, apresentadas anteriormente na caracterização do caso de estudo. Como já referido anteriormente no enquadramento do caso de estudo no âmbito do RSECE, os pequenos

edifícios de serviços existente com climatização (PEScC), não estão sujeitos a requisitos mínimos de qualidade térmica.

No entanto, apesar da verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica não ser obrigatória para o caso de estudo, esta é apresentada de seguida nas tabelas (11 e 12). A verificação foi realizada como exemplo de verificação, logo, não foram consideradas as correcções necessárias para o cumprimento dos requisitos mínimos de qualidade térmica.

Solução Construtiva	U (W/(m <sup>2</sup> .°C))		U máximo (W/(m <sup>2</sup> .°C))		2 U parede	
Parede exterior	0,852	≤	1,8			<b>Verifica</b>
Ponte térmica plana - pilar	1,634	≤	1,8	≤	1,704	<b>Verifica</b>
Parede interior 1 (τ = 1)	1,780	≤	1,8			<b>Verifica</b>
Cobertura	1,100	≤	1,65			<b>Verifica</b>

**Tabela 11 – Verificação requisitos mínimos de qualidade térmica, envolvente opaca**

Envidraçados exteriores	Factor solar		Factor solar máximo	
Vão envidraçado 1	0,90	≤	0,56	<b>Não verifica</b>
Vão envidraçado 2	0,84	≤	0,56	<b>Não verifica</b>

**Tabela 12 - Verificação requisitos mínimos de qualidade térmica, envolvente translucida**

#### **4.2.3. Condições de funcionamento nominais segundo o RSECE**

Os perfis nominais de utilização associados à ocupação, iluminação e equipamentos do caso de estudo considerados estão representados no Anexo C e correspondem aos perfis apresentados no Anexo XV do RSECE para de edifícios do tipo Filiais de bancos.

#### **Ocupação**

A densidade de ocupação considerada para as condições de funcionamento nominal é de 10 m<sup>2</sup>/Ocupante de acordo com o padrão de referência de utilização relativo à Ocupação em edifícios do tipo Filiais de bancos.

## Iluminação

Relativamente à iluminação não há nenhum valor de referência indicado pelo RSECE no que respeita à densidade de potência de iluminação (DPI). Os valores de DPI a considerar são os reais, associado ao padrão de referência de utilização de edifícios do tipo Filiais de bancos.

No que respeita à iluminação exterior, o valor do DPI a considerar é o real e o perfil de utilização é estático e corresponde a 5400 horas de funcionamento.

## Equipamentos

Tal como para a densidade de ocupação, o valor da densidade de potência relativa aos equipamentos coincide com o padrão de referência de utilização de edifícios apresentado no RSECE, apresentando um valor de 10 W/m<sup>2</sup>, associado ao padrão de referência de utilização de edifícios do tipo Filiais de bancos.

## Ar novo

O caudal de ar novo nominal foi determinado, de acordo, com o Anexo VI do RSECE, considerando uma eficiência de 0,8 como se pode ver na seguinte tabela. É no entanto importante salientar, que para o caso de estudo não é obrigatório cumprir os caudais de ar mínimos que são apresentados no Anexo VI do RSECE, assim como, não é necessário ter em consideração a eficiência da ventilação.

### Caudal mínimo de ar novo

Zona	Área (m <sup>2</sup> )	Ocupação	Critérios RSECE - Caudais				Min regulamentar	Caudal ε = 0,8
			[m <sup>3</sup> /(h.ocupante)]	[m <sup>3</sup> / (h.m <sup>2</sup> )]	[m <sup>3</sup> /(h.ocupante)]	[m <sup>3</sup> / (h.m <sup>2</sup> )]		
Publico Sala	430	56	35	15	1960	6495	<b>6495</b>	8119
Reuniões	30	14	30	20	420	600	<b>600</b>	750

Tabela 13 - Caudal de ar – nominal (m<sup>3</sup>/h)

## Sistema AVAC

A solução considerada para o sistema AVAC no âmbito do RSECE é a solução real, apresentada anteriormente na caracterização do caso de estudo.

Segundo o RSECE, as condições ambientes de conforto de referência, correspondem a uma temperatura de 20 °C para a estação de aquecimento e uma temperatura de 25 °C para a estação de arrefecimento, condições estas apresentadas no RCCTE.

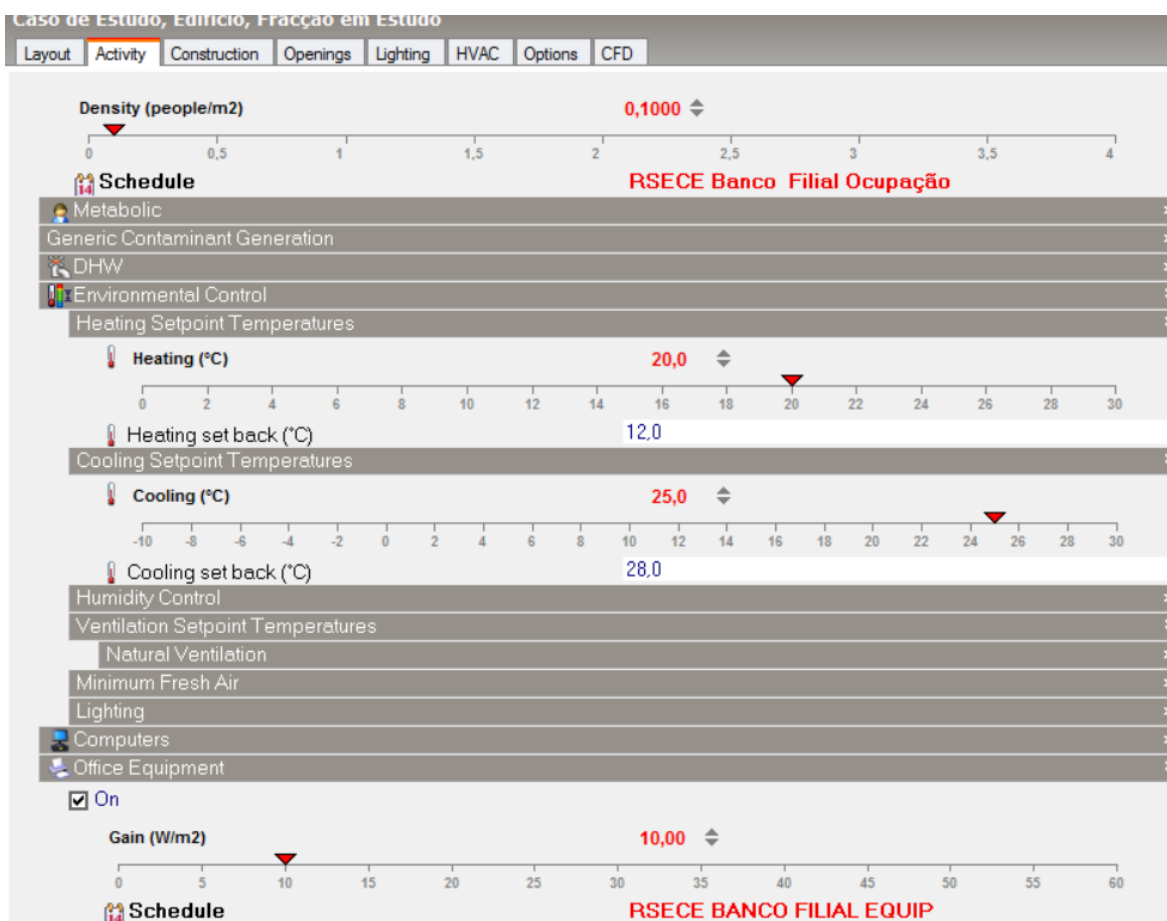


Figura 46 - Actividade do Caso de Estudo, DesignBuilder

### 4.3. Enquadramento no âmbito do RECS

No âmbito do RECS, a fracção em estudo é classificada como um PES, não estando sujeito ao cumprimento de nenhum tipo de requisitos ao nível do comportamento térmico nem de eficiência dos sistemas técnicos, apenas ficam sujeitos ao cumprimento dos limiares de protecção e condições de referência dos poluentes.

#### *“Artigo 46.º Comportamento térmico*

*Os edifícios de comércio e serviços existentes não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico, exceto em caso de grande intervenção, caso em que se aplica o disposto no artigo 42.º.”*



## *“Artigo 47.º Eficiência dos sistemas técnicos*

*1 - Os edifícios de comércio e serviços existentes não estão sujeitos a requisitos de eficiência dos seus sistemas técnicos, exceto nas situações em que são sujeitos a grande intervenção nos termos do disposto no artigo 43.º.”*

### **4.3.1. Dados climáticos segundo o RECS**

Segundo o Despacho (extracto) n.º 15793-F/2013 os parâmetros para o zoneamento climático e respectivos dados para o município de Lisboa.

<b>Parâmetros para o zoneamento climático</b>	
<b>Zona climática de Inverno</b>	<b>I1</b>
<b>Altitude (m)</b>	<b>109</b>
<b>Número de graus-dias de aquecimento (°C)</b>	<b>1071</b>
<b>Duração da estação de aquecimento (meses)</b>	<b>5,3</b>
<b>Zona climática de Verão</b>	<b>V2</b>
<b>Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (kWh/m<sup>2</sup>.mês)</b>	<b>150</b>
<b>Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento (°C)</b>	<b>10,8</b>
<b>Duração da estação de aquecimento (meses)</b>	<b>4</b>
<b>Temperatura exterior média (°C)</b>	<b>21,7</b>

Tabela 14 - Parâmetros climáticos

### **4.3.2. Condições de funcionamento de referência segundo o RECS**

Os perfis de utilização dos edifícios são os mesmos utilizados nas condições reais.

#### **Ocupação**

A densidade de ocupação a utilizar é a mesma que a densidade das condições de funcionamento reais.

#### **Iluminação**

A densidade de potência de iluminação foi determinada de acordo com a metodologia de cálculo e com as considerações apresentada na Portaria n.º 345-D/2013, para um sistema de iluminação, sem sistema de controlo por ocupação ou por disponibilidade de luz natural e com uma iluminância de 500 lux (assumida já que não foi possível medi-la), segundo a EN 12464-1, para escritórios em zonas escrita, digitação, leitura e processamento de dados.

<b>Iluminação da fracção</b>				
	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>E<sub>m</sub> (lux)</b>	<b>DPI [( W/m<sup>2</sup>)/100lux]</b>	<b>Densidade (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Zona Publico</b>	433	500	4,0	20
<b>Sala reuniões</b>	30	500	2,8	14

**Tabela 15 - Iluminação da fracção referência - RECS**

### **Equipamentos**

Considera-se a densidade de equipamentos das condições de funcionamento reais.

### **Ar novo**

O caudal mínimo de ar novo foi obtido através do método prescritivo e utilizando um sistema de ventilação mecânico, considerando, o maior dos valores determinados pela diluição da carga poluente devido aos ocupantes ou ao próprio edifício e uma eficácia de ventilação de 0,8. Como a fracção, em estudo apresenta espaços ocupados por pessoas com mais do que um tipo de actividade, foi necessário determinar a média ponderada do nível de actividade metabólica e o respectivo requisito de caudal de ar novo. Os resultados são apresentados na tabela (18), comparativamente ao RSECE os caudais de ar mínimos regulamentares são bastante inferiores, chegando a ser 5 vezes mais que no Decreto-Lei 118 no caso da Zona de Publico.

**Caudal mínimo de ar novo segundo o Decreto-Lei n.º 118/2013 - método prescritivo**

	Área (m <sup>2</sup> )	Pessoas	Critérios - Caudais				Min regulamentar	Caudal ε = 0,8
			[m <sup>3</sup> /(h.pessoas)]	[m <sup>3</sup> / (h.m <sup>2</sup> )]	[m <sup>3</sup> /(h.pessoas)]	[m <sup>3</sup> / (h.m <sup>2</sup> )]		
<b>Zona Publico</b>	433	56	16,8	3	940,8	1299	<b>1299</b>	1624
<b>Sala Reuniões</b>	30	14	20	3	280	90	<b>280</b>	350

**Tabela 16 - Caudal de ar novo segundo o Decreto-Lei 118/2013 – (m<sup>3</sup>/h)**

### **Sistema AVAC**

A solução considerada para o sistema AVAC no âmbito do RECS corresponde à solução real, apresentadas anteriormente na caracterização do caso de estudo.

Relativamente às temperaturas de conforto, de acordo, com a portaria n.º 349-D/2013, deve-se considerar uma temperatura interior compreendida entre 20 °C e 25 °C.

#### **4.4. Simulação Dinâmica dos Modelos**

A simulação dinâmica consiste num método de análise computacional, que permite, determinar o consumo energético global do edifício e a sua desagregação por principal utilizador. A partir dos consumos energia, obtidos através da simulação dinâmica de “um edifício”, é possível determinar os seus indicadores de eficiência energética, permitindo deste modo, proceder à classificação energética dos edifícios.

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações dinâmicas realizadas com o software DesignBuilder, versão 4.2.0.034 - Trial, nas diferentes condições de funcionamento.

##### **4.4.1. Soluções construtivas de referência segundo o RECS**

As soluções construtivas a considerar no âmbito do RECS são as apresentadas anteriormente na caracterização do caso de estudo, devendo estas, ser afectadas pelas soluções de referência indicadas na tabela I.07 do Anexo I, da Portaria n.º 349-D/2013. É portanto necessário, considerar as soluções de referência e ao mesmo tempo é necessário, manter as restantes soluções e características previstas e adoptadas no edifício.

As alterações a aplicar ao caso de estudo, passam pela mudança do coeficiente de transmissão térmica superficiais da parede exterior e da cobertura, de modo a manter a inércia do edifício e pela alteração do coeficiente de absorção da radiação solar. Relativamente aos vãos envidraçados, é necessário considerar os valores de referência, não só para o coeficiente de transmissão térmica, mas também para o seu factor solar. Paralelamente é necessário diminuir a área de vão envidraçado para 30% da área de fachada.

Na tabela (15), são apresentadas as soluções de referência aplicáveis ao caso de estudo ao nível da envolvente, já na figura (47) é possível observar a redução da área vãos envidraçados e na figura (48) as características térmicas da parede exterior de referência.

Tipo de elemento/solução	Soluções a considerar	$U_{ref}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Envolvente	Coeficientes de transmissão térmica superficiais de elementos opacos	
	Paredes Exteriores	0,70
	Cobertura	0,50
	Coeficientes de transmissão térmica superficiais para envidraçados	
	Vão Envidraçado 1	4,30
	Vão Envidraçado 2	4,30
	Área de vão envidraçado igual a 30% da área de fachada e 0% na cobertura	
	Factor solar dos vão envidraçados de referência	<b>Fsolar</b>
	Vão Envidraçado 1	0,20
	Vão Envidraçado 2	0,20
	Coeficiente de absorção da radiação solar da envolvente opaca, $\alpha=0,4$	

**Tabela 17 – Soluções de referência a considerar ao nível da envolvente na determinação do  $IEE_{ref}$ , para o caso de estudo**

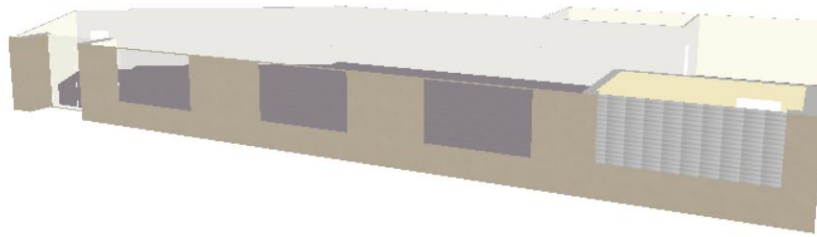
Para a parede exterior a solução idealizada, passa pela aplicação de EPS na caixa-de-ar, aplicando 0,01 m de isolante térmico do tipo EPS. Já para a cobertura, considerou-se a aplicação de 0,06 m de isolante térmico do tipo EPS entre a camada de forma e o sistema de impermeabilização. Para os vão envidraçados a solução passaria pela substituição dos vidros simples por vidros duplos, com as características indicadas na tabela (16).

Solução de referência para o Vão Envidraçado 1								
Constituição	e (mm)	F. Solar	Coef. Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Factores Energéticos (%)			
					Transmitância	Ref.ext	Ref.int	Absorção A1
Vidro duplo								
Colorido+incolor	6+(16)+4 Krypton na caixa e capas nos vidros	0,2	0,24	4,30	15	18	47	65

Solução de referência para o Vão Envidraçado 2								
Constituição	e (mm)	F. Solar	Coef. Sombreamento	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Factores Energéticos (%)			
					Transmitância	Ref.ext	Ref.int	Absorção A1
Vidro duplo								
Colorido+colorido	10+(16)+6 Krypton na caixa e capas nos vidros	0,2	0,27	4,30	18	8	26	71

**Tabela 18 - Vãos envidraçados de referência [27]**



**Figura 47 – Redução da área de envidraçado para 30% da área de fachada para determinação do  $IEE_{ref}$**

Caso de Estudo, Edifício, Fracção em Estudo, Zone 3

Layout Activity **Construction** Openings Lighting HVAC Options CFD

Construction Template >>  
 Construction <<  
**External walls** Parede Exterior Referencia ...

**Constructions Data**

Layers Surface properties Image **Calculated** Condensation analysis

<b>Inner surface</b> <<	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,540
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,130
<b>Outer surface</b> <<	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> -K)	5,130
Surface resistance (m <sup>2</sup> -K/W)	0,040
<b>No Bridging</b> <<	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,794
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,429
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,700</b>
<b>With Bridging (BS EN ISO 6946)</b> <<	
Km - Internal heat capacity (KJ/m <sup>2</sup> -K)	57,0000
Upper resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	1,429
Lower resistance limit (m <sup>2</sup> -K/W)	1,429
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> -K)	0,794
R-Value (m <sup>2</sup> -K/W)	1,429
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>-K)</b>	<b>0,700</b>

**Figura 48 – Parede exterior de acordo com a solução de referência a considerar na determinação do  $IEE_{ref}$**

#### 4.4.2. Simulação Real – Modelo Real

A simulação real permite estimar os consumos energéticos reais ou previstos dos edifícios, uma vez, que é baseada nas soluções construtivas reais, nas condições reais de utilização e de funcionamento previstas ou determinadas em auditoria.

A simulação dinâmica real é executada, através do modelo real da fracção em estudo, para a metodologia do RSECE. Já segundo a metodologia do RECS, para efeitos de classificação energética a temperatura interior a considerar no modelo real, deve estar compreendida entre 20 °C e 25 °C, assim sendo, será apresentada posteriormente como simulação prevista. No entanto, para avaliação da aplicação das medidas de eficiência energética é necessário considerar as temperaturas reais, 22 °C para aquecimento e 24 °C para arrefecimento.

Aplicando a metodologia do RSECE ao caso em estudo, um PEScC existente, é possível determinar os consumos reais de energia anuais e a sua desagregação por utilização final. Com os consumos energéticos reais e a desagregação dos mesmos, procede-se ao cálculo do  $IEE_{real,simulação}$  corrigido.

Relembra-se que os PES existentes, não estavam sujeitos, a qualquer requisito de limitação de consumo de energia, segundo o RSECE, não sendo necessário comparar o  $IEE_{real,simulação}$  corrigido com o  $IEE_{ref,exist}$ .

Também no RECS, a simulação real é usada para determinar os consumos previstos de energia e a sua desagregação por utilização final, tendo em conta a localização do edifício, as características da sua envolvente, a eficiência dos sistemas técnicos e os perfis de utilização previstos para o edifício, permitindo determinar o  $IEE_{pr,S}$ .

Posteriormente o  $IEE_{pr,S}$ , é utilizado para determinar o  $R_{IEE}$  (rácio de classe energética).

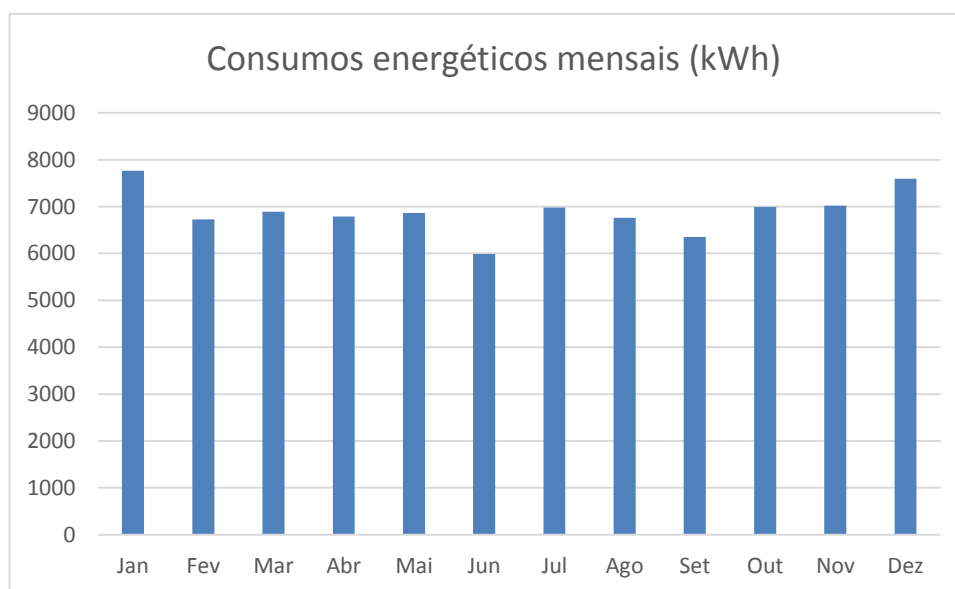
Também no RECS, os PES existentes, no qual se está inserido o caso em estudo, não estão sujeitos a requisitos de eficiência dos seus sistemas técnicos, ficando dispensados de avaliação energética. Apenas em caso de emissão do certificado SCE, é que estão sujeitos a avaliação energética periódica de 10 em 10 anos.

#### 4.4.2.1. Resultados obtidos através da simulação real - RSECE

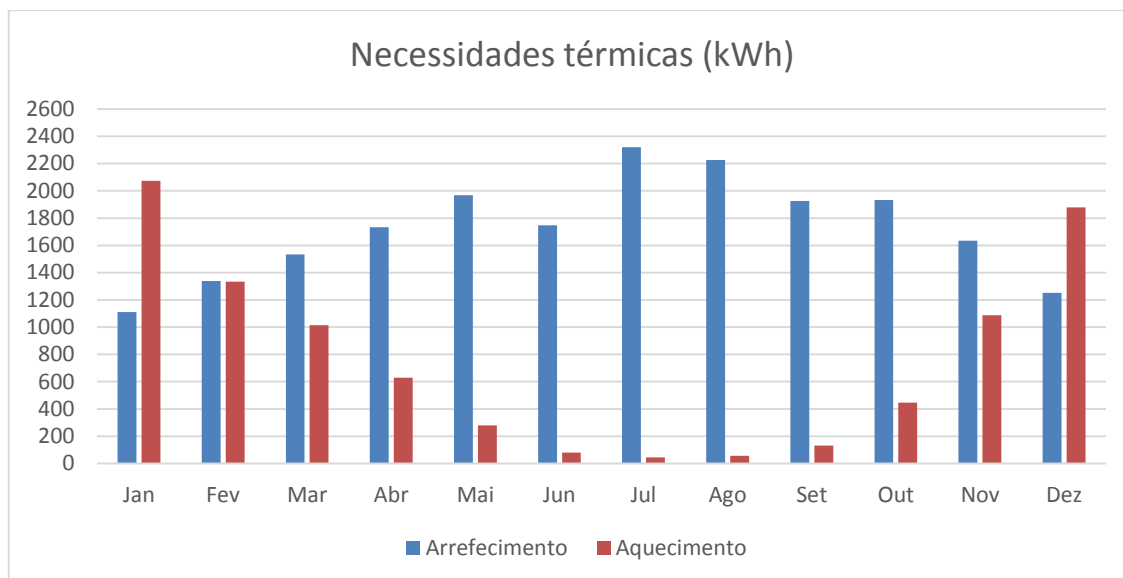
Após criação do modelo, com as condições de funcionamento reais apresentadas anteriormente no subcapítulo 4.1.2, com as soluções construtivas apresentadas no subcapítulo 4.1.1 e com os perfis de utilização reais apresentados no Anexo B realizou-se a simulação dinâmica.

De seguida são apresentados os resultados principais obtidos da simulação.

A fracção em estudo apresenta consumos energéticos mensais reais médios de cerca de 6895 kWh, não se registando uma variação acentuada de consumos ao longo dos meses, como se pode observar no gráfico (5).



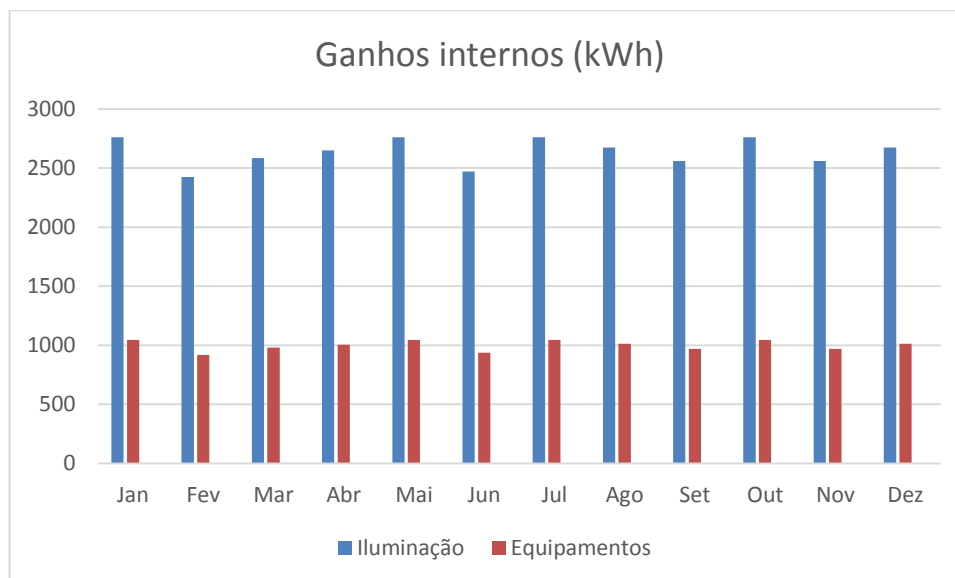
**Gráfico 5 - Consumos energéticos mensais reais - RSECE**



**Gráfico 6 – Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento reais - RSECE**

Em relação às necessidades térmicas da fracção em estudo, observa-se, através do gráfico (6), uma grande diferença entre as necessidades térmicas de arrefecimento e as necessidades térmicas de aquecimento. Representando as necessidades de arrefecimento cerca de 70% das necessidades associadas ao AVAC. Tal diferença prende-se com os elevados ganhos internos com origem na iluminação interior e nos equipamentos, como é possível constatar no gráfico (7). De facto, grande parte da energia eléctrica consumida pela iluminação e pelos equipamentos é dissipada na forma de calor, o que contribui para reduzir substancialmente as necessidades energéticas em aquecimento mas, por oposição, incrementa as necessidades de arrefecimento.





**Gráfico 7 – Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos reais - RSECE**

Os consumos energéticos anuais desagregados por utilização final são apresentados, recorrendo à tabela (19) e ao gráfico (8).

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kWh</b>
Aquecimento	9055
Arrefecimento	20727
Iluminação Interior	31651
Iluminação Exterior	6132
Equipamentos	11995
Ventiladores	1317
Bombas	1826
<b>Total</b>	<b>82703</b>

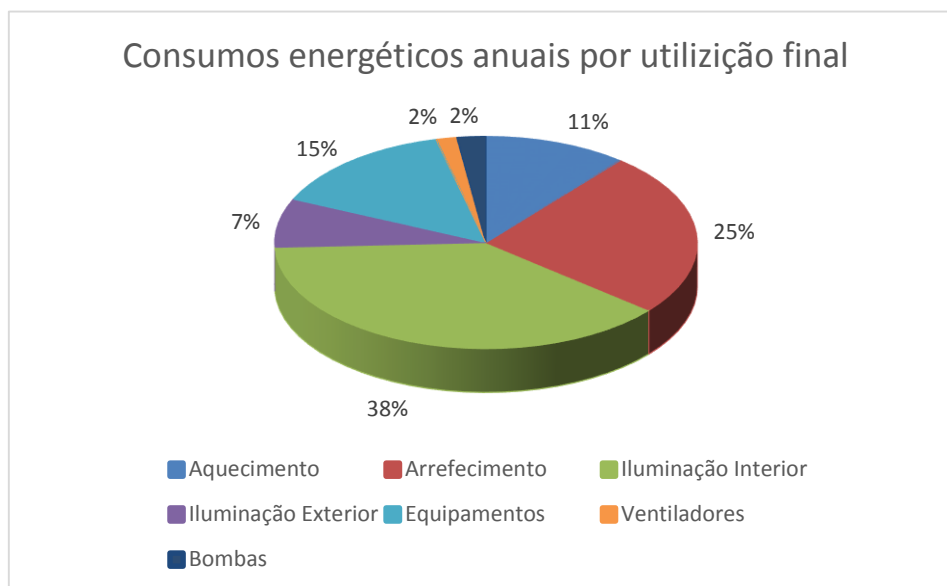
**Tabela 19 – Consumos energéticos anuais por utilização final reais - RSECE**

Facilmente é possível constatar no gráfico (8), que a iluminação representa a grande parcela dos consumos energéticos anuais da fracção. A iluminação corresponde a 45% do consumo energético anual da fracção, representando a iluminação interior 38% e a iluminação exterior apenas 7%. Ao AVAC corresponde uma parcela de 40% e os equipamentos são responsáveis pelos restantes 15% dos consumos energéticos anuais.

Na caracterização da iluminação nas condições reais, já foi possível constatar, o elevado valor da densidade de iluminação da fracção, apresentando um valor de 21 W/m<sup>2</sup> para a

zona de público e de 16 W/m<sup>2</sup> para a sala de reunião, resultante da quantidade de luminárias e da potência total do circuito.

O peso relativo da iluminação interior nos consumos energéticos anuais da fracção, revela desde já a oportunidade e a necessidade de aplicar medidas de eficiência energética na área da iluminação.



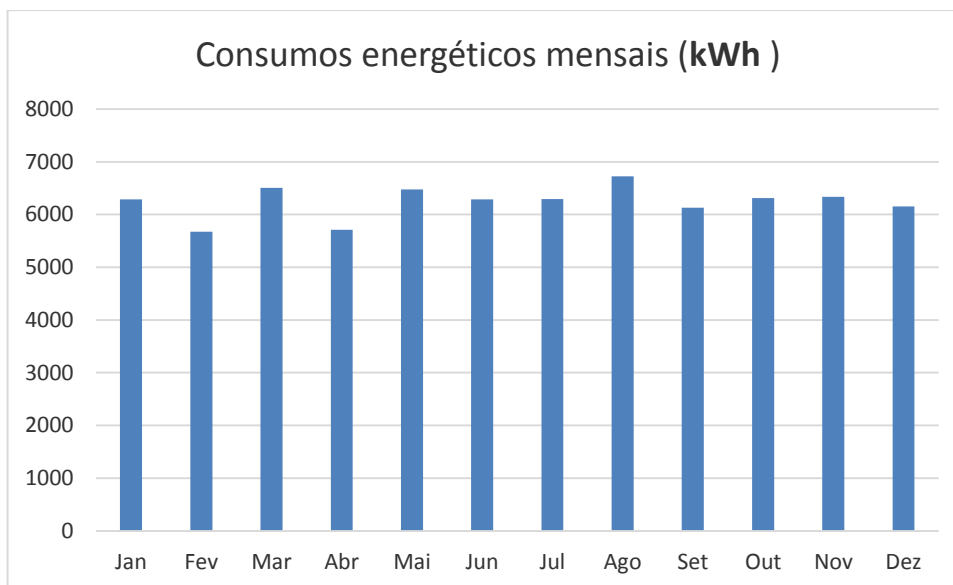
**Gráfico 8 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final reais - RSECE**

#### **4.4.2.2. Resultados obtidos através da simulação prevista – RECS**

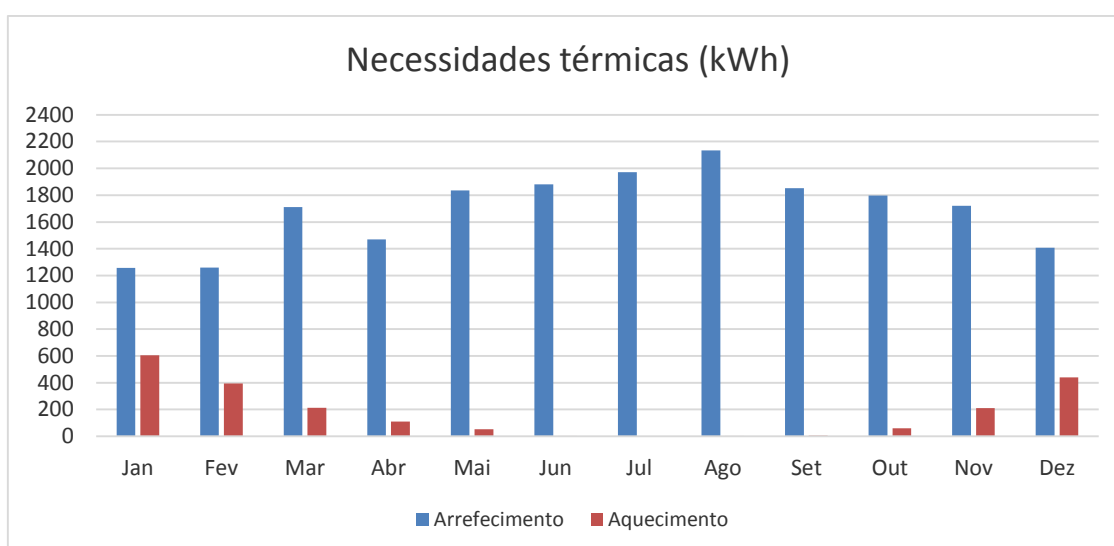
Considerando uma temperatura interior compreendida entre 20 °C e 25 °C, as soluções construtivas, as condições de funcionamento e os perfis de utilização reais referidos no subcapítulo anterior, realizou-se a simulação dinâmica.

De seguida são apresentados os resultados principais obtidos da simulação.

A fracção em estudo apresenta um consumo energético anual 74890 kWh, não se registando uma variação acentuada de consumos ao longo dos meses, como se pode observar no gráfico (9).

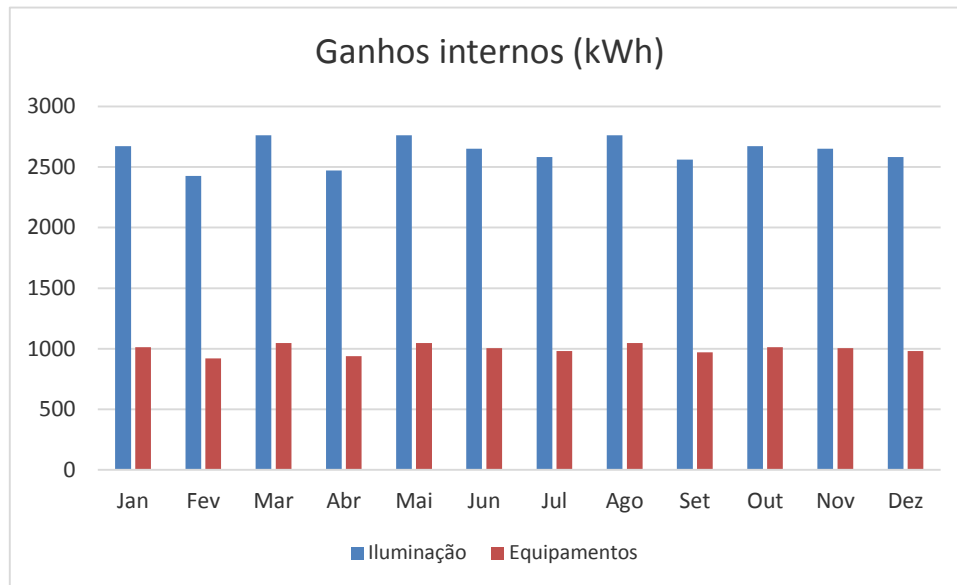


**Gráfico 9 - Consumos energéticos mensais previstos - RECS**



**Gráfico 10 - Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento previstos - RECS**

Através do gráfico (10), é possível observar a grande diferença entre as necessidades térmicas de arrefecimento e as necessidades térmicas de aquecimento, representando as necessidades térmicas de arrefecimento 90% das necessidades associadas ao AVAC. Esta diferença continua a dever-se aos elevados ganhos internos gerados pela iluminação interior e pelos equipamentos, como se pode constatar no gráfico (11).



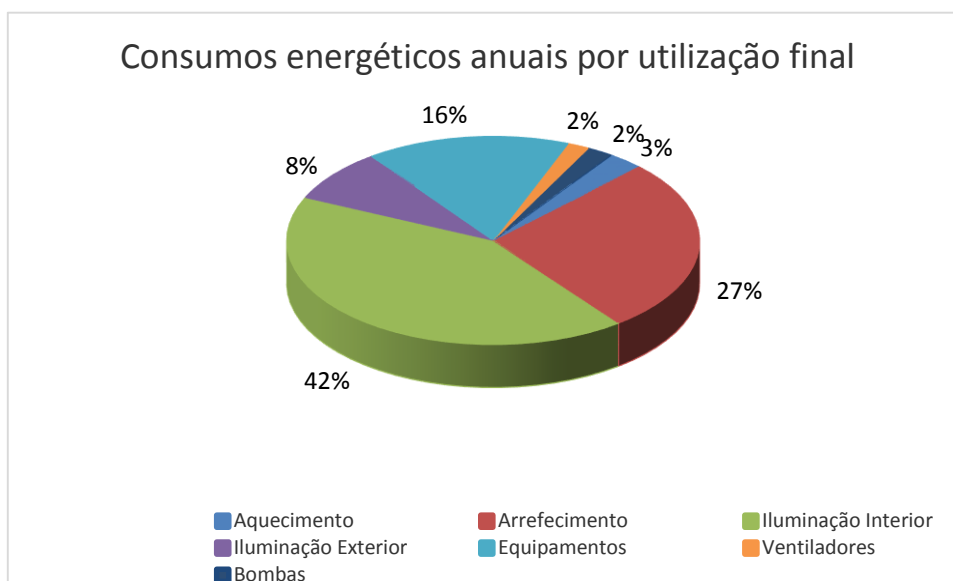
**Gráfico 11 - Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos previstos - RECS**

Recorrendo à tabela (20) e ao gráfico (12) são apresentados os consumos energéticos anuais desagregados por utilização final.

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kWh</b>
Aquecimento	2094
Arrefecimento	20295
Iluminação Interior	31562
Iluminação Exterior	6132
Equipamentos	11961
Ventiladores	1283
Bombas	1563
<b>Total</b>	<b>74890</b>

**Tabela 20 - Consumos energéticos anuais por utilização final previstos – RECS**

A iluminação é responsável por 50% do consumo energético anual da fracção, representando a iluminação interior 42% e a iluminação exterior apenas 8%. Ao AVAC corresponde uma parcela de 34% e os equipamentos são responsáveis pelos restantes 16% dos consumos energéticos anuais.



**Gráfico 12 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final previstos - RECS**

#### **4.4.2.3. Resultados obtidos através da simulação real – RECS**

Considerando a temperatura interior real, 22 °C para aquecimento e 24 °C para arrefecimento, as soluções construtivas, as condições de funcionamento e os perfis de utilização reais, realizou-se a simulação dinâmica. Apenas serão apresentados os consumos energéticos anuais por utilização final através da tabela (21), pois os resultados desta simulação só serão utilizados para avaliar as medidas para aumento de eficiência energética, a poupança energética e o respectivo período de retorno.

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kWh</b>
Aquecimento	7085
Arrefecimento	21039
Iluminação Interior	31562
Iluminação Exterior	6132
Equipamentos	11961
Ventiladores	1313
Bombas	1835
<b>Total</b>	<b>80927</b>

**Tabela 21 - Consumos energéticos anuais por utilização final previstos – RECS**

#### 4.4.2.4. Resultados obtidos convertidos em energia primária

Na tabela (22), são apresentados os consumos energéticos anuais convertidos em energia primária, de acordo, com as duas metodologias regulamentares.

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kgep</b>	<b>kWh<sub>EP</sub></b>
Aquecimento	2626	5235
Arrefecimento	6011	50736
Iluminação Interior	9179	78905
Iluminação Exterior	1778	15330
Equipamentos	3478	29902
Ventiladores	382	3208
Bombas	529	3908
<b>Total</b>	<b>23983</b>	<b>187224</b>

**Tabela 22 - Consumos energéticos anuais por utilização final reais em energia primária**

De acordo com o RSECE, a unidade de energia primária era o kgep. O factor de conversão de energia final para energia primária é de 0,290 kgep/kWh para a electricidade, já para os combustíveis o factor de conversão tem um valor igual a 0,086 kgep/kWh.

O consumo energético anual têm um valor de 23983 kgep/ano.

Já segundo o RECS a unidade de energia primária é agora kWh<sub>EP</sub>. Paralelamente os factores de conversão entre energia final e energia primária, também assumiram novos valores. Para a electricidade o factor de conversão é de 2,5 kWh<sub>EP</sub>/kWh e para combustíveis o factor tem um valor igual a 1 kWh<sub>EP</sub>/kWh.

O consumo energético médio mensal têm um valor de 15602 kWh<sub>EP</sub>.

#### 4.4.3. Simulação Nominal – Modelo Nominal

A simulação nominal, apenas é utilizada na metodologia do RSECE, permitia determinar os consumos energéticos da fracção nas condições nominais de funcionamento. São aplicadas as condições de funcionamento nominais ao modelo. Condições essas, apresentadas no subcapítulo 4.2.3, que passam pela alteração do valor da densidade de ocupação e dos equipamentos, pelas temperaturas de conforto, caudal de ar novo e pelos perfis de utilização nominais impostos pelo RSECE, apresentados no Anexo C.

Aplicando a metodologia do RSECE ao caso em estudo, um PEScC existente, a simulação nominal, era utilizada para determinar os consumos nominais de energia anuais e a sua desagregação por utilização final. Com os consumos energéticos nominais e a desagregação dos mesmos, procede-se ao cálculo do  $IEE_{nominal}$  corrigido.

Posteriormente a classe energética era determinada com base no valor do indicador de eficiência energética obtido na base dos padrões nominais de utilização ( $IEE_{nom}$ ), no valor do indicador de eficiência energética de referência para edifícios novos ( $IEE_{ref,novos}$ ) e no valor do parâmetro S.

#### 4.4.3.1. Resultados obtidos através da simulação nominal

Aplicadas as condições de funcionamento nominais ao modelo, condições estas, apresentadas anteriormente no subcapítulo 4.2.3, com as soluções construtivas apresentadas no subcapítulo 4.1.1 e com os perfis de utilização reais apresentados no Anexo E realizou-se a simulação dinâmica.

De seguida são apresentados os resultados principais obtidos da simulação.

Os consumos energéticos mensais nominais da fracção em estudo apresentam um valor médio de 7986 kWh, atingindo, o seu valor máximo no mês de Julho, correspondente a 9118 kWh. No gráfico (13) pode-se observar a variação dos consumos energéticos mensais nominais.

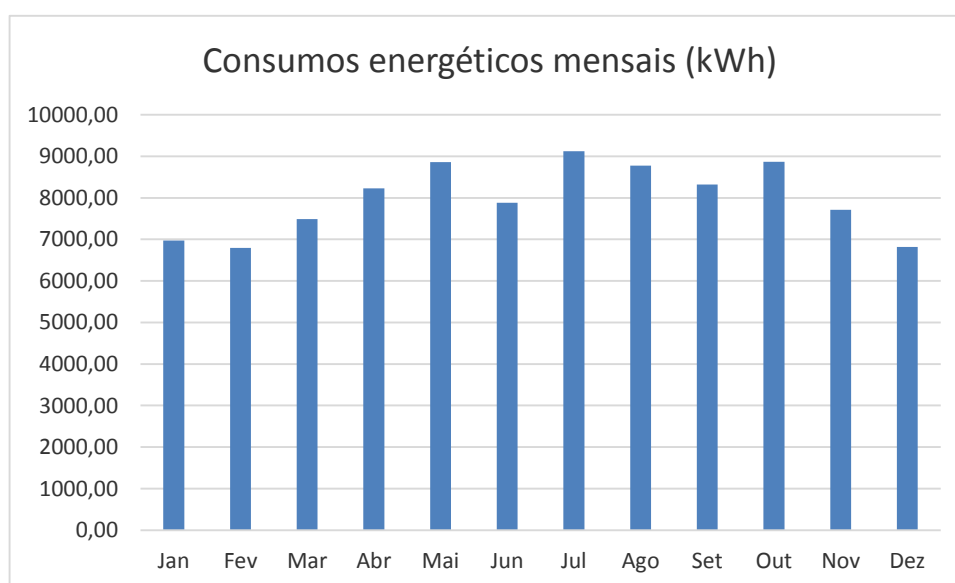
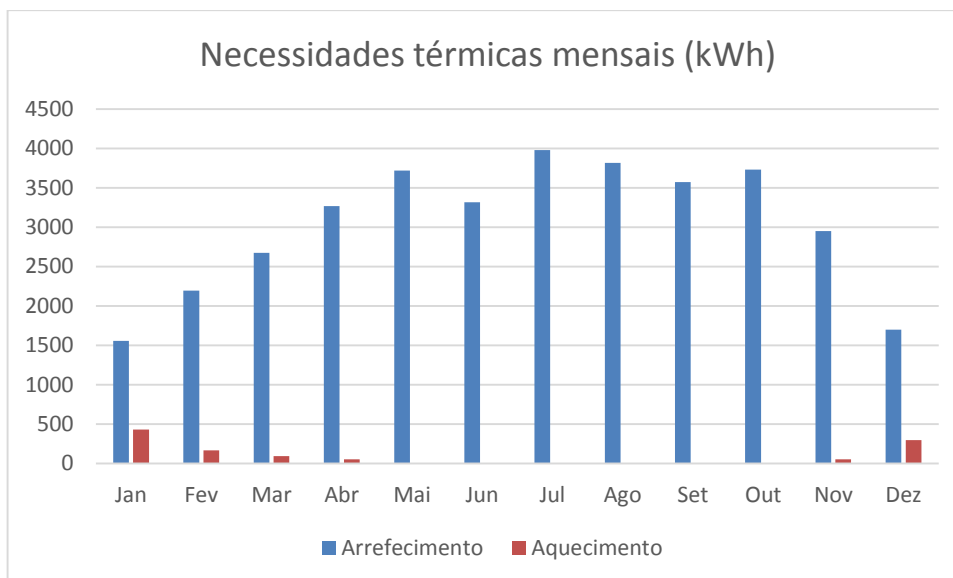


Gráfico 13 – Consumos energéticos mensais nominais

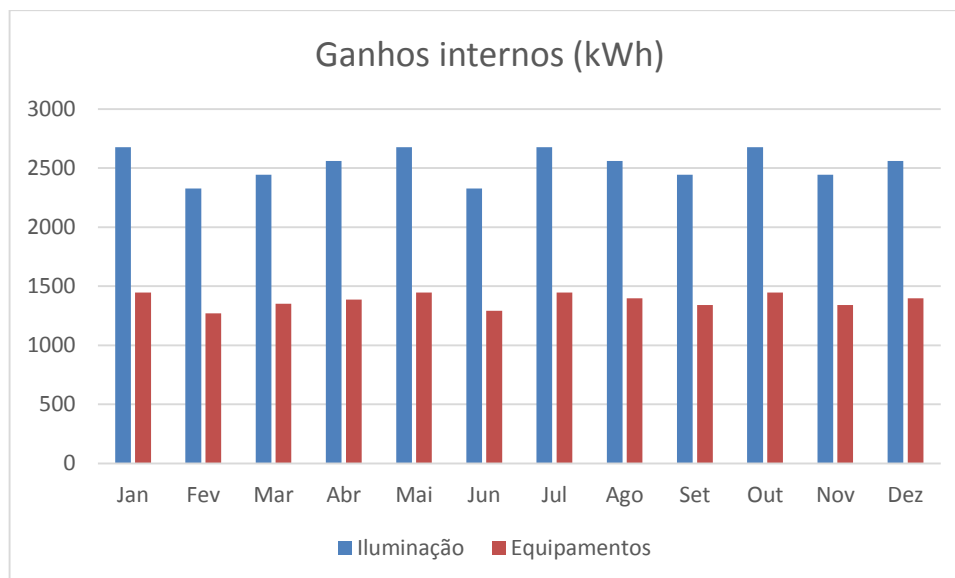


**Gráfico 14 – Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento nominais**

Relativamente às necessidades térmicas da fracção em estudo, observa-se, através do gráfico (14), uma grande diferença entre as necessidades térmicas de arrefecimento e as necessidades térmicas de aquecimento.

As necessidades de arrefecimento representam 97% das necessidades em climatização da fracção. Este valor fica a dever-se, não só, aos perfis nominais de utilização, mas também à alteração do valor da densidade dos equipamentos. No gráfico (15) é possível constatar que os ganhos internos correspondentes à iluminação interior continuam a ser elevados, apesar de se notar uma ligeira redução instigada pelo perfil nominal para a iluminação. Paralelamente os ganhos internos relativos aos equipamentos aumentaram cerca de 38 % face aos ganhos internos relativos aos equipamentos nas condições reais de funcionamento, este aumento é justificado pelo aumento da densidade de equipamentos.





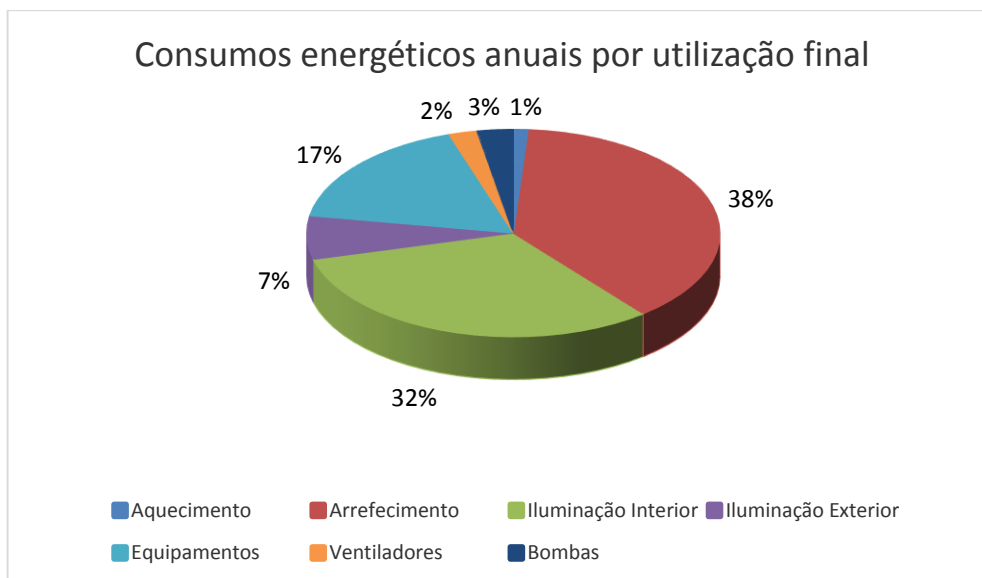
**Gráfico 15 - Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos nominais**

Na tabela (23) e no gráfico (16), são apresentados os consumos energéticos anuais desagregados por utilização final.

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kWh</b>
Aquecimento	1093
Arrefecimento	36472
Iluminação Interior	30390
Iluminação Exterior	6480
Equipamentos	16566
Ventiladores	2127
Bombas	2700
<b>Total</b>	<b>95828</b>

**Tabela 23 - Consumos energéticos anuais por utilização final nominais**

A fracção apresenta um consumo de 95828 kWh/ano equivalente, em energia primária, a 27790 kgep/ano nas condições nominais de utilização e com os perfis de utilização nominais, equivalente a um aumento de cerca de 15% em relação à situação real.



**Gráfico 16 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final nominais**

Através do gráfico (16), constata-se que o AVAC assume a principal parcela dos consumos energéticos anuais com 44% dos consumos. Os equipamentos aumentam a sua porção para 17% e a iluminação passa a representar 39% dos consumos energéticos anuais da fracção. A diminuição da parcela relativa à iluminação deve-se ao aumento significativo dos consumos atribuídos aos equipamentos e ao AVAC. Na realidade o seu valor continua elevado, correspondendo a cerca de 35646 kWh/ano, não representando poupanças energéticas significativas.

#### **4.4.4. Simulação Referência – Modelo Referência, RECS**

A simulação referência permite, determinar o consumo anual de energia da fracção, nas condições de referência e posteriormente determinar o indicador de eficiência energética de referência. O  $IEE_{ref}$  indica, o consumo anual de energia do edifício, como se estivesse preparado com soluções de referência para alguns elementos da envolvente e para alguns sistemas técnicos, sem alterar as restantes características do edifício.

Posteriormente o indicador de eficiência energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S, o  $IEE_{ref,S}$ , é utilizado para determinar o rácio de classe energética.

*“O indicador de eficiência energética, previsto de um edifício novo de comércio e serviços novos em licenciamento deve se inferior ou igual ao indicador de eficiência energética de referência.”*

*“Os Edifícios sujeitos a grande intervenção devem ter um  $IEE_{pr}$  inferior ao  $IEE_{ref}$  afectado de um coeficiente de majoração de 50%.”*

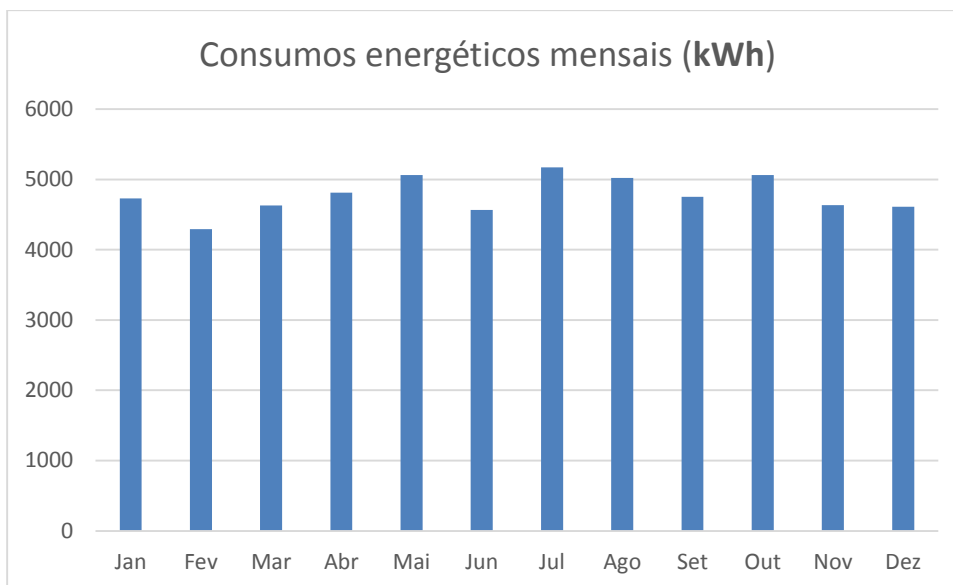
Os edifícios de comércio e serviços existentes não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico. No entanto o seu desempenho energético deve ser avaliado periodicamente com vista à identificação da necessidade e das oportunidades de redução dos respectivos consumos específicos de energia.

Os PES existentes, no qual se está inserido o caso em estudo, não estão sujeitos a requisitos de eficiência dos seus sistemas técnicos, ficando dispensados de avaliação energética. Apenas em caso de emissão do certificado SCE, é que estão sujeitos a avaliação energética periódica de 10 em 10 anos, devendo incluir o certificado no âmbito do SCE e o relatório de avaliação energética.

#### **4.4.4.1. Resultados obtidos através da simulação referência**

Aplicadas as soluções de referência, apresentadas no subcapítulo 4.3.2 ao modelo real e mantendo as restantes soluções e características previstas e adoptadas no edifício, com as soluções construtivas apresentadas no subcapítulo 4.1.1 e com os perfis de utilização reais apresentados no Anexo C realizou-se a simulação dinâmica.

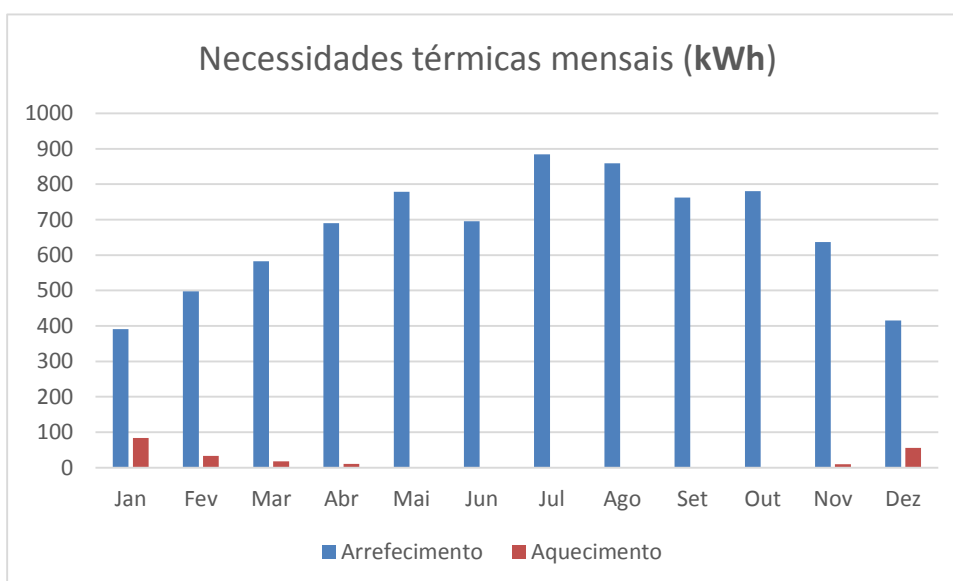
De seguida são apresentados os resultados principais obtidos da simulação.



**Gráfico 17 – Consumos energéticos mensais de referência**

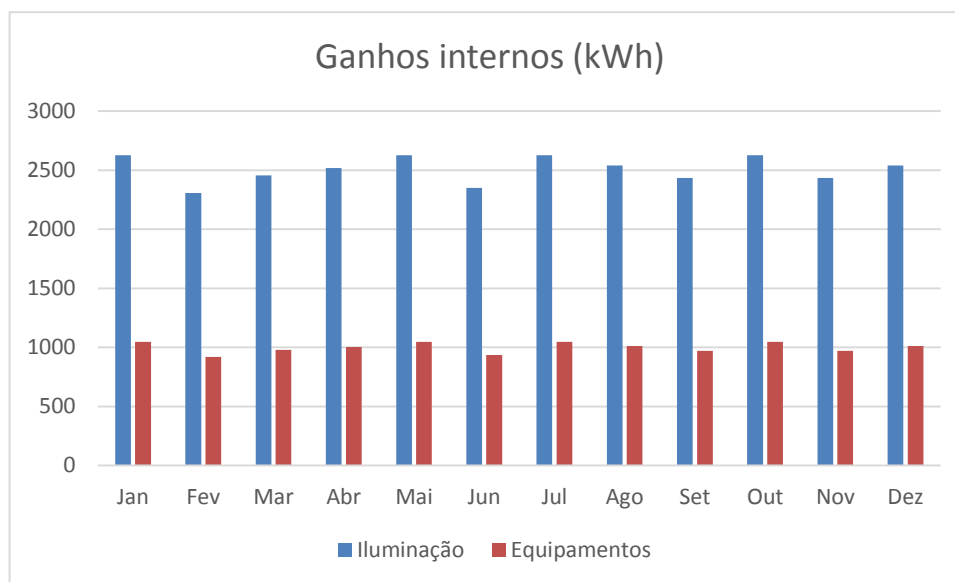
O consumo anual de energia tem um valor de 57380 kWh/ano, o que representa uma diminuição de 17510 kWh/ano cerca de 24% face ao consumo anual da fracção nas condições de funcionamento reais.

A fracção em estudo apresenta, um consumo médio de 4782 kWh, sendo Julho, o mês responsável pelo maior consumo.



**Gráfico 18 - Necessidades térmicas de arrefecimento e de aquecimento de referência**

Consultando o gráfico (19), verifica-se que as necessidades térmicas de arrefecimento da fracção, continuam a deter um peso muito grande, face as necessidades térmicas de aquecimento. As necessidades de arrefecimento representam 97% das necessidades em climatização da fracção.

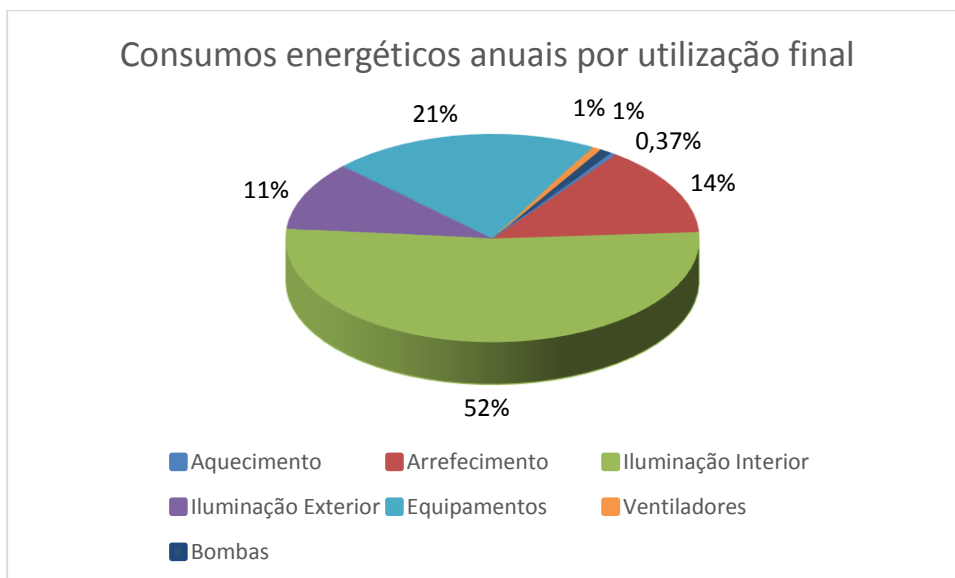


**Gráfico 19 - Ganhos internos devidos à iluminação e aos equipamentos de referência**

Tal como nas simulações anteriores, esta diferença continua a dever-se aos elevados ganhos internos correspondentes à iluminação interior e aos equipamentos, como é possível constatar no gráfico (19). A densidade dos equipamentos manteve-se igual á densidade das condições reais e a densidade da iluminação sofreu uma alteração de  $1\text{W/m}^2$ , o que não se traduz numa redução significativa.

<b>Consumos energéticos anuais por utilização final</b>	<b>kWh</b>
Aquecimento	179
Arrefecimento	8150
Iluminação Interior	30003
Iluminação Exterior	6132
Equipamentos	11950
Ventiladores	370
Bombas	596
<b>Total</b>	<b>57380</b>

**Tabela 24 - Consumos energéticos anuais por utilização final referência**



**Gráfico 20 - Desagregação dos consumos energéticos anuais por utilização final de referência**

A iluminação representa 63% dos consumos energéticos anuais por utilização final, os equipamentos são responsáveis por 21% e os restantes 16% são referentes ao AVAC.

As soluções de referência aplicadas à fração em estudo resultam numa redução do consumo energético, o AVAC apresenta um consumo de 8329 kWh/ano, quando nas condições reais de funcionamento apresentava um consumo de 22389 kWh/ano, no entanto os equipamentos mantêm o consumo e em relação à iluminação a diminuição do consumo não é significativa.

#### 4.5. Indicadores de Eficiência Energética, IEE

Uma vez que as metodologias para a determinação dos Indicadores de Eficiência Energética, foram descritas no capítulo 2 e o seu cálculo pormenorizado é apresentado no Anexo D. Os valores dos IEE aplicáveis a fracção em estudo segundo o RSECE e o RECS são apresentados de forma sucinta nas tabelas (25, 26).

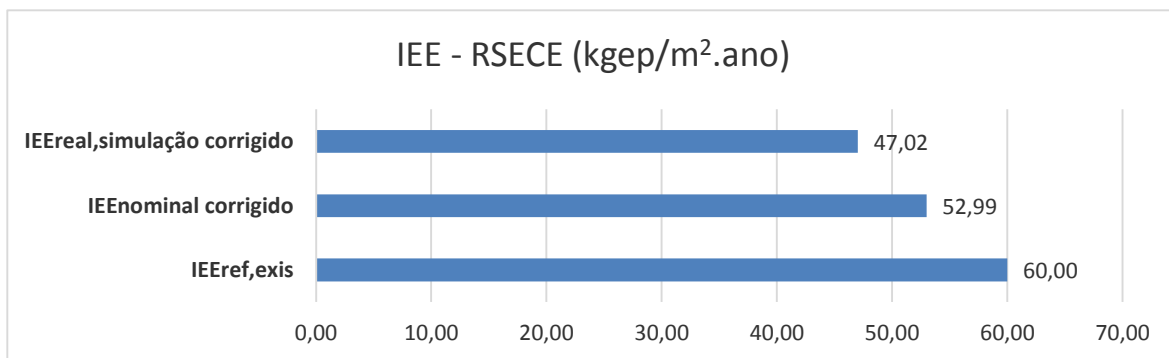
<b>RSECE</b>			
<b>Tipo de IEE</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>kgep/ano</b>	<b>kgep/m<sup>2</sup>.ano</b>
IEE <sub>real,simulação</sub>	463	23997,30	51,83
IEE <sub>real,simulação corrigido</sub>		21770,26	47,02
IEE <sub>nominal</sub>		27789,26	60,02
IEE <sub>nominal corrigido</sub>		24534,37	52,99

**Tabela 25 – Indicador de Eficiência Energética para a fracção em estudo segundo o RSECE**

O IEE<sub>real,simulação</sub> e o IEE<sub>nominal</sub> são afectados pelos factores de correcção  $F_{CI}$  e o  $F_{CV}$ , de modo, a considerar as diferenças de necessidades de aquecimento ou de arrefecimento em função do rigor do clima, corrigidas pelo grau de exigência na qualidade da envolvente de cada zona climática.

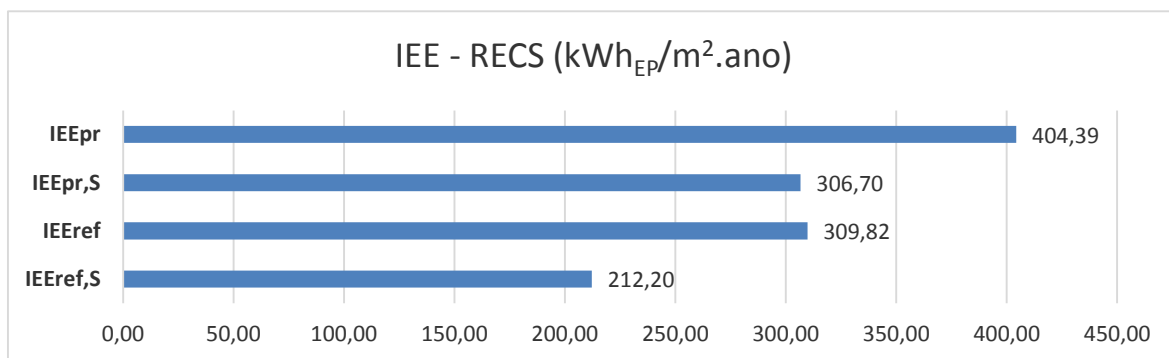
<b>RECS</b>			
<b>Tipo de IEE</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>kWh<sub>EP</sub>/ano</b>	<b>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</b>
IEE <sub>pr</sub>	463	187232,57	404,39
IEE <sub>pr,S</sub>		142002,10	306,70
IEE <sub>ref</sub>		143437,4	309,80
IEE <sub>ref,S</sub>		98248,60	212,20

**Tabela 26 - Indicador de Eficiência Energética para a fracção em estudo segundo o RECS**



**Gráfico 21– Indicadores de eficiência energética segundo o RSECE**

Como é possível constatar através do gráfico (21), o  $IEE_{real,simulação\ corrigido} \leq IEE_{ref,exis}$ . Segundo a metodologia do RSECE, a fracção em estudo não está sujeita a qualquer requisito de limitação de consumo de energia, no entanto caso estivesse sujeita a requisitos de limitação de consumo de energia estaria regulamentar. O  $IEE_{nominal, corrigido}$  é utilizado para determinar a classe energética da fracção.



**Gráfico 22 - Indicadores de eficiência energética segundo o RECS**

Segundo a metodologia do RECS, a fracção em estudo, também não está sujeita a requisitos energéticos. Recorrendo ao gráfico (22), facilmente se observa que o  $IEE_{pr} \geq IEE_{ref}$ . Comparando a fracção em estudo com um novo edifício de serviços, a fracção não cumpriria o regulamento, no entanto, se for enquadrada como um edifício sujeito a grande intervenção já estaria regulamentar, pois o  $IEE_{ref}$  tinha que sofrer uma majoração de 50%, passando o  $IEE_{ref}$  a ter um valor de 464,7 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano, cumprindo assim condição em que o  $IEE_{pr} \leq IEE_{ref}$ .



## 4.6. Classificação energética

A classe de eficiência energética resulta da comparação entre os indicadores de eficiência energética. As metodologias utilizadas para determinar a classe energética foram descritas no capítulo 2.

### 4.6.1. Classe energética segundo o RSECE

Segundo o RSECE, a classe energética, traduz o desempenho global de um edifício sustentado em pressupostos nominais. De acordo, com o anteriormente apresentado no subcapítulo 2.1, a classe energética da fracção em estudo é determinada através da comparação do  $IEE_{nominal}$  com o  $IEE_{ref,novos}$  e o parâmetro S.

Tipologia	$IEE_{nominal, corrigido}$ kgep/m <sup>2</sup> .ano	$IEE_{ref,novos}$ kgep/m <sup>2</sup> .ano	S kgep/m <sup>2</sup> .ano
Filiais de bancos	52,99	35	19

Tabela 27 – Indicadores de eficiência energética e parâmetro S aplicáveis ao caso de estudo segundo o RSECE

Consultando a tabela (28) e após comprovação da condição a verificar determina-se a classe energética.

Condição a verificar	Classe Energética
$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75 \times S$	A+
$IEE_{ref} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50 \times S$	A
$IEE_{ref} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25 \times S$	B
$IEE_{ref} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	B <sup>-</sup>
$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50 \times S$	C
$IEE_{ref} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1 \times S$	D
$IEE_{ref} + 1 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50 \times S$	E
$IEE_{ref} + 1,50 \times S \leq IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2 \times S$	F
$IEE_{ref} + 2 \times S < IEE_{nom}$	G

Tabela 28 - Classe energética segundo o RSECE

A condição verificada,  $IEE_{ref,novos} + 0,5 \times S \leq IEE_{nominal,corrigido} \leq IEE_{ref,novos} + 1 \times S$ . Logo,  $35 + 0,5 \times 19 \leq 52,99 \leq 35 + 1 \times 19$ , ou seja,  $44,5 \leq 52,99 \leq 54$ , correspondendo a classe energética D.

#### 4.6.2. Classe energética segundo o RECS

De acordo como RECS, a classificação energética traduz a relação, entre o consumo energético anual real e o consumo anual de energia do edifício como se este estivesse preparado com soluções de referência para alguns elementos da envolvente e para alguns sistemas técnicos, sem alterar as restantes características do edifício. Esta metodologia foi apresentada no subcapítulo 2.2.

Tipologia	IEE <sub>pr,S</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	IEE <sub>ref,S</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Filiais de bancos	306,70	212,20

Tabela 29 – Indicadores de eficiência energética aplicáveis ao caso de estudo

Com os dados apresentados na tabela (29), procede-se ao cálculo do rácio de classe energética.

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{ren}}{IEE_{ref,S}} = \frac{(306,70 - 0)}{212,20} = 1,45$$

Com o valor encontrado para o R<sub>IEE</sub> e recorrendo à tabela (30), verifica-se em que intervalo se enquadra o R<sub>IEE</sub>.

Valor de R <sub>IEE</sub>	Classe Energética
R <sub>IEE</sub> ≤ 0,25	A <sup>+</sup>
0,26 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 0,50	A
0,51 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 0,75	B
0,76 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 1,00	B <sup>-</sup>
1,01 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 1,50	C
1,51 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 2,00	D
2,01 ≤ R <sub>IEE</sub> ≤ 2,50	E
R <sub>IEE</sub> ≥ 2,51	F




Tabela 30 – Classe energética segundo o RECS

A condição satisfeita é  $1,01 \leq R_{IEE} \leq 1,50$ , ou seja,  $1,01 \leq 1,45 \leq 1,50$ , sendo a classe energética atribuída a fracção em estudo a classe C.

#### **4.7. Análise dos resultados**

Aplicando as duas metodologias à fracção em estudo obtiveram-se classes energéticas diferentes. Utilizando a metodologia do RSECE, a fracção em estudo obteve a classificação energética D. Já segundo o RECS a classe energética atribuída a fracção foi a classe C.

De acordo com o RSECE, a classificação energética, era baseada em condições nominais de funcionamento e indicadores de eficiência energética de referência para as diferentes tipologias de edifícios que nem sempre traduziam a realidade dos edifícios. O  $IEE_{ref}$  apresentava-se como um valor fechado, uma vez que, não eram conhecidas todas as condições utilizadas na determinação deste valor. As condições de eficiência dos equipamentos de AVAC, assim como, o valor da densidade de potência de iluminação utilizada para gerar o valor do  $IEE_{ref}$  eram desconhecidos, não permitindo saber se as condições utilizadas estavam ou não afastadas da boa prática.

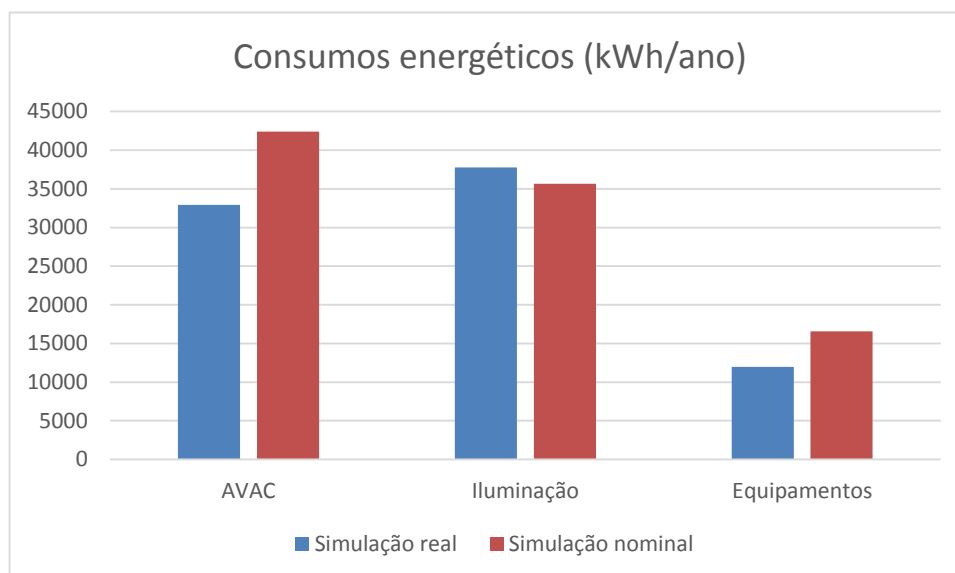
Não apresentava valores para algumas tipologias “novas”, sendo necessário, propor metodologias para determinar o valor do  $IEE_{ref}$  correspondente (ex.: Call Center). Já no caso das piscinas, o IEE não contabilizava o processo de desumidificação associada à nave da piscina, sendo este, o principal consumidor de energia desta tipologia de edifícios.

A classificação da fracção em estudo é bastante penalizada, pelo aumento considerável, do consumo energético referente ao AVAC segundo as condições nominais de funcionamento. Aumentando o consumo, para cerca de 29% face às condições reais de funcionamento, como se pode observar no gráfico (23). Este aumento deve-se essencialmente aos consumos energéticos provocados pela iluminação interior que representa 32% dos consumos energéticos anuais da fracção e pelos elevados caudais de ar novo que o regulamento obrigava a cumprir. Substituindo o valor do caudal de ar novo nominal, pelo valor do caudal real no modelo nominal, o consumo energético associado ao AVAC passa para cerca de metade. Já o consumo energético total anual passa dos 82700 kWh/ano para 75178 kWh/ano, havendo uma redução de aproximadamente 10%. A classificação energética passaria a ser a classe C, pois, o consumo de energia ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento diminui cerca de 49%.

Utilizando o valor do caudal de ar novo determinado de acordo com o RECS, como alternativa, ao caudal de ar novo nominal a classe energética da fracção passa para classe C, mas, o valor do consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento não sofre alteração, mantendo o seu peso no consumo global.

Destaca-se também, que a densidade dos equipamentos e a densidade ocupacional para as condições nominais, são superiores às densidades reais. Paralelamente os perfis de utilização nominais são mais penalizadores para a ocupação e equipamentos, em comparação aos perfis reais.

Relativamente à iluminação não se regista uma variação significativa, pois o valor da densidade de iluminação é igual para as duas situações, apesar de o perfil real de utilização ser mais penalizador.



**Gráfico 23 - Consumos energéticos segundo a simulação real e nominal**

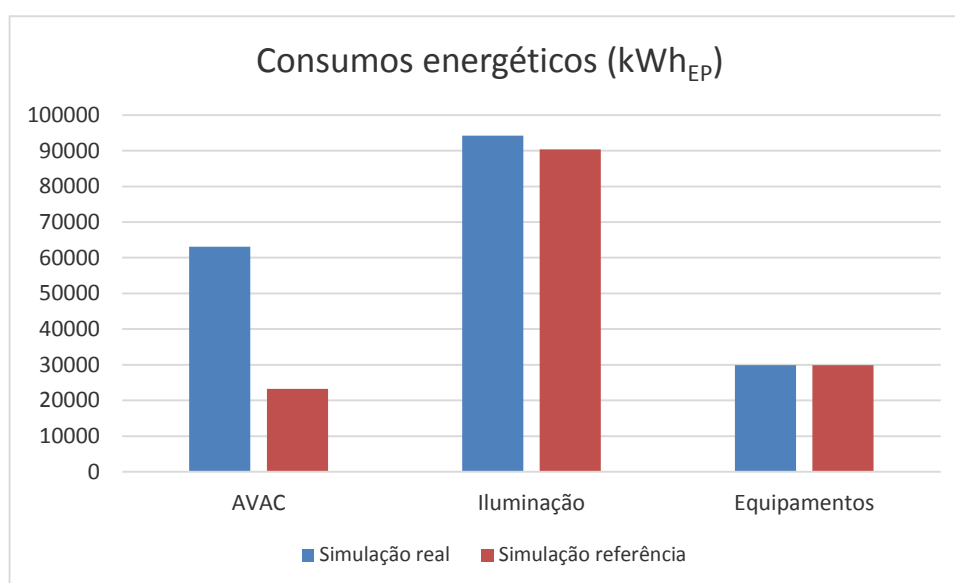
Através do RECS, a classificação energética passa a estar baseada em condições reais, contemplando, as soluções de referência e as soluções adoptadas na fracção. Ou seja, os consumos reais são comparados com os consumos obtidos com as condições reais de utilização da fracção, contemplando algumas soluções de referência ao nível da envolvente e dos sistemas técnicos, através dos indicadores de eficiência energética ( $IEE_{pr}$  e  $IEE_{ref}$ ).

A fracção em estudo continua a ser afectada pelo valor do caudal de ar novo e pelos consumos energéticos atribuídos à iluminação interior, representando 39% dos consumos totais.

Consultando o gráfico (24), verifica-se, que o consumo energético referente ao AVAC nas condições de referência diminui de forma considerável. Regista-se uma redução de cerca de 39851 kWh, representando uma diminuição de 64% nos consumos anuais do sistema de AVAC. Esta diminuição deve-se, à aplicação das soluções de referência ao nível da envolvente e à diminuição do caudal de ar novo relativamente às condições reais, para um valor, cerca de 3 vezes menor que o caudal de ar novo na situação real.

Substituindo o valor do caudal de ar real, pelo valor do caudal real determinado de acordo com o RECS no modelo real, o consumo energético associado ao AVAC diminui cerca de 38%. Por sua vez, o consumo energético total anual passa dos 80927 kWh/ano para 65325 kWh/ano, havendo uma redução de aproximadamente 20%. Com esta alteração, a fracção em estudo melhoraria o seu desempenho energético, no entanto manteria a classe C.

Relativamente à iluminação podemos observar que os consumos energéticos são muito próximos nas duas situações, já que, o valor da densidade de iluminação é muito próximo nas duas situações. Os consumos dos equipamentos mantêm-se constantes, pois o valor da densidade dos equipamentos não sofre alteração.



**Gráfico 24 - Consumos energéticos segundo a simulação real e referência**

Comparando as duas metodologias, confirma-se que o RECS torna o método de cálculo mais próximo das condições reais, uma vez que, os consumos passam a ser obtidos através do funcionamento real, com soluções reais e depois comparados com os consumos obtidos através do funcionamento real, com soluções reais e algumas soluções de referência, deixando de ser estimados com recurso aos perfis padrão de referência de utilização dos edifícios.

É importante salientar o papel da iluminação, uma vez que representa a grande parcela de consumos energéticos nas duas metodologias. No entanto o RECS é mais permissivo neste aspecto, pois define valores máximos de densidade de potência de iluminação a considerar na determinação do  $IEE_{ref}$ , logo, para as situações em que a densidade de potência de iluminação real apresente um valor significativamente inferior aos valores máximos impostos pelo RECS é necessário considerar uma densidade de potência de iluminação superior a real. Recorrendo a soluções mais eficientes, actualmente é possível atingir o 500 lux com uma densidade de potência de iluminação instalada de 4 e 6  $W/m^2$ , tomando esta solução como exemplo, a densidade de potência de iluminação a considerar no cálculo do  $IEE_{ref}$  para os 500 lux seria 20  $W/m^2$  (considerando o valor máximo DPI 4 [( $W/m^2$ )/100lux]), segundo a tabela I.28 da Portaria 349D, ou seja, um valor 3 vezes superior ao real.

No caso em estudo, a permissividade referida não é facilmente identificável, já que os valores dos consumos anuais relativos à iluminação não variam muito, como se pode observar na tabela (31) para as diferentes condições de funcionamento.

<b>Consumos energéticos relativos à Iluminação Interior (kWh)</b>			
<b>Condições</b>			
<b>Reais RSECE</b>	<b>Reais RECS</b>	<b>Nominais</b>	<b>Referência</b>
31651	31562	30390	30002

**Tabela 31 - Consumos energético relativos à iluminação interior**

O peso que a iluminação interior tem nos consumos energéticos anuais da fracção em estudo, revela a necessidade e a oportunidade de aplicar medidas de eficiência energética na área da iluminação de modo a promover a diminuição de consumos energéticos anuais.



## 5. Medidas propostas para aumento de eficiência energética

Neste capítulo são analisadas as medidas propostas para aumento de eficiência energética, com o intuito de reduzir os consumos energéticos e ao mesmo tempo diminuir a factura energética.

O custo médio do kWh foi obtido através de consulta à EDP, da qual, obtive o valor de 0,1528 €/kWh para a electricidade.

Relativamente aos custos das medidas propostas, estes, foram obtidos através de consultas a empresas da especialidade.



## 5.1. Substituição da Iluminação interior

O peso que a iluminação interior tem nos consumos energéticos anuais da fracção em estudo, revela a necessidade e a oportunidade de aplicar medidas de eficiência energética na iluminação.

Como medida para aumento de eficiência energética, foi considerada a hipótese de substituir as lâmpadas fluorescentes existentes por lâmpadas de tecnologia LED tubulares.

### Alternativa à Iluminação da fracção

	Área (m <sup>2</sup> )	Nº Luminárias	P lâmpadas (W)	P circuito (W)	P total (W)	Densidade (W/m <sup>2</sup> )
<b>Zona Publico</b>	433	128	4 x 10	40	5120	12
<b>Sala Reuniões</b>	30	6	4 x 10	40	240	8

Tabela 32 – Densidade de iluminação alternativa

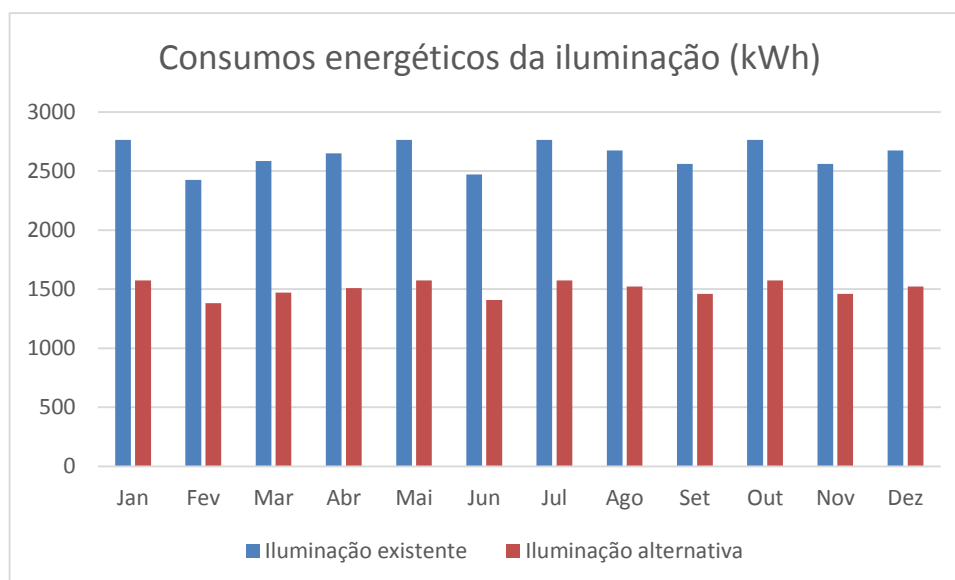


Gráfico 25 – Consumos energéticos da iluminação interior

Comparando os resultados através do gráfico (25), verifica-se, que com a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas LED tubulares, o consumo energético relativo à iluminação interior diminui cerca de 43%, passa de 31651 kWh para, 18029 kWh, segundo

o RSECE. Já de acordo com o RECS, passa de 31562 kWh para, 17978 kWh, representando também uma redução de cerca de 43%, como é constatável na tabela (32).

### Viabilidade económica

A viabilidade económica das medidas de eficiência energética é semelhante para os dois regulamentos. Estando baseada no parâmetro período de retorno simples. Assim sendo, a viabilidade económica apresentada na tabela (33) é utilizada no RSECE e no RECS.

	Consumos (kWh)		Diferença de Consumos (kWh)	Preço da electricidade [28] (€/kWh)	Poupança Financeira (€)	Investimento (€)	Período de Retorno (anos)
	Existentes	Alternativa					
<b>RSECE</b>	31651	18029	13622	0,1528	2081,44	4290	2,06
<b>RECS</b>	31562	17978	13584	0,1528	2075,63	4290	2,07

Tabela 33- Período de retorno do investimento da substituição da iluminação interior

O período de retorno simples é aproximadamente 2 anos para as duas metodologias.

## 5.2. Substituição dos ventiladores

Com a diminuição dos caudais determinada segundo a metodologia do RECS, surge a oportunidade de aproximar os caudais de ar novo reais aos caudais de ar novo segundo o novo regulamento. Aproveitando esta alteração, considera-se a substituição do sistema de ventilação existente por um adaptado às novas condições. Optando por caixas de ventilação com ventiladores centrífugos de motor directamente acoplado.

### Viabilidade económica

Através da tabela (34), observa-se que o período de retorno simples é inferior a 1 ano, cerca de 10 meses segundo o RSECE e 9 meses de acordo com o RECS.

	Consumos (kWh)		Diferença de Consumos (kWh)	Preço da electricidade [28] (€/kWh)	Poupança Financeira (€)	Investimento (€)	Período de Retorno (anos)
	Existentes	Alternativa					
<b>RSECE</b>	32923	18959	13964	0,1528	2133,70	1800	0,84
<b>RECS</b>	31272	15697	15575	0,1528	2379,86	1800	0,76

Tabela 34 – Período de retorno do investimento da instalação de um novo sistema de ventilação

### 5.3. Substituição da iluminação interior e dos ventiladores

Reunindo as medidas de eficiência energética propostas anteriormente, segue-se a análise global à implementação das duas medidas em simultâneo, através da tabela (35).

#### Viabilidade económica

Como se pode observar na tabela (35) o período de retorno é de cerca de 1 ano e 5 meses para as duas metodologias regulamentares.

	Consumos (kWh)		Diferença de Consumos (kWh)	Preço da electricidade [28] (€/kWh)	Poupança Financeira (€)	Investimento (€)	Período de Retorno (anos)
	Existentes	Alternativa					
<b>RSECE</b>	82703	55115	27588	0,1528	4215	6090	1,45
<b>RECS</b>	80927	53407	27520	0,1528	4205	6090	1,45

Tabela 35 - Período de retorno do investimento da instalação de um novo sistema de ventilação e substituição da iluminação interior

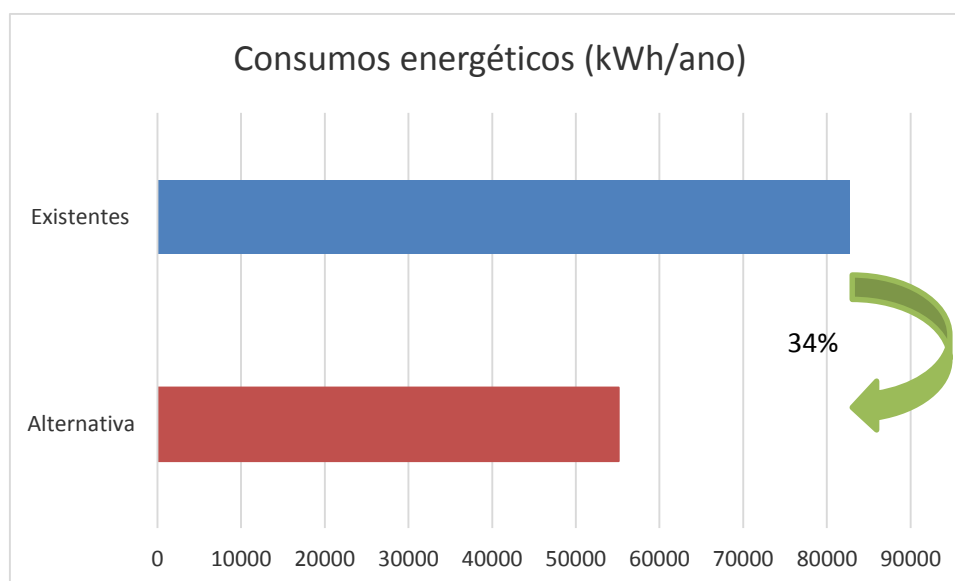


Gráfico 26 - Poupança energética com as medidas propostas

Com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, regista-se uma poupança energética anual muito importante para as duas metodologias, cerca de 34%, com um período de retorno simples de 1 ano e 5 meses. No gráfico (26), está representada a poupança energética em relação às soluções existentes segundo o RSECE.

#### 5.4. Classificação energética com a implementação das medidas propostas para aumento de eficiência energética

Com a alteração das lâmpadas existentes, por lâmpadas tubulares LED e a adaptação do sistema de ventilação mecânica, aos valores mínimos de caudal de ar novo impostos pelo RECS, a fracção em estudo, através, de um baixo investimento inicial, apresentaria poupanças energéticas significativas. Ao mesmo tempo alcançaria novas classes energéticas para duas metodologias abordadas, como é visível na figuras (49) e (50).

O cálculo dos respectivos indicadores de eficiência energética são determinados e apresentados no Anexo D.

Segundo a metodologia do RSECE, a condição verificada seria,  $IEE_{ref,novos} - 0,5 \times S \leq IEE_{nominal,corrigido} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$ .

Logo,  $25,5 \leq 30,12 \leq 30,25$ , correspondendo a classe energética B.

Tipologia	$IEE_{nominal,corrigido}$ kgep/m <sup>2</sup> .ano	$IEE_{ref,novos}$ kgep/m <sup>2</sup> .ano	S kgep/m <sup>2</sup> .ano
Filiais de bancos	30,12	35	19

Tabela 36 - Indicadores de eficiência energética e parâmetro S aplicáveis ao caso de estudo segundo o RSECE com a aplicação das medidas de eficiência energética

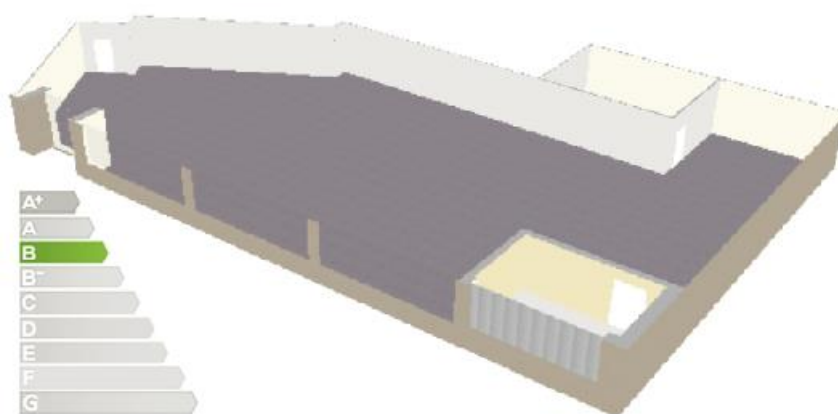
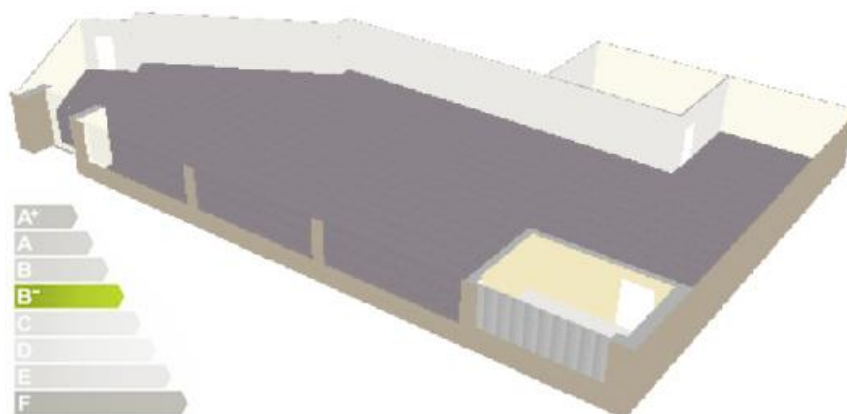


Figura 49 – Classe energética com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, segundo o RSECE

De acordo com o RECS a condição satisfeita seria,  $0,76 \leq R_{IEE} \leq 1$ , ou seja,  $0,76 \leq 0,78 \leq 1$ , sendo a classe energética atribuída a fracção em estudo a classe B<sup>-</sup>.

Tipologia	IEE <sub>pr,S</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	IEE <sub>ref,S</sub> kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	R <sub>IEE</sub>
Filiais de bancos	164,90	212,20	0,78

**Tabela 37 - Indicadores de eficiência energética aplicáveis ao caso de estudo aplicáveis ao caso de estudo segundo o RECS com a aplicação das medidas de eficiência energética**



**Figura 50 - Classe energética com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, segundo o RECS**

# 6. Conclusões e trabalhos futuros

## 6.1. Conclusões

Neste capítulo é realizada uma síntese das principais conclusões e considerações efectuadas ao longo da dissertação, de modo, a não o tornar redundante face ao corpo principal da dissertação. Aconselha-se, portanto a consulta dos restantes capítulos para um aprofundamento dos respectivos temas.

Com este trabalho procedeu-se à avaliação do desempenho energético de uma pequena fracção de serviços segundo a metodologia regulamentar em vigor, o RECS e a metodologia regulamentar revogada, o RSECE.

Comparando as duas metodologias regulamentares, conclui-se que uma das principais diferenças está no âmbito de aplicação, o RECS passa unicamente a ser aplicado a edifícios de serviços e comércios, já o RSECE também podia ser aplicado a edifícios de habitação.

O RECS passa a impor requisitos mínimos de eficiência não só aos sistemas de climatização, mas também aos sistemas de preparação de AQS, de iluminação, de gestão de energia, aos elevadores e aos sistemas de energias renováveis.

O principal requisito da ventilação e da QAI segundo o RECS passa, pelo cumprimento do valor dos caudais de ar novo mínimos. No entanto o método de cálculo é diferente, de um modo geral, os valores dos caudais de ar novo diminuiram em relação ao RSECE.

Com a nova legislação a metodologia de cálculo dos indicadores energéticos e a classificação energética sofre alterações significativas. A unidade de energia primária passa de kgep para kWh<sub>EP</sub>, assim como, a unidade do IEE deixa de ser kgep/m<sup>2</sup>.ano e passa a ser kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano.

A classificação energética passa a estar baseada em condições reais, contemplando, as soluções de projecto para os edifícios a construir e as soluções adoptadas nos edifícios existentes. Comparando os respectivos indicadores (IEE<sub>pr</sub> e IEE<sub>ef</sub>), com os indicadores de referência (IEE<sub>ref</sub>), calculados para as condições de funcionamento real, mas com soluções de referência. Anteriormente era baseada em condições nominais de funcionamento.

O RECS apresenta uma redução de classes energéticas em relação ao RSECE, passando a haver apenas 8 classificações possíveis desde A<sup>+</sup> a F.

No âmbito do RSECE, a fracção em estudo é classificada como um pequeno edifício de serviços existente com climatização (PEScC), já no âmbito do RECS, a fracção é classificada como um pequeno edifício de comércio e serviços existente (PES). Ambas as metodologias dispensam a fracção da obrigatoriedade do cumprimento de qualquer tipo de requisitos ao nível do comportamento térmico, de eficiência dos sistemas técnicos e requisitos energéticos. Apenas fica sujeita ao cumprimento dos limiares de protecção e condições de referência dos poluentes.

Sendo a simulação dinâmica multizona um dos métodos aceites pelos dois regulamentos para determinar os IEE, recorrendo ao DesignBuilder, determinaram-se os consumos energéticos por utilização final da fracção para as condições reais de funcionamento (para os 2 métodos), nas condições nominais (para o RSECE) e nas condições de referência (para o RECS).

O consumo energético da fracção nas condições reais de funcionamento é de 82703 kWh/ano segundo o RSECE e de 74890 kWh/ano de acordo com o RECS. Da desagregação dos consumos energéticos por utilização final, observa-se que a iluminação representa a grande parcela dos consumos energéticos anuais da fracção, corresponde a

45% do consumo energético anual (iluminação interior 38% e a iluminação exterior 7%). Ao AVAC corresponde uma parcela de 40% e os equipamentos são responsáveis pelos restantes 15% dos consumos energéticos anuais, segundo o RSECE. Nas condições nominais de funcionamento, o consumo energético da fracção aumenta para 95828 kWh/ano. Passando o AVAC a representar a principal parcela dos consumos energéticos anuais com 44% dos consumos, este aumento deve-se essencialmente aos elevados caudais de ar novo que o regulamento obrigava a cumprir. Os equipamentos aumentam a sua parcela para 17% e a iluminação passa a representar 39% dos consumos energéticos anuais da fracção. Segundo o RECS, na simulação para determinação das necessidades previstas nas condições regulamentares, a iluminação representa a grande parcela dos consumos energéticos anuais da fracção, corresponde a 50% do consumo energético anual (iluminação interior 42% e a iluminação exterior 8%). Os equipamentos são responsáveis por 16% e ao AVAC corresponde uma parcela de 34% dos consumos energéticos anuais. Para as condições referência, a iluminação representa 63% dos consumos energéticos anuais por utilização final, os equipamentos são responsáveis por 21% e os restantes 16% são referentes ao AVAC.

Relativamente à iluminação não se regista uma variação significativa do valor do consumo energético, a variação registada da sua parcela percentual, deve-se, ao aumento (provocado pelo caudal de ar novo mínimo segundo o RSECE) ou diminuição (provocado pela adopção de soluções de referência ao nível da envolvente e pela diminuição do caudal de ar novo segundo o RECS) do consumo relativo ao AVAC, pois o valor da densidade de iluminação é próximo para as duas situações. No entanto o RECS é mais permissivo neste aspecto, pois define valores máximos de densidade de potência de iluminação a considerar na determinação do  $IEE_{ref}$ .

De acordo com a metodologia do RSECE a fracção obteve uma classe energética D. Com o valor do  $IEE_{nominal}$ , corrigido de 52,99 kgep/m<sup>2</sup>.ano. Segundo a metodologia em vigor, o RECS com o  $IEE_{pr,S}$  igual a 306,70 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano, o  $IEE_{ref,S}$  igual a 212,20 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano e um  $R_{IEE}$  com valor de 1,45, a classe energética atribuída à fracção foi a C.

Comparando as duas metodologias, confirma-se que o RECS torna o método de cálculo mais próximo das condições reais. A classificação energética passa a ser efectuada através dos consumos obtidos segundo as condições reais e depois comparados com os consumos de referência, deixando de ser baseados nos consumos nominais.



É importante salientar o papel da iluminação, uma vez que representa a grande parcela de consumos energéticos nas duas metodologias, revelando a oportunidade e a necessidade de aplicar medidas de eficiência energética na área da iluminação. Assim, foi proposta a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas tubulares LED e a substituição do sistema de ventilação mecânico por um sistema de ventilação dimensionado para os novos valores de caudal de ar novo regulamentares.

Com a implementação das medidas de eficiência energética propostas, regista-se uma poupança energética anual muito importante, cerca de 34%, com um período de retorno simples de 1 ano e 5 meses e um investimento inicial de cerca de 6.000,00€. Ao mesmo tempo alcançaria novas classes energéticas para duas metodologias abordadas. Alcançaria a classe B segundo o RSECE e de acordo com o RECS obtinha a classe B<sup>-</sup>.

## **6.2. Trabalhos futuros**

Como perspectiva de desenvolvimento deste trabalho sugere-se:

- A realização da simulação dinâmica recorrendo a outro software e posterior comparação dos resultados;
- Um estudo luminotécnico para avaliar a possibilidade de obter na fracção uma iluminância de 500 lux com densidades de potência de iluminação de 4 a 6 W/m<sup>2</sup>;
- Avaliar a possibilidade de instalar um sistema fotovoltaico, para produção de energia eléctrica para consumo próprio;
- Avaliar a implementação das soluções de referência ao nível da envolvente exterior;
- Avaliar medidas de eficiência energética para diminuir o consumo energético dos equipamentos.

## Bibliografia

- [1] Junho 2013. [Online]. Available: <http://yearbook.enerdata.net/>.
- [2] “Eficiência Energética e Energias Endógenas,” Lisboa, 2001.
- [3] [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt>.
- [4] Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril (SCE) – Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.
- [5] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Porto: PORTO EDITORA, 2006.
- [6] “DIRECTIVA 2002/91/CE PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de dezembro de 2002,” *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, nº Relativa ao desempenho energético dos edifícios, pp. L 1/65 - 1/71, Janeiro 2003.
- [7] Directiva 2012/27/EU de 25 de Outubro de 2012.
- [8] Directiva 2010/31/EU de 19 de Maio de 2010.
- [9] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto.
- [10] “Decreto-Lei n.º 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização,” 2006.
- [11] “Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia,” 2011.
- [12] “Portaria n.º 337/96 de 6 Agosto - Anexo I”.
- [13] “ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007”.
- [14] “Portaria n.º 349-D/2013”.
- [15] “Portaria n.º 353-A/2013”.
- [16] “Portaria n.º 349-A/2013”.
- [17] “Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013”.
- [18] “Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013”.
- [19] “Despacho (extrato)n.º 15793-G/2013”.
- [20] “Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013”.
- [21] “Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013”.
- [22] L. Roriz, CLIMATIZAÇÃO - CONCEPÇÃO, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DE SISTEMAS, 1ª Edição ed., Amadora: Edições Orion, 2006.
- [23] “Gettingstarted - EnergyPlus Overview”.

- [24] “EnergyPlus: A New-Generation Energy Analysis and Load Calculation”.
- [25] “Manual de ajuda de DesignBuilder Version,” 2012.
- [26] C. L. Pina dos Santos, Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, 4º ed., LNEC, Ed., Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Cívil Divisão de Edições e Artes Gráficas, 2006.
- [27] *CALUMEN II Versão 1.3.0*, SAINT-GOBAIN.
- [28] EDP, “EDP,” [Online]. Available: <http://www.edp.pt>. [Acedido em 14 10 2014].
- [29] ASHRAE Handbook - Fundamentals 2001.
- [30] ASHRAE Handbook - Fundamentals SI 2009.
- [31] S. K. Wang, HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION, 2ª ed., McGraw - Hill, 2000.
- [32] “Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013”.
- [33] “Despacho n.º 10250/2008 - Modelo dos Certificados de Desempenho energético e da Qualidade do Ar Interior”.
- [34] C. A. P. d. S. e. L. Matias, Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, 4ª ed., LNEC, Ed., Lisboa: Divisão de Edições e Artes Gráficas, 2006.

## Anexo A - Fracção e elementos construtivos

Neste anexo são apresentados alguns dos pormenores construtivos da fracção em estudo.

### A1 - Diferentes tipos de envolvente da fracção segundo o RCCTE

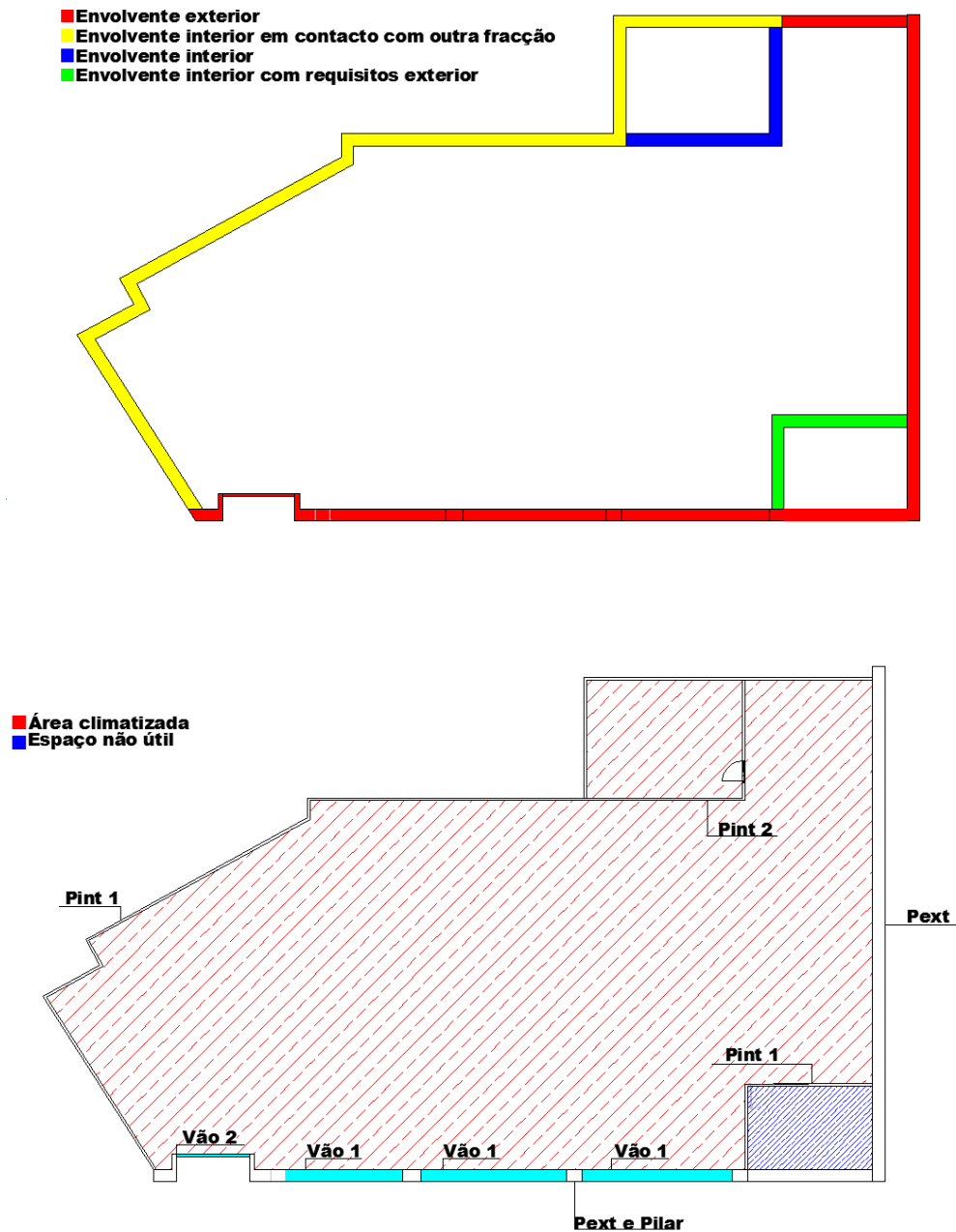


Figura 51 - Diferentes tipos de envolvente da fracção



**Figura 52 - Coberturas, envolvente exterior e pavimento em contacto com o solo envolvente sem requisitos térmicos**

### A2 - Coeficiente $\tau$

O tipo de espaço não útil considerado é desvão fortemente ventilado, com um  $\tau$  igual a 1, logo, à parede que separa o espaço útil interior do espaço não útil devem ser aplicados os requisitos mínimos de qualidade térmica para os elementos da envolvente exterior.

$A_i$	$A_u$	$A_i/A_u$	$A_{\text{abertura permanente}}$	$V_t$	$A_{\text{abp}}/V_{\text{total}}$	$\tau$
$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$m^3$	$m^2/m^3$	
34	57	0,6	5	80	0,06	1

**Tabela 38 – Coeficiente  $\tau$**



**Figura 53 – Espaço não útil, Central AVAC**

### A3 - Factor de forma

O factor de forma é o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior ( $A_{ext}$ ) e interior ( $A_{int}$ ) do edifício ou fracção autónoma com exigências térmicas e o respectivo volume interior ( $V$ ) correspondente, conforme a fórmula seguinte:

$$FF = \frac{\sum A_{ext} + \sum (\tau A_{int})_i}{V} \quad (28)$$

Em que,  $A_{ext}$  é o somatório das áreas da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos, envidraçados) ( $m^2$ ),  $A_{int}$  é a área de cada elemento da envolvente interior ( $m^2$ ),  $\tau$  é o coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos e  $V$  é o volume interior ( $m^3$ ).

Elementos exteriores		$A_{ext} (m^2)$	
Paredes			70,1
Coberturas			290
Envidraçados			43,7
		<b>Total</b>	<b>403,8</b>
	$A_{int} (m^2)$	$\tau$	$\tau \cdot A_{int} (m^2)$
<b>Elementos interiores</b>			
Paredes	34	1	34
	$A_{util} (m^2)$	$Pd (m)$	$(m^3)$
Volume	463	3,5	1620,5
FF		0,27	$(m^{-1})$

Tabela 39 - Factor de forma

#### A4 - Elementos construtivos

<b>Parede Exterior</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>°C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial externa			0,04		
Calcário - Pedra natural	0,025	2,3	0,01087	0,85	ITE 50
Tijolo cerâmico furado	0,22		0,52		ITE 50
Caixa-de-ar	0,12		0,18		ITE 50
Tijolo cerâmico furado	0,11		0,27		ITE 50
Reboco interior	0,03	1,3	0,023077		ITE 50
Resistência superficial interna			0,13		

<b>Pontes Térmicas Planas - Pilar - Talão de viga</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>°C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial externa			0,04		
Calcário - Pedra natural	0,025	2,3	0,01087	1,6	ITE 50
Tijolo cerâmico furado	0,1		0,27		ITE 50
Pilar em betão armado	0,345	2,5	0,138		ITE 50
Reboco interior	0,03	1,3	0,023077		ITE 50
Resistência superficial interna			0,13		

<b>Parede Interior 1</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>°C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial interna			0,13		
Reboco exterior	0,02	1,3	0,015385	1,78	ITE 50
Tijolo cerâmico furado	0,11		0,27		ITE 50
Reboco interior	0,02	1,3	0,015385		ITE 50
Resistência superficial interna			0,13		

<b>Parede Interior 2 (da fracção)</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial interna			0,13	0,55	
Placa gesso cartonado	0,02	0,25	0,08		ITE 50
Caixa-de-ar			0,15		ITE 50
Lã de rocha	0,05	0,04	1,25		ITE 50
Placa gesso cartonado	0,02	0,25	0,08		ITE 50
Resistência superficial interna			0,13		

<b>Cobertura</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial externa				1,10	ITE 50 QII,13
Protecção exterior					
Camada de protecção					
Sistema de impermeabilização			ITE 50		
Camada de forma	0,1				
Laje maciça	0,35				
Reboco interior					
Resistência superficial interna					

<b>Pavimento</b>					
<b>Constituição</b>	<b>e (m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>C/W)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>C)</b>	<b>Referência</b>
Resistência superficial interna			0,17	2,71	
Revestimento cerâmico	0,025	2,8	0,008929		ITE 50
Betonilha de regularização	0,05	1,65	0,030303		ITE 50
Laje Betão	0,3	2,5	0,12		ITE 50
Resistência superficial externa			0,04		

**Tabela 40 – Características térmicas dos elementos construtivos**



## A5 - Inércia Térmica

A metodologia referida no n.º 2 do Anexo VII do RCCTE e a metodologia apresentada no Despacho n.º 15793-C/2013 para o cálculo da classe de inércia térmica de um edifício é determinada por:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} r_i S_i}{A_p} \quad (29)$$

Em que  $M_{si}$  é a massa superficial do elemento  $i$ ,  $r_i$  é o factor de correcção,  $S_i$  é a área da superfície interior do elemento  $i$  e  $A_p$  é a área útil (interior) do pavimento. As duas metodologias são idênticas, apenas se afastam no factor de redução de massa superficial, especialmente para elementos do tipo EL3.

Elementos de Construção	$m_t$ (kg/m <sup>2</sup> )	Imp. Reg	$M_{si}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	Factor de correcção (r)	$M_{si} \cdot r \cdot S_i$ (Kg)
EL1 - Cobertura	1070	$m_t/2 \leq 150$	150	483,0	1	72450
EL2 - Pavimentos em contacto com o solo	898	150	150	483,0	1	72450
EL1 - Pext 1 - Parede exteriores	708	$m_{pi}/2 \leq 150$	150	93,0	1	13950
EL1 - Paredes de separação com espaços não úteis	278	$\leq 150$	150	34,2	1	5130
EL1 - Pint 1 - Parede interior	278	$\leq 151$	150	72,6	1	10890
EL3 - Pint 2 - Parede interior à fracção	45	$\leq 300$	45	186,7	0,5	4201
<b>Total</b>						179071
Área útil de pavimento $A_p$ (m <sup>2</sup> )						463
Massa superficial útil por m <sup>2</sup> de área de pavimento, $I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )						386,76
Inércia térmica do edifício						<b>Média</b>

Tabela 41 - Inércia térmica

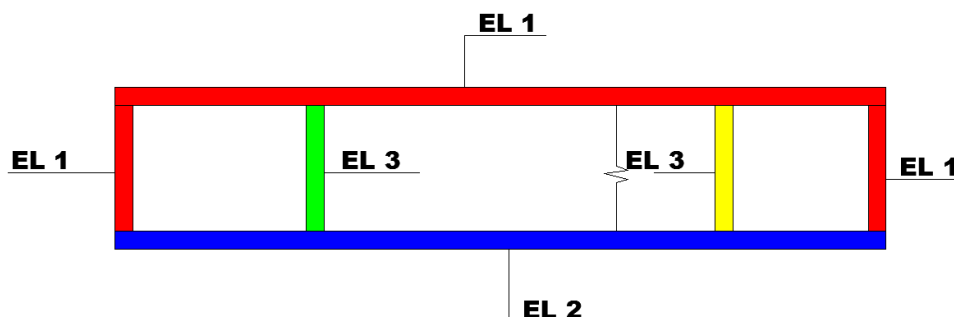


Figura 54 - Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica

## Anexo B - Perfis reais de utilização

Neste anexo, são apresentados os perfis reais de utilização.

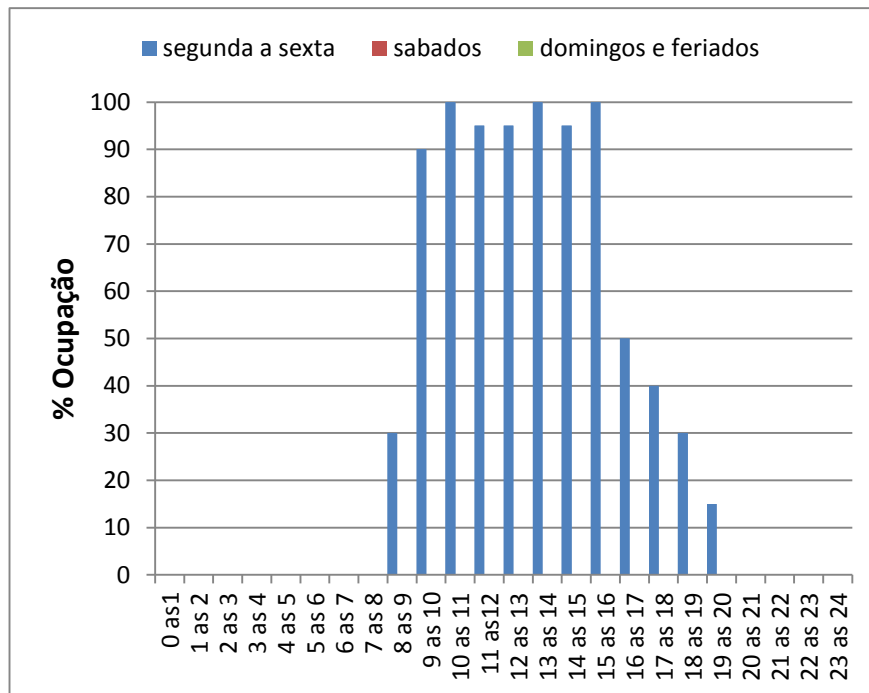


Gráfico 27 - Perfil real de utilização - Ocupação



Gráfico 28 - Perfil real de utilização - Iluminação

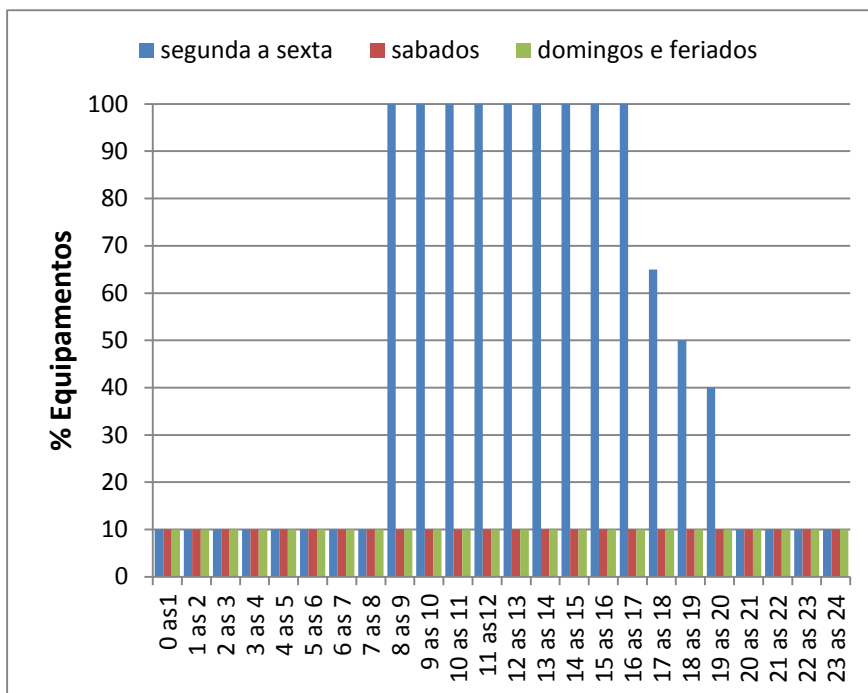


Gráfico 29 - Perfil real de utilização - Equipamentos



Gráfico 30 - Perfil de utilização do sistema de AVAC

## Anexo C - Perfis nominais de utilização

Neste anexo, são reproduzidos os perfis nominais de utilização, apresentados no Anexo XV do RSECE.

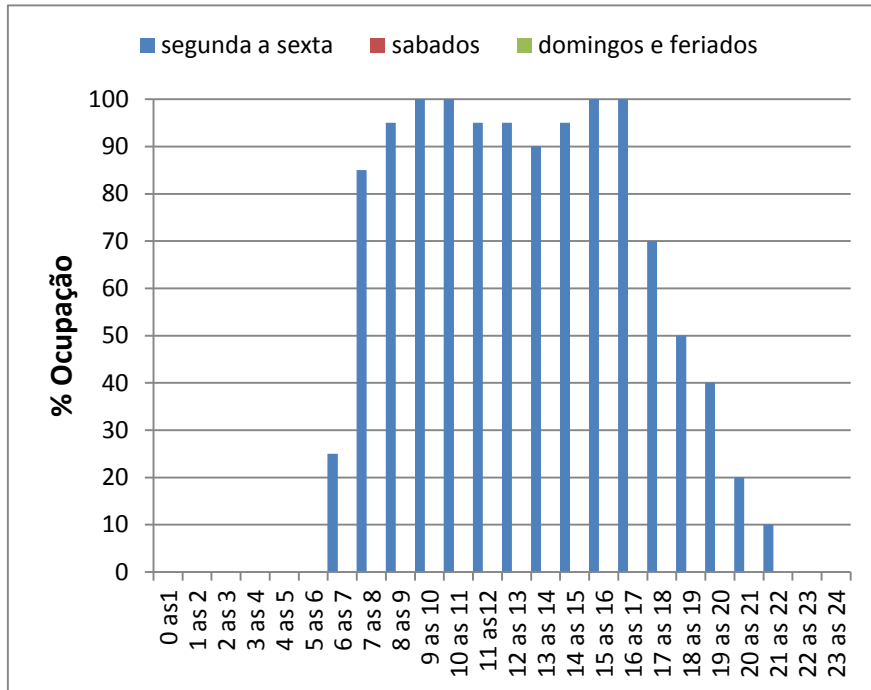


Gráfico 31 – Perfil nominal de utilização - Ocupação

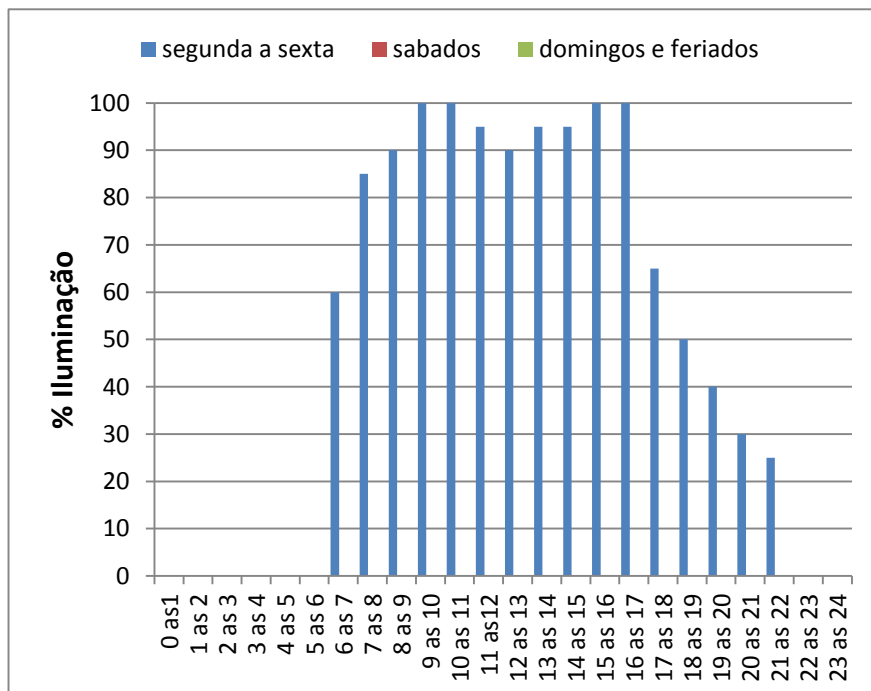


Gráfico 32 - Perfil nominal de utilização - Iluminação

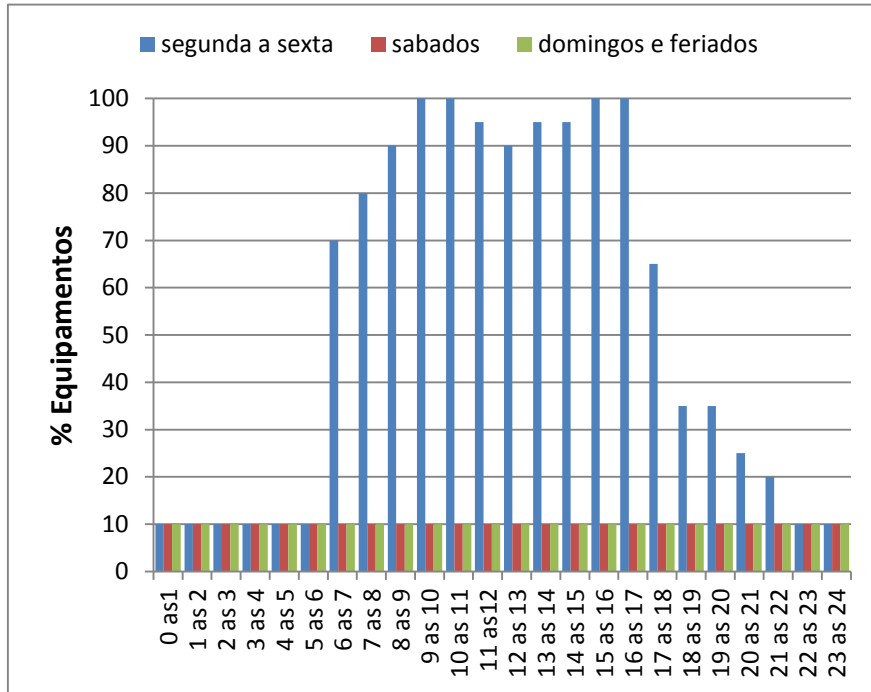


Gráfico 33- Perfil nominal de utilização - Equipamentos

## Anexo D - Cálculo dos IEE

Neste anexo são apresentados os cálculos dos IEE de forma pormenorizada, segundo a metodologia do RSECE e do RECS.

### D1 - IEE<sub>real,simulação</sub> corrigido

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}, (kgep/m^2 \cdot ano)$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

$$Q_{aq} = 9054,77 \times 0,29 + 654,1 \times 0,29 + 471 \times 0,29 = 2955,16 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_I = \frac{2955,16}{463} = 6,38 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ , adopta-se como região climática de referência a região II-VINorte. A região climática de referência II tem 1000 Graus-dias de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Com  $FF = 0,27 \text{ m}^{-1}$ , as necessidades máximas de aquecimento são dadas pela seguinte expressão,  $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ .

$$N_{I1} = 44 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Ii} = 51,51 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{51,51} = 0,85$$

$$IEE_I \text{ corrigido} = \frac{2952,16}{463} \times 0,85 = 5,42 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

$$Q_{arr} = 20762,46 \times 0,29 + 1171,5 \times 0,29 + 845,8 \times 0,29 = 6606,13 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

As necessidades máximas de arrefecimento a considerar são:

$$N_{V1} = 16 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Vi} = 22 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73.$$

$$IEE_V \text{ corrigido} = \frac{6606,13}{463} \times 0,73 = 10,42 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Os consumos de energia não ligados aos processos de aquecimento e arrefecimento são determinados por:

$$\frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{31651,11 \times 0,29 + 6132 \times 0,29 + 11994,36 \times 0,29}{463} = 31,18 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\text{Logo o } IEE_{real,simulação} \text{ corrigido} = 5,42 + 10,42 + 31,18 = 47,02 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{an}$$

## **D2 - IEE<sub>nominal</sub> corrigido**

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}, (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

$$Q_{aq} = 1092,54 \times 0,29 + 432 \times 0,29 + 340 \times 0,29 = 540,72 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_I = \frac{540,72}{463} = 1,17 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ , adopta-se como região climática de referência a região II-V1Norte. A região climática de referência II tem 1000 Graus-dias de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Com  $FF = 0,27 m^{-1}$ , as necessidades máximas de aquecimento são dadas pela seguinte expressão,  $N_i = 4,5 + 0,0395 GD$ .

$$N_{I1} = 44 kWh/m^2 \text{ e } N_{Ii} = 51,51 kWh/m^2$$

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{51,51} = 0,85$$

$$IEE_I \text{ corrigido} = \frac{540,72}{463} \times 0,85 = 0,99 kgep/m^2 \cdot ano$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

$$Q_{arr} = 36472,2 \times 0,29 + 2267 \times 0,29 + 1787 \times 0,29 = 11752,6 kgep/ano$$

As necessidades máximas de arrefecimento a considerar são:

$$N_{V1} = 16 kWh/m^2 \text{ e } N_{Vi} = 22 kWh/m^2$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

$$IEE_V \text{ corrigido} = \frac{11752,6}{463} \times 0,73 = 18,53 kgep/m^2 \cdot ano$$

Os consumos de energia não ligados aos processos de aquecimento e arrefecimento são determinados por:

$$\frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{30389,88 \times 0,29 + 6480 \times 0,29 + 16566,41 \times 0,29}{463} = 33,47 kgep/m^2 \cdot ano$$

$$\text{Logo o } IEE_{nominal} \text{ corrigido} = 0,99 + 18,53 + 33,47 = 52,99 kgep/m^2 \cdot ano$$



### D3 - IEE previsto, (classificação energética)

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren}, (kWh_{EP}/m^2 \cdot ano)$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{S,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{463} \times [2094,1 + 20294,5 + 31561,9 + 1283,3 + 1563,3] \times 2,5]$$

$$IEE_{pr,S} = 306,70 kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{T,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{463} \times [(11960,7 + 6132) \times 2,5] = 97,69 kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$$

Como não há produção de energia eléctrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis

$$IEE_{ren} = 0 kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$$

$$IEE_{pr} = 306,70 + 97,69 + 0 = 404,39 kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$$

### D4 - IEE referência

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T}, (kWh_{EP}/m^2 \cdot ano)$$

$$IEE_{ref,S} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{ref,S,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{ref,S} = \frac{1}{463} \times [(179,3 + 8149,6 + 30002,9 + 370,2 + 595,9) \times 2,5]$$

$$IEE_{pr,S} = 212,2 kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{T,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{ref,T} = \frac{1}{463} \times [(11949,9 + 6132) \times 2,5] = 97,63 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{ref} = 212,2 + 97,63 = 309,80 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

#### **D5 - IEE real, (com aplicação das medidas de eficiência energética)**

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren}, (\text{kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{S,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{463} \times [5621,5 + 10147,9 + 17978,4 + 659,1 + 906,9] \times 2,5]$$

$$IEE_{pr,S} = 190,68 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{T,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{463} \times [(11960,7 + 6132) \times 2,5] = 97,69 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

Como não há produção de energia eléctrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis

$$IEE_{ren} = 0 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{pr} = 190,68 + 97,69 + 0 = 288,40 \text{ kWh}_{EP}/m^2 \cdot \text{ano}$$

## D6 - IEE<sub>nominal</sub>, corrigido considerando o caudal de ar novo real

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}, (kgep/m^2 \cdot ano)$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

$$Q_{aq} = 500,2 \times 0,29 + 158,3 \times 0,29 + 201 \times 0,29 = 249,26 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_I = \frac{249,26}{463} = 0,54 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ , adopta-se como região climática de referência a região II-V1Norte. A região climática de referência II tem 1000 Graus-dias de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Com  $FF = 0,27 \text{ m}^{-1}$ , as necessidades máximas de aquecimento são dadas pela seguinte expressão,  $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ .

$$N_{I1} = 44 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Ii} = 51,51 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{51,51} = 0,85$$

$$IEE_I \text{ corrigido} = \frac{249,26}{463} \times 0,85 = 0,46 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

$$Q_{arr} = 18806,9 \times 0,29 + 1161 \times 0,29 + 914,4 \times 0,29 = 6056 \text{ kgep/ano}$$

As necessidades máximas de arrefecimento a considerar são:

$$N_{V1} = 16 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Vi} = 22 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

$$IEE_V \text{ corrigido} = \frac{6056}{463} \times 0,73 = 9,55 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Os consumos de energia não ligados aos processos de aquecimento e arrefecimento são determinados por:

$$\frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{30389,88 \times 0,29 + 6480 \times 0,29 + 16566,41 \times 0,29}{463} = 33,47 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\text{Logo o } IEE_{nominal} \text{ corrigido} = 0,46 + 9,55 + 33,47 = 43,48 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

#### **D7 - IEE<sub>nominal</sub>, corrigido considerando o caudal de ar novo determinado segundo o RECS**

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}, (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

$$Q_{aq} = 215,3 \times 0,29 + 77,3 \times 0,29 + 85,3 \times 0,29 = 109,59 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_I = \frac{109,59}{463} = 0,24 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ , adopta-se como região climática de referência a região II-V1Norte. A região climática de referência II tem 1000 Graus-dias de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Com  $FF = 0,27 \text{ m}^{-1}$ , as necessidades máximas de aquecimento são dadas pela seguinte expressão,  $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ .

$$N_{I1} = 44 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Ii} = 51,51 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{51,51} = 0,85$$

$$IEE_I \text{ corrigido} = \frac{65,7}{463} \times 0,85 = 0,12 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

$$Q_{arr} = 9246,2 \times 0,29 + 467,1 \times 0,29 + 515,6 \times 0,29 = 2966,4 \text{ kgep/ano}$$

As necessidades máximas de arrefecimento a considerar são:

$$N_{V1} = 16 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Vi} = 22 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

$$IEE_V \text{ corrigido} = \frac{2966,4}{463} \times 0,73 = 4,68 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Os consumos de energia não ligados aos processos de aquecimento e arrefecimento são determinados por:

$$\frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{30389,88 \times 0,29 + 6480 \times 0,29 + 16566,41 \times 0,29}{463} = 33,47 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\text{Logo o } IEE_{nominal} \text{ corrigido} = 0,24 + 4,68 + 33,47 = 38,39 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

### **D8 - IEE<sub>nominal</sub>, corrigido com a aplicação das medidas de eficiência energética propostas**

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}, (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

$$Q_{aq} = 201,6 \times 0,29 + 71,4 \times 0,29 + 85,8 \times 0,29 = 104,1 \text{ kgep/ano}$$

$$IEE_I = \frac{104,1}{463} = 0,23 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$ , adopta-se como região climática de referência a região II-V1Norte. A região climática de referência II tem 1000 Graus-dias de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Com  $FF = 0,27 \text{ m}^{-1}$ , as necessidades máximas de aquecimento são dadas pela seguinte expressão,  $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ .

$$N_{I1} = 44 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Ii} = 51,51 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{44}{51,51} = 0,85$$

$$IEE_I \text{ corrigido} = \frac{104,1}{463} \times 0,85 = 0,19 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

$$Q_{arr} = 9182,22 \times 0,29 + 448,6 \times 0,29 + 540 \times 0,29 = 2949,5 \text{ kgep/ano}$$

As necessidades máximas de arrefecimento a considerar são:

$$N_{V1} = 16 \text{ kWh/m}^2 \text{ e } N_{Vi} = 22 \text{ kWh/m}^2$$

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

$$IEE_V \text{ corrigido} = \frac{2949,5}{463} \times 0,73 = 4,65 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Os consumos de energia não ligados aos processos de aquecimento e arrefecimento são determinados por:

$$\frac{Q_{out}}{A_p} = \frac{17310,8 \times 0,29 + 6480 \times 0,29 + 16566,41 \times 0,29}{463} = 25,28 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

Logo o  $IEE_{nominal\text{ corrigido}} = 0,19 + 4,65 + 25,28 = 30,12 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$

### **D9 - IEE previsto, (para nova classificação energética com aplicação das medidas de eficiência energética)**

O IEE é obtido pela seguinte expressão:

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren}, (\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{S,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,S} = \frac{1}{463} \times [1660,1 + 9576,6 + 17978,4 + 607,1 + 718,0] \times 2,5]$$

$$IEE_{pr,S} = 164,90 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{A_p} \sum_i E_{T,i} \times F_{pu,i}$$

$$IEE_{pr,T} = \frac{1}{463} \times [(11960,7 + 6132) \times 2,5] = 97,69 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

Como não há produção de energia eléctrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis

$$IEE_{ren} = 0 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$IEE_{pr} = 164,90 + 97,69 + 0 = 262,59 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$