

Optimização da Eficiência Energética para o Sector Hoteleiro

Ricardo Filipe Ribeiro de Castro Pereira

Dissertação do MIEM

Orientador na Empresa: Engenheiro Luís Graça

Orientador na FEUP: Prof. Clito Afonso



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho de 2010

Ao meu Padrinho de baptismo, Domingos Pascoal da Costa Ribeiro

In memoriam

Resumo

Esta dissertação apresenta os resultados do trabalho efectuado na empresa Rodrigues Gomes & Associados - Consultores de Engenharia, S.A., no âmbito da realização do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, na opção de Energia Térmica.

Com a entrada em vigor da certificação energética, passa-se por encontrar e seleccionar as diversas soluções que apresentam menores consumos de energia e menores desperdícios, e que se traduzem, ainda, numa redução efectiva das emissões de gases para a atmosfera com efeito de estufa (CO₂). Sem, no entanto, descorar os requisitos regulamentares de segurança e de impacto ambiental, bem como, os níveis de conforto espectáveis (térmico, acústico, luminoso) e da qualidade do ar interior.

É nesta perspectiva que a presente dissertação se enquadra, pois tem como objectivo principal, avaliar a contribuição de algumas das soluções passivas e activas, no melhoramento da eficiência energética, assim como, avaliar o contributo de algumas fontes renováveis de energia. Dentro das energias renováveis, será abordado o contributo dos sistemas solares térmicos para o aquecimento de águas, bem como, analisado o contributo dos sistemas fotovoltaicos para a produção de energia eléctrica.

Não obstante a importância assumida pelo aproveitamento das energias renováveis no sector terciário, a co-geração permanece como a tecnologia mais eficaz de conversão de energia primária (de origem fóssil ou renovável) em electricidade e calor. A aplicabilidade de tecnologias de co-geração no sector terciário, ganha especial destaque, face à escalada do preço dos combustíveis e à necessidade de garantir a adequação e conforto dos espaços.

Relativamente ao caso prático abordado neste trabalho, de referir que o edifício é um empreendimento Hoteleiro, nomeadamente um Hotel *resort*, localizado no Algarve, concelho de Portimão na freguesia de Alvor, do qual foi construído um modelo computacional de simulação dinâmica multizona.

Com a criação do modelo computacional, efectuaram-se várias simulações de modo a modelar este às condições nominais iniciais definidas. Verificou-se que os maiores consumos eram os eléctricos, nomeadamente o de iluminação (32.4%) e dos equipamentos (25.8%), seguidos pelos consumos de AVAC, ventilação (11.6%) e de arrefecimento (10.8%).

De forma a dar-se respostas ao dono de obra, sobre como melhorar o edifício para que os consumos energéticos reduzam, efectuaram-se várias alterações no modelo com o intuito de se avaliar o contributo das diferentes soluções, para o melhoramento da eficiência energética.

A análise de viabilidade técnico/económica de implementação de um sistema de co-geração/tri-geração torna-se exequível aos dois níveis, onde as tecnologias testadas, de forma a adaptarem-se às necessidades térmicas do edifício, foram a utilização de um sistema com recurso a motor de combustão interna a gás natural, microturbinas e pilhas de combustível, com auxílio de um *Chiller* de absorção para produção de frio.

Para análise dos consumos num qualquer Hotel numa fase de estudo prévio, foi definida uma metodologia simplificada que permite extrapolar os resultados obtidos para o caso de estudo.

Abstract

The present dissertation on the integrated Master Of Mechanical Engineering in Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto on the variant of Thermal Energy, presents the results on the work performed on the company *Rodrigues Gomes & Associados – Consultores de Engenharia, S.A.*.

With the enforcement of the energetic certification, it has been tried to find and select the different solutions that present less consumption and waste of energy, which translates into an effective reduction on emissions to the atmosphere with greenhouse effect (CO₂). However, always respecting the safety requirements and the environmental impact, as well as the comfort levels (thermal, acoustic, luminous) and the indoor air quality.

It is in this perspective that this dissertation fits, since its main aim is to evaluate the contribution of passive and active solutions on the improvement of the energetic efficiency, as well as to evaluate the contribution of some renewable energy sources. Within the renewable energies, the contribution of the thermal solar systems to the water heating and also the analyses on the contribution of the photovoltaic systems to the production of electric energy, has also been approached.

Despite the importance assumed by using renewable energies in the third sector, co-generation remains as the most effective technology on the conversion of primary energy (fossil or renewable sources) into electricity and heat. The application of co-generation technologies on the third sector gains notability facing the rise of fuel prices and the need to ensure adequacy and comfort of spaces.

Relatively to the practical case in study, the building is an hotel undertaking, more specifically a Resort Hotel, located in Algarve, Portimão council, Alvor parish, on which it was build a model on a program of dynamic and multizone simulation.

With the creation of the computational model, several simulations were made in order to model this one to the initial nominal conditions defined. It was verified that the higher consumptions were on the electric ones, specifically the one of lightning (32.4%) and the equipments (25.8%), followed by the HVAC, ventilation (11.6%) and cooling (10.8%).

In way to give answers to the owner of the construction work, on how to improve the building so that the energetic consumptions become lower, there were made several changes on the model with the goal of evaluating the contribution of different solutions, to improve the energetic efficiency.

The analysis of the technical/economical viability of the implementation of a co-generation/tri-generation becomes executable in two levels, where the technologies tested, in a way to adapt to the thermal needs of the building, were the use of a system with resource to a motor with internal combustion on natural gas, micro turbines an fuel cells, with the help of an absorption Chiller to produce cold.

For analysis of consumption in any hotel in a preliminary study stage, was constructed a simplified methodology that allows extrapolation of results obtained to the case of study.

Abreviaturas

A.B.C.	-	Área bruta de construção
AP	-	Alta pressão
AQ	-	Água quente (Piscina)
AQS	-	Águas quentes sanitárias
AVAC	-	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BiPV	-	Building integrated Photovoltaics
BP	-	Baixa Pressão
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
CE	-	Certificado Energético
CH ₄	-	Gás metano
CHp,m	-	Custo da energia eléctrica por kWh nas horas de ponta respectivas ao mês m
CHc,m	-	Custo da energia eléctrica por kWh nas horas de cheias respectivas ao mês m
CHvn,m	-	Custo da energia eléctrica por kWh nas horas de vazio normal respectivas ao mês m
CHsv,m	-	Custo da energia eléctrica por kWh nas horas de super vazio respectivas ao mês m
COP	-	Coeficiente de Performance
C.S.	-	Coeficiente de Sombreamento
DCR	-	Declaração de conformidade regulamentar
DGEG.	-	Direcção Geral de Energia e Geologia
D.L.	-	Decreto-Lei
EDP	-	Electricidade de Portugal
Electric.	-	Electricidade
E.N.U	-	Espaço não útil
EPBD	-	Energy Performance of Buildings Directive
ERSE	-	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FRE	-	Fontes renováveis de energia
F.S.	-	Factor Solar
GEE	-	Gases de efeito de estufa
GN	-	Gás Natural
IEA	-	International Energy Agency
IEE	-	Índice de Eficiência Energética

INE	- Instituto nacional de estatística
INETI	- Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
LiBr	- Brometo de lítio
MCI	- Motores de compressão interna
Min.	- Mínimo
NH ₃	- Amoníaco
NO _x	- Óxido de azoto
PCI	- Produto calorífico inferior
PCS	- Produto calorífico superior
PRE	- Plano de Racionalização Energética
PRS	- Período de retorno simples
R.C.	- Recuperação de Calor
RCCTE	- Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios
Rend.	- Rendimento
RSECE	- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
S.A.	- Sociedade Anónima
SCE	- Sistema Nacional de Certificação de Edifícios e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SEP	- Sistema Eléctrico de Serviço Público
Unid.SI	- Unidades do sistema internacional
VAV	- Volume de Ar variável

Nomenclatura

Letras Romanas

A	-	Áreas diversas	m^2
A _i	-	Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil	m^2
A _u	-	Área do elemento que separa o espaço não útil do exterior	m^2
A _{v,opaca}	-	Área envolvente vertical Opaca	m^2
A _{v,envd.}	-	Área envolvente vertical Envidraçada	m^2
A _{pav.ext}	-	Área de pavimento exterior	m^2
A _{h,opaca}	-	Área de envolvente horizontal Envidraçada	m^2
A _{h,envd.}	-	Área de envolvente horizontal Envidraçada	m^2
A _{parede int.}	-	Área de interior (em contacto com E.N.U.)	m^2
C	-	Energia primária consumida anualmente na instalação de co-geração,	kW
CR	-	Equivalente energético dos recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos consumidos anualmente na instalação de co-geração	kW
E	-	Energia eléctrica produzida anualmente pelo co-gerador, excluindo os consumos nos sistemas auxiliares internos de produção energética	kW _e
E _{f,a}	-	Energia necessária para movimentar a cabine do elevador (ciclos de viagem)	kWh/ano
FF	-	Factor de forma	-
F _{ci}	-	Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento	-
F _{cv}	-	Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento	-
h _{max}	-	Percurso máximo do elevador (do piso mais baixo ao mais alto)	m
I _t	-	Inércia térmica	kg/m ²
IEE _{nominal}	-	Índice de eficiência energética	Kgep/m ² .ano
K ₁	-	Factor médio dependente da tecnologia dos elevadores: tracção na corda (0.35), com recuperação (0.21), hidráulico com contra peso (0.3)	-

K_2	- Factor de ajuste ao percurso do elevador	-
N_i	- Necessidades nominais de energia útil para aquecimento	kWh/m ² .ano
N_v	- Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento	kWh/m ² .ano
Pé direito	- Altura entre pisos (de laje a laje)	m
P_m	- Potência do motor do elevador	kW
P_x	- Limite de confiança	-
$Pot_{chiller,abs}$	- Potência de arrefecimento	kW
$Pot_{t\acute{e}rmica,motor}$	- Potência térmica do motor de co-geração	kW
$Pot_{chiller,abs}$	- Potência de arrefecimento do <i>chillers</i> de absorção	kW
S_x	- Desvio padrão	-
T	- Energia térmica útil consumida anualmente a partir da energia térmica produzida pelo co-gerador, excluindo os consumos nos sistemas auxiliares internos de produção energética	kW _{th}
T_{ENU}	- Temperatura de um E.N.U.	°C
$T_{int,v}$	- Temperatura interior	°C
$T_{ext,v}$	- Temperatura exterior	°C
U	- Coeficientes de transferência térmica	w/m ² °C
V	- Velocidade	m/s
Z_f	- Número de ciclos de viagens por ano	-

Letras Gregas

$\eta_{\min\ chiller,abs}$	- Rendimento mínimo necessário para entrada em funcionamento do <i>chiller</i> de absorção	%
τ	- Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos	-

Notas:

Relativamente a nomenclatura apresentada no cálculo da remuneração dos sistemas Fotovoltaicos, esta pode ser consultada no Anexo do D.L. 225/2007

No caso da remuneração dos sistemas de co-geração, a nomenclatura apresentada encontra-se descrita na portaria 59/2002.

Agradecimentos

Quero transmitir o mais profundo agradecimento a toda a minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio transmitido ao longo da minha vida académica.

Ao Professor Clito Afonso agradeço a oportunidade concedida para a realização deste trabalho, bem como toda orientação concedida.

Ao Engenheiro Luís Graça, expresso a minha gratidão, por todo o empenho e compreensão demonstrados ao longo da orientação deste projecto, que se tornou indispensável para um bom seguimento das metodologias.

Ao Engenheiro André Guedes, agradeço-lhe toda a ajuda dispendida no processo de viabilidade de execução da presente dissertação, na empresa Rodrigues Gomes & Associados, bem como, toda a disponibilidade demonstrada no auxílio para o desenvolvimento da mesma.

Ao Engenheiro João Sousa, agradeço todo o empenho e auxílio, bem como a minha gratidão pela formação concedida no *software* de simulação.

Agradeço a toda a equipa de Engenheiros da secção de AVAC da Empresa Rodrigues Gomes & Associados, pelo acolhimento e disponibilidade de ajuda demonstrada.

Quero também agradecer ao Engenheiro Alberto Rodrigues e ao Engenheiro Eduardo Pinto, que como externos à empresa, me auxiliaram, em determinados aspectos, no desenvolvimento de metodologias.

Aos meus Amigos e aos meus Colegas, por todos os momentos passados ao longo de todos estes anos.

Quero agradecer especialmente a minha namorada Tatiana Correia, por toda a ajuda e compreensão concedida ao longo da minha vida académica.

Índice

Resumo	V
Abstract	VII
Abreviaturas	IX
Nomenclatura	XI
Agradecimentos	XIII
Índice de Figuras	XIX
Índice de Tabelas	XXIII
1. Introdução	1
1.1. Apresentação da Empresa	1
1.1.1. Corpo Técnico da Empresa	1
1.1.2. Finalidade da Empresa	2
1.1.3. Informações Gerais sobre a Empresa	2
1.2. Contextualização da eficiência energética no sector dos Edifícios	3
1.3. Objectivos do trabalho	3
1.4. Panorama Energético Nacional	4
1.5. Organização e Temas Abordados no Presente Relatório	7
2. Conceitos Relevantes	9
2.1. Fontes Renováveis de Energia	10
2.1.1. Solar Térmico	10
2.1.2. Solar Fotovoltaico	14
2.1.3. Biomassa	18
2.2. Co-geração	20
2.2.1. Tri-geração	23
2.3. Equipamentos de AVAC	24
2.3.1. Chillers	24
2.3.2. Caldeiras	26
2.4. Sistemas AVAC	27
2.4.1. Sistemas Tudo-Ar	27
2.4.2. Sistemas Tudo-Água	29
2.4.3. Sistemas Ar-Água	30
2.4.4. Sistemas com expansão directa dum fluído refrigerante	31

2.4.5.	Pavimento Radiante _____	31
2.5.	Equipamentos de controlo de luminosidade _____	32
3.	Caracterização do Edifício – Solução Base _____	33
3.1.	Empreendimento Turístico _____	33
3.1.1.	Contextualização Geográfica _____	33
3.1.2.	Zonamento Climático & Temperaturas de Projecto _____	34
3.1.3.	Caracterização do edifício _____	35
3.1.4.	Factores de Correção Climáticos _____	44
3.1.5.	Ganhos internos e Necessidades de Ar Novo _____	45
3.1.6.	Necessidades energéticas para produção de água quente _____	47
3.1.7.	Outros Consumos _____	47
3.1.8.	Sistema de AVAC utilizados no Edifício _____	48
3.1.9.	Tarifários de Facturação Energética _____	50
3.1.10.	Modelação computacional _____	51
3.1.11.	Simulação Computacional – Caso Base _____	53
3.1.12.	Tratamento de dados obtidos _____	53
3.1.12.1.	Cargas térmicas _____	54
3.1.12.2.	Consumos Energéticos _____	55
3.1.12.3.	Facturação Energética Anual _____	57
4.	Análise de Sensibilidade energética e económica _____	59
4.1.	Soluções Passivas _____	60
4.1.1.	Envolvente Opaca _____	60
4.1.2.	Envolvente Envidraçada _____	65
4.2.	Soluções Activas _____	71
4.2.1.	Tratamento ambiente _____	71
4.2.2.	Equipamentos de controlo de luminosidade – <i>Dimmers</i> _____	74
4.2.3.	<i>Chillers</i> _____	77
4.2.4.	Caldeiras _____	79
4.2.5.	Recuperações para AQS (<i>Chiller</i>) _____	82
4.3.	Contribuição de diferentes Fontes Renováveis de Energia para o melhoramento do índice de eficiência energética. _____	86
4.3.1.	Solar térmico _____	86
4.3.2.	Solar fotovoltaico _____	90
4.4.	Análise da combinação das diversas soluções _____	94

4.5.	Co-geração/Tri-geração	97
4.5.1.	Perfil de Sazonalidade	97
4.5.2.	Tratamentos dos dados da Simulação Real	98
4.5.3.	Tecnologias e pressupostos adoptados	100
4.5.3.1.	Motores de combustão de gás natural	101
4.5.3.2.	Microturbinas	108
4.5.3.3.	Pilhas de combustível	110
5.	Características dimensionais dos empreendimentos turísticos	115
5.1.	Análise das arquitecturas	115
5.2.	Enquadramento Legal	117
5.3.	Descaracterização das áreas de uma Unidade Hoteleira	119
5.3.1.	Extrapolação dos consumos energéticos	120
6.	Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro	121
6.1.	Conclusões	121
6.2.	Perspectivas de trabalho futuro	126
7.	Referências Bibliográficas	127
ANEXO A:	Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos, τ	131
ANEXO B:	Determinação dos Perfis de Consumo de AQS	135
ANEXO C:	Tratamento de dados sobre os consumos energéticos	139
ANEXO D:	Caudais de Ar por Sistema	143
ANEXO E:	Definição dos diferentes sistemas	145
E.1.	Sistemas de recuperação de calor utilizados	145
E.2.	Perdas de carga e potência dos ventiladores	146
ANEXO F:	Energia produzida nos Painéis Solares térmicos e Retorno de Investimento	149
ANEXO G:	Cálculo da tarifação da energia produzida nas instalações de Fotovoltaicas	151
ANEXO H:	Cálculo da tarifação da energia produzida nas instalações de co-geração	155
ANEXO I:	Análise de alguns Empreendimento Hoteleiro	159
i.1:	Procedimentos de cálculo	159
i.2:	Empreendimento Hoteleiro	163

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Evolução do Consumo de energia primária em Portugal [Fonte: DGEG]	5
Figura 1.2 - Consumo de energia final por sector (2007) [Fonte: DGEG].....	5
Figura 1.3 - Consumo eléctrico de Portugal Continental em 2007 por sector de actividade [Fonte: DGEG]	6
Figura 1.4 - Energia eléctrica produzida a partir de Fontes Renováveis de Energia (2007) [Fonte: DGEG]	6
Figura 1.5 - Evolução da produção de energia eléctrica a partir de FRE [Fonte: DGEG]	6
Figura 2.1- Número anual de horas solares, expresso em kWh/m ² [Fonte: Thomas Huld and Marcel Suri PVGIS - European Communities, 2001-2007].....	11
Figura 2.2 - Recurso Solar de Portugal	11
Figura 2.3 - Recurso solar para os concelhos do Algarve (irradiação média anual solar global na inclinação que maximiza a energia - latitude +5° orientados a Sul).....	12
Figura 2.4 - Radiação Solar Global e as suas Componentes	12
Figura 2.5 – Inclinação e Orientação dos Colectores Solares Térmicos	13
Figura 2.6 - Representação esquemática de um sistema solar de circulação forçada	13
Figura 2.7- Ligação de células em série e em paralelo.....	16
Figura 2.8 - Cadeia de conversão da radiação solar em energia eléctrica	17
Figura 2.9 - Índice de kWh/Wp, sistemas fotovoltaicos virados a sul ligados à rede: a) com inclinação de 20° sul; b) com inclinação igual a latitude; c) em fachadas	17
Figura 2.10 – Diversas fontes de geração de biomassa	18
Figura 2.11 - Contributo das diferentes fontes para a produção de biomassa	18
Figura 2.12 – Ciclo neutro da madeira	19
Figura 2.13 - Representação de uma célula de combustível.....	21
Figura 2.14 - Representação esquemática de um sistema de Tri-geração	23
Figura 2.15 - Princípio básico de uma máquina de frio por absorção	25
Figura 2.16 – Perfil de Temperaturas fisiologicamente ideais	31
Figura 2.17- Exemplo do funcionamento dos sensores de luminosidade.....	32
Figura 3.1 – Localização geográfica.....	34
Figura 3.2 – Vista da fachada principal em Perspectiva 3D.....	35
Figura 3.3 – Vista da entrada para o Edifício em Perspectiva 3D.....	36
Figura 3.4 – Vista dos diferentes alçados a) Sudoeste, b) Noroeste, c) Sudeste, d) Nordeste .	36
Figura 3.5 - a) Contributo do Parâmetro S para o cálculo do IEE ponderado; b) Contributo das diferentes tipologias para o cálculo do IEE ponderado	40

Figura 3.6 - Organização funcional do <i>software</i> [Fonte: User's Manual Trace 700 Building Energy and Economic Analysis version 6.2]	52
Figura 3.7 - Necessidades energéticas para AQS e AQ-Piscina	56
Figura 3.8 - Distribuição percentual dos diferentes parâmetros no consumo global do edifício	56
Figura 4.1 - Influência da envolvente opaca nos consumos globais do edifício.....	62
Figura 4.2 - Exemplo das estruturas de vidros duplos	65
Figura 4.3 - Influência do factor solar com caixilharia sem corte térmico	67
Figura 4.4 - Exemplo da influência do tipo de caixilharia.....	68
Figura 4.5 - Influência da condutibilidade térmica do conjunto caixilharia mais envidraçado para um F.S. de 0.45	69
Figura 4.6 - Influência dos sistemas de tratamento ambiente (com e sem recuperação de calor)	72
Figura 4.7 - Influência dos controladores de luminosidade - <i>dimmers</i>	75
Figura 4.8 - Influência dos equipamentos de arrefecimento (<i>Chillers</i>) nos consumos globais	78
Figura 4.9 - Influência dos equipamentos de aquecimento nos consumos do edifício	80
Figura 4.10 - Comparação entre aos Chillers.....	83
Figura 4.11 - Influência dos equipamentos de arrefecimento (<i>Chillers</i> com recuperação para AQS)	83
Figura 4.12 - Perfil das necessidades energéticas para AQS supridas por estes sistemas	84
Figura 4.13 – Rendimento dos diferentes tipos de colectores solares	86
Figura 4.14 - Influência da área de captação para a redução dos consumos globais do edifício	88
Figura 4.15 - Período de retorno de investimento dos painéis solares térmicos	89
Figura 4.16 - Contributo dos painéis solares de silício amorfo para a redução dos consumos globais do edifício	91
Figura 4.17 - Contributo dos painéis solares de silício poli-cristalino para a redução dos consumos globais do edifício	91
Figura 4.18 - Contributo dos painéis solares de silício amorfo (BiPV) para a redução dos consumos globais do edifício	92
Figura 4.19 - Energia produzida por cada instalação fotovoltaica para uma potência de pico de 10kWp.....	93
Figura 4.20 - Período de retorno de investimentos dos painéis fotovoltaicos	94
Figura 4.21 - Comparação dos consumos entre a solução inicial e a solução final	95
Figura 4.22 - Sistemas de utilizados para suprimir as necessidades de AQS	96
Figura 4.23 - Perfil de Sazonalidade	98

Figura 4.24 - Diagrama de operação de uma instalação de co-geração/tri-geração	100
Figura 4.25 – Exemplo de um Motor a gás natural da GE Energy Jenbacher.....	102
Figura 4.26 - REE anual para as distintas soluções - JMS-208 GS-N.L (C05).....	102
Figura 4.27 - Período de retorno de investimento - JMS-208 GS-N.L (C05)	104
Figura 4.28 - REE anual para as distintas soluções - JMS-312 GS-N.L (C205).....	104
Figura 4.29 - Período de retorno de investimento - JMS-312 GS-N.L (C205)	105
Figura 4.30 - Exemplo de um motor a gás natural da MTU.....	106
Figura 4.31 - REE anual para as distintas soluções (MTU GC 357 N5 – ME 3042 L)	106
Figura 4.32 - Período de retorno de investimento (MTU GC 357 N5 – ME 3042 L).....	107
Figura 4.33 – Microturbina TURBEC T100 CHP.....	108
Figura 4.34 - REE anual para as distintas soluções (TURBEC T100 CHP)	109
Figura 4.35 - Período de retorno de investimento (TURBEC T100 CHP).....	110
Figura 4.36 - Modelo HM400N da MTU Onsite Energy	111
Figura 4.37 - REE anual para as distintas soluções (Pilhas de combustível)	111
Figura 4.38 - Período de retorno de investimento (Pilhas de combustível)	113
Figura 5.1 - Distribuição percentual das áreas afectas a cada espaço	117

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Tipos de Colectores Solares Térmicos	14
Tabela 2.2 - Tipos de Células e películas fotovoltaicas	15
Tabela 2.3 - Eficiência das células fotovoltaicas [Fonte: The German Solar Energy].....	15
Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens das diferentes tecnologias [1]	22
Tabela 2.5 - Principais características dos <i>Chillers</i> de Absorção.....	25
Tabela 2.6 – Descrição dos diferentes tipos de Caldeiras [10].....	26
Tabela 2.7 - Sistemas com percurso simples	28
Tabela 2.8 - Sistemas com percurso duplo	29
Tabela 3.1 - Zona climática e dados climáticos de referência do Concelho de Portimão	34
Tabela 3.2 – Resumo das condições climáticas exteriores de Projecto.....	35
Tabela 3.3 - Áreas das diferentes tipologias.....	37
Tabela 3.4- Classes energéticas	39
Tabela 3.5 – Valores de referência para o cálculo da classe energética (Aquecimento + Arrefecimento).....	40
Tabela 3.6 – Patamares das classes energéticas do edifício em estudo.....	41
Tabela 3.7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis (zona climática I ₁).....	41
Tabela 3.8 - Factores solares máximos admissíveis (zona climática V ₁).....	42
Tabela 3.9 - Coeficientes de transmissão térmica	42
Tabela 3.10 – Resumo das Áreas da envolvente do edifício	44
Tabela 3.11 - Necessidades nominais de energia útil para aquecimento.....	45
Tabela 3.12 - Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento.....	45
Tabela 3.13 – Ganhos internos e necessidades de Ar-Novo.....	46
Tabela 3.14 – Necessidades de água quente sanitária a 60°C.....	47
Tabela 3.15 – Tarifa de electricidade [€/kWh].....	50
Tabela 3.16 - Tarifas de venda em baixa pressão.....	51
Tabela 3.17 - Condições do caso base.....	53
Tabela 3.18 – Consumos energéticos do edifício (simulação base).....	55
Tabela 3.19 – Custo energético anual (simulação base).....	57
Tabela 4.1 - Valores dos coeficientes de transferência térmica para as diferentes alternativas	60
Tabela 4.2 – Espessura necessária de isolamento - XPS [mm]	61
Tabela 4.3 – Consumos globais do edifício (Envolvente Opaca).....	62

Tabela 4.4 - Custo energético anual (Envolvente Opaca).....	63
Tabela 4.5 - Período de Retorno do Investimento (Envolvente Opaca)	64
Tabela 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica das caixilharias (ITE50)	66
Tabela 4.7 – Consumos globais do edifício para diferentes factores solares dos envidraçados com caixilharia metálica com e sem corte térmico	66
Tabela 4.8 - Consumos globais do edifício para diferentes factores solares dos envidraçados com caixilharia de madeira e plástico	67
Tabela 4.9 – Custo energético anual (Envolvente transparente).....	69
Tabela 4.10 – Período de retorno do investimento (Envolvente transparente).....	70
Tabela 4.11- Consumo energético global	72
Tabela 4.12 – Custo energético global (Sistemas de tratamento ambiente)	73
Tabela 4.13 – Consumo global do edifício (<i>dimmers</i>).....	74
Tabela 4.14 - – Custo energético global (<i>dimmers</i>).....	76
Tabela 4.15 - Período de retorno do investimento (<i>dimmers</i>).....	76
Tabela 4.16 – Características dos <i>Chillers</i> utilizados	77
Tabela 4.17 - Consumo global do edifício (<i>chillers</i>)	77
Tabela 4.18 - Custo energético global (<i>Chillers</i>).....	78
Tabela 4.19 - Características das Caldeiras utilizadas	79
Tabela 4.20 - Consumo global do edifício (Caldeiras)	80
Tabela 4.21 – Custo energético anual (caldeiras)	81
Tabela 4.22 - Consumo global do edifício (<i>Chillers</i> com recuperação de calor para AQS) ...	82
Tabela 4.23 - Custo energético anual (<i>Chillers</i> com recuperação de calor para AQS)	85
Tabela 4.24 – Contributo dos Colectores Solares Térmicos	87
Tabela 4.25 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de silício amorfo	90
Tabela 4.26 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de silício poli-cristalino	91
Tabela 4.27 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de integração nas fachadas (BiPV)	92
Tabela 4.28 - Consumo global do edifício (Solução final)	95
Tabela 4.29 - Principais características dos Motores de gás natural.....	102
Tabela 4.30 – Necessidades térmicas [1 Motor JMS-208 GS-N.L (C05)]	103
Tabela 4.31 – Necessidades térmicas [2 Motores JMS-208 GS-N.L (C05)].....	103
Tabela 4.32 – Necessidades térmicas [1 Motor JMS-312 GS-N.L (C205)]	105
Tabela 4.33 – Principais características do motor de combustão a gás natural da MTU – Onsite Energy.....	106

Tabela 4.34 – Necessidades térmicas [1 Motor MTU GC 357 N5 – ME 3042 L].....	107
Tabela 4.35 – Necessidades térmicas [2 Motores MTU GC 357 N5 – ME 3042 L]	107
Tabela 4.36 – Principais características da microturbina da TURBEC.....	108
Tabela 4.37 – Necessidades térmicas [1 Microturbina]	109
Tabela 4.38 – Necessidades térmicas [2 Microturbinas].....	109
Tabela 4.39 – Principais características [Pilhas de combustível].....	110
Tabela 4.40 – Necessidades térmicas [Pilhas combustível]	112
Tabela 5.1 – Áreas mínimas dos Quartos [m ²].....	118
Tabela 5.2 – Áreas mínimas dos Restaurantes [m ²].....	118
Tabela 5.3 – Pontos para o Acréscimo da Área de restaurante	118
Tabela 5.4 - Distribuição percentual das áreas de cada espaço	119
Tabela 5.5 – Consumos energéticos (simulação base do caso prático).....	119
Tabela 5.6 – Consumos globais.....	120
Tabela a.1 - Cálculo do coeficiente τ para os espaços não úteis	131
Tabela b.1 - Perfil nominal de consumo de AQS – <i>Software</i> TSOL.....	135
Tabela b.2 – Perfil Médio diário.....	136
Tabela b.3 – Consumos de AQS mensais.....	137
Tabela c.1 - Número de ciclos de viagem por ano dos Elevadores	140
Tabela c.2 - Velocidade típica dos Elevadores.....	140
Tabela c.3 – Resumo dos Valores obtidos para os diferentes Elevadores.....	141
Tabela d.1 – Caudais de ar dos diferentes sistemas.....	143
Tabela e.1 – Tipos de recuperadores de calor	145
Tabela e.2 - Selecção para uma velocidade do ar nas baterias inferior a 2.5m/s [Selecção melhorada]	146
Tabela e.3 – Redução da velocidade do ar nas baterias e conseqüente perda de carga total [Selecção final]	147
Tabela f.1 - Energia mensal produzida pelos colectores solares térmicos [kWh].....	149
Tabela f.2 - Custo das instalações	150
Tabela g.1 - Energia Produzida pelos painéis de Silício-Amorfo (Signet 85.A2).....	151
Tabela g.2 - Energia Produzida pelos painéis Poli-cristalinos (Alfasolar 222).....	152
Tabela g.3 - Energia Produzida pelos painéis BiPV (Signet 85.A2).....	152
Tabela g.4 – Perfil de horário mensal no período compreendido entre as 8h e as 19h	153
Tabela g.5 - Coeficientes	154
Tabela h.1 – Principais características [1].....	157

Tabela i.1 - Distribuição percentual das áreas	159
Tabela i.2 - Média e desvio padrão	160
Tabela i.3 - Critério de Chauvenet	160
Tabela i.4 – Dados para rejeição	161
Tabela i.5 – Distribuição percentual das áreas (após Critério de Chauvenet)	161
Tabela i.6 - Novos valores da média e desvio padrão.....	162
Tabela i.7 – Limites de Confiança	162
Tabela i.8 - Distribuição.....	163
Tabela i.9- Número de quartos.....	164
Tabela i.10- Área do restaurante	164
Tabela i.11- Área de entrada (<i>Lobby</i>)	165
Tabela i.12 – Área de estacionamento	165

1. Introdução



1.1. Apresentação da Empresa

A empresa Rodrigues Gomes & Associados - Consultores de Engenharia, S.A., teve a sua formação a partir da firma "Engenheiro Rodrigues Gomes & Associados - Consultores de Instalações Especiais, Lda.". São seus associados o corpo técnico superior, que na altura exercia funções na referida empresa. Deste modo conseguiu-se uma transição homogénea, dando seguimento a uma relação profissional interna que tinha tido o seu início em Março de 1987, com a formação da empresa fundadora a qual tinha resultado da associação de diversos técnicos que anteriormente já se encontravam ligados em regime de profissão liberal.

1.1.1. Corpo Técnico da Empresa

A empresa é constituída por doze associados, todos eles técnicos em actividade, e é gerida pela sua Administração, constituída por três elementos, também eles técnicos da Rodrigues Gomes & Associados, Consultores de Engenharia, S.A..

No sentido de otimizar os seus recursos, a empresa está organizada em equipas de projecto, responsáveis pela elaboração dos mesmos, que constituem unidades autónomas de tamanho, versatilidade e capacidade adequada à dimensão do empreendimento, cuja estrutura é constituída da seguinte forma:

Director de Projecto, que representará a empresa perante o Cliente sendo o seu interlocutor;

Responsável de cada especialidade, que será responsável pela execução efectiva do projecto da(s) especialidade(s) respectivas.

Neste sentido as equipas destinadas a cada projecto serão escolhidas dentro da empresa de modo a satisfazerem com níveis adequados de qualidade, precisão, *know-how* e disponibilidade aos pressupostos estabelecidos com o Cliente.

Até à presente data, os quadros técnicos da empresa são constituídos pelos seguintes elementos, 10 Engenheiros Electrotécnicos, 10 Engenheiros Mecânicos, 23 Desenhadores CAD e por 9 Pessoal administrativo e auxiliar.

1.1.2. Finalidade da Empresa

Rodrigues Gomes & Associados - Consultores de Engenharia, S.A., tem por finalidade a elaboração de projectos de instalações especiais nas seguintes áreas:

- instalações eléctricas;
- instalações de telecomunicações e distribuição de sinal de TV;
- instalações de segurança;
- instalações de ar condicionado, aquecimento e ventilação;
- instalações de produção de energia eléctrica;
- instalações de gestão técnica;
- instalações de rede de dados;
- instalações de elevadores, escadas e tapetes rolantes;
- instalações de gás;
- instalações de ar comprimido;
- instalações de gases especiais;
- auditorias energéticas;
- verificação da regulamentação sobre edifícios nos diversos aspectos interdisciplinares atrás referidos;

Desde a sua fundação a empresa tem tido como objectivos fundamentais os seguintes:

- prestação de serviços de alta qualidade técnico/científica;
- prestação de serviços respeitando os cronogramas estabelecidos com os diferentes promotores em termos de tempo e investimento.

O investimento contínuo nestas áreas, tem permitido a contribuição de uma equipa altamente motivada e dotada dos meios técnicos capazes de desenvolverem nos tempos adequados um trabalho com elevada capacidade técnico/profissional.

1.1.3. Informações Gerais sobre a Empresa

Designação Social: Rodrigues Gomes & Associados - Consultores de Engenharia, S.A.

Data da constituição: Março de 2000

Endereço da Sede: Rua Brito Capelo, 1023. 4450-077 Matosinhos

Contactos: 226 171 897 - 226 101 267, rga.geral@rga.pt

Administração:

António Fernando Moreira Ferreira

Joaquim Jorge Sampaio Viseu

José da Silva Teixeira



1.2. Contextualização da eficiência energética no sector dos Edifícios

Os Hotéis, são edifícios que apresentam elevados consumos energéticos e de água, o que se reflecte decisivamente nos custos de exploração. É no sector terciário que se encontra o grande potencial para a melhoria da eficiência energética

Torna-se assim, essencial o desenvolvimento de uma estratégia sustentável que deve ter em conta o impacto ambiental, social e económico de todas e cada uma das partes que compõem o edifício. Neste sentido, a optimização energética e de recursos assume um papel de relevo na condução e exploração dos edifícios, em particular dos Hotéis, devendo estas preocupações estarem presentes e reflectirem-se desde a fase de concepção, isto é, nas primeiras etapas de desenvolvimento do respectivo projecto. A optimização energética passa por seleccionar as soluções, que promovam a redução dos consumos de energia, desperdícios e numa redução das emissões de gases com efeito de estufa (CO₂).

Importa realçar que a optimização energética de um edifício não passa, só e obrigatoriamente, por grandes medidas com elevados impactos energéticos e de custos de exploração. É, muitas vezes, o resultado da adopção de pequenas acções que representam pequenos impactos, mas cujo somatório se revela importante para o objectivo a alcançar – a redução dos consumos energéticos e dos custos de exploração associados.

1.3. Objectivos do trabalho

Na presente dissertação, será analisado um edifício destinado a um Hotel, cujo principal objectivo, será a análise da contribuição das diferentes soluções, passivas e activas, para a redução dos consumos energéticos deste edifício e tentar generalizar as conclusões para outros edifícios.

Do ponto de vista da conservação da energia, propôs-se intervir em três vertentes distintas, arquitectura, iluminação e climatização.

A nível de envolvente opaca pretende-se adequar esta ao clima local, de modo a conceber uma envolvente selectiva em relação aos ganhos térmicos provenientes do exterior. É um dos objectivos escolher o isolamento térmico adequado (espessura) para a envolvente opaca, minimizando-se desta forma a influência do clima exterior no seu interior.

Outro ponto relativo a envolvente, mas neste caso à envolvente transparente, tem que ver com a adequada selecção dos envidraçados quanto ao seu factor solar e respectivas caixilharias, evitando ganhos excessivos com o conseqüente risco de sobreaquecimento dos espaços.

No edifício a ser tratado tem-se como meta, potenciar a iluminação natural, mediante o correcto dimensionamento dos vãos envidraçados (factor solar mais caixilharia), permitindo uma eficaz contribuição solar para diminuir as necessidades energéticas em aquecimento ambiente e em iluminação artificial.

No domínio da avaliação das diferentes hipóteses de soluções para os sistemas energéticos associados ao AVAC, propõem-se os seguintes pontos:

- Seleccionar sistemas de tratamento ambiente mais eficientes e com recuperação de energia térmica no ar de extracção;
- Recurso a *chillers* ar-ar e ar-água;
- Recurso a *chillers* com recuperação de calor para AQS;
- Recurso a caldeiras de condensação e de queima de biomassa;
- utilização de energia solar térmica para produção de água quente sanitária (AQS);
- utilização de energia solar fotovoltaica para produção de electricidade;
- produção combinada de electricidade, calor e frio – co-geração/tri-geração.

Tendo em conta os objectivos descritos, a realização deste trabalho pretende explorar o contributo das diferentes soluções, onde será avaliada a influência destas a nível da classificação energética, bem como, avaliada a viabilidade económica das mesmas.

1.4. Panorama Energético Nacional

Enquadrando-se os consumos energéticos dos edifícios Hoteleiros no panorama nacional, serão enunciados os consumos globais, de onde para a presente dissertação importa destacar a influência que os edifícios de Hotelaria apresentam para tal estado.

O panorama energético português não é muito favorável, pois Portugal é um país com escassos recursos energéticos (petróleo, gás natural, entre outros), sendo estes os que asseguram a generalidade das necessidades energéticas.

Portugal, devido a tal escassez de recursos, apresenta uma elevada dependência energética do exterior, onde no ano de 2008, cerca de 83% da energia primária consumida foi importada [2].

Com este panorama totalmente desfavorável, importa então apostar na contribuição das energias renováveis, como por exemplo a energia solar, a eólica, entre outras.

O consumo de Energia Primária em Portugal, divide-se em 4 grupos, ou seja, pelo consumo de Petróleo, Gás Natural, Carvão e Fontes Renováveis.

A figura 1.1 ilustra a evolução do consumo de energia primária em Portugal, entre o período de 1996 a 2007.

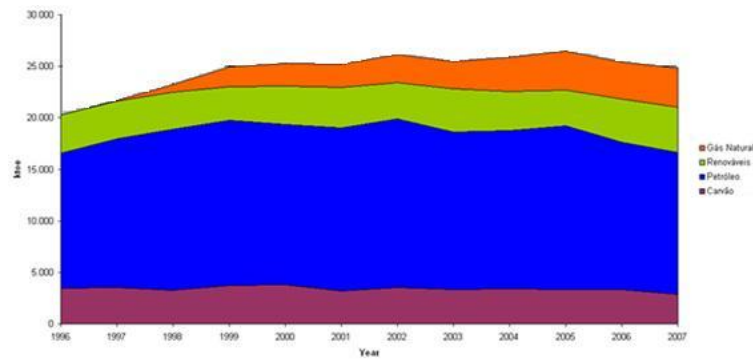


Figura 1.1 - Evolução do Consumo de energia primária em Portugal [Fonte: DGEG]

Segundo os dados da direcção geral de energia [2], devido à dependência de Portugal de combustíveis fósseis, o petróleo apresenta um papel essencial na estrutura de abastecimento, representando mais de 50% do consumo total de energia primária em 2007.

Quando surgiu o gás natural, este contribuiu para a diversificação da oferta de energia, tendo como objectivo reduzir a dependência exterior em relação ao petróleo. Este combustível, em 2007, representava 15% do total do consumo em energia primária.

O gás natural tem aumentado a sua contribuição a nível de consumo de energia primária, enquanto que o consumo de carvão representou em 2007, cerca de 11.3% do total do consumo de energia primária. Prevê-se que haja uma redução progressiva do peso deste na produção de electricidade, devido ao seu impacto nas emissões de CO₂.

Em 2007, as energias renováveis apresentavam um contributo de 17.1% no consumo total de energia primária, em 2010 espera-se que este contributo seja de 45%.

Do consumo de energia primária, há que se conhecer a distribuição final por sectores, tal como ilustrada na figura 1.2.

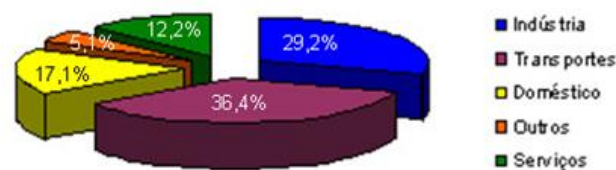


Figura 1.2 - Consumo de energia final por sector (2007) [Fonte: DGEG]

Em Portugal no ano de 2007, a distribuição do consumo eléctrico por sector de actividade apresentava a distribuição ilustrada na figura 1.3, de onde para o caso de estudo em causa, importa salientar o consumo por parte do Sector Hoteleiro.

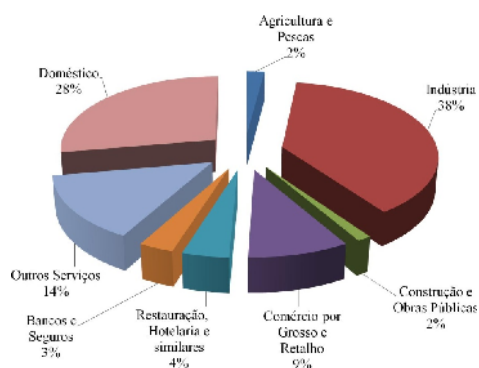


Figura 1.3 - Consumo eléctrico de Portugal Continental em 2007 por sector de actividade [Fonte: DGEG]

O contributo das energias renováveis em 2007 (17.1% no consumo total de energia primária), era obtido através de diversas Fontes Renováveis de Energia para a produção de energia eléctrica, do qual a energia hídrica/hidráulica (ver figura 1.4) apresentava o maior contributo face às restantes.

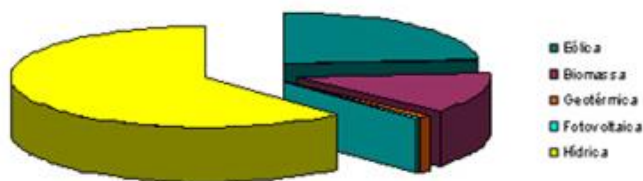


Figura 1.4 - Energia eléctrica produzida a partir de Fontes Renováveis de Energia (2007) [Fonte: DGEG]

O objectivo definido em Portugal para o ano de 2010, relativamente ao contributo das fontes renováveis energia para a produção de energia eléctrica, é de que estas representem 45% do consumo.

Para que tal possa ser possível, importa realçar o contributo que a energia eólica tem vindo a dar para a produção de energia eléctrica (ver figura 1.5), esperando-se que este contributo ultrapasse o da energia hídrica.

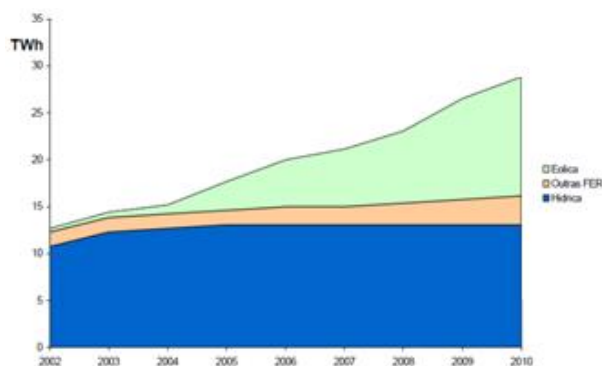


Figura 1.5 - Evolução da produção de energia eléctrica a partir de FRE [Fonte: DGEG]

É reconhecido que Portugal tem uma enorme capacidade de utilizar os abundantes recursos naturais de que dispõe, como o sol, o vento, a água, a biomassa, entre outros. É então importante apostar nestas fontes renováveis de energia para ser possível reduzir a dependência externa [1].

1.5. Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

A presente dissertação, para além do capítulo de Introdução, está dividida em mais seis capítulos, ou seja, Conceitos relevantes, Caracterização do Edifício – Solução Base, Análise de sensibilidade energética e económica, Características dimensionais dos empreendimentos Hoteleiros, Conclusões e perspectivas de trabalho futuro e Referência Bibliográficas. Na parte final encontram-se os Anexos, que servem de fundamento a questões referenciadas ao longo da dissertação.

No capítulo 2 - Conceitos Relevantes: Neste capítulo pretende-se familiarizar os leitores sobre alguns dos temas abordados ao longo desta dissertação, tais como, fontes renováveis de energia, sistemas de co-geração/tri-geração e equipamentos e sistemas de AVAC.

No capítulo 3 - Caracterização do Edifício – Solução Base: Descreve-se o edifício em estudo, bem como se efectua o devido enquadramento deste face a legislação vigente para o mesmo (Decreto-Lei 79/2006 e Despacho n.º 10250/2008). Neste mesmo capítulo são demonstrados os passos efectuados para a realização da simulação base, bem como apresentados os resultados obtidos.

No capítulo 4 - Análise de Sensibilidade energética e económica: São analisadas algumas soluções passivas e activas, assim como a contribuição de algumas fontes renováveis de energia. É também efectuada uma análise da optimização das diversas soluções para o melhoramento do índice de eficiência energética.

Neste capítulo, tem especial destaque a análise da viabilidade de implementação de um sistema de co-geração/tri-geração, para suprimir as necessidades térmicas em causa, onde se aborda o contributo dos motores de combustão de gás natural, das microturbinas e das pilhas de combustível.

No capítulo 5 - Características dimensionais dos empreendimentos turísticos: Efectua-se uma análise das plantas de um determinado número de hotéis, com o intuito de se criar uma metodologia simples para avaliação prévia dos consumos energéticos inerentes ao edifício a analisar-se.

No capítulo 6 - Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro: Comenta-se o trabalho desenvolvido e apresentam-se algumas sugestões para trabalho futuro.

No capítulo 7 – Referências Bibliográficas: Apresenta-se uma relação da bibliografia citada e da bibliografia consultada durante a realização deste trabalho.

2. Conceitos Relevantes

“No presente, os Países Europeus tem concertado respostas conjuntas, com a produção de medidas e planos estratégicos, acompanhados por Directivas Europeias.

A União Europeia tem em curso um programa denominado “20-20-20”, com o qual pretendem ter um impacto grande ao nível da melhoria da Eficiência Energética dos Edifícios (20%), do desenvolvimento das Energias Renováveis (20%) e da diminuição dos gases de efeito de estufa (20%), e tudo isto até 2020.

(...)

Num futuro próximo, os edifícios a construir irão ser de “balanço energético quase nulo” (Net Zero Energy Buildings IEA).

A Comunidade Europeia, sugeriu que na revisão da Directiva do Desempenho Energético dos Edifícios (Recast of EPBD), os novos edifícios a construir em 2018, deveriam ser “both carbon dioxide emissions and primary energy consumption are low or equal to zero”...”

In ENERGIA 2020 Eficiência Energética (Edifícios e áreas urbanas)

No sentido de melhorar o desempenho energético dos edifícios, a Comissão Europeia elaborou a Directiva 2002/91/CE de 16 de Dezembro de 2002, referente ao desempenho energético dos edifícios, cuja implementação desta directiva em Portugal foi efectuada através da publicação de novos regulamentos, tais como o D.L. n.º 79/2006 (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios - RSECE), o D.L. n.º 80/2006 (Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios -RCCTE) e o D.L. n.º 78/2006 (Sistema Nacional de Certificação de Edifícios e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios).

Com a implementação destes regulamentos, assistiu-se a um conjunto de medidas exigidas para os novos edifícios, onde a implementação das energias renováveis ganha especial foco. Entre as medidas deve-se salientar a obrigatoriedade da utilização de colectores solares para aquecimento de águas quentes.

Ao abrigo do Decreto-Lei n.º 363/2007 de 2 de Novembro, estabelece-se o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de micro-produção.

A micro-produção de electricidade, como actividade de produção de electricidade em baixa tensão com possibilidade de entrega de energia à rede eléctrica pública, foi regulada pelo Decreto - Lei n.º 68/2002, de 25 de Março. O presente decreto -lei (n.º 363/2007) prevê que a electricidade produzida se destine predominantemente a consumo próprio, sendo o excedente passível de ser entregue a terceiros ou à rede pública, com o limite de 150 kW de potência no caso de a entrega ser efectuada à rede pública.

Relativamente à produção de electricidade em grande escala, com recurso a sistemas fotovoltaicos, a remuneração da energia produzida entregue à rede SEP encontra-se regulada pelo decreto-lei nº 225/2007 de 31 de Maio.

Desta forma, o recurso a painéis fotovoltaicos está a tornar-se uma prática frequente cada vez mais visível no nosso país.

Assiste-se, a par das medidas de eficiência energética, uma cada vez maior integração de energias renováveis nos edifícios, para que seja possível atingir-se em 2020 as metas estipuladas.

2.1. Fontes Renováveis de Energia

Constituindo uma alteração paradigmática, o incremento das energias renováveis contém alguns desafios.

A irregularidade das fontes de energia é um destes desafios, pois nem o vento, nem a chuva nem o sol estão disponíveis permanentemente.

Outro desafio para o aproveitamento das diferentes energias renováveis, é a diversidade geográfica destes recursos, isto é, a dispersão geográfica dos recursos naturais leva a que o aproveitamento das fontes renováveis não seja igual de região para região.

De uma forma sucinta, nos seguintes subcapítulos será apresentada uma breve descrição de algumas tecnologias para o aproveitamento das diferentes fontes renováveis de energia.

2.1.1. Solar Térmico

O novo paradigma energético, que descentraliza a produção e transformação da energia, transforma todos os utilizadores de energia em potenciais produtores (ou transformadores) de energia.

Em 2003 foi lançado o programa “Água Quente Solar para Portugal”, cujo principal objectivo era o da criação de um mercado sustentável de colectores solares para o aquecimento de águas sanitárias. A criação deste programa tinha como meta a instalação de 150.000 m² de colectores ao ano, sendo expectável que em 2010 haja cerca de 1 milhão de m² de colectores instalados e operacionais.

Um dos principais passos, neste sentido, é a obrigatoriedade do recurso a painéis solares térmicos para produção de águas quentes sanitárias, imposta pelo Decreto-Lei 79/2006, de acordo com as condições estipuladas no artigo 32º do capítulo IX.

A importância de se apostar na energia solar, deve-se ao facto de Portugal ser um dos países Europeus com melhores recursos solares, como se pode constatar na figura 2.1.

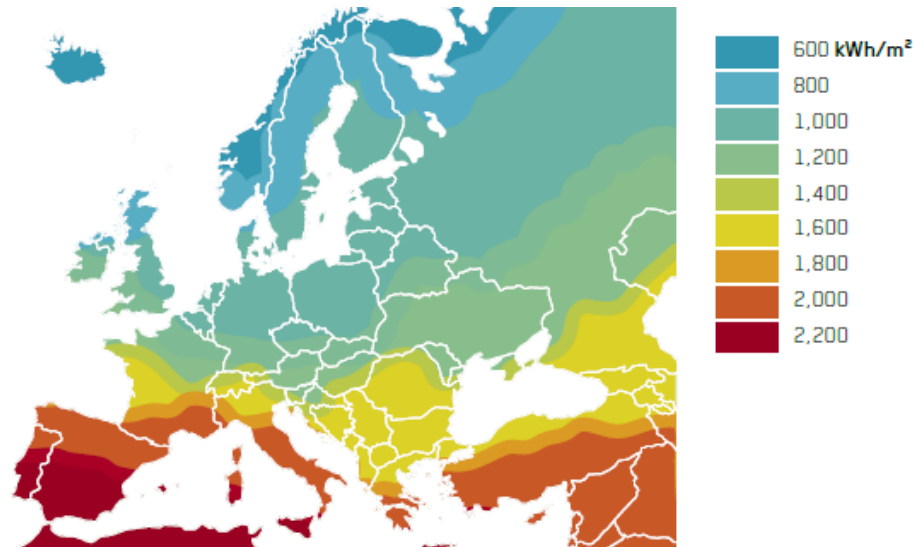


Figura 2.1- Número anual de horas solares, expresso em kWh/m² [Fonte: Thomas Huld and Marcel Suri PVGIS - European Communities, 2001-2007]

Sendo Portugal um dos países da Europa com maior abundância de recurso de energia solar, importa então apostar-se no progresso desta tecnologia. Como se pode observar na figura 2.2, Portugal tem uma insolação que varia entre 2200 a 3000 horas de sol por ano (entre 25.1 e 34.2% do ano), em termos energéticos a irradiação diária média varia entre 14 a 17 MJ/m² (1400 – 1800kWh/m²/ano, ou explicito de outra forma 3.85 – 5kWh/m²/dia - Irradiação no plano horizontal).

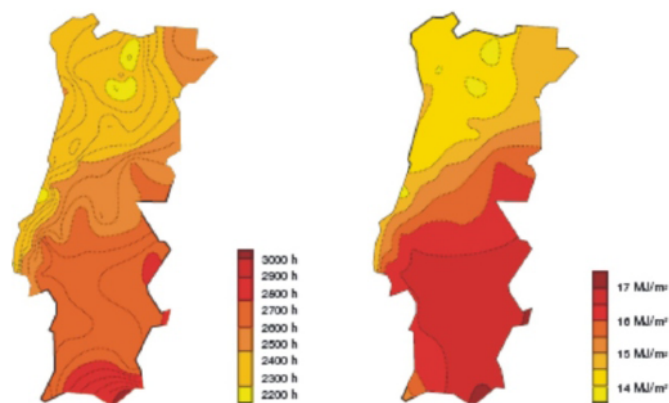


Figura 2.2 - Recurso Solar de Portugal

Na figura 2.3 está ilustrada, com mais detalhe, o valor médio diário (anual) da irradiação solar global na região algarvia, visto ser nesta região que se encontra o empreendimento turístico a ser tratado no caso prático.

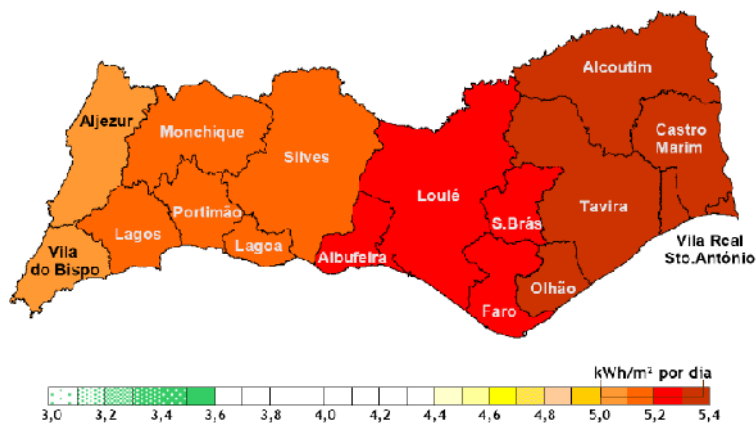


Figura 2.3 - Recurso solar para os concelhos do Algarve (irradiação média anual solar global na inclinação que maximiza a energia - latitude +5° orientados a Sul)

De forma a usufruir-se deste recurso, é necessário saber que a radiação solar tem diversas componentes, entre as quais, a radiação solar directa proveniente do sol, que atinge a terra sem qualquer mudança de direcção, e a radiação difusa, que chega até nós através da difusão de moléculas de ar e partículas de pó. A componente difusa inclui também a radiação reflectida pela superfície terrestre. A soma de ambas as radiações equivale à radiação solar global (figura 2.4).

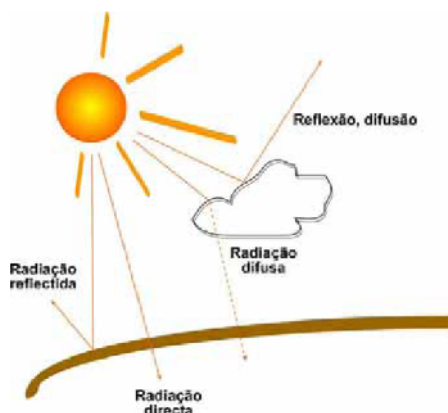


Figura 2.4 - Radiação Solar Global e as suas Componentes

Importante de se referir que a radiação solar fora da atmosfera é de $1353 \text{ W/m}^2 \pm 1.5\%$ (constante solar – perpendicular aos raios solares), no entanto, ao atravessar a atmosfera parte da radiação é reflectida de volta para o espaço, sendo que se considera que num dia com céu limpo ao meio-dia, em média, a radiação solar é de cerca de 1000 W/m^2 (figura 2.5). Este

valor é fortemente afectado pela posição do sol em relação ao local, ou seja, irá variar significativamente em função da altura do ano (estações).

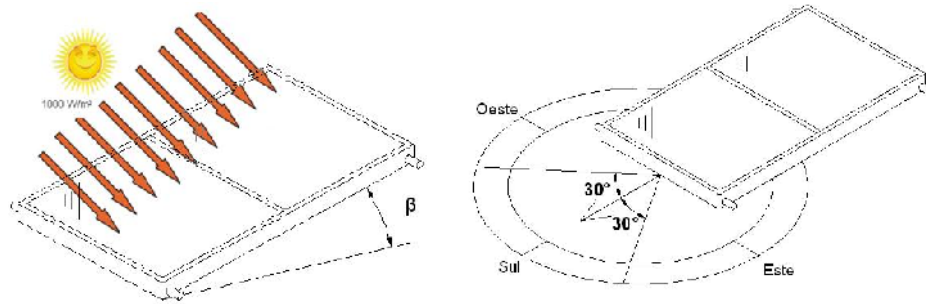


Figura 2.5 – Inclinação e Orientação dos Colectores Solares Térmicos

De notar que a orientação dos colectores deve ser efectuada de maneira a satisfazer as necessidades de cada caso, ou seja, é necessário primeiro identificar-se o tipo de perfil de consumo subjacente a cada edifício. A ferramenta que actualmente se utiliza para o cálculo da contribuição de sistemas solares de preparação de AQS é o SOLTERM, do qual o recurso a este *software* é indicado no RCCTE (ponto 4 do Anexo VI). Mediante os perfis de necessidades, este mesmo permite otimizar a inclinação e a orientação destes.

Os sistemas solares térmicos dividem-se em dois tipos distintos, ou seja, os sistemas solares por termosifão e por circulação forçada (figura 2.6).

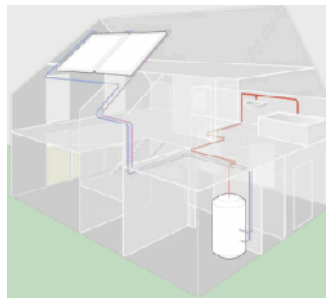


Figura 2.6 - Representação esquemática de um sistema solar de circulação forçada

Para o processo de captação de energia solar ser possível, é necessário referir os diferentes tipos de colectores solares existentes.

Actualmente existem no mercado diversos tipos de painéis solares, entre os quais se destacam os de placa plana, os de tubo de vácuo, e os painéis concentradores (tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Tipos de Colectores Solares Térmicos

Colector		T _{máx} [°C]
Placa Plana	Sem vidro	40
	Vidro Simples, não selectivo	60-120
	Vidro Simples, selectivo	
	Vidro Duplo, selectivo	
	Tubos de Vácuo, selectivo	50-180
Parabólicos Concentradores	Fixo	100 (140 vácuo)
	2 inclinações/ano	120 (180 vácuo)
	Ajuste mensal/diário	100-150 (150-250 vácuo)
	Lente Fresnel	100-200
	Parabólico com lente de Fresnel	200-300
	Esférico	300-500
	Esférico com lente de Fresnel	300-1000
	Central Torre	500-2000

Na análise de sensibilidade será efectuada ao caso em estudo serão apresentadas as especificações do colector utilizado.

Importa referir algumas vantagens do recurso a este tipo de tecnologia, ou seja, o contributo do solar térmico tanto na sua forma mais simples (obtenção de água quente), como em outras aplicações do género, significam uma importante poupança energética e económica. Outro ponto importante é a grande disponibilidade de tecnologia no mercado, o que torna a energia solar térmica, uma das mais atractivas formas de energia renovável.

Como em todas as tecnologias, esta também apresenta as suas desvantagens, pois existe uma variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climatérica, além de que durante a noite não existe qualquer produção [1] [3] [4].

2.1.2. Solar Fotovoltaico

A função dos módulos fotovoltaicos é a de captar energia solar, ou seja captarem a radiação solar com um comprimento de onda compreendido entre 0.25 e 2.5 μm (fotões – partículas de energia), emitida através da luz solar, e convertê-la em energia eléctrica.

Os fotovoltaicos são fortemente representados no mercado através da tecnologia dos Monocristalinos, Policristalinos ou *Thin-film*. Todos estes são compostos por materiais

semicondutores, dos quais noventa por cento compostos por silício. O que marca a diferença entre os três tipos de células solares, não se limita somente a uma questão visual, mas principalmente às diferentes taxas de eficiência, manufacturas e custos associados.

Os principais componentes de um sistema fotovoltaico são os seguintes:

- *Célula fotovoltaica*: Responsável pela conversão directa da radiação solar em electricidade. Existem actualmente algumas tecnologias no mercado com diferentes eficiências de conversão, como se pode constatar nas tabelas 2.2 e 2.3:

Tabela 2.2 - Tipos de Células e películas fotovoltaicas

Células Convencionais	Silício monocristalino (c-Si)	
	Silício multicristalino (m-Si)	
Películas Finas	Arsenieto de gálio (GaAs)	
	Compostos policristalinos	di-Selenieto de Cobre e Índio (CIS) Telurieto de Cádmio (CdTe)
	Silício amorfo (a-Si)	

Tabela 2.3 - Eficiência das células fotovoltaicas [Fonte: The German Solar Energy]

Solar Cells Material	Cell efficiency (Laboratory)	Cell efficiency (Production)	Module efficiency (series de production)
Monocrystalline silicon	24.7	18	14
Polycrystalline silicon	19.8	16	13
Ribbon silicon	19.7	14	13
Crystalline silicon (thin-film)	19.2	9.5	7.9
Amorphous Silicon	13	10.5	7.5
Micromorphous silicon	12	10.7	9.1
Hybrid HIT solar cell	20.1	17.3	15.2
CIS, CIGS	18.8	14	10
Cadmium telluride	16.4	10	9
III-V semiconductor	35.8	27.4	27
Dye-sensitized cell	12	7	5

Para se formar os sistemas fotovoltaicos, as células são agrupadas em módulos e interligadas entre si em série ou paralelo.

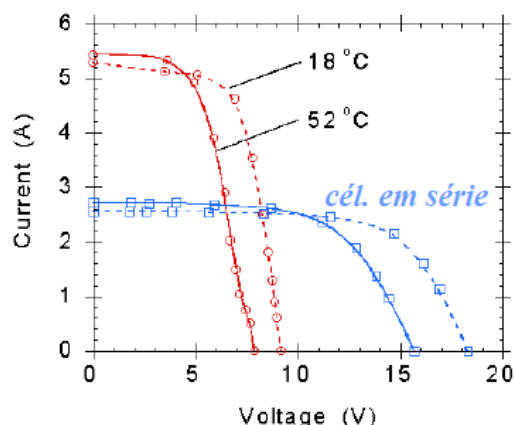


Figura 2.7- Ligação de células em série e em paralelo

De notar que a associação de células em paralelo favorece a corrente, enquanto que a associação em série prevalece a tensão (figura 2.7).

- *Estabilizador ou regulador de carga:* Monitoriza e regula, a todo o momento, a tensão das baterias durante a carga;
- *Acumuladores ou banco de baterias:* As baterias têm como função acumular a energia produzida durante os períodos em que há conversão, para ser utilizada quando não há condições para a conversão, como por exemplo durante a noite e períodos de mau tempo (ausência de radiação solar directa);
- *Inversor:* Transforma a energia em corrente contínua, convertida pelo sistema fotovoltaico em corrente alternada;

Os principais sistemas fotovoltaicos são os seguintes (figura 2.8):

- *Sistemas Isolados:* Consiste em consumir no local toda a electricidade convertida através do fotovoltaico;
- *Sistemas Híbridos:* Consiste na combinação de sistemas fotovoltaicos com outras fontes de energia que asseguram a carga das baterias na ausência de radiação solar;
- *Sistemas com ligação a rede:* A electricidade obtida é injectada na rede eléctrica, a qual abastecerá os mais diversos consumidores.

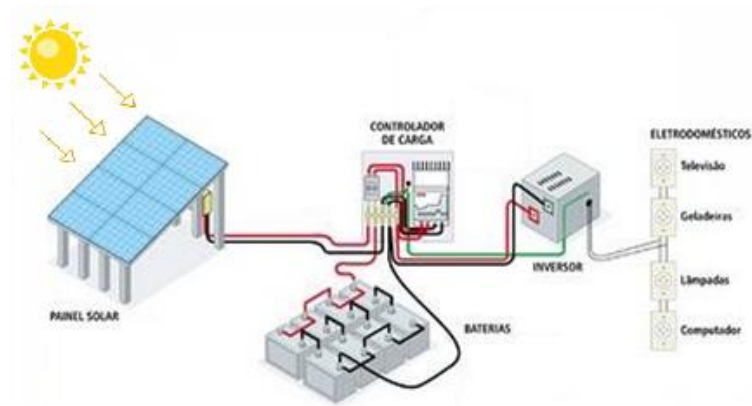


Figura 2.8 - Cadeia de conversão da radiação solar em energia eléctrica

Com já foi referido anteriormente (nos sistemas solares térmicos), Portugal continental, entre os países da Europa, apresenta um dos mais elevados recursos solares (figura 2.9).

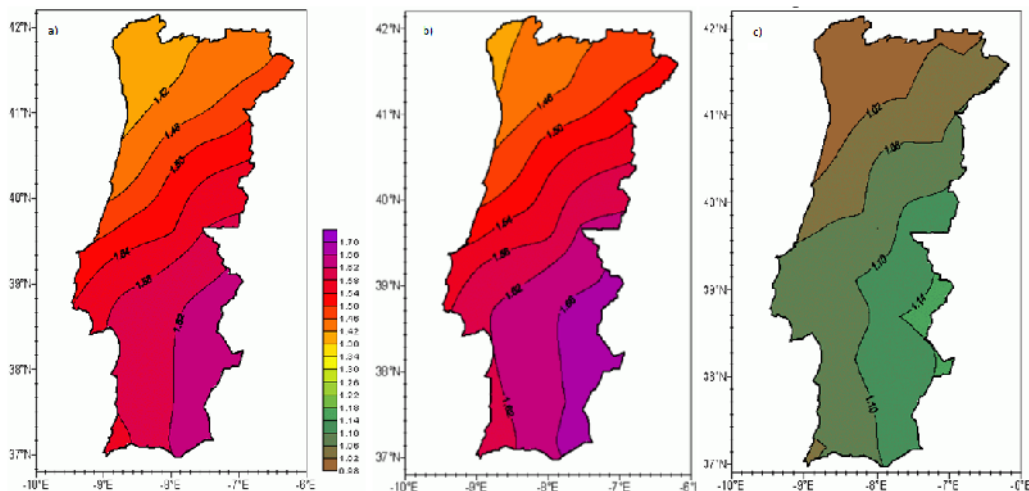


Figura 2.9 - Índice de kWh/Wp, sistemas fotovoltaicos virados a sul ligados à rede: a) com inclinação de 20° sul; b) com inclinação igual a latitude; c) em fachadas

Em Portugal, a evolução da implementação destes sistemas não tem sido muito relevante, uma vez que estes sistemas representam avultados investimentos iniciais. Assim sendo, com a possível venda (incentivos) de parte ou totalidade da electricidade produzida à rede eléctrica nacional, espera-se um aumento da instalação destes sistemas.

Na análise de sensibilidade que será efectuada ao caso em estudo apresentar-se-á as especificações dos colectores utilizados (Silício Amorfo, Silício Poli-cristalino e os de integração nas fachadas - BiPV).

Visto que este tipo de edifícios (Hotéis) são grandes consumidores de electricidade, prevê-se a disseminação dos painéis fotovoltaicos integrados em fachadas de edifícios (BiPV), pois refere-se a sistemas e conceitos nos quais a tecnologia fotovoltaica, para além da função de produzir electricidade, assume o papel de elemento construtivo [1] [3] [5].

2.1.3. Biomassa

A Biomassa é a massa total de organismos vivos numa dada área. Esta massa representa uma importante reserva de energia, pois é constituída essencialmente por hidratos de carbono.

Dentro da biomassa, podemos distinguir algumas fontes de energia com potencial energético considerável, tais como a madeira (e seus resíduos), os resíduos agrícolas, os resíduos municipais sólidos, os resíduos dos animais, os resíduos da produção alimentar, as plantas aquáticas e as algas (figura 2.10).

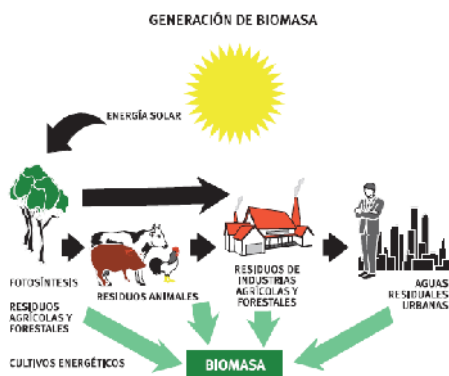


Figura 2.10 – Diversas fontes de geração de biomassa

Em termos de energia realmente produzida, a madeira (proveniente das plantas terrestres), é a mais abundante, como se pode verificar na figura 2.11.



Figura 2.11 - Contributo das diferentes fontes para a produção de biomassa

O meio mais avançado de utilização de biomassa são os *pellets*, estes são a forma mais evoluída e refinada de biomassa, sendo um combustível orgânico com formato cilíndrico produzido através de biomassa densificada proveniente de serrim, resíduos de madeira ou de outras matérias naturais.

Em termos de utilidade, estas matérias, podem ser utilizadas quer de forma directa, quer indirectamente, para obtenção de energia.

Se forem utilizadas directamente, então o principal processo utilizado é a queima directa. Este gera calor que pode ser utilizado tanto para aquecimento doméstico, como para processos industriais. Desta combustão resulta, principalmente, dióxido de carbono e vapor de água.

Se forem utilizadas indirectamente, então são vários os processos e tipos de utilização:

- Produção de electricidade (Gaseificação e Pirólise);
- Bio-combustíveis (Etanol, Metanol, Biodiesel, Biogás [gás metano - CH₄]).

Como todas as formas de produção de energia, existem prós e contras na produção das mesmas, em que na biomassa as vantagens são de que se trata de uma fonte de energia renovável e limpa, que pode melhorar a qualidade do ambiente. Pode contribuir também positivamente para a economia, na medida em que há menos desperdício de matéria. É uma energia segura e com grande potencial.

A valorização da biomassa para produção de energia é uma forma de evitar as emissões de CO₂ para a atmosfera, uma vez que a quantidade de CO₂ emitida na combustão da biomassa é idêntica à captada pela planta aquando do seu crescimento (figura 2.12).

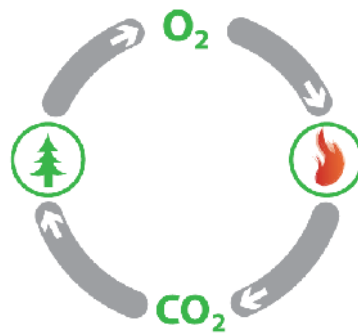


Figura 2.12 – Ciclo neutro da madeira

Por outro lado apresenta como principais desvantagens, o facto de se pretender aumentar consideravelmente o uso da biomassa, seria necessário criar culturas agrícolas apenas com fins energéticos.

Por enquanto o uso da biomassa, em termos de preço/competitividade é ainda no presente menos rentável do que outras fontes de energia mais poluidoras, tais como os combustíveis fósseis.

Na Europa, actualmente cerca de 2% do consumo total de energia eléctrica provém da biomassa. De acordo com algumas estimativas, até ao ano 2020, a produção de energia eléctrica através de biomassa assegurará 15% do total consumido.

Contrariamente às centrais eólicas e solares, as centrais de biomassa proporcionam uma capacidade firme e previsível para satisfazer os consumos, o que reforça o seu valor estratégico numa expansão equilibrada da produção renovável da electricidade [1] [6].

2.2. Co-geração

A co-geração é uma técnica de produção combinada de energia eléctrica e térmica, num único processo, recorrendo-se apenas a uma fonte de energia.

Num sistema deste tipo pode-se obter uma eficiência global entre 70 a 90%.

Os sistemas de co-geração, normalmente estão ligados em paralelo com a rede pública eléctrica, de forma a assegurar todas as necessidades energéticas (o excesso pode ser vendido à rede).

As tecnologias mais importantes utilizadas na co-geração são:

- *Turbina a Gás*: Basicamente uma Turbina a Gás consiste num tipo de motor térmico, onde é produzido trabalho a partir de um fluxo contínuo de gases quentes, provenientes da combustão contínua de um combustível;
- *Turbina a Vapor*: Uma turbina a vapor é uma turbo máquina que transforma a energia de um fluxo de vapor de água de alta pressão em energia mecânica.

O vapor é gerado numa caldeira que sai em condições de elevada temperatura e pressão. Na turbina é transformada a energia interna do vapor em energia mecânica, que normalmente é aproveitada por um gerador para produzir energia;

- *Ciclo Combinado*: É a agregação de dois sistemas isolados num único sistema, aumentando assim o rendimento e a eficácia global da co-geração.

A co-geração em ciclo combinado é constituída de uma forma geral, por um sistema com turbinas a gás e por um sistema com turbinas a vapor;

- *Motor Alternativo de Combustão Interna*: É um sistema de co-geração, existem dois tipos de configuração, o ciclo Otto e o ciclo Diesel;
- *Microturbinas*: É um sistema de dimensões relativamente reduzido composto por compressor, câmara de combustão, turbina e gerador eléctrico;
- *Pilhas/células de Combustível*: São equipamentos estáticos que convertem a energia química contida no combustível directamente em energia eléctrica, onde uma célula de combustível pode converter mais do que 90% da energia contida num combustível em energia eléctrica e calor.

Esta é uma tecnologia ainda em fase de desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Estas células geram energia em corrente contínua através de um processo electroquímico, sem combustão, nem transformação intermédia em energia mecânica, sendo que estas podem, em teoria, operar indefinidamente desde que lhes seja fornecida continuamente uma fonte de combustível (por exemplo hidrogénio).

Todas as células de combustível são constituídas por dois eléctrodos, um positivo e outro negativo, designados por, cátodo e ânodo, respectivamente. Igualmente, todas as células têm um electrólito, que tem a função de transportar os iões produzidos no ânodo, ou no cátodo, para o eléctrodo contrário, e um catalisador, que acelera as reacções electroquímicas nos eléctrodos (figura 2.13).

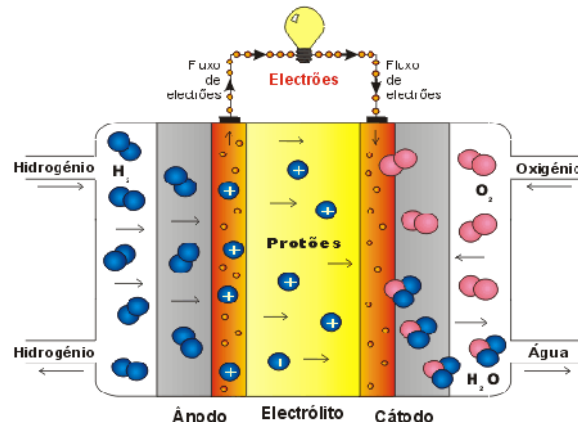


Figura 2.13 - Representação de uma célula de combustível

O rendimento de uma Pilha de Combustível varia de forma inversa à potência, devido a perdas por efeito de ohm e de polarização. De forma a obter potências mais elevadas, podem associar-se várias células de combustível em série, resultando numa denominada *Pilha de Combustível*.

Para se responder aos diversos desafios técnicos, existem actualmente vários tipos diferentes de células de combustível usadas na co-geração:

- AFC – Pilha de combustível alcalina (*Alkaline Fuel Cell*) 90–260°C;
- PEFC / FEM – Pilha de combustível de eletrólito de membrana polimérica (*Polymer Electrolyte Fuel Cell / Proton Exchange Membrane*) 65–85°C;
- PAFC – Pilha de combustível de ácido fosfórico (*Phosphoric Acid Fuel Cell*) 190–210°C;
- MCFC – Pilha de combustível de carbonato fundido (*Molten Carbonate Fuel Cell*) 650–700°C;
- SOFC – Pilha de combustível de óxido sólido (*Solid Oxide Fuel Cell*) 750–1000°C.

Estes dois últimos tipos são as mais usadas na produção de energia eléctrica, pois são de média dimensão e permitem obter vapor a uma pressão média.

Das diferentes tecnologias utilizadas na co-geração interessa saber quais as vantagens e desvantagens na utilização de cada uma destas tecnologias, bem como as características técnicas dos tipos de sistemas, incluindo parâmetros e custos importantes associados (tabela 2.4 e tabela h.1).

Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens das diferentes tecnologias [1]

Tecnologias	Vantagens	Desvantagens
Turbina a gás	Fiabilidade elevada; Baixas Emissões de poluentes; Calor a temperaturas elevadas (500-600°C); Não necessita de refrigeração.	Operação com gás a alta pressão; Rendimento reduzido a carga parcial; Potência da saída diminui com o aumento da temperatura ambiente; Ineficiência em processos com poucas necessidades térmicas
Motores de explosão e Motores de compressão interna	Rendimento eléctrico elevado; Bom desempenho com carga parcial; Arranque rápido; Energia térmica a dois níveis de temperatura – gases de escape e arrefecimento do motor; Manutenção no local com pessoal não especializado; Operação com gás a baixa pressão.	Custos de manutenção elevados; Calor de baixa temperatura; Emissões de poluentes relativamente elevadas; Necessita de refrigeração; Ruído de baixa frequência.
Turbina a vapor	Rendimento global elevado; Operação com diversos tipos de combustível; Grandes quantidades de calor disponíveis; Vida útil e fiabilidade elevada; Vapor a alta pressão.	Arranque lento; Rendimento eléctrico baixo.
Microturbinas	Dimensões compactas; Peso reduzido; Emissões poluentes baixas; Não necessita de refrigeração.	Custos elevados; Calor de baixa temperatura; Tecnologia em maturação.
Pilhas de combustível	Baixas emissões de poluentes; Ruído baixo; Não tem peças rotativas; Modularidade.	Custos elevados; Fiabilidade incerta; Tecnologias em maturação; Necessidade de pré-processamento do combustível (excepto Hidrogénio puro).

É importante saber identificar os potenciais utilizadores de co-geração, sendo que estes têm de ser instalações com:

- Necessidades simultâneas e contínuas de energia térmica (as principais necessidades de energia térmica são para aquecimento, ar condicionado e aquecimento de águas) e energia eléctrica;
- Disponibilidade de combustíveis de qualidade (por exemplo gás natural);
- Período de funcionamento de pelo menos 4500-5000 horas por ano;
- Espaço suficiente e uma adequada localização para a implementação do novo equipamento.

De entre as características enunciadas anteriormente encontram-se frequentemente o sector da indústria e o sector terciário, onde o principal potencial de co-geração neste segundo sector verifica-se em hospitais, hotéis, piscinas e centros comerciais. [1] [8] [9].

2.2.1. Tri-geração

A tri-geração corresponde à produção simultânea de energia eléctrica e térmica (calor e frio) a partir de um único combustível.

A principal diferença entre um sistema de co-geração e um de tri-geração, é que no segundo há a produção de frio (figura 2.14).

Os principais tipos de *chillers* utilizados num sistema de tri-geração são, os *Chillers* de absorção.

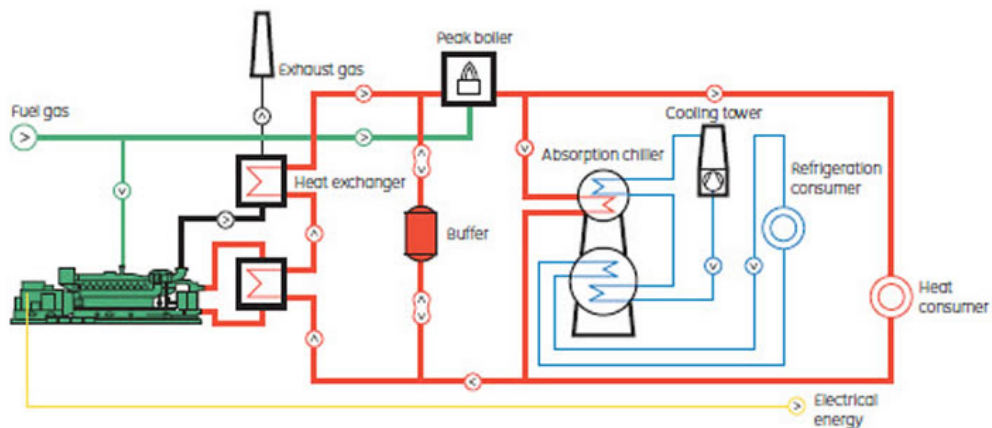


Figura 2.14 - Representação esquemática de um sistema de Tri-geração

Nos meses de Verão, o calor pode ser aproveitado para produção de frio, recorrendo-se a um sistema de tri-geração, necessitando-se de um equipamento dedicado para a conversão de calor em frio - *chiller* de absorção.

Consoante o perfil de sazonalidade das necessidades térmicas em causa, torna-se interessante recorrer a esta tecnologia, pois deste forma há um contínuo aproveitamento do calor, para aquecimento ou arrefecimento [1] [8] [9].

2.3. Equipamentos de AVAC

2.3.1. Chillers

Um *chiller* é uma máquina que tem como função arrefecer água ou outro líquido em diferentes tipos de aplicações, através de um ciclo termodinâmico. Os três principais tipos de *chillers* são:

- *Chillers* de compressão ou eléctrico;
- *Chillers* de absorção (ignição directa e indirecta, de simples e duplo efeito);
- *Chillers* de adsorção.

Os *chillers* de compressão utilizam um compressor mecânico, accionado normalmente por um motor eléctrico, de forma a aumentar a pressão em determinada fase do ciclo termodinâmico do sistema.

Os *chillers* de absorção permitem produzir água arrefecida a partir de uma fonte de calor, utilizando para tal uma solução de um sal (brometo de lítio) num processo termoquímico de absorção.

Nos *chillers* de absorção de ignição directa, o calor necessário ao processo é obtido queimando directamente um combustível, tipicamente gás natural. Nos de ignição indirecta, o calor necessário é fornecido na forma de vapor de baixa pressão, água quente ou de um processo de purga quente.

Neste tipo de *chillers*, quando toda a energia necessária para aquecer o absorvente é fornecida pela fonte de calor, designa-se por “ciclo de efeito simples”. Quando existe mais do que um absorvedor no ciclo, pode-se recuperar calor entre os diferentes absorvedores, aumentando a eficiência do ciclo. Diz-se então que se trata de um “ciclo de efeito duplo” ou “ciclo com recuperação de calor”.

É importante realçar que uma das vantagens dos *chiller* de absorção face aos de compressão, é que o consumo eléctrico de um *chiller* de absorção é tipicamente 10% do consumo dos *chillers* de compressão eléctrico, o que os torna interessantes quando há calor disponível.

Os *chillers* de absorção têm como desvantagem em relação aos *chillers* de compressão, o facto de apresentarem um baixo rendimento energético (Coeficiente de Performance - COP). Os *chillers* de absorção apresentam tipicamente COPs na ordem dos 0.60 simples estágio, e de 1.1 duplo estágio, enquanto nos *chillers* de compressão o valor pode ser superior a 6.0 em alguns casos. Por outro lado, estes representam um investimento inicial muito superior (entre 1.5 e 2.5 vezes mais caro).

Anteriormente referido o tema dos sistemas de Tri-geração, nos quais para ser possível a produção de frio, necessitam de recorrer a uma máquina capaz de produzi-lo por absorção (*chiller* de absorção).

Os *chillers* de absorção incluem um dispositivo de condensação e um outro de evaporação, um absorvedor, um gerador e uma bomba de solução.

Tal como nos *chillers* que funcionam segundo o ciclo de compressão de vapor, têm um evaporador que expande o refrigerante para produzir frio. Contudo, em vez de um compressor

mecânico, estes utilizam uma fonte de calor, quer por queima directa ou indirecta, sendo alimentados por vapor, água quente ou energia térmica de desperdício.

O princípio básico de uma máquina de refrigeração por absorção está ilustrado na figura 2.15.

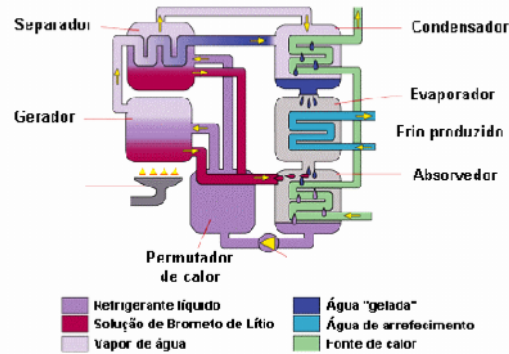


Figura 2.15 - Princípio básico de uma máquina de frio por absorção

Numa perspectiva de análise global a este tipo de equipamentos, na tabela 2.5 apresentam-se as gamas de variação dos principais parâmetros respeitantes a *chillers* de absorção, bem como os principais tipos:

Tabela 2.5 - Principais características dos *Chillers* de Absorção

Índices	NH ₃ - absorção	LiBr - absorção	
		Simples	Duplo
Número de efeitos	Simples	Simples	Duplo
Capacidade de refrigeração [kW]	20 - 2500	300 - 5000	300 - 5000
COP térmico	0.6 - 0.7	0.5 - 0.6	0.9 - 1.1
Gama de temperaturas [°C]	120 - 132	120 - 132	150 - 170
Custo da máquina [€/TR]	1250 a 1750	870 a 920	930 a 980

Convém referir que os *chillers* de triplo efeito não foram considerados, dado que os equipamentos existentes deste tipo são máquinas experimentais, de onde convém salientar que estas máquinas têm COP's acima de 1.6 e funcionam na gama de temperaturas de 170 °C a 200 °C.

Relativamente aos *chillers* de adsorção para aplicação no sector dos Hoteleiros, estes não se apresentam como uma opção economicamente viável pois carecem de um custo elevado.

2.3.2. Caldeiras

Uma caldeira é um equipamento do qual através da queima de um combustível permite a obtenção de água quente. As caldeiras em geral são utilizadas para alimentar máquinas térmicas e muitas outras funções.

As caldeiras podem ser classificadas de várias formas, tais como as descritas na tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Descrição dos diferentes tipos de Caldeiras [10]

		Tipo	Descrição
Caldeiras	Utilização	Co-geração	O fluido gerado é vapor a alta pressão e temperatura, para permitir a obtenção de energia mecânica em turbinas, motores ou máquinas, que por sua vez accionam alternadores para obtenção de energia eléctrica.
		Aquecimento de água	Transferem o calor do combustível para um fluido que por sua vez transporta esse calor aos utilizadores. A água encontra-se normalmente no estado líquido a baixa ou média pressão (temperatura de 110°C). Estas caldeiras utilizam-se para aquecimento de edifícios e AQS em habitações, hotéis, entre outros. Nesta categoria existem dois tipos de sistemas, com ou sem recuperação de calor por condensação.
		Recuperação de calor	As caldeiras de recuperação de calor são utilizadas quando há calor a recuperar de qualquer processo químico, industrial de incineração ou de máquinas térmicas (motores, turbinas a gás).
	Combustível	Gasosos	Gás natural, Gás de alto forno, Biogas, Gás de forno de coque, Gás de refinaria
		Líquidos	Fuelóleo, Óleos usados, Álcool de cana, Gasóleo, Licor negro – celulosos
		Sólidos	Carvão, Pó de cortiça, Biomassa, Lixos, Serrim
	Concepção	Tubos de água ou óleo	A água circula por dentro do tubo e os gases quentes da combustão por fora. As grandes caldeiras industriais de produção de energia e as caldeiras de centrais térmicas são sempre de tubos de água.
		Tubos de fumo	Nas de tubos de fumo, os gases quentes da combustão fluem por dentro dos tubos e a água por fora. As caldeiras de tubos de fumo são utilizadas para aquecimento a baixas pressões e pequenas capacidades.

Os componentes principais de uma caldeira são tipicamente os seguintes:

- Fornalha (Câmara de combustão);
- Permutador calor (Paredes de água, painéis de tubos alhetados, feixes tubulares);
- Economizador (pré aquecimento de água);
- Aquecedor de ar (pré aquecimento de ar);

- Registo de ar (reguladores do caudal de ar);
- Queimador e atomizador;
- Equipamentos de controlo e segurança (Termóstato; Válvula reguladora de pressão de água; Válvula de controlo de temperatura e pressão; Tanque de expansão; Purgadores; Válvulas de segurança);
- Auxiliares (Queimador de arranque, detectores de chama, bomba de água, filtros de ar e água, filtros de fumo, entre outros).

2.4. Sistemas AVAC

Os sistemas de climatização, devem manter a temperatura desejada e humidade relativa aceitável ao longo de todo o ano. Estes também devem assegurar a pureza do ambiente e ao mesmo tempo manter a velocidade do ar, nas zonas ocupadas, dentro dos limites requeridos, de forma a proporcionar boas condições de conforto.

O facto de não se conseguir manter as temperaturas dos diferentes ambientes dentro dos limites definidos no projecto, é um problema complexo, principalmente nos edifícios que implicam aquecimento e arrefecimento em simultâneo em determinadas zonas. Tal é um problema, pois em certos edifícios as cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento evoluem no tempo de forma distinta em cada uma das zonas devido à influência da temperatura exterior, radiação solar, ocupação entre outras.

Os sistemas de condicionamento de ar adoptados definem-se em quatro grupos:

- Sistemas Tudo Ar;
- Sistemas Tudo Água;
- Sistemas Água-Ar;
- Sistemas com Expansão Directa dum Fluido Refrigerante

Relativamente ao tipo de instalação do equipamento, seguem-se os sistemas individuais e centralizados.

2.4.1. Sistemas Tudo-Ar

Os sistemas tudo ar resumem-se a uma técnica de climatização em que a remoção da carga térmica, em diferentes zonas de um edifício, é feita pela distribuição de ar que foi tratado nos equipamentos dos sistemas individuais ou centralizados.

Nos locais técnicos centralizados, existem normalmente *Chillers* e Caldeiras, as quais asseguram a produção primária de frio e de calor respectivamente, estes recorrem a utilizando de fluidos refrigerantes e água, também necessária nos equipamentos de tratamento de ar

(U.T.A.). Depois de tratado, o ar é distribuído até aos devidos locais condicionados, onde ao ser insuflado no ambiente, através dos dispositivos terminais (grelhas ou difusores) deve "tratar" adequadamente a zona ocupada para que o efeito da carga térmica seja anulado correctamente.

Nos sistemas Tudo-Ar definem-se os seguintes grupos apresentados nas tabelas 2.7 e 2.8:

Tabela 2.7 - Sistemas com percurso simples

<p>Unizona-Volume de Ar Constante</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Climatiza uma só zona térmica ou um conjunto de salas distintas (com pouca diferença na evolução temporal das cargas térmicas); - Caudal de ar de insuflação sempre constante durante todo o ano; - A vantagem deste tipo de sistema consiste na sua simplicidade; - As desvantagens deste sistema são, o elevado consumo de energia, associado ao funcionamento dos ventiladores durante os períodos de funcionamento a carga parcial reduzida, e pelo facto de não haver diferenciação no controlo da temperatura dos diferentes espaços, o que limita a sua aplicação.
<p>Volume de Ar Constante com Reaquecimento Terminal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Climatiza um conjunto de salas com cargas térmicas distintas, sendo possível controlar a temperatura de cada uma; - A vantagem reside no facto de permitir um excelente controlo da temperatura e da humidade relativa da zona condicionada; - O inconveniente está no funcionamento durante o período de arrefecimento em que se tem que fornecer energia ao sistema para arrefecer e desumidificar o ar na bateria e depois voltar a fornecer energia para o reaquecimento terminal.
<p>Volume de Ar Variável sem Reaquecimento Terminal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Este tipo de sistema VAV é aplicado, geralmente, a vários locais dum edifício com necessidades de arrefecimento durante todo o ano; - Os dispositivos terminais de insuflação a utilizar numa instalação com sistemas VAV, devem ser difusores que proporcionem um forte efeito de indução para garantir uma boa mistura do ar insuflado; - A vantagem deste sistema consiste na economia de energia alcançada com a redução do consumo energético, envolvido na movimentação do ar; - A desvantagem é quando a carga térmica assume valores baixos. Pode acontecer que a distribuição de ar no ambiente seja deficiente e a ventilação não esteja garantida devido ao caudal insuflado ser baixo.
<p>Volume de Ar Variável com Reaquecimento Terminal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Admitem uma maior variação da carga térmica relativamente à versão anterior; - Permitem a variação do caudal de insuflação e também a variação da temperatura de insuflação; - Para que seja garantido um bom funcionamento do sistema, o caudal mínimo regulado nestas unidades VAV não deve ser inferior a 40 % do seu caudal máximo.

Tabela 2.8 - Sistemas com percurso duplo

<p>Volume de Ar Constante (Dupla Conduta)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O caudal de insuflação em cada local é sempre constante embora as percentagens de ar quente e ar frio variem; - A principal vantagem deste sistema consiste na possibilidade de satisfazer simultaneamente as necessidades de arrefecimento e de aquecimento das diferentes zonas dum edifício com controlo individual da temperatura; - A desvantagem é que exige um espaço considerável para as condutas, é um sistema relativamente caro, não é eficiente do ponto de vista da utilização racional de energia e apresenta alguns problemas no controlo da humidade.
<p>Multizona</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O funcionamento dos sistemas multizona é idêntico ao dos sistemas anteriores de dupla conduta; - Comparativamente ao sistema anterior, o seu custo não é tão elevado, desde que o número de zonas não seja elevado e desde que o percurso das condutas não seja demasiado longo; - Os inconvenientes são, o estar limitado a um número de zonas e dimensões reduzidas e de exigir um espaço considerável perto da unidade de tratamento de ar onde é feita a mistura para as diferentes zonas. Neste sistema poderão surgir também os problemas do controlo da humidade.
<p>Volume de Ar Variável</p>	<ul style="list-style-type: none"> - São idênticos ao sistema convencional de dupla conduta, com diferença de o caudal de ar misturado nas caixas de mistura de cada zona poder ser variável em função das necessidades de arrefecimento ou aquecimento.

2.4.2. Sistemas Tudo-Água

Os sistemas Tudo-Água consistem numa técnica de climatização em que é distribuída água fria ou quente pelos equipamentos terminais, mediante as necessidades. Estes têm a vantagem de poder utilizar um espaço reduzido para o circuito da tubagem.

O processo de produção da água quente e fria é assegurado pelas Caldeiras e *Chillers* respectivamente, habitualmente localizam-se num espaço técnico centralizado.

Os ventilo-convectores são as unidades terminais mais utilizadas para anular o efeito das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento. No entanto, existem outros sistemas a água que têm o mesmo efeito, tais como os sistemas de pavimento radiante (aquecidos e/ou arrefecidos), tectos arrefecidos, radiadores e convectores.

Nestes sistemas Tudo-Água não existe um circuito de distribuição de ar novo pelos espaços, onde o processo de renovação do ar em cada espaço é assegurado numa forma natural através das infiltrações, de aberturas das janelas ou de entradas de ar junto das unidades terminais.

Estes sistemas são normalmente classificados como circuitos de dois ou quatro tubos relativamente ao tipo da configuração da alimentação e do retorno da água, quente e fria nos ventilo-convectores.

A dois tubos:

- No sistema a dois tubos apenas se processa a ida e o retorno de água quente ou fria consoante as necessidades sejam de aquecimento ou de arrefecimento;
- Os ventilo-convectores deste sistema têm uma bateria comum onde passa a água quente ou fria e em que o controlo da temperatura ambiente é feito através da variação do caudal que passa na bateria.

A quatro tubos:

- As instalações a quatro tubos permitem satisfazer as necessidades simultâneas de aquecimento e de arrefecimento em diferentes locais. Os ventilo-convectores são alimentados por uma tubagem de água quente e de água fria e podem ter uma ou duas baterias;
- A diferença principal relativamente ao sistema anterior reside no facto dos retornos dos ventilo-convectores funcionando em arrefecimento nunca se misturarem com os retornos dos ventilo-convectores operando em aquecimento, mesmo quando estes tenham apenas uma bateria comum para as duas funções;
- Os sistemas a quatro tubos embora apresentem um custo inicial mais elevado permite melhorar a eficiência energética do sistema e consequentemente reduzir os custos de exploração relativamente aos sistemas a dois tubos.

2.4.3. Sistemas Ar-Água

Nestes sistemas, a distribuição de água e de ar é utilizada em simultâneo para que o condicionamento dos ambientes dos diferentes locais seja feito.

Designa-se por ar primário, o ar que se introduz mecanicamente nos locais e é constituído, habitualmente, apenas por ar novo que foi tratado numa unidade de tratamento de ar-novo - UTAN.

A principal função deste ar primário consiste em assegurar as necessidades mínimas de ventilação e controlo da humidade relativa. A parcela da carga térmica que este escoamento de ar consegue anular depende das condições definidas para a insuflação.

A razão pela qual estes sistemas são denominados por Ar-Água reside no facto de além de ser insuflado ar primário, também é utilizada água nas unidades terminais (por exemplo ventilo-convectores) em cada local.

O caudal de água quente ou fria, que circula nas baterias destas unidades, pode ser regulado por válvulas termostáticas em função do sinal detectado por cada termóstato de ambiente.

O ar primário entra directamente no ambiente, de cada local, através de grelhas ou difusores. No entanto, pode também ser canalizado para as unidades terminais onde se mistura com o ar recirculado, para posteriormente ser introduzido no ambiente.

Comparativamente ao sistema Tudo-Ar, o Ar-Água tem uma vantagem, a qual se resume na necessidade de menor espaço para a passagem das condutas, pois o caudal é menor.

2.4.4. Sistemas com expansão directa dum fluído refrigerante

O aquecimento ou o arrefecimento dum escoamento de ar, pode também ser obtido através do contacto com a superfície de baterias, alimentadas directamente por um fluido refrigerante.

Os elementos principais que compõem o ciclo frigorífico destes sistemas, designados por sistemas de expansão directa dum fluido refrigerante, são o evaporador, o compressor, o condensador e o dispositivo de expansão. O compressor é normalmente accionado por motor eléctrico, contudo recentemente estão a surgir no mercado sistemas com compressão mecânica accionada por motor a gás.

Para alterar os processos de arrefecimento e aquecimento, no mesmo sistema, é necessário que este tenha uma válvula de inversão do circuito do fluido refrigerante. Se tal não acontecer, o sistema só operara numa das opções (arrefecimento ou aquecimento).

2.4.5. Pavimento Radiante

Com o intuito de se promover uma temperatura mais equilibrada do espaço condicionado, o aquecimento pelo pavimento torna-se uma opção possível. Este tipo de sistema torna um ambiente mais confortável, visto que a temperatura ao nível do pavimento é superior e gradualmente vai perdendo intensidade em níveis superiores (figura 2.16).

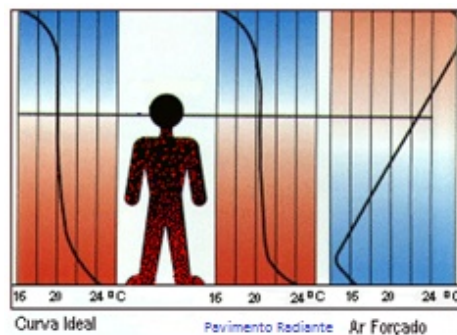


Figura 2.16 – Perfil de Temperaturas fisiologicamente ideais

Este tipo de pavimento adapta-se a diversas fontes energéticas, tais como, as Caldeiras (gás, lenha, eléctricas ou diesel), painéis solares, entre outras. Em todas as situações, obriga a uma instalação sob o pavimento. Se a opção for aquecimento a água, esta instalação será mais complexa. Este piso oferece uma grande superfície de aquecimento e necessita apenas de uma temperatura de circulação de água muito baixa.

O pavimento radiante é considerado um dos melhores sistemas de aquecimento, onde se destaca o facto de este sistema não ocupar espaço útil (instalado sob o pavimento), e também importante de se referir que permite um aquecimento homogéneo dos diferentes compartimentos.

2.5. Equipamentos de controlo de luminosidade

Para se racionalizar o consumo energético relativo à iluminação artificial, este pode ser controlado com o recurso a dispositivos designados por *dimmers*.

Estes dispositivos contêm sensores de detecção dos níveis de luminosidade, sendo que assim controlam a amplitude da iluminação artificial – *dimmers*, face ao nível de iluminação natural.

A vantagem do recurso a este tipo de dispositivos, é o facto de ser possível manter um nível de iluminação predefinido, utilizando sensores de iluminação e controlando a luminosidade das lâmpadas, aproveitando-se a luz solar de forma a reduzir o consumo de energia eléctrica (figura 2.17).



Figura 2.17- Exemplo do funcionamento dos sensores de luminosidade

3. Caracterização do Edifício – Solução Base

O presente capítulo tem como objectivo demonstrar, de uma forma intuitiva, todos os temas abordados no trabalho prático efectuado, onde estes mesmos serão descritos ao longo dos diversos subcapítulos presentes, de forma a tornar-se mais perceptível todas as etapas realizadas.

Neste capítulo o modelo do edifício a simular irá ser nas condições nominais.

3.1. Empreendimento Turístico

O edifício em estudo é considerado um empreendimento Hoteleiro de 5 estrelas, sendo este pertencente a um *resort*.

Esta unidade está inserida no seio de um *resort lifestyle* com 22.5 hectares, junto à praia, onde conta com um aldeamento turístico de 5 estrelas (moradias e *townhouses*).

Para efeitos de estudos (análises energéticas), na presente dissertação só se irá considerar o Hotel deste complexo.

3.1.1. Contextualização Geográfica

O edifício em estudo está situado em Portugal na zona Sul (Algarve), no distrito de Portimão, na Vila do Alvor.

Na figura 3.1, identifica-se o local onde o empreendimento Hoteleiro está situado.

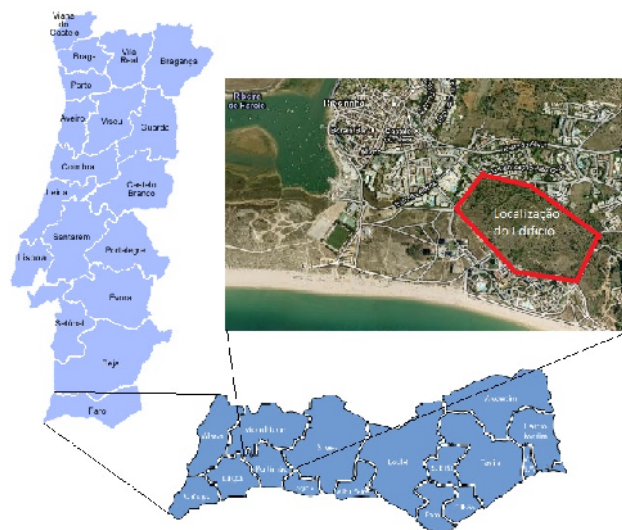


Figura 3.1 – Localização geográfica

Coordenadas relativamente ao local em estudo:

Latitude: 37° 16 (N); Longitude: 8° 57 (W)

Altura (relativa ao mar): 15m; Proximidade marítima: 500m

3.1.2. Zonamento Climático & Temperaturas de Projecto

Conhecida a localização geográfica do edifício, na tabela 3.1 apresentam-se os valores dos dados climáticos referentes a este local (RCCTE – Quadro III.1).

Tabela 3.1 - Zona climática e dados climáticos de referência do Concelho de Portimão

Concelho	Zona Climática de Inverno	Número de Graus-dias (GD)	Duração da estação de aquecimento	Zona Climática de Verão
	-	°C.dias	Meses	-
Portimão	I ₁	940	5.3	V ₁

Através da análise dos quadros I.A-1 e quadro II.A-1, do documento referente às temperaturas exteriores de projecto (documento das temperaturas exteriores de projecto de inverno e verão, com probabilidades acumuladas de ocorrência), onde constata-se que só existe informação relativa à cidade de Faro.

Assim sendo, recorreu-se aos dados climáticos do INETI, apresentados na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Resumo das condições climáticas exteriores de Projecto

	Temperatura bolbo seco	Temperatura bolbo húmido
	°C	°C
Inverno	5.0	-
Verão	31.7	23.3



Para a definição das temperaturas interiores, na estação de Inverno é de 20°C (capítulo V, artigo 14º a) - RCCTE), e na estação de Verão é de 25°C e 50% de humidade relativa (capítulo V, artigo 14º a) - RCCTE).

3.1.3. Caracterização do edifício

Este edifício é constituído por cinco pisos que inclui, um total de 189 quartos e diversas circulações comuns. Este Hotel dispõe de um restaurante, salas para realização de eventos (*Ballrooms*), uma área de escritórios, salas de reuniões e uma de conferências, um SPA e piscinas (interior e exterior), entre outros. Um compartimento que importa realçar é o *lobby* de entrada, pois este apresenta uma grande área de envidraçado.

A orientação típica deste edifício é voltado a Sul, isto é, a fachada principal do Hotel é voltada para o mar. A nível da dispersão deste edifício ao longo do terreno, este está semi-enterrado, pois a área de implementação do edifício apresenta-se com declive.

As figuras 3.2 e 3.3 representam o edifício em estudo, onde com a ilustração destas pretende-se dar a conhecer a geometria do empreendimento Hoteleiro.

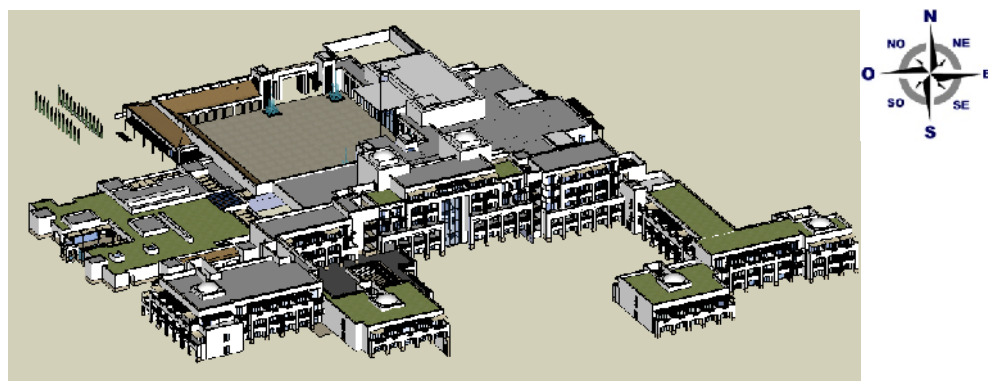


Figura 3.2 – Vista da fachada principal em Perspectiva 3D

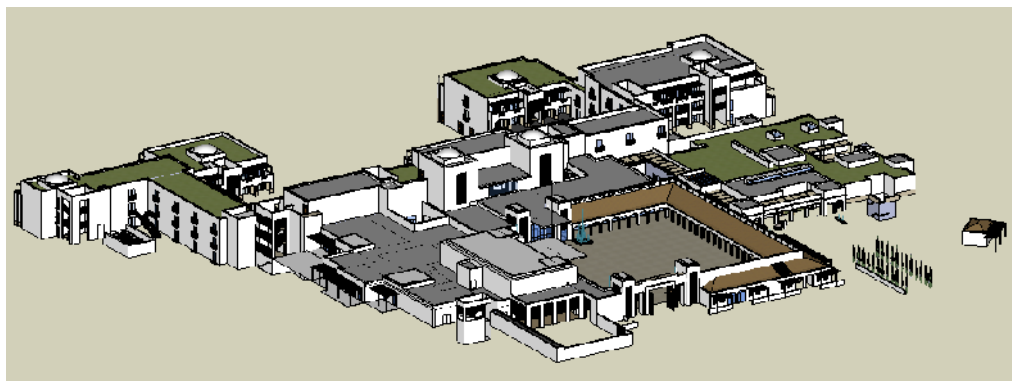


Figura 3.3 – Vista da entrada para o Edifício em Perspectiva 3D

Apresenta-se de seguida (figura 3.4) a vista dos alçados em diferentes orientações, de forma a ilustrar o desnível do terreno onde o edifício está inserido.

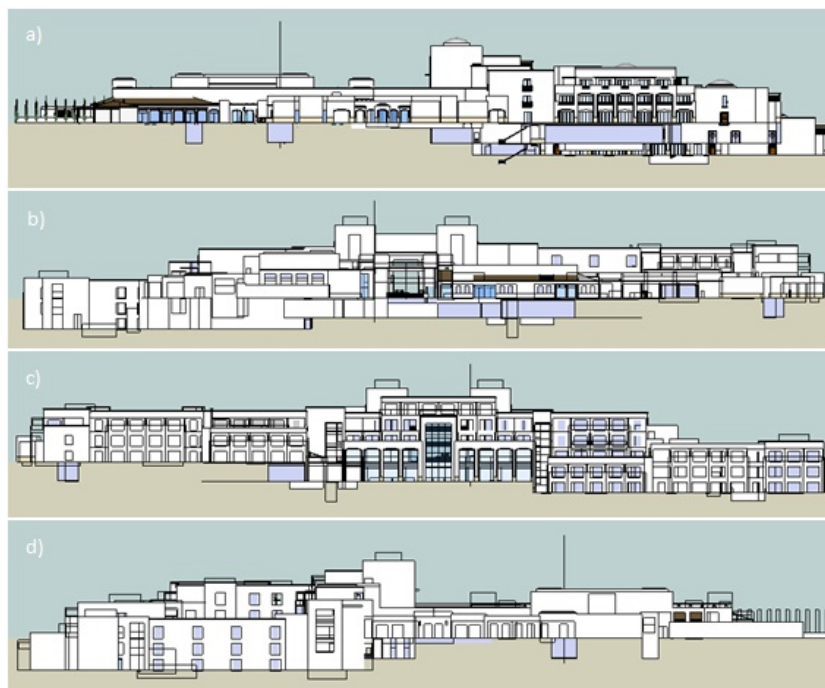


Figura 3.4 – Vista dos diferentes alçados a) Sudoeste, b) Noroeste, c) Sudeste, d) Nordeste

Área útil e pé direito ponderado

O edifício em causa é constituído por diversas tipologias, ou seja, após se ter analisado as plantas de arquitectura, contabiliza-se as áreas de todos os espaços e afecta-se a essas mesmas a cada tipologia a que pertençam.

A tabela 3.3, ilustra o resumo dos totais das áreas afectas a cada tipologia.

Tabela 3.3 - Áreas das diferentes tipologias

	Tipologia	Áreas [m ²]
Hotel	Quartos	5944.0
	Circulações de acesso aos Quartos (corredores)	3418.0
	Lobbys e outras circulações	1152.0
	Restaurantes	1894.0
	Escritórios	1794.0
	Clubes desportivos com Piscina	828.0
	Clubes desportivos sem Piscina	1460.3
	Pequenas Lojas	138.0
	Cozinha (6h.dia todos os dias)	802.0
	Lavandarias (8 horas/dia -segunda a sexta)	47.0
	Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	608.0
	Estacionamento (+10h todos os dias)	3120.0

A área total do Hotel contendo todas as tipologias é de 21205m².

Em paralelo com o processo de contabilização das áreas de cada espaço, verificou-se a altura (pé direito) de cada um desses mesmos espaços, de forma a permitir a determinação do pé direito ponderado do edifício, recorrendo-se à equação 3.1:

$$Pé\ direito\ ponderado = \frac{A_{espaço} \cdot P_{pé\ direito, espaço}}{A_{total}} \quad (Eq. 3.1)$$

O valor calculado para o pé direito ponderado foi de 3.47m, onde para a determinação deste parâmetro excluí-se todas as áreas referentes a armazéns bem como do estacionamento.

Decreto-Lei 79/2006

O *Decreto-Lei 79/2006* é referente ao Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

Nos edifícios (ou fracções autónomas) sujeitos a cumprimentos deste regulamento encontram-se os grandes edifícios de serviços novos com área útil superior a 1000 m² (500 m², nos casos de centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas), dependendo do tipo de actividade.

O edifício do caso prático em estudo é designado como um grande edifício de serviços, com uma área útil superior a 1000m², logo está sujeito ao cumprimento do presente regulamento.

A implementação deste regulamento tem como principais objectivos, melhorar a eficiência energética global dos edifícios, definir requisitos de conforto térmico e de higiene dos espaços interiores, em função da sua utilização, garantir uma boa qualidade do ar interior (QAI)

e monitorizar com regularidade para garantir a manutenção das condições ao longo da vida dos edifícios.

Com a implementação do RSECE, há que ter em conta certos pontos no projecto, tais como, a envolvente opaca, os vãos envidraçados, os sistemas de climatização e de ventilação, AQS e utilização de energias renováveis.

Um dos principais objectivos deste regulamento é a limitação dos consumos energéticos (ou necessidades nominais) durante um ano, com a implementação de índices de eficiência energéticos (IEE), onde para cada tipo de actividade e tipologia de edifício foi estabelecido em valor limite de referência.

Do ponto de vista de enquadramento regulamentar, o Hotel em estudo, é uma fracção autónoma de um edifício de serviços do tipo unidade Hoteleira de 5 estrelas que, por sua vez, engloba sete tipologias de utilização distintas que mais se assemelham à realidade do edifício, sendo elas:

- Hotel de tipologia de cinco estrelas;
- Restauração;
- Pequenas lojas;
- Serviços de tipologia de escritórios;
- Entretenimento de tipologia clubes desportivos com piscina;
- Entretenimento de tipologia clubes desportivos sem piscina;
- Espaços com actividade complementar do tipo:

Cozinhas (6 horas/dia, todos os dias);

Lavandaria (6 horas/dia, segunda a sexta);

Armazéns (9 horas/dia, todos os dias);

Estacionamento (10 a 12 horas/dia, todos os dias).

O IEE é o parâmetro chave para a sua classificação energética no âmbito do SCE, tal como será evidenciado no subcapítulo seguinte.

Actualmente o sector dos edifícios tem um peso significativo no consumo energético e um elevado potencial de aumento de eficiência energética, onde com a implementação da actual legislação espera-se um salto qualitativo elevado neste sector.

Despacho n.º 10250/2008

Este despacho é referente ao modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior, emitidos no âmbito do D.L. 78/2006 de 4 de Abril.

Recorrendo-se a este documento, o artigo nº 2 indica-nos os tipos e modelos de certificados, ao qual o edifício em análise se coaduna com o descrito na alínea e) do ponto 1, ou seja, grandes serviços (GES).

O ponto 4 do mesmo artigo citado anteriormente, indica-nos o tipo de formato e conteúdo do CE ou da DCR a emitir, onde se constata que este edifício é do Tipo B. Esta informação relativa ao tipo de CE ou DCR a emitir, tem especial interesse uma vez que é necessária esta informação para se poder atribuir a escala de classificação energética do edifício, tal como enunciado no ponto 5 do artigo nº3.

O ponto 6 do mesmo artigo, apresenta as condições a verificar impostas pelo ponto 5, onde essa informação pode ser consultada na tabela 3.4.

Tabela 3.4- Classes energéticas

		Classe energética	IEE _{nominal}
			Kgep/m ² .ano
Edifícios Existentes	Edifícios Novos	A ⁺	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0.75.S$
		A	$IEE_{ref} - 0.75.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0.50.S$
		B	$IEE_{ref} - 0.50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0.25.S$
		B ⁻	$IEE_{ref} - 0.25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$
		C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0.50.S$
		D	$IEE_{ref} + 0.50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + S$
		E	$IEE_{ref} + S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1.50.S$
		F	$IEE_{ref} + 1.50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2.S$
		G	$IEE_{ref} + 2.S < IEE_{nom}$

Índice de Eficiência Energético ponderado

Para se determinar as classes energéticas do edifício, são necessários os valores do IEE e do parâmetro S (consumos específicos da tipologia para aquecimento, arrefecimento e iluminação), referentes a cada tipologia. Estes valores podem ser consultados no Anexo IV do Despacho n.º 10250/2008, onde para o edifício em causa importam os seguintes, apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Valores de referência para o cálculo da classe energética (Aquecimento + Arrefecimento)

	IEE _{ref,novos}	S	
		kgep/(m ² .ano)	
Hotéis de 4 ou mais estrelas	10514.0	45.0	24.0
Clube desportivo com piscina	828.0	25.0	17.0
Clube desportivo sem piscina	1460.3	20.0	16.0
Escritórios	1794.0	35.0	15.0
Restauração	1894.0	120.0	33.0
Pequenas Lojas	138.0	35.0	26.0
Cozinha (6h.dia todos os dias)	802.0	174.0	10.0
Lavandarias (6 horas/dia -segunda a sexta)	47.0	237.0	9.0
Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	608.0	19.0	7.0
Estacionamento (10 a 12h.dia todos os dias)	3120.0	19.0	6.0
Ponderado	-	49.02	19.5

O valor ponderado do IEE do edifício é de 49.02 kgep/m².ano, onde este valor corresponde ao valor máximo nominal de referência para este edifício (Edifício Novo – Classe energética B⁻).

Na figura 3.5 demonstra-se os pesos percentuais que cada tipologia apresenta para a determinação do valor do IEE_{nominal} ponderado do edifício, bem como, do parâmetro S.

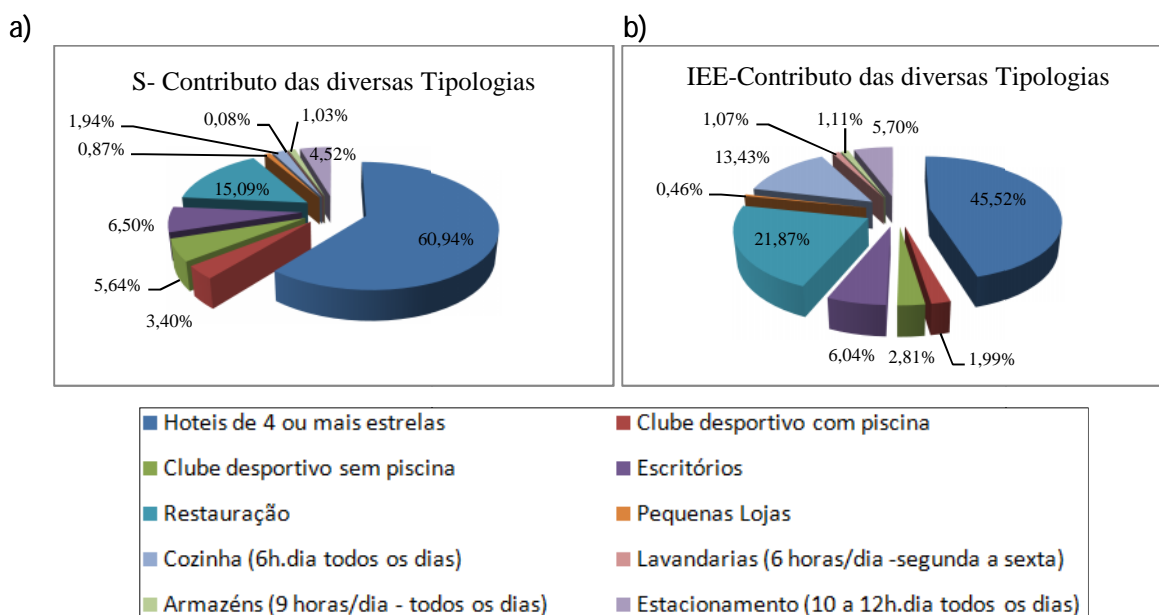


Figura 3.5 - a) Contributo do Parâmetro S para o cálculo do IEE ponderado; b) Contributo das diferentes tipologias para o cálculo do IEE ponderado

Os patamares das classes energéticas do edifício em estudo, podem ser consultados na tabela 3.6, onde para a determinação destas, recorreu-se à tabela 3.4, e aos valores apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3.6 – Patamares das classes energéticas do edifício em estudo

Classe energética	IEE _{nominal}
	K _{gep} /m ² .ano
A ⁺	34.4
A	39.3
B	44.1
B ⁻	49.0
C	58.8
D	68.5
E	78.3
F	88.1
G	> 88.1

Características da envolvente

De acordo com o ponto 1 do Anexo IX do Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril (RCCTE), consoante a zona climática, todos os edifícios têm valores máximos de coeficiente de transmissão térmica em zona corrente (U) a cumprir.

A zona climática do edifício em estudo, I₁, apresenta os seguintes valores enunciados na tabela 3.7:

Tabela 3.7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis (zona climática I₁)

Envolvente opaca Zona corrente	Zona climática - I ₁	
	U [W/m ² .°C]	
Exterior	Paredes	1.80
	Cobertura e pavimentos	1.25
Interior	Paredes	2.00
	Cobertura e pavimentos	1.65

Na análise energética inicial que será efectuada ao edifício, estes vão ser os coeficientes utilizados para efeitos de cálculo, uma vez que quando for realizada a análise de sensibilidade à envolvente opaca, se ter presente um ponto de referência.

Relativamente à envolvente transparente, o ponto 3 do mesmo anexo citado anteriormente, indica os valores máximos dos factores solares admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem, consoante o tipo de zonamento climático.

A zona climática do edifício em estudo, V₁, apresenta os seguintes valores enunciados na tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Factores solares máximos admissíveis (zona climática V₁)

Classe de inércia térmica	Zona climática de Verão
	Factor solar
Fraca	0.15
Média	0.56
Forte	0.56

Relativamente aos coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados, o ponto 4 do mesmo anexo, indica os valores de referência que estes tomam consoante a zona climática, do qual neste caso de estudo os valores são os apresentados na tabela 3.9:

Tabela 3.9 - Coeficientes de transmissão térmica

Elemento do envolvente	Zona climática	
	I ₁	Zonas anexas não úteis
Envidraçados	4.30	4.30

Na análise energética inicial que será efectuada ao edifício, os coeficientes de transmissão térmica dos envidraçados utilizados, foram os apresentados na tabela 3.9, assim como o factor solar utilizado foi apresentado na tabela 3.8, assumindo que o edifício apresentaria uma inércia térmica média (ver capítulo 3.1.3.8).

O propósito de se ter escolhido este tipo de envidraçados para a simulação inicial, tem a ver com a análise de sensibilidade à envolvente transparente que se vai efectuar, de forma a ter-se um ponto de referência.

Pontes térmicas

As pontes térmicas conduzem a gastos energéticos acrescidos, devido às quebras de isolamento produzidas, e podem ser consideradas responsáveis por uma parcela importante das perdas que ocorrem através da envolvente opaca.

Analisando as perdas por condução pela envolvente opaca, sabe-se que o fluxo de calor percorre o caminho mais “fácil”, desta forma prefere atravessar as zonas das pontes térmicas, onde o isolamento é mais fraco, em vez de atravessar as zonas mais isoladas.

Além do aumento dos gastos energéticos, outros problemas associados às pontes térmicas, são as anomalias construtivas e a redução dos níveis de conforto, associados à ocorrência de fenómenos de condensação (principalmente no Inverno).

No caso prático em estudo, relativamente à influência que as pontes térmicas lineares apresentam no balanço energético global do edifício, seguiu-se a filosofia enunciada no Perguntas & Respostas RSECE – ENERGIA (Pergunta D5 da Versão 1.2 – Nov. 2008).

Relativamente às pontes térmicas planas, definem-se como sendo uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente, como pode ser o caso de certos pilares e talões de viga. (RCCTE, Anexo II, Definições).

No caso prático em estudo, relativamente à influência que este tipo de pontes térmicas apresenta, optou-se por não se contabilizar o efeito das mesmas no consumo energético do edifício.

Cálculo dos τ 's

As perdas térmicas que ocorrem, através de elementos de separação, entre espaços úteis e não úteis são calculadas em função do coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos, τ .

Para valores de τ superiores a 0.7 o elemento de separação está sujeito a requisitos mínimos de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios (definidos no anexo IX do RCCTE).

A tabela IV.1 do RCCTE permite a consulta dos valores mais comuns deste coeficiente, obtidos em função da razão A_i/A_u .

O procedimento de cálculo adoptado para a determinação destes parâmetros pode ser consultado no Anexo A.

Inércia térmica

A inércia térmica interior de uma fracção autónoma, depende da massa superficial útil de cada um dos elementos de construção e é função da capacidade de armazenamento de calor que cada uma das divisões apresenta.

Para este caso de estudo, assumiu-se que o edifício em causa apresentava uma inércia térmica média ($150 \leq I_t \leq 400 \text{ kg/m}^2$).

O facto de se ter assumido tal inércia, deveu-se à escassa informação sobre a definição dos materiais de construção constituintes do edifício, mas assumindo que a envolvente opaca do edifício apresenta um acabamento superficial constituído por um material do tipo capoto, assim como uma elevada área de envidraçados, pavimentos cerâmicos e ainda muito material acústico, levou a assumir-se tal inércia.

Factor de forma do Edifício

Através dos elementos fornecidos no projecto da envolvente do edifício, efectuou-se o levantamento dimensional das áreas necessárias para o cálculo do factor de forma.

A tabela 3.10 resume todas as diversas áreas necessárias para determinação deste.

Tabela 3.10 – Resumo das Áreas da envolvente do edifício

Área envolvente vertical Opaca	9378.0	m ²
Área envolvente vertical Envidraçada	2494.0	
Área de pavimento exterior	-	
Área de pavimento	17477.0	
Área de envolvente horizontal Opaca	8731.0	
Área de envolvente horizontal Envidraçada	188.7	
Parede interior (em contacto com E.N.U.)	1037.0	
Pé direito	3.47	m

Recorrendo-se à fórmula 3.2, do ponto dd) do Anexo II do RCCTE:

$$FF = \frac{A_{v,opaca} + A_{v,envd.} + A_{pav.ext.} + A_{h,opaca} + A_{h,envd.} + (\tau \cdot A_{paredeint.})}{A_{pavimento} \cdot P_{\acute{e}direito}} \quad (Eq. 3.2)$$

Obteve-se um factor de forma de 0.35.

3.1.4. Factores de Correção Climáticos

Os factores de correção climáticos são calculados de acordo com o ponto 1 do artigo 15º do capítulo V – RCCTE.

Calculado anteriormente o factor de forma do edifício, verifica-se que no mesmo artigo citado anteriormente, a alínea a) corresponde a formulação necessária para se calcular o N_i (resultados na tabela 3.11).

$$N_{i,local} = 4.5 + 0.0395GD_{local} \quad (Eq. 3.3)$$

$$N_{i,refer\acute{e}ncia} = 4.5 + 0.0395GD_{refer\acute{e}ncial} \quad (Eq. 3.4)$$

Tabela 3.11 - Necessidades nominais de energia útil para aquecimento

	GD	Ni [kWh/m ² .ano]
Local	940	42
Referência	1000	44

De seguida calcula-se o factor de correcção do consumo de energia de aquecimento (F_{ci}), recorrendo-se a formulação descrita no Anexo IX – RSECE.

$$F_{CI} = \frac{N_{i,referência}}{N_{i,Local}} = 1.06 \text{ (Eq. 3.5)}$$

Relativamente aos limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v), de acordo com o ponto 2 do artigo 15º do capítulo V – RCCTE, apresenta-se estes na tabela 3.12:

Tabela 3.12 - Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

	Nv [kWh/m ² .ano]
Local	22
Referência (V ₁)	16

De onde o factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento (F_{cv}), é de 0.73.

3.1.5. Ganhos internos e Necessidades de Ar Novo

No caso em estudo, nomeadamente à caracterização dos ganhos internos e necessidades de ar-novo para as diferentes tipologias que constituem o edifício, para o cálculo nominal, foram considerados padrões de referência de utilização de acordo com o Anexo XV do RSECE, utilizando os perfis descritos na tabela 3.13 (coluna referente ao enquadramento RSECE). Respectivamente, caracterizando assim para os perfis de ocupação, iluminação e equipamentos deste edifício o que corresponde à utilização média para estas tipologias

Como se constata, o presente regulamento carece de informação relativamente às densidades de iluminação, pelo que os valores utilizados foram baseados tendo em conta as densidades médias aplicadas a este tipo de espaços.

Para a determinação dos caudais mínimos de ar-novo, recorrendo ao mesmo *Decreto-Lei*, onde segundo o artigo 29º (capítulo IX), é necessário garantir uma boa qualidade do ar interior, sendo que os valores típicos para estes caudais se encontram no Anexo VI do RSECE.

Contudo, há que salientar que estes valores tabelados são considerados partindo do pressuposto de que é proibido fumar em todos os espaços, caso contrário, os valores mencionados no Anexo VI do RSECE seriam agravados para um valor de pelo menos 60m³/ocupante (RSECE – artigo 29º), e haveria a necessidade de recorrer ao uso de materiais ecologicamente limpos.

Tabela 3.13 – Ganhos internos e necessidades de Ar-Novo

Tipo de espaço	Enquadramento RSECE	Ganhos internos RSECE			Ventilação Ar novo	
		Iluminação	Equipamento	Ocupação	RSECE – Anexo VI	
		W/m ²	W/m ²	m ² /pessoa	m ³ /h.pessoa	m ³ /h.m ²
Lobby/Recepção	Hotéis de 4 ou mais estrelas	15	9	10	-	5
Circulações	Hotéis de 4 ou mais estrelas	10	9	-	-	5
Quartos	Hotéis de 4 ou mais estrelas	10	9	27	30	-
Instalações Sanitárias	Hotéis de 4 ou mais estrelas	10	-	-	-	10
Zonas de serviços (de apoio ao Hotel)	Hotéis de 4 ou mais estrelas	10	9	10	30	5
Piscina	Clube desportivo com piscina	15 (10)	1	7	-	10
SPA	Clube desportivo sem piscina	15 (10)	1	7	35	-
Business Center / Meeting Room / Board Room	Escritórios	20 (10)	15	15	30	20
Ball Room / Pré-function	Escritórios	20	15	15	30	20
Restaurantes	Restaurantes	20 (10)	5	5	35	-
Lounge Bar / Coffe Shop	Restaurantes	20	5	10	35	35
Lojas de Comércio / Shop	Pequenas Lojas	35	5	5	-	5
Cozinha	Cozinhas (6 horas/dia - todos os dias)	20 (10)	250	5	30	-
Lavandaria	Lavandarias (8 horas/dia -segunda a sexta)	20	500	-	-	5
House Keeping	Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	5	-	-	-	5
Maid	Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	5	-	-	-	5
General Store / Luggage	Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	5	-	-	-	5
Lixos	Armazéns (9 horas/dia - todos os dias)	5	-	-	-	5
Estacionamento	Estacionamento (10 a 12 horas/dia - todos os dias)	5	2	-	-	-

Nota: Valores evidenciados entre parêntesis, correspondem as circulações comuns (corredores) desses mesmos espaços.

3.1.6. Necessidades energéticas para produção de água quente

Para determinar as necessidades energéticas de produção de AQS e aquecimento de água das piscinas, recorreu-se ao *software* TSOL, de forma a se obter os perfis de consumo (perfil diário semanal e de fim de semana, perfil semanal e perfil anual) para as diferentes tipologias em causa (ver anexo B).

Tabela 3.14 – Necessidades de água quente sanitária a 60°C

	Consumo de AQS	Nº de Ocupantes
	litros /dia.pessoa	-
Hotel	70	$n^{\circ} \text{ quartos } 2 = 189 \quad 2 = 378$
Restaurante	5	$\frac{\text{Área total}}{\text{Área min por ocup.}} = \frac{1895}{5} = 379$
Balneários (Piscina & SPA)	20	$\frac{\text{Área total}}{\text{Área min por ocup.}} = \frac{2300}{7} = 329$

Os consumos demonstrados na tabela 3.14, foram obtidos através do quadro descrito no documento Perguntas & Respostas do RCCTE – pergunta L.17 da versão 1.6 de Novembro de 2009. Relativamente às densidades de ocupação, foram consultadas no Anexo XV do RSECE, por outro lado, para os quartos foi considerada uma taxa de ocupação de dois ocupantes/quarto.

Estes elementos foram caracterizados no *software* TRACE700, para ser possível contabilizar as necessidades globais energéticas no mesmo modelo.

É prática comum recorrer-se ao *software* SOLTERM, para a inserção dos perfis de consumo e por conseguinte, determinar-se as suas necessidades energéticas através deste.

Contudo já como descrito anteriormente, neste caso prático de estudo, estas necessidades vão ser determinadas com recurso ao *software* de simulação utilizado, onde se tem de definir os perfis horários de consumo para cada tipologia.

3.1.7. Outros Consumos

Outros consumidores energéticos pertencentes ao edifício em causa, são os transportes mecânicos (elevadores), bombas de água, iluminação exterior, entre outros.

Inerente à iluminação exterior, contabiliza-se a iluminação dos jardins circundantes a estes, bem como a iluminação das fachadas e dos terraços.

Os pressupostos assumidos relativamente às áreas e densidade de iluminação, podem ser consultados no ponto nº 2 do Anexo C.

Devido à falta de informação na legislação portuguesa vigente sobre o cálculo do consumo energético dos transportes mecânicos, os pressupostos assumidos para determinar este consumo podem ser consultados no ponto nº 3 Anexo C.

3.1.8. Sistema de AVAC utilizados no Edifício

Projecto AVAC

Ao nível de condições de projecto para o desenvolvimento do edifício, pensou-se para a produção de energia térmica na seguinte configuração:

- Sistemas centralizados;
- Sistema a quatro tubos;
- Caldeiras;
- *Chillers* ar-água com recuperação de calor para AQS, o calor não aproveitado serve para o aquecimento da água da piscina exterior (não considerado neste trabalho);
- Bombas de velocidade variável na distribuição e de caudal fixo nas bombas para AQS.

Sistemas de tratamento ambiente

O edifício do caso prático em estudo, recorre a sistemas de tratamento ambiente por controlo de temperatura, ou seja, de caudal fixo e variação da temperatura. Os sistemas afectos aos grandes espaços são sistemas do tipo tudo-ar e para os restantes espaços são sistemas ar-água (ver anexo D).

- Quartos, circulações e zonas de trabalho:

Os quartos estão equipados com unidades terminais do tipo ventilo-convectores equipados com um controlador que liga/desliga o ventilador quando o espaço a climatizar atinge a banda de temperaturas de conforto estipulada (*fan cycles*),

As necessidades de ar-novo nos quartos são efectuadas por uma unidade de tratamento de ar de caudal constante, com recuperação de calor.

- *Ball room* (Salas de refeições – grandes eventos) e átrio de apoio:

O tratamento ambiente deste espaço é efectuado por três unidades de tratamento de ar, que quando se encontra com lotação máxima, o ar insuflado neste é de 100% ar-novo, devido às concentrações CO₂. Este espaço quando se encontra sem ocupação, procedem-se duas renovações de ar-novo por hora.

O átrio de apoio tem uma unidade de tratamento de ar dedicada só a este espaço.

- *Lobby:*

O tratamento ambiente deste espaço é efectuado por uma unidade de tratamento de ar, cujo ar insuflado neste é de 100% ar-novo.

Relativamente às necessidades locais (carga térmica local), são suprimidas pelo pavimento radiante (aquecimento e arrefecimento).

- Sala de reuniões:

O tratamento ambiente deste espaço é efectuado por uma unidade de tratamento de ar novo, de caudal variável, em função do número de salas utilizadas, cujo ar insuflado é 100% ar-novo. As unidades terminais destes espaços são ventilo-convectores (carga local de aquecimento e arrefecimento).

- Restaurante/Bar:

O tratamento ambiente deste espaço é efectuado por uma unidade de tratamento de ar novo, onde o ar insuflado neste é de 100% ar-novo.

As necessidades locais (carga térmica local), são suprimidas pelo pavimento radiante (aquecimento e arrefecimento).

- Cozinha:

Neste tipo de compartimento, a extracção do ar é efectuada nas zonas de confecção e preparação de refeições. As cozinhas estão equipadas com Hottes no geral, exceptuando-se a cozinha principal onde esta apresenta um tecto filtrante. A compensação do ar é realizada através de duas unidades de tratamento de ar (só insuflação) onde através destas se faz o aquecimento e o arrefecimento dos espaços.

- Piscina:

Como se trata de uma piscina coberta durante a estação de Inverno, e aberta na estação de Verão, faz com que no Inverno a piscina seja climatizada e no Verão está desprovida de sistemas de AVAC.

Devido à componente latente elevada, neste caso, o tratamento ambiente é efectuado através de uma unidade desumidificadora, com recuperação integrada de calor para o ar e para a água, com *free-cooling*.

O sistema previsto é considerado o melhor possível para este tipo de espaço e face aos condicionalismos arquitectónicos, pelo que neste trabalho não se faz qualquer estudo de optimização para este espaço.

- Pequenas lojas:

O ar-novo é assegurado por unidades de recuperação de calor e as necessidades locais (carga térmica local), são suprimidas por unidades terminais do tipo ventilo-convectores.

3.1.9. Tarifários de Facturação Energética

Para se efectuar uma análise económica a nível de custos anuais energéticos inerentes aos consumos do edifício, é necessário saber-se os preços da electricidade e de gás mediante o tipo de utilização.

Nos subcapítulos seguintes serão apresentados os tarifários seguidos por base para se efectuar a análise económica.

Electricidade

Recorrendo aos tarifários de electricidade praticados pela EDP, verifica-se que a ligação à rede pode ser de baixa média e alta tensão, onde por sua vez se subdividem em três opções, ou seja, em Tarifa de curtas utilizações, de médias utilizações e de longas utilizações.

Uma vez que para unidades Hoteleiras é recomendável o uso de média tensão, a tarifa definida será de longa utilização (tabela 3.15).

Tabela 3.15 – Tarifa de electricidade [€/kWh]

Trimestre	CHp,m	CHc,m	CHvn,m	CHsv,m
1º	0.1058 €	0.0810 €	0.0514 €	0.0481 €
2º	0.1092 €	0.0833 €	0.0535 €	0.0497 €
3º	0.1092 €	0.0833 €	0.0535 €	0.0497 €
4º	0.1058 €	0.0810 €	0.0514 €	0.0481 €

O tarifário acima apresentado divide-se em quatro períodos horários, horas cheias, de ponta, de vazio normal e de super vazio. Assim sendo têm interesse em se conhecer o número de horas correspondentes a cada período, onde se consultou o despacho nº 29 287/2007 de ERSE, publicado no diário da republica nº 246, II série, de 21/12/2007.

Importa também referir que o termo fixo mensal para este tipo de utilização (média tensão) é de 42.71 €/mês.

Relativamente aos encargos de potência, o custo mensal da potência contratada é de 1.24€/kW_{contratado}, e por sua vez a potência nas horas de ponta é taxada a 7.98 €/mês/kW_{pico} nas horas de ponta.

Gás

Recorrendo aos tarifários de Gás praticados pela Medigás, verifica-se que a tarifa depende do consumo anual, assim como da pressão de fornecimento.

Os consumos de gás na unidade Hoteleira são superiores a 100000m³ ano, onde a pressão de fornecimento é baixa.

Tabela 3.16 - Tarifas de venda em baixa pressão

Tarifa	Consumo anual	Termo tarifário fixo	Energia Ponta
	m ³	€/dia	€/kWh
Diária	-	2.6596	0.027587
Mensal	10000 a 100000	3.6656	0.03245
	≥ 100001	7.3662	0.029289

Da tabela 3.16 verifica-se que a tarifa de gás é taxada a 0.029289 €/kWh e o termo fixo diário é de 7.3662€.

3.1.10. Modelação computacional

O *software* da TRANE TRACE700 v. 6.2.5 foi a ferramenta utilizada para as simulações térmicas e energéticas do edifício.

Este *software* permite a modelação do edifício na sua globalidade, numa perspectiva multizona possibilitando a definição de distintos parâmetros para a realização da simulação, tal como descrito no diagrama 1.

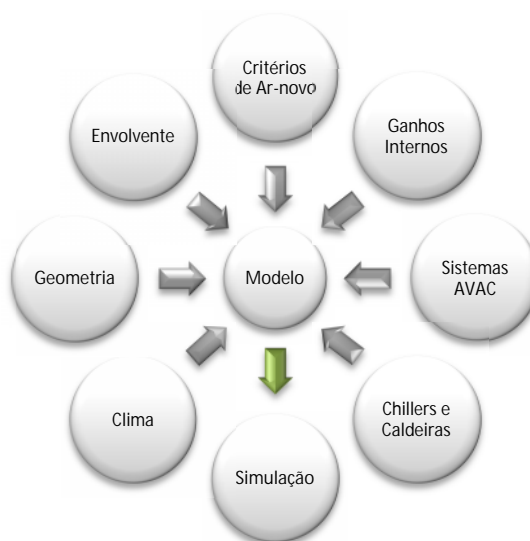


Diagrama 1 – Pontos para a definição do modelo

O *software* de simulação em causa compreende quatro fases distintas, que permitem uma completa e detalhada análise energética e económica.

As fases pelas quais o *software* de simulação passa para que seja possível obter os relatórios energéticos do edifício em causa, encontram-se sumariamente descritas na figura 3.6.

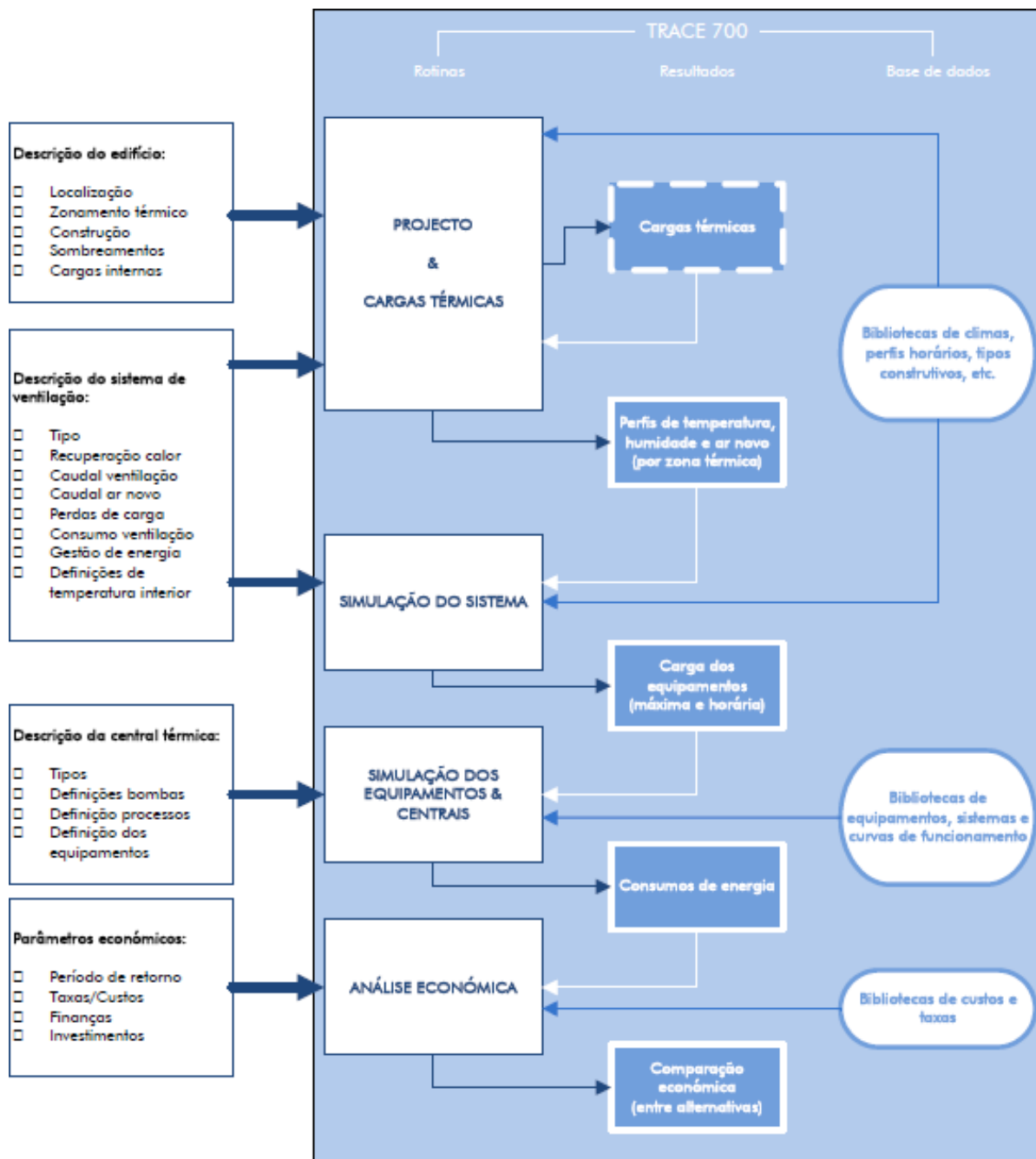


Figura 3.6 - Organização funcional do *software* [Fonte: User's Manual Trace 700 Building Energy and Economic Analysis version 6.2]

Descrevendo sucintamente algum dos pontos presentes na figura 3.6, convém referir que no modelo do edifício, foi utilizado o ficheiro climático correspondente a Portimão (proveniente

do INETI), utilizando o método de simulação dinâmica detalhada, considerando os dados climáticos nas 8760 horas do ano. Considerou-se também para a simulação nominal, que os espaços do edifício eram climatizados às condições de referência do regulamento (alínea a do artigo 14º no Capítulo V do RCCTE).

A correcta definição do modelo (geometria) no *software* é de extrema importância, de modo a aproximar o modelo de simulação ao edifício real. Por outro lado, foram introduzidos, diferentes perfis de utilização dos espaços, na biblioteca do *software*.

3.1.11. Simulação Computacional – Caso Base

Neste subcapítulo, será apresentado na tabela 3.17 o resumo da informação subjacente ao caso base da simulação efectuada nas condições nominais do RSECE (Ocupação, iluminação, equipamentos).

Tabela 3.17 - Condições do caso base

	Características do modelo base
Envolvente opaca	Valores máximos para os coeficientes de transferência térmica (RCCTE)
Envolvente Transparente	Factor Solar de 0.56
Caixilharias	Sem corte térmico
Inércia térmica	Média
Sistemas de tratamento ambiente	Seleção <i>default</i> (ver anexo E.2)
<i>Chillers (sem recuperação para AQS)</i>	ar-ar (COP = 3.2)
Caldeiras	Sem condensação ($\eta = 83.3\%$)
Controladores de iluminação artificial	Não
Colectores solares térmicos	Não
Módulos Fotovoltaicos	Não

3.1.12. Tratamento de dados obtidos

Após a conclusão da simulação dinâmica, efectuou-se o devido tratamento dos dados obtidos, de forma a ser possível analisar as cargas térmicas do edifício, assim como determinar os seus consumos energéticos.

3.1.12.1. Cargas térmicas

A determinação das cargas térmicas de um espaço, consiste em quantificar as necessidades térmicas a retirar/fornecer a esse espaço, de forma a garantir, as condições interiores de temperatura e humidade pretendidas.

1º) Aquecimento:

O valor máximo da carga térmica na estação de Inverno ocorre quando a estrutura atinge um regime próximo do permanente após dias frios e sem sol e quando são desprezados os ganhos internos e solares.

Assim a carga térmica de aquecimento será a soma das perdas por condução pela envolvente, das perdas causadas pela renovação de ar, mais a carga necessária para o “aquecimento” do ar-novo.

Nas condições descritas ao longo dos subcapítulos anteriores, o edifício apresenta uma carga térmica máxima de aquecimento de 1755.8 kW.

2º) Arrefecimento:

As necessidades máximas de arrefecimento ocorrem numa sequência de dias quentes com céu limpo, quando se considera incidência solar forte e com ganhos internos máximos, tendo em conta a dinâmica destes e probabilidade de ocorrência em simultâneo.

O método de cálculo quantifica, portanto, a condução pela envolvente, as infiltrações, os ganhos solares pelos envidraçados e os ganhos internos devidos aos ocupantes, iluminação e equipamentos.

Nas condições descritas ao longo dos subcapítulos anteriores, o edifício apresenta uma carga térmica máxima de aquecimento de 1920.1 kW.

3.1.12.2. Consumos Energéticos

Os valores dos consumos energéticos obtidos na simula o dinâmica, após o devido tratamento destes (ver Anexo C), encontram-se descritos na tabela 3.18.

Tabela 3.18 – Consumos energéticos do edifício (simula o base)

			Consumo anual de energia útil	Consumo nominal global de energia primária	IEE	GEE
			kWh/ano	kgep/ano	kgep/m ² .ano	ton.CO ₂
AVAC	Aquecimento	Eléctrico	19724	5720	0.27	6.9
		Gás	246731	21219	1.00	25.5
	Arrefecimento		521389	151203	5.19	181.4
Outros	Ilumina�o		1141168	330939	15.61	397.1
	Equipamentos Eléctrico		909071	263631	12.43	316.4
	Equipamentos Gás		439081	37761	1.78	45.3
	Ventila�o		498000	144420	5.56	173.3
	Bombas		238800	69252	2.67	83.1
	Equipamentos Hidráulicos		4729	1371	0.06	1.6
	�gua Quente Sanitária	Gás	636318	54723	2.58	65.7
		Eléctrico	10143	2941	0.14	3.5
	�gua Quente para Piscinas	Eléctrico	4840	1404	0.07	1.7
		Gás	161678	13904	0.66	16.7
	Equipamentos Mecânicos		6572	1906	0.09	2.3

Da tabela 3.18 convém referir que o aquecimento eléctrico, corresponde ao consumo do funcionamento das caldeiras, nomeadamente as bombas de condensados, ao queimador e ao painel de controlo das caldeiras. O aquecimento a gás corresponde ao consumo das caldeiras e o arrefecimento corresponde ao consumo eléctrico dos *chillers*.

A ventila o corresponde ao consumo dos equipamentos de tratamento ambiente, ou seja, ao consumo dos ventiladores. As bombas correspondem ao consumo associado a todos os equipamentos de bombagem de fluídos.

Os valores apresentados anteriormente foram obtidos tomando como referência o sistema de climatiza o base, composto por *chiller* base ar-ar (COP de 3.2) e caldeira convencional (sem condensados, com rendimento de 83.3%).

De referir que as necessidades energéticas apresentadas na tabela 3.18 para a  gua Quente Sanitária (a 60 C) e  gua Quente para Piscinas (a 37 C), foram obtidas no *software* de simula o dinâmica, de onde a figura 3.7 ilustra a compara o entre as necessidades

energéticas obtidas por este *software*, comparativamente com as expectáveis obtidas pelo *software* SOLTERM.

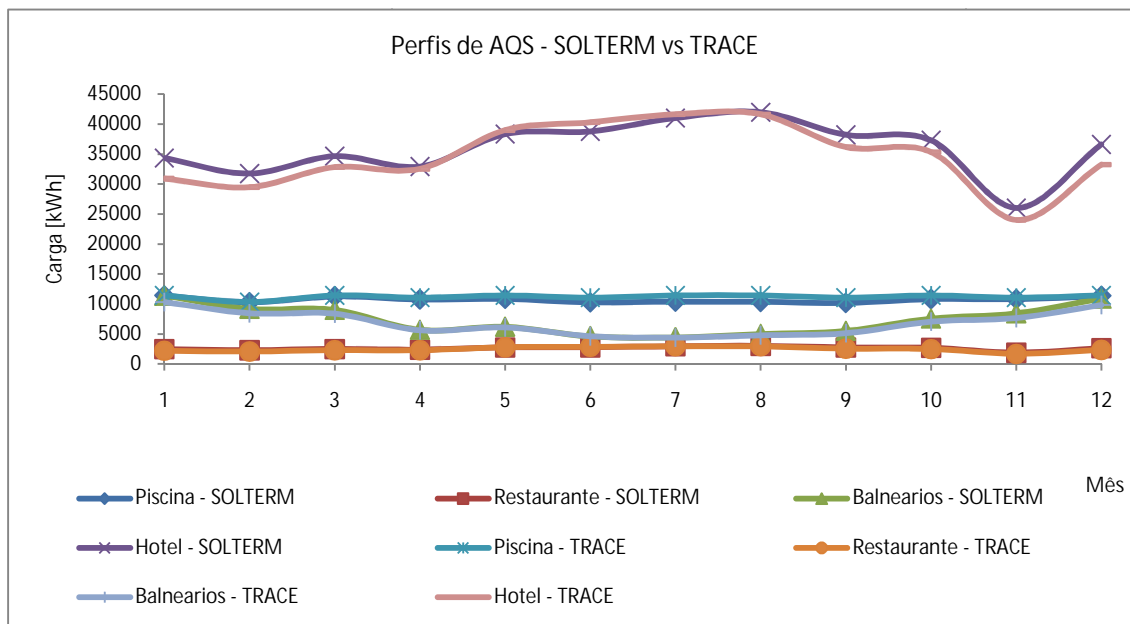


Figura 3.7 - Necessidades energéticas para AQS e AQ-Piscina

A energia total consumida no edifício é de 4.84Gwh/ano, ou analisada de outra forma, corresponde a um consumo de 228.2 kWh/m².ano.

Nestas condições nominais do modelo Base, obteve-se um IEE_{nominal} de 48.1 kgep/m².ano, o que indica que o edifício apresenta uma classificação energética de B⁻.

A nível de emissão de gases com efeito de estufa (GEE), este edifício emitiria 1320.5 toneladas de CO₂ equivalentes por ano.

É importante realçar os “parâmetros” que mais contribuem para o consumo nominal de energia primária, onde da tabela 3.18, se destacam os consumos de iluminação e os equipamentos eléctricos. A distribuição percentual dos consumos por tipo de parâmetro pode ser identificada na figura 3.8.

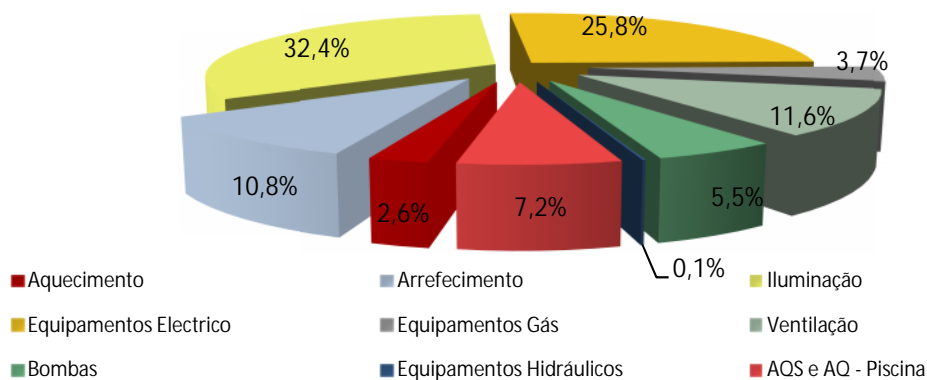


Figura 3.8 - Distribuição percentual dos diferentes parâmetros no consumo global do edifício

Importa referir que o consumo de AVAC (aquecimento, arrefecimento, ventilação e bombas de distribuição), representa 30.5% do consumo de energia primária, o de iluminação 32.4%, o consumo relativo aos equipamentos (eléctricos e de gás) representa 29.5% e 7.2% corresponde ao consumo para preparação de águas quentes sanitárias e de águas de piscina.

Para a contribuição do consumo de energia primária de AVAC, o arrefecimento apresenta um peso de 38.6%, o aquecimento de 6.9% e o consumo de bombas e ventiladores contribui com um peso de 54.5%.

Em suma, dos resultados obtidos para a solução base do edifício, constata-se que este apresenta elevados consumos energéticos, pois estamos perante um grande edifício de serviços, todavia, mesmo nas condições base predefinidas, o edifício já se encontra dentro do mínimo exigido pelo RSECE.

Outro ponto que convém realçar, é o nível de gases de efeito de estufa (GEE) que o edifício apresenta, ou seja, é importante não só analisar o consumo nominal global de energia primária (kgep/ano), mas também ter em atenção o nível de emissões de CO₂.

Os dados obtidos nesta primeira abordagem ao empreendimento Hoteleiro, servem de base comparativa para a análise de sensibilidade que será efectuada no Capítulo 4.

3.1.12.3. Facturação Energética Anual

No *software* de simulação dinâmica utilizado, recorreu-se aos tarifários (electricidade e gás natural) presentes no capítulo 3.1.9, onde se inseriram estes mesmos no *software*, de modo a ser possível obter-se uma estimativa dos custos energéticos subjacentes a este edifício.

Na tabela 3.19 será apresentada o custo energético anual:

Tabela 3.19 – Custo energético anual (simulação base)

	Consumo Energético Anual	Custo energético anual
	MWh/ano	€/ano
Electricidade	3354.43	275890.14
Gás Natural	1483.81	46147.91

O custo energético total subjacente a este edifício, tendo em consideração todos os pressupostos definidos, é de 322038.0 €/ano.

4. Análise de Sensibilidade energética e económica

Os consumos energéticos do edifício estão directamente relacionados com as soluções passivas e activas definidas para esse mesmo.

Com o intuito de se racionalizar estes consumos, é necessário efectuar uma análise de sensibilidade, de forma a perceber-se quais as soluções existentes (diagrama 3) que melhor se adequam ao edifício em causa, de forma a reflectirem-se num melhoramento do nível do índice de eficiência energético.

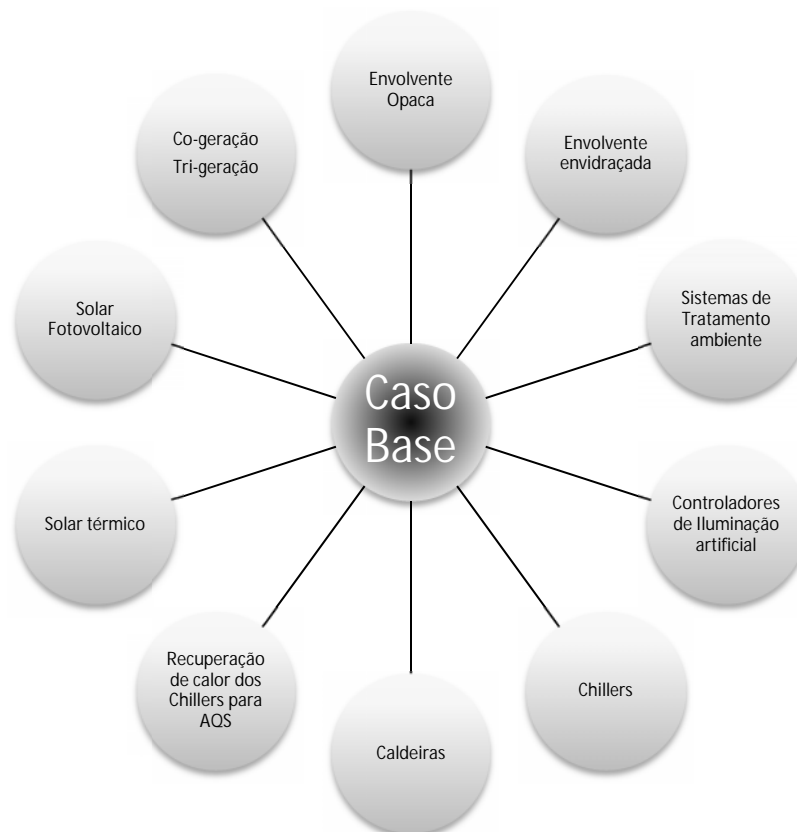


Diagrama 2 – Alteração a efectuar no modelo base – Análise de sensibilidade

Importa referir que é necessário proceder-se a uma análise económica as melhorias possíveis de serem tecnicamente efectuadas, de forma a verificar-se ou não a viabilidade dessas.

4.1. Soluções Passivas

O espaço interior dum edifício, está fisicamente separado do exterior por uma envolvente em que parte é opaca (paredes, cobertura, pavimento) e parte é transparente (envidraçados).

Face à elevada área da envolvente do edifício em contacto directo com o exterior, a optimização da envolvente é ponto importante na eficácia energética do edifício.

4.1.1. Envolvente Opaca

Análise energética

Foram analisadas as seguintes alternativas de soluções de desempenho na avaliação térmica da envolvente opaca (tabela 4.1):

- Alternativa 1: os valores de referência dos coeficientes de transferência térmica - U [$\text{w}/\text{m}^2\text{°C}$] - RCCTE Anexo IX, Quadro IX.1;
- Alternativa 2: melhoramento em 25% dos valores de referência dos coeficientes de transferência térmica - U [$\text{w}/\text{m}^2\text{°C}$] – RCCTE Anexo IX, Quadro IX.1;
- Alternativa 3: melhoramento em 50% dos valores de referência dos coeficientes de transferência térmica - U [$\text{w}/\text{m}^2\text{°C}$] - RCCTE Anexo IX, Quadro IX.1;
- Alternativa 4: melhoramento em 75% dos valores de referência dos coeficientes de transferência térmica - U [$\text{w}/\text{m}^2\text{°C}$] – RCCTE Anexo IX, Quadro IX.1.

Tabela 4.1 - Valores dos coeficientes de transferência térmica para as diferentes alternativas

Zona Corrente	Zona Climática - I_1	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
		U ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)				
Exterior	Paredes	1.80	0.7 (61%)	0.525 (25%)	0.35 (33%)	0.175 (50%)
	Cobertura e pavimentos	1.25	0.5 (60%)	0.375 (25%)	0.25 (33%)	0.125 (50%)
Interior	Paredes	2.00	1.4 (30%)	1.05 (25%)	0.7 (33%)	0.35 (50%)
	Cobertura e pavimentos	1.65	1 (39%)	0.75 (25%)	0.5 (33%)	0.25 (50%)

Uma análise interessante de se efectuar aos valores dos coeficientes de transferência térmica apresentados na tabela 4.2, tem a ver com os valores evidenciados entre parêntesis, ou seja, estes correspondem à diminuição dos coeficientes de transferência térmica entre as alternativas. Dessa análise destaca-se que a maior redução dá-se dos valores apresentados entre a alternativa base e a alternativa 1.

Para se cumprir os valores dos coeficientes de transferência térmica das diferentes alternativas, para a zona de localização do edifício (I_1, V_1), pode verificar-se na tabela 4.2 uma

estimativa da espessura de isolamento necessária para cumprir tais requisitos, partindo-se do pressuposto que a envolvente opaca subjacente a este cálculo, seja uma de típica utilização na prática, onde para o cumprimento dos coeficientes de transferência térmica máximos não seja necessário o uso de material isolante.

Tabela 4.2 – Espessura necessária de isolamento - XPS [mm]

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Exterior	Paredes	30	50	80	220
	Cobertura e pavimentos	40	70	120	310
Interior	Paredes	10	20	40	100
	Cobertura e pavimentos	10	30	50	140

Da análise da tabela 4.2, verifica-se que o nível de isolamento necessário para o cumprimento dos limites definidos nas alternativas, tem uma espessura muito grande quando se pretende obter valores de coeficiente de transferência térmica inferiores ao da alternativa 2.

Para a realidade construtiva portuguesa, a implementação de espessuras de isolamento tão elevadas é de difícil aceitação/implementação, comparativamente com a realidade dos países Nórdicos.

De notar que para esta primeira análise, para a envolvente envidraçada, foram assumidos os valores máximos admissíveis de factor solar e de transmissão térmica, estabelecidos no RCCTE (Quadro IX.2 e IX.3 do Anexo IX).

O processo de optimização da envolvente opaca, passará pela análise do peso que esta apresenta nos consumos energéticos do edifício.

A análise efectuada foca-se somente nos parâmetros em que esta influência da envolvente opaca actua, como pode ser observado na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Consumos globais do edifício (Envolvente Opaca)

		Alternativa Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	
Aquecimento	Eléctrico	0.27	0.25	0.24	0.22	0.22	kgep/m ² .ano
	Gás	1.00	0.36	0.27	0.20	0.15	
Arrefecimento		5.19	4.59	4.53	4.48	4.45	
Ventilação		5.56	4.99	4.97	4.87	4.91	
Bombas		2.67	1.41	1.38	1.37	1.37	
IEE _{nominal}		48.10	44.99	44.77	44.53	44.49	
Consumo		1100.4	1029.5	1026.0	1021.6	1022.0	tep/ano
Energia total		228.0	211.0	210.0	209.0	208.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE		1320.5	1235.4	1231.2	1225.9	1226.4	ton.Co2 equi./ano
Classe Energética		B-	B-	B-	B-	B-	

Para uma melhor percepção para a interpretação dos resultados obtidos, apresenta-se a figura 4.1 contendo a informação da tabela 4.3, de forma a servir de suporte para uma análise crítica dos resultados.

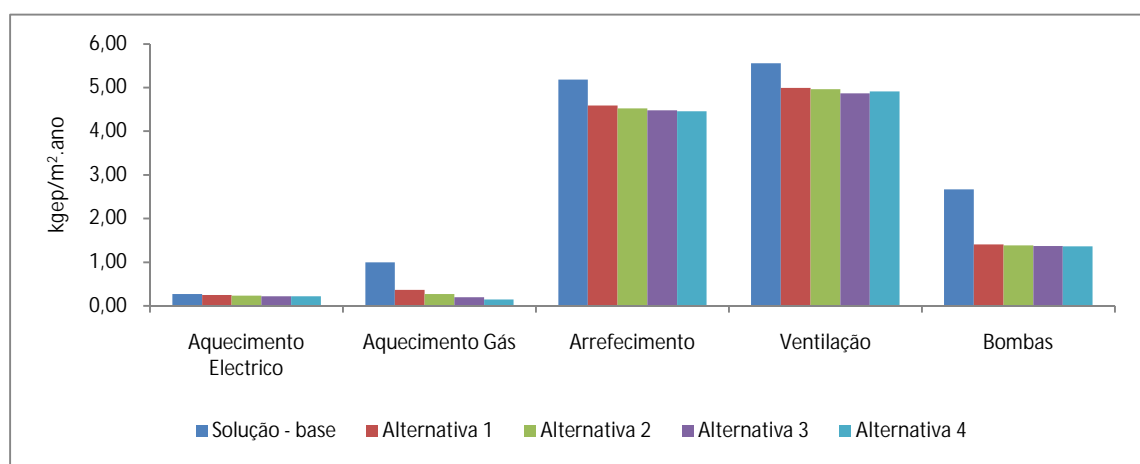


Figura 4.1 - Influência da envolvente opaca nos consumos globais do edifício

O ponto de comparação para esta análise, é a envolvente opaca correspondente à alternativa base, de onde se conclui que não é relevante, para este caso, melhorar o coeficiente de transferência térmica da envolvente opaca para além dos valores de referência estipulados no quadro IX.3 do anexo IX do RCCTE, uma vez que, a diminuição dos valores de coeficiente de transferência térmica da envolvente opaca, para além dos valores de referência, não se traduzem numa melhoria significativa do valor final do consumo de energia primária.

Como se pode observar na figura 4.1, verifica-se que a transição da envolvente referente aos coeficientes de transferência térmica máximos para a de referência, apresenta uma melhoria

bastante significativa no aspecto em que existe uma notória diminuição dos consumos, tanto a nível de aquecimento como de arrefecimento e consequente diminuição dos consumos dos sistemas de ventilação e de bombagem.

A diminuição dos consumos de aquecimento prende-se com o facto de ao se melhorar (diminuir) os coeficientes de transferência térmica, as perdas por condução na estação de Inverno diminuírem, o que leva a uma menor necessidade de aquecimento para a reposição das condições de conforto necessárias. Na estação de Verão, o processo é idêntico, pois com melhoramento (diminuição) dos coeficientes de transferência térmica, os ganhos por condução nesta estação diminuem, consequentemente leva a um menor necessidade de arrefecimento do espaço a climatizar.

Analisando o figura 4.1, as diferenças de consumo associados à envolvente de referência e as restantes envolventes analisadas após esta, verifica-se que o melhoramento a nível de consumos energéticos é pouco significativo, existindo mesmo na envolvente com 25% do valor dos coeficientes de transferência térmica de referência, um ligeiro aumento do consumo de ventilação. Este aumento de consumo de ventilação, deve-se ao facto de haver uma maior necessidade de ventilação (consumo dos ventiladores) para se manter as condições requeridas nos locais a climatizar.

Em suma, tendo em consideração os aspectos referenciados anteriormente, a envolvente definida para o edifício em estudo é a que contém os valores de referências para os coeficientes de transferência térmica.

Análise económica

Seguindo-se os mesmos passos apresentados na análise económica efectuada anteriormente (ver subcapítulo 3.1.12.3), na tabela 4.4 será apresentada o custo energético anual:

Tabela 4.4 - Custo energético anual (Envolvente Opaca)

		Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total [€/ano]	Poupança de custos [€/ano]
		MWh/ano	€/ano		
Alternativa Base	Electricidade	3354.43	275890.14	322038.05	-
	Gás Natural	1483.81	46147.91		
Alternativa 1	Electricidade	3156.56	261814.90	303369.59	18668.46
	Gás Natural	1326.98	41554.69		
Alternativa 2	Electricidade	3151.35	261444.85	302313.58	19724.47
	Gás Natural	1303.56	40868.73		
Alternativa 3	Electricidade	3141.37	260734.64	301090.34	20947.71
	Gás Natural	1286.05	40355.70		
Alternativa 4	Electricidade	3146.37	261090.15	301090.95	20947.10
	Gás Natural	1273.93	40000.81		

Como se pode constatar, as melhorias da envolvente opaca traduzem-se numa redução da factura energética anual na ordem dos 6%. Tal como demonstrado na análise energética, os melhoramentos da envolvente opaca, para além da alternativa 1 (coeficientes térmicos de referência), não se traduzem numa melhoria económica significativa face à alternativa 1.

Conhecidas as poupanças de facturação anual das diferentes alternativas, apresenta-se agora o período de retorno de investimento de cada uma das soluções.

Tabela 4.5 - Período de Retorno do Investimento (Envolvente Opaca)

		Espessura do Isolamento	Custo do isolamento – EPS ($\rho > 20 \text{kg/m}^3$)	Área a isolar	Total	PRI
		mm	€/m ²	m ²	€	Anos
Alt. 1	Paredes (ext.)	30	4.39	9377.9	104539.54	5.6
	Cobrt. e pav. (ext.)	40	5.86	8730.5		
	Paredes (int.)	10	1.63	1037.5		
	Cobrt. e pav. (int.)	10	1.63	6443.0		
Alt. 2	Paredes (ext.)	50	7.32	9377.9	189465.29	9.6 (4.0)
	Cobrt. e pav. (ext.)	70	10.25	8730.5		
	Paredes (int.)	20	2.93	1037.5		
	Cobrt. e pav. (int.)	30	4.39	6443.0		
Alt. 3	Paredes (ext.)	80	11.71	9377.9	316472.18	15.1 (5.5)
	Cobrt. e pav. (ext.)	120	17.57	8730.5		
	Paredes (int.)	40	5.86	1037.5		
	Cobrt. e pav. (int.)	50	7.32	6443.0		
Alt. 4	Paredes (ext.)	220	32.21	9377.9	845573.06	40.4 (25.3)
	Cobrt. e pav. (ext.)	310	45.39	8730.5		
	Paredes (int.)	100	14.64	1037.5		
	Cobrt. e pav. (int.)	140	20.50	6443.0		

Na tabela 4.5, estão apresentados os períodos de retorno de investimentos das diferentes alternativas relativamente a solução base inicial, onde convém salientar que os valores evidenciados entre parêntesis, correspondem ao período de tempo de retorno de investimento entre as alternativas.

Os preços do poliestireno expandido são os tabelados apresentados pela Empresa Sotecnisol Materiais.

4.1.2. Envoltente Envidraçada

Análise energética

Na análise de sensibilidade da envoltente envidraçada, efectuaram-se duas análises distintas.

1º) Factor Solar: Analisaram-se as seguintes alternativas de soluções distintas na avaliação térmica da envoltente envidraçada:

- Alternativa 1: factor solar de 0.45;
- Alternativa 2: factor solar de 0.40;
- Alternativa 3: factor solar de 0.35;
- Alternativa 4: factor solar de 0.30;

A envoltente opaca agora utilizada toma os valores de referência (alternativa 1) definidos no capítulo 4.1.1.1.

A selecção dos envidraçados usados neste estudo foi efectuada com recurso ao *software* Calumen da Saint-Gobain.

Na figura 4.2, ilustra-se algumas das configurações possíveis dos envidraçados duplos que influenciam o valor do factor solar deste.

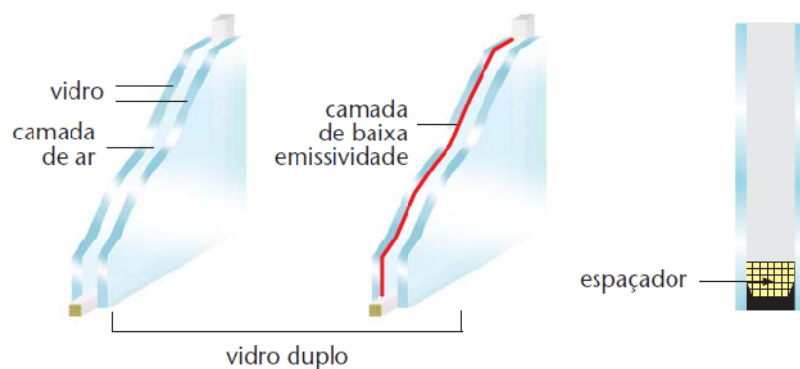


Figura 4.2 - Exemplo das estruturas de vidros duplos

2º) Coefficiente de transmissão térmica: Após se ter definido o valor dos factores solares, definem-se agora as diferentes soluções construtivas para a implementação dos vãos envidraçados, alternativas estas que se encontram descritas na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Coeficientes de transmissão térmica das caixilharias (ITE50)

ITE 50 – Anexo III	Caixilharia metálica sem corte térmico, vidro duplo com janela fixa/ giratória ou de correr com uma espessura de lâmina de ar de 6mm	Caixilharia metálica com corte térmico, vidro duplo com janela fixa/giratória ou de correr com uma espessura de lamina de ar de 6mm	Caixilharia de Madeira, vidro duplo com janela fixa/giratória ou de correr com uma espessura de lamina de ar de 6mm	Caixilharia de Plástico, vidro duplo com janela fixa/giratória ou de correr com uma espessura de lamina de ar de 6mm
U_{geral} [caixilharia+envidraçado]	4.3 (valor médio)	3.7	3.3	3.2
U_{Quartos} [caixilharia+envidraçado]	3.7 (valor médio)	3.3	2.9	2.9

O Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados nos quartos é diferente do geral, visto tratar-se de um local com ocupação nocturna, tal como indicado no ITE50.

Nas tabelas 4.7 e 4.8 apresentam-se os valores dos consumos do edifício obtidos para os diferentes tipos de vãos envidraçados (factor solar e caixilharia).

Tabela 4.7 – Consumos globais do edifício para diferentes factores solares dos envidraçados com caixilharia metálica com e sem corte térmico

Tipo de Caixilharia	Sem corte térmico				Com corte térmico				w/m ² .°C
	0.45	0.40	0.35	0.30	0.45	0.40	0.35	0.30	
Factor solar do Envidraçado	0.45	0.40	0.35	0.30	0.45	0.40	0.35	0.30	-
Aquec. Eléctrico	0.25	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	kgep/m ² .ano
Aquec. Gás	0.37	0.38	0.39	0.41	0.34	0.34	0.35	0.36	
Arref.	4.25	4.06	3.87	3.68	4.39	4.18	3.99	3.79	
Ventilação	4.80	4.68	4.58	4.47	4.76	4.64	4.53	4.41	
Bombas	1.42	1.42	1.42	1.42	1.43	1.42	1.42	1.42	
IEE _{nominal}	44.5	44.2	43.9	43.6	44.6	44.25	43.9	43.6	
Consumo	1014.0	1004.6	995.7	987.2	1017.9	1008.2	998.8	989.7	tep/ano
Energia total	209.0	208.0	206.0	205.0	209.0	208.0	206.0	205.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1216.9	1205.5	1194.8	1184.6	1221.5	1209.8	1198.6	1187.7	ton.CO ₂ equi/ano
Classe Energética	B-	B	B	B	B-	B-	B	B	-

Tabela 4.8 - Consumos globais do edifício para diferentes factores solares dos envidraçados com caixilharia de madeira e plástico

Tipo de caixilharia	Madeira				Plástico				w/m ² .°C
	0.45	0.40	0.35	0.30	0.45	0.40	0.35	0.30	
Factor solar do Envidraçado	0.45	0.40	0.35	0.30	0.45	0.40	0.35	0.30	-
Aquec. Eléctrico	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	kgep/m ² .ano
Aquec. Gás	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33	0.33	0.33	
Arref.	4.47	4.27	4.07	3.87	4.50	4.29	4.09	3.88	
Ventilação	4.78	4.66	4.54	4.43	4.84	4.67	4.55	4.43	
Bombas	1.43	1.43	1.42	1.42	1.43	1.43	1.42	1.42	
IEE _{nominal}	44.7	44.3	44.0	43.7	44.8	44.4	44.0	43.7	
Consumo	1021.4	1011.5	1001.9	992.5	1023.6	1012.4	1002.7	993.0	tep/ano
Energia total	210.0	208.0	207.0	205.0	210.0	208.0	207.0	205.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1225.7	1213.8	1202.3	1191.0	1228.3	1214.8	1203.2	1191.6	ton.Co ₂ equi./ano
Classe Energética	B-	B-	B	B	B-	B-	B	B	-

Dos resultados obtidos, analisando-se numa primeira abordagem a influência do factor solar, é importante realçar que um envidraçado com baixo factor solar, diminui os ganhos térmicos devido à radiação solar directa. Ao melhorar-se o factor solar dos envidraçados, mantendo as características da envolvente opaca (envolvente opaca com os coeficiente de transmissão térmica de referência), verifica-se uma diminuição das necessidades térmicas de arrefecimento, todavia, esta medida de optimização provoca o aumento das necessidades de aquecimento.

É este facto que leva à necessidade de encontrar um ponto óptimo associado à melhoria da envolvente transparente.

Para melhor compreender a análise dos resultados acima efectuada, apresenta-se a figura 4.3 de forma a servir de suporte à análise da influência do factor solar dos vãos envidraçados.

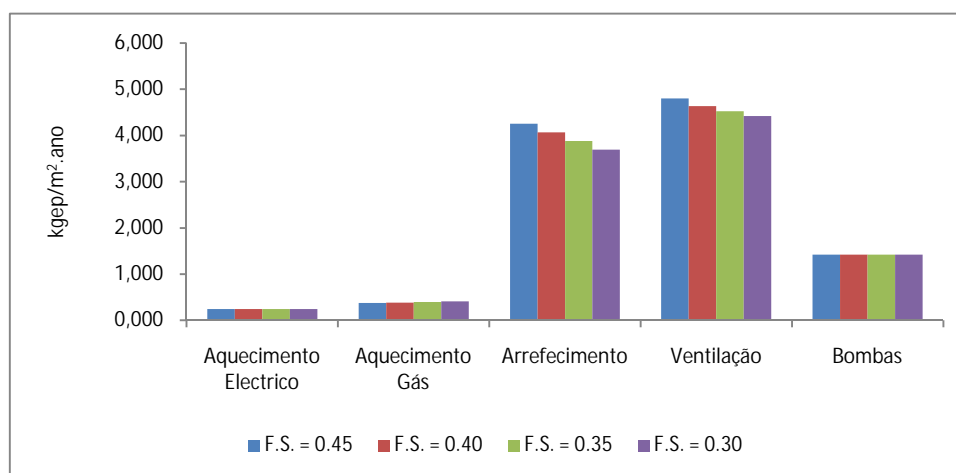


Figura 4.3 - Influência do factor solar com caixilharia sem corte térmico

Relativamente à influência da condutibilidade térmica do conjunto caixilharia mais envidraçado, conclui-se que esta apresenta um peso pouco significativo no consumo energético global do edifício.

Ao diminuir-se o índice de condutibilidade térmica do conjunto caixilharia mais envidraçado, verifica-se um aumento dos consumos de energia primária, devido às necessidades de arrefecimento.

Uma das razões que poderia explicar esta situação, tem que ver que na estação de Verão (arrefecimento – figura 4.4 linha verde), com uma condutibilidade térmica do conjunto caixilharia/envidraçado mais elevada, existe uma melhor dissipação do calor para esta envolvente, o que se traduz numa menor necessidade de arrefecimento.

Por outro lado, na estação de Inverno (aquecimento - figura 4.4 linha roxa) com a diminuição do valor da condutibilidade térmica do conjunto caixilharia/envidraçado, provoca uma diminuição das necessidades de aquecimento, pois existem menores perdas por esta envolvente.

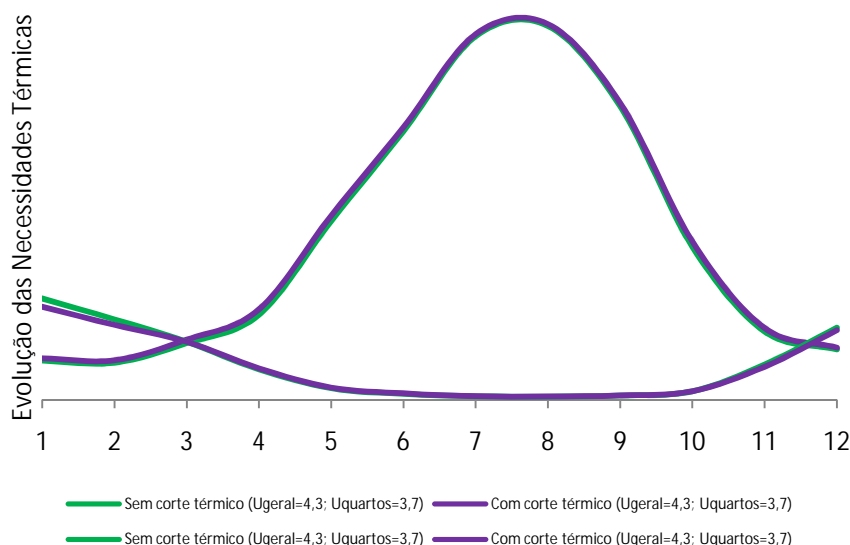


Figura 4.4 - Exemplo da influência do tipo de caixilharia

Todavia, a justificação anteriormente enunciada não se aplica a este caso, pois tal como verificado na análise de sensibilidade à envolvente opaca, os consumos devido às necessidades de arrefecimento diminuem com o aumento do isolamento, o que seria esperado para a envolvente transparente. Aumentando-se a qualidade da caixilharia (diminuição dos coeficientes de transferência térmica) o arrefecimento eléctrico aumenta os seus consumos, pois neste caso está-se perante uma envolvente opaca de referência (coeficientes de transferência térmica), onde a combinação destas duas soluções, penaliza ligeiramente os consumos eléctricos de arrefecimento.

Tal como foi procedido anteriormente, apresenta-se a figura 4.5 de forma a servir de suporte à análise da influência dos vãos envidraçados, nos consumos globais de energia primária do edifício.

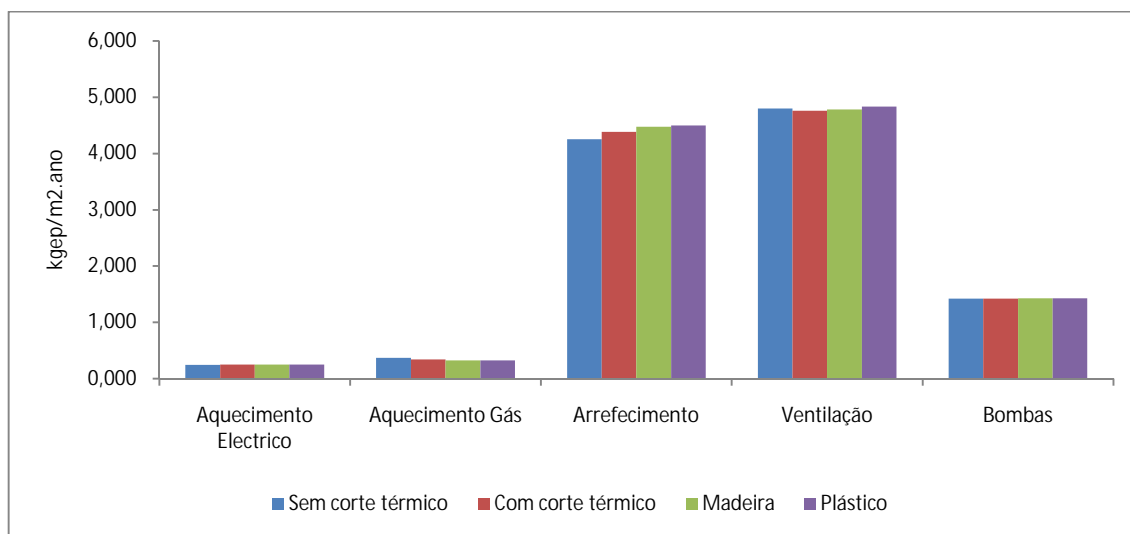


Figura 4.5 - Influência da condutibilidade térmica do conjunto caixilharia mais envidraçado para um F.S. de 0.45

Análise económica

Na tabela 4.9 será apresentado o custo energético anual para as diversas alternativas analisadas.

Tabela 4.9 – Custo energético anual (Envolvente transparente)

V�os envidraçados		Tipo de consumo	Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total	Poupança de custos
Tipo	F.S.		MWh/ano	�/ano	�/ano	�/ano
Base (0.56)		Electricidade	3156.56	261814.90	303369.59	-
		G�s Natural	1326.98	41554.69		
Sim corte térmico	0.45	Electricidade	3104.88	258139.37	299758.68	3610.92
		G�s Natural	1329.19	41619.30		
	0.40	Electricidade	3067.66	255491.57	297192.92	6176.68
		G�s Natural	1331.99	41701.34		
	0.35	Electricidade	3036.39	253267.41	295042.80	8326.80
		G�s Natural	1334.52	41775.39		
	0.3	Electricidade	3005.29	251054.82	292928.39	10441.21
		G�s Natural	1337.87	41873.56		
Com corte térmico	0.45	Electricidade	3118.15	259083.14	300473.04	2896.56
		G�s Natural	1321.36	41389.89		
	0.40	Electricidade	3084.33	256677.18	298086.72	5282.87
		G�s Natural	1322.03	41409.54		
	0.35	Electricidade	3051.77	254361.21	295805.62	7563.97
		G�s Natural	1323.22	41444.41		
	0.3	Electricidade	3019.85	252091.05	293591.10	9778.49
		G�s Natural	1325.12	41500.05		

Continuação da tabela anterior:

Vãos envidraçados		Tipo de consumo	Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total	Poupança de custos
Tipo	F.S.		MWh/ano	€/ano	€/ano	€/ano
Madeira	0.45	Electricidade	3131.19	260010.57	301296.77	2072.83
		Gás Natural	1317.82	41286.20		
	0.40	Electricidade	3097.02	257580.04	298873.72	4495.88
		Gás Natural	1318.07	41293.68		
	0.35	Electricidade	3063.86	255221.60	296527.23	6842.37
		Gás Natural	1318.48	41305.63		
0.3	Electricidade	3031.09	252890.27	294223.48	9146.11	
	Gás Natural	1319.42	41333.21			
Plástico	0.45	Electricidade	3139.05	260569.59	301836.63	1532.97
		Gás Natural	1317.16	41267.04		
	0.40	Electricidade	3100.17	257804.06	299079.42	4290.17
		Gás Natural	1317.45	41275.36		
	0.35	Electricidade	3066.84	255433.00	296713.56	6656.03
		Gás Natural	1317.62	41280.56		
0.3	Electricidade	3033.17	253038.27	294340.65	9028.95	
	Gás Natural	1318.37	41302.38			

Como se pode constatar na tabela 4.9, as melhorias da envolvente transparente podem traduzir-se numa redução da factura energética anual na ordem dos 3%.

Apresenta-se agora o período de retorno de investimento de cada uma das soluções (tabela 4.10), onde esta análise de retorno de investimento será efectuada com base nos preços de mercado dos envidraçados, a nível do factor solar exceptuando-se o tipo de caixilharia.

Tabela 4.10 – Período de retorno do investimento (Envolvente transparente)

Tipo de envidraçado	Custo do envidraçado	Área total de envidraçado	Total	Incremento de Investimento	PRI*
Factor solar	€/m ²	m ²	€	€	Anos
Base (0.56)	133.1	2494	331951.4	-	-
0.45	145.2		362128.8	30177.4	8.4 - 19.7
0.40	151.3		377217.5	45266.1	7.3 - 10.6
0.35	163.4		407394.9	75443.5	9.1 - 11.3
0.30	169.4		422483.6	90532.2	8.7 - 10.0

*PRI – o período de retorno de investimento apresentado na tabela 4.10, varia com a influência da caixilharia para a poupança do custo energético anual apresentado na tabela 4.9, onde dessa forma é apresentado o intervalo de período de retorno do investimento.

4.2. Soluções Activas

Nos subcapítulos seguintes, serão apresentadas algumas soluções energéticas para a concepção de um edifício, de forma a diminuir-se os consumos energéticos associados a este.

4.2.1. Tratamento ambiente

Análise energética

Com o intuito de se melhorar a eficiência dos equipamentos de ventilação, neste subcapítulo será demonstrada a influência dos sistemas de climatização com e sem recuperação de calor, bem como da influência dos consumos dos equipamentos a estes associados.

Os diferentes sistemas de recuperação de calor considerados podem ser analisados no anexo E.1.

Relativamente à melhoria efectuada nos sistemas de tratamento de ar, os valores correspondentes às perdas de carga e potência dos ventiladores de cada solução, podem ser consultados no anexo E.2.

Para a selecção *default*, os valores destes parâmetros não seguiram nenhum critério rigoroso, ou seja, numa abordagem inicial os valores utilizados para as perdas de carga e potência dos ventiladores foram admitidos ainda sem se ter definido concretamente qual o tipo (marca/fornecedor) de unidades a utilizar. Numa segunda abordagem, definiu-se que um dos limites a cumprir fosse que a velocidade de escoamento do ar nas baterias (de aquecimento e arrefecimento), não fosse superior a 2.5m/s [Seleccção melhorada]. Na abordagem final efectuou-se uma selecção idêntica a anterior, mas desta vez para um modelo superior reduzindo-se a velocidade do ar nas baterias e consequentemente a perda de carga total.

Na tabela 4.11, bem como, na figura 4.6 apresenta-se os valores dos consumos do edifício obtidos para os diferentes tipos de sistemas de tratamento ambiente testados.

Tabela 4.11- Consumo energético global

	Seleccção default com R.C.	Seleccção default sem R.C.	Seleccção melhorada com R.C.	Seleccção melhorada sem R.C.	Seleccção final com R.C.	Seleccção final sem R.C.	
Aquecimento Eléctrico	0.25	0.30	0.25	0.30	0.27	0.30	kgep/m ² .ano
Aquecimento Gás	0.34	0.93	0.37	0.92	0.44	0.97	
Arrefecimento	4.18	4.04	4.51	3.98	4.39	3.90	
Ventilação	4.64	3.79	3.69	3.44	2.79	2.69	
Bombas	1.42	1.56	1.47	1.60	1.49	1.60	
IEE _{nominal}	44.25	44.03	43.70	43.66	42.79	42.87	
Consumo	1008.2	989.3	993.5	979.4	966.9	958.4	tep/ano
Energia total	208	210	206	208	202	205	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1210	1187.2	1192.3	1175.3	1160.3	1150.1	ton.CO ₂ equi./ano
Classe Energética	B-	B	B	B	B	B	

A recuperação de calor é vantajosa em ambas as estações do ano (Inverno ou Verão), pois quando a temperatura exterior é inferior à temperatura dos espaços interiores, o calor libertado pelo ar de extracção é utilizado para aumentar a temperatura do ar de insuflação, minimizando os consumos de equipamentos associados ao aquecimento.

Em contrapartida estas unidades aumentam os consumos de ventilação, assim como os consumos de arrefecimentos, o que se torna penalizador a nível de IEE, pois o factor de conversão do consumo anual de energia útil [kWh/ano], em energia primária [kgep/Ano] destes dois parâmetros citados anteriormente é de 0.29 kgep/kWh, face aos 0.086 kgep/kWh do aquecimento.

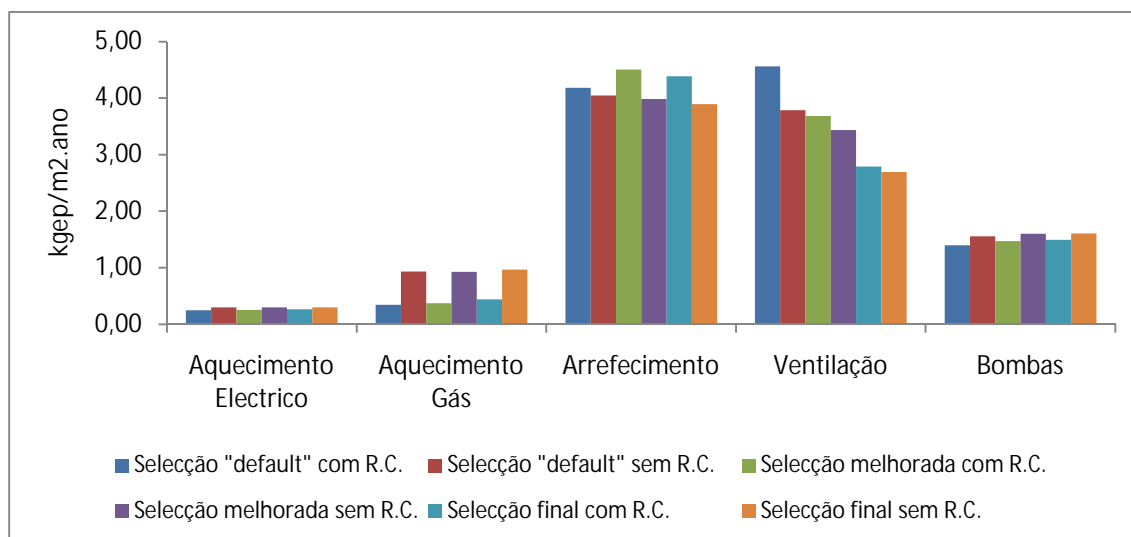


Figura 4.6 - Influência dos sistemas de tratamento ambiente (com e sem recuperação de calor)

O factor que influencia com que o consumo de arrefecimento aumente, tem que ver com as perdas de carga que os recuperação de calor incrementam nos sistemas de tratamento ambiente.

Outra análise interessante de realçar, é o facto de na selecção final dos equipamentos do tratamento ambiente, compensar a utilização de sistemas de recuperação de calor, isto é, com o recurso a este equipamento o edifício apresenta um melhor nível de índice de eficiência energético global.

A nível de emissões gases de efeitos de estufa o mesmo não se verifica, pois com recurso a recuperadores de calor, os consumos dos equipamentos de arrefecimento e ventilação aumentam, sendo que estes equipamentos eléctricos apresentam um factor de conversão mais elevado, o que provoca com que se reflecta no parâmetro do consumo nominal global de energia primária de uma forma mais expressiva, penalizando o recurso destes equipamentos a nível de emissões de GEE.

Análise económica

Na tabela 4.12 será apresentado o custo energético anual.

Tabela 4.12 – Custo energético global (Sistemas de tratamento ambiente)

		Consumo	Custo energético	Total	Poupança
		Energético Anual	anual		
		MWh/ano	€/ano	[€/ano]	[€/ano]
Seleccção <i>default</i> com R.C.	Electricidade	3084.33	256677.18	298086.72	-
	Gás Natural	1322.03	41409.54		
Seleccção <i>default</i> sem R.C.	Electricidade	2976.76	249025.57	294655.91	3430.81
	Gás Natural	1466.14	45630.34		
Seleccção melhorada com R.C.	Electricidade	3032.0	252955.11	294558.53	3528.19
	Gás Natural	1328.65	41603.42		
Seleccção melhorada sem R.C.	Electricidade	2942.86	246614.51	292214.97	5871.75
	Gás Natural	1465.12	45600.46		
Seleccção Final com R.C.	Electricidade	2935.07	246060.29	288157.03	9929.69
	Gás Natural	1345.49	42096.74		
Seleccção Final sem R.C.	Electricidade	2867.30	241239.99	287135.01	10951.71
	Gás Natural	1475.17	45895.02		

É de realçar o facto de, a nível de IEE, a selecção final dos equipamentos do tratamento ambiente, compensar a utilização de sistemas de recuperação de calor, mas como se pode constatar, o mesmo não se verifica a nível de poupança economia anual, pois com o sistema de recuperação de calor o que se poupa nível económico de consumo de gás não é suficiente para compensar o aumento de consumo eléctrico que se verifica.

4.2.2. Equipamentos de controlo de luminosidade – Dimmers

Análise energética

O controlo da iluminação artificial num edifício tem como finalidade maximizar o aproveitamento da iluminação natural, necessitando apenas de sensores de iluminação e presença nos espaços. Estes detectam a presença da potência de iluminação do espaço, comparando-a com a pré-definição, caso não seja satisfeita pela iluminação natural é accionada a iluminação artificial.

O *software* TRACE 700 possui um algoritmo que permite a inclusão do conceito de iluminação natural no edifício, criando em cada espaço uma variável denominada *daylight factor*, definida pela razão entre a luminância interior e a luminância exterior horizontal.

Esta variável, permite ao *software* atribuir a cada espaço um rácio de necessidades de luminância num perfil horário, atribuindo sempre que necessário a potência eléctrica da iluminação artificial contabilizando essa energia eléctrica para os consumos do edifício e da respectiva carga térmica do espaço.

Definido no *software* a alternativa que contabiliza a iluminação natural, apresenta-se os resultados obtidos (tabela 4.13), tendo como base comparativa a alternativa apresentada no subcapítulo anterior, denominada por selecção *default* dos equipamentos de tratamento ambiente com recuperação de calor.

Tabela 4.13 – Consumo global do edifício (*dimmers*)

	Base	<i>dimmer</i>	
Aquecimento Eléctrico	0.25	0.25	kgep/m ² .ano
Aquecimento Gás	0.34	0.39	
Arrefecimento	4.18	3.72	
Iluminação	15.61	12.95	
Ventilação	4.64	4.34	
Bombas	1.42	1.41	
IEE _{nominal}	44.25	40.83	
Consumo	1008.2	927.9	tep/ano
Energia total	208.0	195.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1210	1113.5	ton.CO ₂ equi./ano
Classe Energética	B-	B	

O local de implementação destes dispositivos está confinado aos compartimentos que comunicam com a envolvente transparente, ou seja, que recebem luz natural no seu espaço. Dos resultados obtidos, conclui-se que com o recurso a *dimmers*, existe uma diminuição considerável no consumo nominal global de energia primária, onde o grande contributo para esta redução vem por parte da diminuição dos consumos de iluminação.

Com a redução da intensidade luminosa artificial, consequentemente provoca uma redução dos ganhos internos na estação de Verão, o que se traduz numa redução das necessidades de arrefecimento. Esta mesma redução na estação de Inverno, traduz-se num aumento das necessidades de aquecimento, pois os ganhos internos são menores.

O consumo dos equipamentos de ventilação dos sistemas de AVAC diminui, devido às razões apresentadas anteriormente, pois a redução de necessidade de arrefecimento é superior ao aumento das necessidades de aquecimento, o que implicam que haja uma menor necessidade de ventilação.

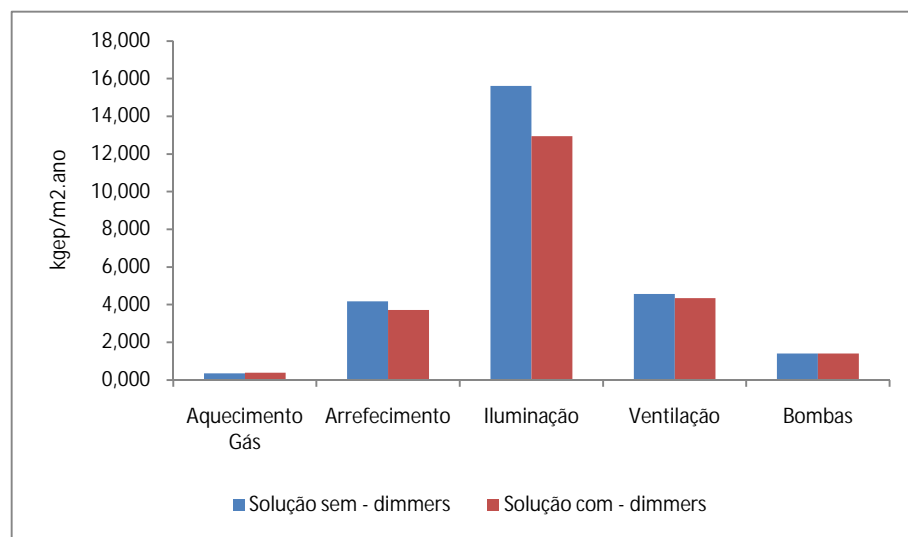


Figura 4.7 - Influência dos controladores de luminosidade - *dimmers*

Na figura 4.7, representam-se os resultados da tabela 4.13, de forma a tornar-se mais perceptível a diferença de consumos recorrendo à utilização de sistemas de controlo de luminosidade – *dimmers*.

Análise económica

Na tabela 4.14 será apresentado o custo energético anual.

Tabela 4.14 - - Custo energético global (*dimmers*)

		Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total [€/ano]	Poupança de custos [€/ano]
		MWh/ano	€/ano		
Base	Electricidade	3084.33	256677.18	298086.72	-
	Gás Natural	1322.03	41409.54		
<i>dimmers</i>	Electricidade	2804.33	236760.54	278506.91	19579.81
	Gás Natural	1333.53	41746.37		

Como se pode constatar na tabela 4.14, a implementação de sistemas de controlo de iluminação artificial, traduz-se numa redução da factura energética anual na ordem dos 7%. O contributo para esta descida advém do consumo eléctrico, cuja factura anual deste reduz consideravelmente, devido ao menor consumo eléctrico existente no edifício com recurso a esta tecnologia.

Tabela 4.15 - Período de retorno do investimento (*dimmers*)

	Custo do Equipamento	Quantidade	Total	PRI
	€/unid.	Unid.	€	Anos
<i>dimmers</i>	100.0	250	25000.0	1.3

Relativamente ao período de retorno de investimento desta solução, como se pode constatar na tabela 4.15 está-se perante uma tecnologia cujo retorno de investimento da mesma se efectua num curto espaço de tempo. De notar que o preço unitário enunciado é um preço médio assumido após consulta de vários preçários de distintos fabricantes.

4.2.3. Chillers

Análise energética

O processo de produção de água fria, para alimenta o das baterias das unidades de tratamento de ar e dos ventilo-convectores,   assegurado por unidades designadas por *Chillers*.

Um *chiller*   constituído por um compressor, um evaporador e um condensador, bem como todos os componentes auxiliares necessários, nomeadamente as bombas e os ventiladores. O condensador pode ser arrefecido por ar - *chillers* de arrefecimento a ar, ou por água - *chillers* de arrefecimento a  gua. Os *chillers* de arrefecimento a água são mais eficientes mas necessitam de uma torre de refrigera o para arrefecer a água utilizada no condensador.

Vai-se recorrer a estes dois tipos distintos de *chillers* (ar-ar e ar-água), para avaliar-se a influência destes nos consumos globais de energia do edifício.

As principais características dos *chillers* utilizados estão descritas na tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Características dos *Chillers* utilizados

Modelo	Quantidade	Tipo	<i>Chillers</i> - TRANE	Potência de Frio [kW]	<i>COP</i>
Base	2	Ar	RTAA	≈ 1000.0	3.2
Alternativa 1	2	Ar	RTAC - Std eff	972.2	2.9
Alternativa 2	2	�gua	RTHD - Prem Eff	941.0	6.1
Alternativa 3	2	�gua	CVHE	900.0	6.5

Definido no *software*, os *chillers* a utilizar nas distintas alternativas, contabiliza a influência que estes apresentam, tendo como base comparativa os sistemas de tratamento ambiente de selec o final com recupera o de calor.

Tabela 4.17 - Consumo global do edifício (*chillers*)

	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Aquecimento Eléctrico	0.265	0.265	0.265	0.265	kgep/m ² .ano
Aquecimento Gás	0.440	0.441	0.441	0.441	
Arrefecimento	4.385	4.478	4.048	3.920	
Ventila�o	2.791	2.777	2.794	2.799	
Bombas	1.491	1.431	1.342	1.391	
IEE _{nominal}	42.79	42.91	42.78	42.33	
Consumo	966.9	969.9	955.0	952.2	tep/ano
Energia total	202.0	203.0	200.0	200.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1160.3	1163.9	1146.0	1142.7	ton.CO ₂ equi./ano
Classe Energética	B	B	B	B	

O consumo eléctrico subjacente aos *chiller* ar-água contabiliza os consumos do compressor, dos ventiladores da torre de condensação, das bombas de condensados (água), bem como dos demais acessórios, nomeadamente os painéis de controlo.

Dos resultados apresentados na tabela 4.17, tal como seria expectável, os *chillers* a água apresentam um consumo eléctrico menor face aos de ar, isto porque apresentam um *COP* mais elevado.

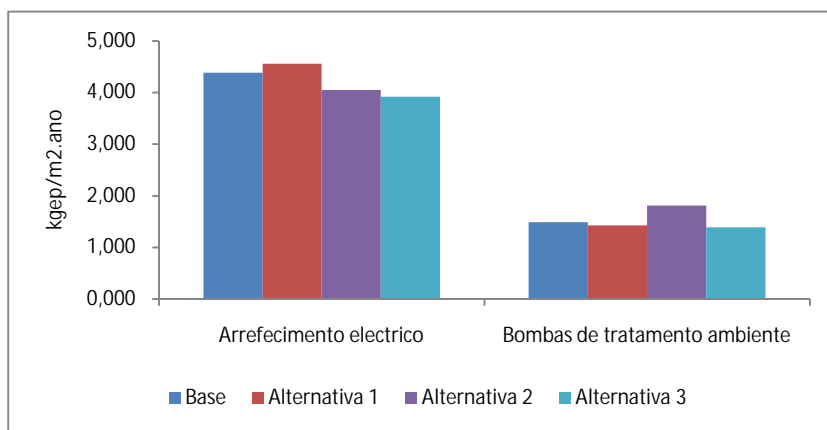


Figura 4.8 - Influência dos equipamentos de arrefecimento (*Chillers*) nos consumos globais

Da figura 4.8, constata-se que a principal diferença entre os *chillers* testados reside no consumo eléctrico de cada um destes, bem como no consumo dos sistemas de bombagem, que variam entre as soluções testadas.

Análise económica

Na tabela 4.18 será apresentado o custo energético anual.

Tabela 4.18 - Custo energético global (*Chillers*)

		Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total [€/ano]	Poupança de custos [€/ano]
		MWh/ano	€/ano		
Base	Electricidade	2935.07	246060.29	288157.03	-
	Gás Natural	1345.49	42096.74		
Alternativa 1	Electricidade	2899.60	243537.37	285643.78	2513.25
	Gás Natural	1345.82	42106.41		
Alternativa 2	Electricidade	2894.08	243144.37	285250.78	2906.25
	Gás Natural	1345.82	42106.41		
Alternativa 3	Electricidade	2877.10	241936.92	284043.33	4113.70
	Gás Natural	1345.82	42106.41		

Como se pode constatar na tabela 4.18, caso se opte por alterar os equipamentos por alguns dos acima testados, pode traduzir-se numa redução da factura energética anual na ordem dos 1-2%. O contributo para este decréscimo advém da descida em algumas alternativas do consumo eléctrico, isto é, devido à redução do consumo eléctrico dos equipamentos de arrefecimento (*Chillers*).

4.2.4. Caldeiras

Análise energética

O processo de produção de água quente, para alimentação das baterias das unidades de tratamento de ar e ventilo-convectores é assegurado por unidades designadas por caldeiras, bem como para a produção de AQS.

As caldeiras utilizadas para avaliação da influência destas nos consumos globais de energia do edifício, dividem-se em duas categorias, com e sem recuperação de condensados. Nesta avaliação também será testada uma caldeira a biomassa (combustível *Pellets*).

As principais características das caldeiras utilizadas estão descritas na tabela 4.19.

Tabela 4.19 - Características das Caldeiras utilizadas

Alternativa	Caldeira	Modelo	Combustível	Potência [kW]	η [%]	Quantidade
<i>default</i>	Sem condensados	-	Gás	≈ 800	83.3	2
1	Com condensados	-	Gás	720	96	2
2	Com condensados	-	Gás	≈ 800	106	2
3	Biomassa	Osaka 800	<i>Pellets</i>	800	89	2
		Osaka 180		180	89	1

Na tabela 4.19 apresenta-se uma caldeira com rendimento superior a 100%, onde a questão da percentagem ser superior a 100%, é indicada pelos distintos fabricantes deste tipo de equipamento.

O facto de os gases apresentarem dois tipos de poderes caloríficos, o superior e o inferior (PCI e PCS). O superior usa-se em caldeiras de condensação que aproveitam os gases de combustão e o inferior nos aparelhos convencionais, tipo esquentador. Acontece que como o rendimento é a razão entre a energia útil e a energia utilizada, se usar o poder calorífico inferior no cálculo de uma caldeira de condensação é possível obter-se rendimentos teóricos superiores a 100%.

No caso das caldeiras a biomassa, atendendo ao facto de o modelo OSAKA 800 estar limitado a uma potência mínima de entrada em funcionamento de 150kW, o que implicaria que no caso de a demanda térmica de aquecimento ser inferior a este valor, o sistema convencional

(caldeira a gás) entraria em funcionamento. De forma a atenuar a entrada em funcionamento do sistema convencional, optou-se pela introdução de mais uma caldeira a biomassa OSAKA 180 que apresenta uma potência mínima de 40kW.

Inseridas as características das caldeiras pretendidas no *software* de simulação, contabiliza-se a influência que estas apresentam, tendo como base comparativa o modelo em que se implementou os sistemas de tratamento ambiente de selecção final com recuperação de calor.

Tabela 4.20 - Consumo global do edifício (Caldeiras)

	default	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Aquecimento Eléctrico	0.265	0.27	0.27	0.56	kgep/m ² .ano
Aquecimento Gás	0.440	0.38	0.35	-	
Arrefecimento	4.385	4.36	4.36	4.36	
Ventilação	2.791	2.76	2.75	2.81	
Bombas	1.491	1.11	0.32	0.43	
Água Quente Sanitária (Gás)	2.58	2.23	2.02	-	
IEE _{nominal}	42.79	41.84	40.73	38.98	
Consumo	966.9	944.8	916.9	879.1	tep/ano
Energia total	202.0	194.0	187.0	196.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1160.3	1133.8	1100.3	1062.5	ton.CO ₂ equi./ano
Classe Energética	B	B	B	A	

Dos resultados apresentados na tabela 4.20, o recurso a caldeiras a gás de condensação levam a uma diminuição dos consumos globais do edifício, devido ao melhor rendimento que estas apresentam comparativamente com caldeiras convencionais sem condensados.

Relativamente à caldeira de biomassa, esta representa uma notável redução nas emissões de CO₂, pois a quantidade de CO₂ emitida na combustão da biomassa é idêntica à captada pela planta durante o seu crescimento.

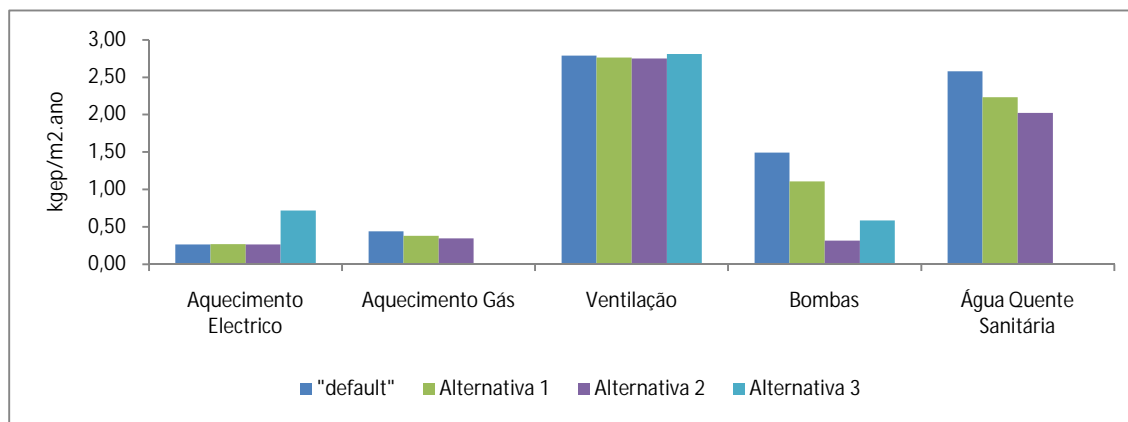


Figura 4.9 - Influência dos equipamentos de aquecimento nos consumos do edifício

Da figura 4.9, constata-se a existência de diferenças substanciais entre os equipamentos testados.

A nível de consumos eléctricos dos equipamentos de aquecimento, a diferença entre estes deve-se aos dispositivos de comando e controlo variarem entre cada equipamento. As caldeiras a biomassa, devido aos equipamentos aliados a esta, como por exemplo o motor eléctrico associado ao parafuso sem fim para alimentação da caldeira, apresentam um consumo eléctrico que tipicamente ronda 1% da potência máxima da caldeira.

Os consumos de aquecimento de gás e as necessidades para o AQS, dependem directamente do rendimento da caldeira em causa, onde se destaca que a caldeira a biomassa apresente um consumo nominal de energia primária nula, visto que para este tipo de combustível se considerar um factor de conversão nulo (Tabela 1 do Despacho n.º 17313/2008).

Como se pode verificar na tabela 4.20, o recurso a uma caldeira a biomassa no presente edifício em causa, apresenta um salto qualitativo na classificação energética do edifício.

Assim sendo, importa conhecer-se, a nível de custos energéticos, se o recurso a esta caldeira apresenta-se como uma solução viável ou não, tal como será demonstrado no subcapítulo seguinte.

Análise económica

Na tabela 4.21, apresentam-se os valores correspondentes ao custo energético anual de cada solução apresentada.

Tabela 4.21 – Custo energético anual (caldeiras)

		Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total [€/ano]	Poupança de custos [€/ano]
		MWh/ano	€/ano		
Base	Electricidade	2935.07	246060.29	288157.03	-
	Gás Natural	1345.49	42096.74		
Alternativa 1	Electricidade	2894.88	243201.67	281753.10	6403.93
	Gás Natural	1224.44	38551.43		
Alternativa 2	Electricidade	2820.53	237912.89	274294.27	13862.76
	Gás Natural	1150.35	36381.38		
Alternativa 3 (Biomassa)	Electricidade	2878.24	242017.66	285192.37	2964.66
	<i>Pellets</i>	695.81	23193.68		
	Gás Natural	590.404	19981.03		

*O cálculo do custo energético anual apresentado na tabela 4.21 para as *pellets*, baseou-se no valor do produto calorífico inferior de 4.8 kWh/kg. Pressupondo-se que devido aos consumos do edifício se considerar como um grande consumidor desta matéria, que o fornecimento das *pellets* será a 0.16 €/kg (0.0333 €/kWh).

Como se pode verificar, o uso da biomassa em termos de preço é ainda no presente menos rentável do que outras fontes de energia mais poluidoras, tais como os combustíveis fósseis (por exemplo Gás Natural – 0.029289 €/kWh mais termo fixo mensal).

4.2.5. Recuperações para AQS (Chiller)

Análise energética

Consultando-se o ponto 2 do Artigo 32º, do Capítulo V do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, verifica-se a obrigatoriedade da instalação de painéis solares para aquecimento de águas sanitárias nas novas construções, caso não haja justificação em contrário para a utilização dos mesmos.

Assim sendo, uma avaliação plausível de se efectuar antes de se recorrer ao uso dos colectores solares térmicos, é analisar o contributo que o calor de rejeição dos condensados por parte do *chiller*, pode apresentar para o contributo do AQS, ou seja, caso o *chiller* esteja munido de uma unidade de recuperação de calor, verificar qual o contributo deste para o AQS.

Tabela 4.22 - Consumo global do edifício (Chillers com recuperação de calor para AQS)

	<i>Chiller 1</i>	<i>Chiller 2</i>	<i>Chiller 3</i>	
Arrefecimento	5.365	4.402	4.759	kgep/m ² .ano
Ventilação	2.749	2.780	2.767	
Bombas	1.386	1.424	1.379	
Água Quente Sanitária	0.60	0.62	0.51	
IEE _{nominal}	41.64	40.77	40.96	
Consumo	950.7	923.4	930.8	tep/ano
Energia total	183.0	179.0	179.0	kWh/m ² .ano
Emissões de GEE	1140.8	1108.5	1117.0	ton.CO ₂ equi./ano
Classe Energética	B	B	B	

Dos resultados apresentados na tabela 4.22, convém fazer-se a ponte entre estes e os obtidos nas simulações efectuadas aos *chillers* sem recuperação para AQS (tabela 4.17).

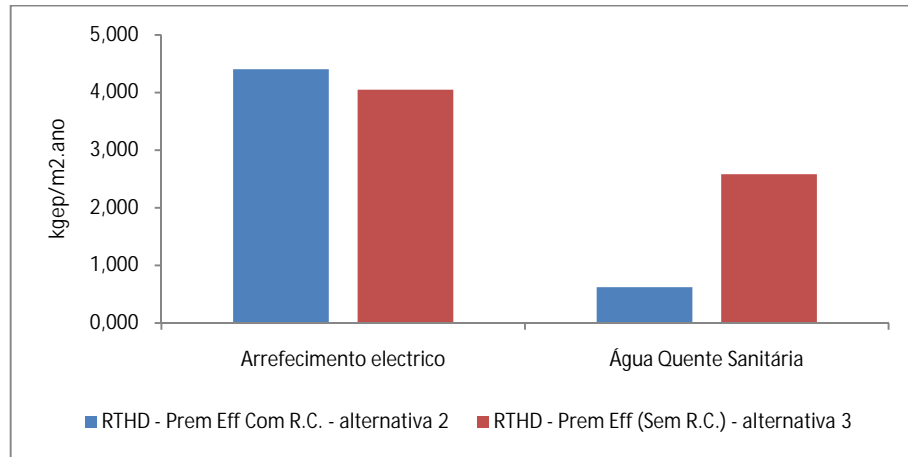


Figura 4.10 - Comparação entre aos Chillers

Da análise da figura 4.10, tomando como exemplo o *chiller* a água – RTHD, verifica-se que recorrendo à recuperação de calor da rejeição dos condensados do *chiller*, que como seria esperado há um aumento do consumo eléctrico por parte deste, mas por conseguinte, devido ao contributo para o AQS, há uma significativa redução dos consumos nominais para aquecimento de águas sanitárias.

Ilustra-se na figura 4.11 as diferenças de consumos associadas aos diferentes *chillers* testados.

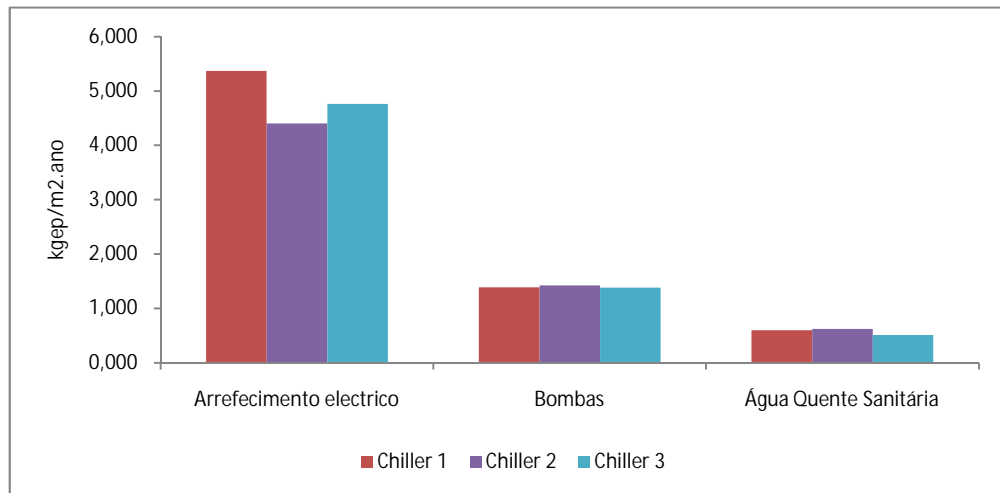


Figura 4.11 - Influência dos equipamentos de arrefecimento (*Chillers* com recuperação para AQS)

Uma questão muito importante na correcta análise do contributo deste equipamento para o AQS, tem a ver com a temperatura a que os condensados são rejeitados pelo *chiller*, pois a temperatura considerada para AQS é de 60°C.

No presente caso, assumiu-se como pressuposto que os *chillers* testados estavam equipados com unidade de recuperação de calor, bem como a temperatura a que estes eram rejeitados pelo *chiller* era de 60°C.

Definidos os pressupostos do modo de funcionamento deste equipamento, a figura seguinte ilustra a energia fornecida pelos mesmos, tendo como referência o perfil de necessidades de AQS do edifício em estudo.

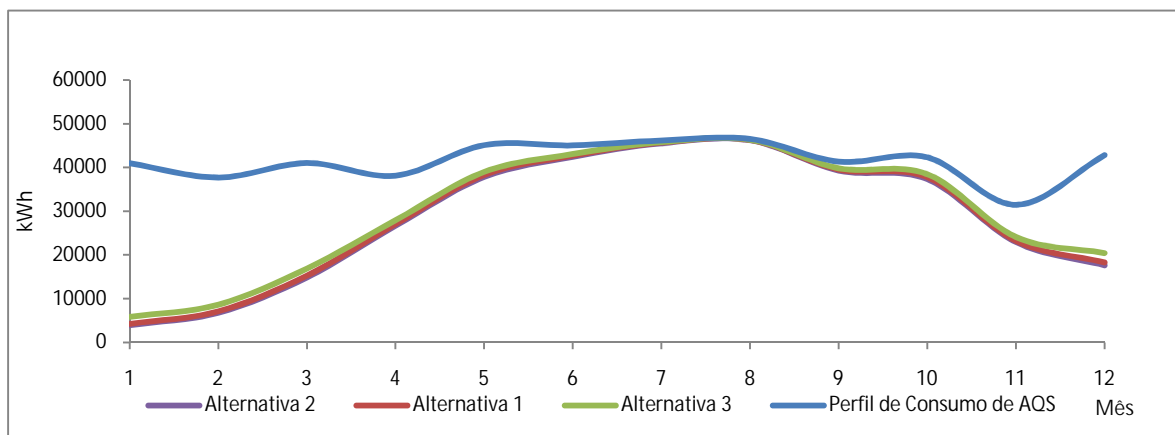


Figura 4.12 - Perfil das necessidades energéticas para AQS supridas por estes sistemas

Como se pode observar na figura 4.12, o maior contributo deste equipamento para a satisfação das necessidades de AQS dá-se na estação de arrefecimento (Verão), pois é nesta altura do ano que os *chillers* estão constantemente em funcionamento (alimentação das baterias de frio).

Análise económica

Na tabela 4.23, apresentam-se os valores correspondentes ao custo energético anual de cada solução testada.

Tabela 4.23 - Custo energético anual (Chillers com recuperação de calor para AQS)

		Consumo Energético Anual	Custo energético anual	Total [€/ano]	Poupança de custos [€/ano]
		MWh/ano	€/ano		
Base	Electricidade	3024.29 (2937.99)	25406.97 (246267.80)	280181.14 (288374.21)	8193.07
	Gás Natural	856.48 (1345.82)	27774.17 (42106.41)		
Alternativa 1	Electricidade	2954.619 (2899.60)	247450.92 (243537.37)	274593.31 (285643.78)	11050.47
	Gás Natural	834.91 (1345.82)	27142.39 (42106.41)		
Alternativa 2	Electricidade	2845.588 (2812.79)	239695.44 (237362.34)	267655.72 (279468.76)	11813.04
	Gás Natural	862.836 (1345.82)	27960.28 (42106.41)		
Alternativa 3	Electricidade	2961.885 (2877.10)	247967.76 (241936.92)	275128.48 (284043.33)	8914.85
	Gás Natural	835.537 (1345.82)	27160.72 (42106.41)		

Na tabela 4.23, os valores evidenciados entre parêntesis pertencem aos custos energéticos do edifício com recurso a *chillers* sem recuperação de calor para AQS.

Comparando estas duas soluções, verifica-se que com recurso a *chillers* com recuperação de calor para AQS, o custo eléctrico anual acresce entre 1-2.5% face aos mesmos sistemas, mas sem recuperação de calor. Por conseguinte, o custo de gás apresenta um decréscimo na ordem dos 30%, pois o sistema com recuperação de calor para AQS satisfaz grande parte nas necessidades de aquecimento das AQS, o que se traduz numa redução significativa do gás, pois este aquecimento era produzido por uma caldeira a gás.

4.3. Contribuição de diferentes Fontes Renováveis de Energia para o melhoramento do índice de eficiência energética.

No presente subcapítulo será dado destaque ao contributo das energias renováveis, ao nível do contributo energético e da viabilidade económica de implementação de tais sistemas, onde se destacará o contributo do solar térmico e fotovoltaico.

4.3.1. Solar térmico

Análise energética

Consultando-se o ponto 2 do Artigo 32º, do Capítulo V do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, verifica-se a obrigatoriedade da instalação de painéis solares para aquecimento de águas sanitárias nas novas construções, ampliações, ou grandes reabilitações de edifícios que utilizem águas quentes sanitárias (AQS). Visto que o edifício do caso em estudo ser um novo edifício de serviços, terão de ser instalados painéis solares para contribuição do AQS, caso não haja justificação em contrário para a utilização dos mesmos.

O recurso aos painéis solares, para o caso prático em estudo, tem como finalidade a produção de água quente sanitária e aquecimento da água da piscina, sendo que desta forma os painéis solares mais indicados serão os de placa plana, uma vez que apresentam um bom rendimento para um ΔT ($T_{\text{água}} - T_{\text{ambiente}}$) de 45°C (figura 4.13).

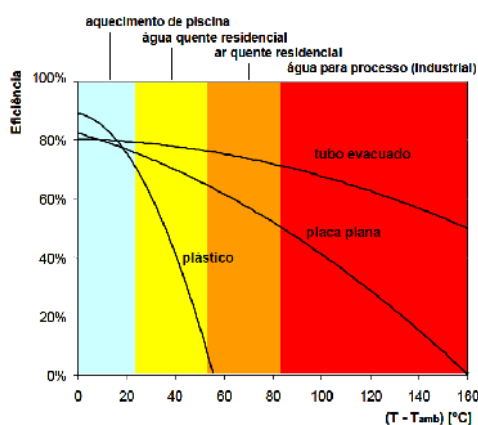


Figura 4.13 – Rendimento dos diferentes tipos de colectores solares

Assim sendo, no caso prático em estudo, o colector solar utilizado para análise da contribuição destes tipo de equipamentos para AQS, é do tipo placa plana onde se optou por um modelo de referência, em que importa referir algumas características deste, como por exemplo, apresenta um rendimento óptico de 0.74, uma área de captação de 2m², e características térmicas (coeficiente de perdas térmicas $a_1=3.9 \text{ w/m}^2/\text{k}$ e $a_2=0.013 \text{ w/m}^2/\text{k}^2$).

A orienta o dos colectores definida no *software* de simula o utilizado, SOLTERM,   virada a Sul, com uma inclina o de 32 .

Outro parâmetro que   necessário definir-se,   a capacidade de armazenamento mínima de AQS, onde para a tipologia em causa, esta capacidade de armazenamento varia entre 60 e 90 litros por m² de área de capta o, para uma utiliza o de AQS a 60  (ponto 2.2 do Anexo VI do RCCTE).

Os depósitos de armazenamento, utilizados para efeitos de cálculo, apresentam um permutador de calor interno do tipo serpentina com uma eficiência de 55%, estando estes depósitos localizados numa zona interior do edifício ( rea técnica), dispostos na vertical.

Na tabela 4.24, serão apresentados os valores obtidos para as distintas simula es efectuadas, recorrendo-se ao *software* SOLTERM (ver Anexo F).

Tabela 4.24 – Contributo dos Colectores Solares Térmicos

N� de Colectores	-	1	10	25	50	100	150	250	350	450	550	650	
�rea de Capta�o [m ²]	-	2	20	50	100	200	300	500	700	900	1100	1300	
Depósito de Armazenamento [Litros]	Mínimo		120	1200	3000	6000	12000	18000	30000	42000	54000	66000	78000
	Máximo		180	1800	4500	9000	18000	27000	45000	63000	81000	99000	117000
Frac�o Solar	AQS	-	0.007	0.188	0.218	0.265	0.375	0.474	0.641	0.757	0.823	0.867	0.896
	AQ - Piscina	-	0.004	0.000	0.028	0.150	0.324	0.476	0.743	0.863	0.922	0.949	0.968
	Ponderado	-	0.006	0.150	0.180	0.242	0.365	0.474	0.662	0.778	0.843	0.884	0.911
	Meses de Desperdício	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jul- Ago	Mar- Set	Mar- Out
Consumos do Edifício [Kgep/m ² .ano]	IEE _{nominal}	44.25	44.23	43.77	43.67	43.47	43.07	42.72	42.11	41.73	41.52	41.39	41.31
	AQ – Piscina	0.66	0.65	0.66	0.64	0.56	0.44	0.34	0.17	0.09	0.05	0.03	0.02
	AQS	2.58	2.56	2.10	2.02	1.90	1.61	1.36	0.93	0.63	0.46	0.34	0.27
Classifica�o Energética	B ⁺	B ⁺	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Consoante a área de capta o dos painéis solares utilizada para AQS e AQ da piscina, na tabela anterior verifica-se o contributo que esta apresenta para a redu o dos consumos globais do edifício, a nível de consumos globais.

Como se constata na tabela 4.24, há um limite de área de capta o para a qual a partir dessa existe desperdício de energia em certos meses do ano.

Seguidamente ilustra-se a figura 4.14, onde se pretende demonstrar a influência da área de captação dos painéis solares térmicos para a redução dos consumos globais do edifício.

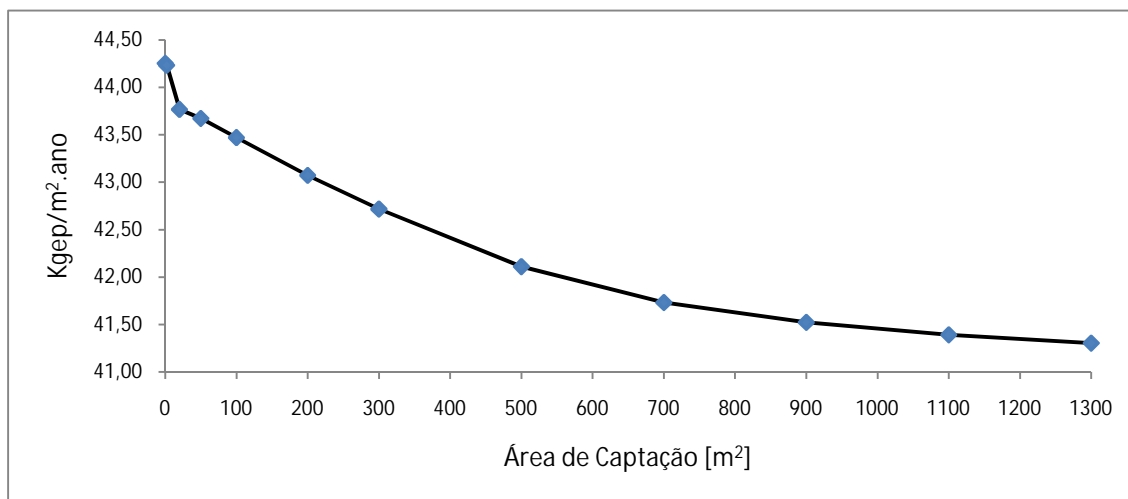


Figura 4.14 - Influência da área de captação para a redução dos consumos globais do edifício

Da figura 4.14 verifica-se que com o recurso a esta tecnologia, para uma área de captação entre os 20m² e os 700m², o contributo destes para a diminuição dos consumos globais do edifício reflectem-se de uma forma quase linear. A partir dos 700m² de área de captação, o contributo destes começa a não se reflectir de uma forma tão acentuada, mas sim a tender para um valor constante pois os desperdícios de energia já começam a apresentar um peso significativo.

O intuito com o qual se realizou os testes em função da área, tem que ver com o facto de se ter uma sensibilidade do possível contributo destes para a redução dos consumos globais do edifício.

Na prática, a implementação de um sistema deste tipo com uma elevada área de captação, torna-se praticamente inviável a nível de infra-estruturas (área disponível para alocação dos equipamentos), bem como a nível arquitectónico, pois no empreendimento Hoteleiro em estudo a área disponível para alocação destes equipamentos é algo limitada, o que levaria a implementação destes num terreno anexo ao empreendimento.

No subcapítulo seguinte, será apresentado o estudo de viabilidade económica da utilização destes equipamentos.

Análise económica

Após a obtenção dos perfis energéticos mensais para cada uma das soluções apresentadas, é necessário verificar-se a viabilidade económica de cada uma destas.

Assumindo-se que a produção dos painéis solares térmicos se efectua anualmente no período das 8h às 19h, e sabendo a energia produzida por estes para cada uma das soluções testadas (ver anexo F), bem como tendo presente os valores da tarifa de gás (Capítulo 3.1.9), determina-se o período de investimento para cada caso.

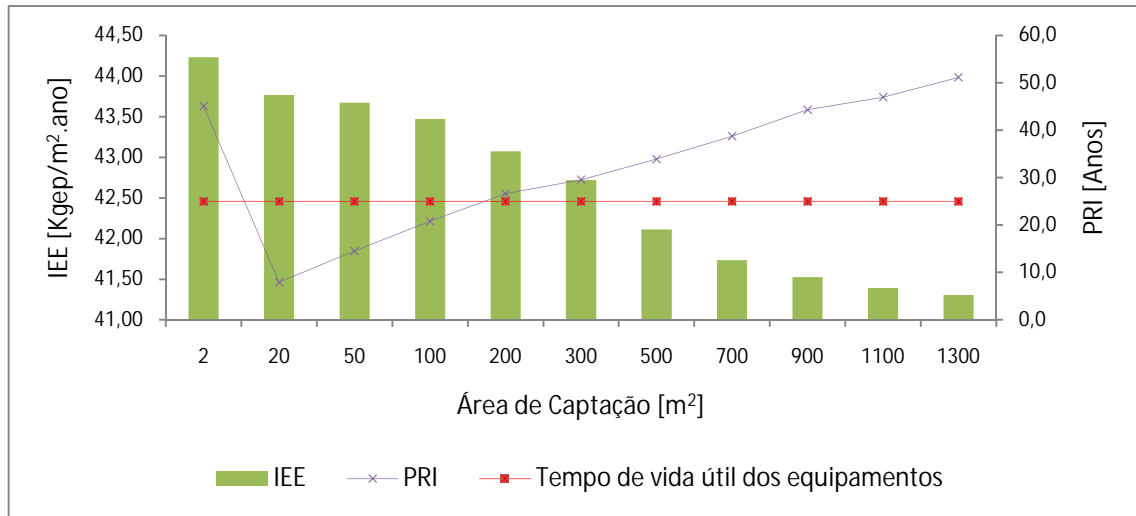


Figura 4.15 - Período de retorno de investimento dos painéis solares térmicos

Da figura 4.15 verifica-se que para o edifício em estudo, recorrendo-se a uma área de captação superior a 200m², o sistema já não se considera economicamente viável, pois o período de retorno de investimento é superior ao tempo de vida útil dos equipamentos.

Convém referir que o critério de selecção deste tipo de equipamento não pode ser só efectuado com base numa avaliação económica, convém ter-se em conta a contribuição energética que este tipo de equipamento apresenta para cada uma das situações em análise.

No presente caso de estudo em análise, a contribuição deste tipo de equipamentos para a combinação das diversas soluções, pode ser observada no subcapítulo 4.4.

Relativamente ao facto de só se utilizar um painel solar térmico, o elevado custo de instalação deste e face o reduzido contributo para AQS e AQ da piscina, torna inviável esta situação.

4.3.2. Solar fotovoltaico

Análise energética

Consultando-se o ponto 2 do Artigo 32º, do Capitulo V do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, verifica-se a indicação na alínea d) para a análise da contribuição de sistemas autónomos, como por exemplo o solar fotovoltaico.

Este tipo de sistema, apesar do investimento inicial elevado, é ecologicamente limpo, com uma vida útil longa e não requerem grandes cuidados a nível de manutenção.

Para o contributo desta tecnologia no edifício em causa, a análise será efectuada em função da potência máxima de pico da instalação fotovoltaica a utilizar, onde será testado o contributo de três distintos tipos de painéis, tais como os de Silício amorfo, os de Silício policristalino e os de integração nas fachadas (BiPV).

Para se obter uma estimativa da energia produzida pelas soluções propostas (ver anexo G), recorreu-se ao *software* PV-SOL, sendo que este *software* permite obter estimativas mensais da energia produzida para cada uma das alternativas. Todavia, convém referir que seria expectável que esta análise fosse efectuada com recurso ao SOLTERM, no entanto tal não se sucedeu, devido à pouca variedade de modelos na livraria deste *software* sobre os inversores, visto que esta informação no *software* PV-SOL apresentava-se mais completa neste aspecto, decidiu-se pelo recurso a este.

O *software* requer uma correcta definição do local do edifício, bem como do tipo de equipamentos a testar e a inclinação que estes devem apresentar.

Seguidamente será apresentado o contributo desta tecnologia para a redução dos consumos energéticos do edifício, em função da área de captação e da potência de pico da instalação.

- Painéis de Silício amorfo: As características do modelo utilizado (alfa Solar Signet 85.A2) podem ser consultadas no CD Anexo. Dos distintos testes realizados obteve-se os seguintes resultados apresentados na tabela 4.25, bem como na figura 4.16.

Tabela 4.25 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de silício amorfo

Potência de Pico [kWp]	-	3.68	10	20	30	100	150
Área de captação [m ²]	-	62.92	171.6	343.2	500.5	1716	2516.8
Número de módulos	-	44	120	240	350	1200	1760
Energia produzida [kWh/ano]	-	6632.44	18264.32	35852.37	53002.40	185799.85	268232.01
IEE _{nominal}	44.25	44.16	44.00	43.76	43.53	41.71	40.58

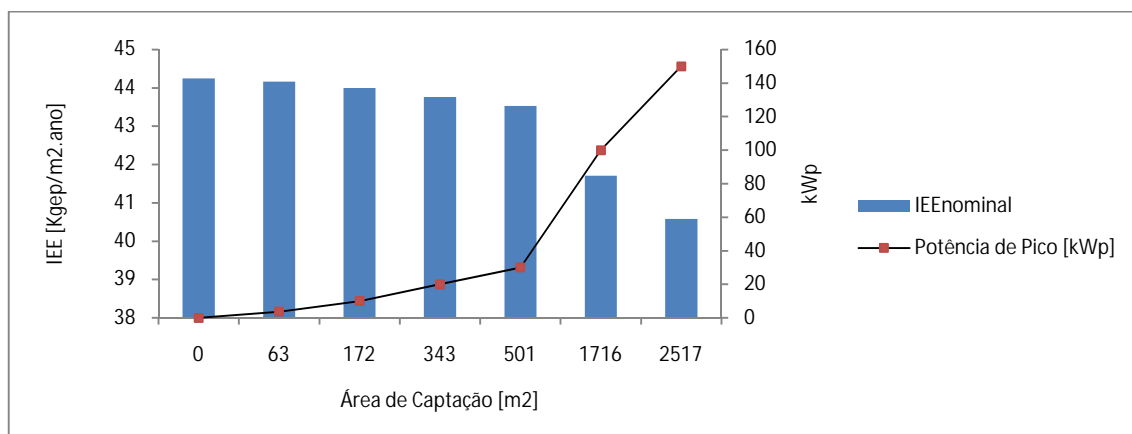


Figura 4.16 - Contributo dos painéis solares de silício amorfo para a redução dos consumos globais do edifício

- Painéis de Silício poli-cristalino: As características do modelo utilizado (alfa Solar Pyramid 60 - 222) podem ser consultadas no CD Anexo. Dos distintos testes realizados obteve-se os seguintes resultados apresentados na tabela 4.26 e na figura 4.17.

Tabela 4.26 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de silício poli-cristalino

Potência de Pico [kWp]	-	3.68	10	20	50	100	150
Área de captação [m ²]	-	28.81	76.81	147.23	368.06	736.13	1088.19
Número de módulos	-	18	48	92	230	460	680
Energia produzida [kWh/ano]	-	6912.538	18882.908	34806.434	88973.859	181954.315	269767.416
IEE _{nominal}	44.25	44.16	43.99	43.78	43.04	41.76	40.56

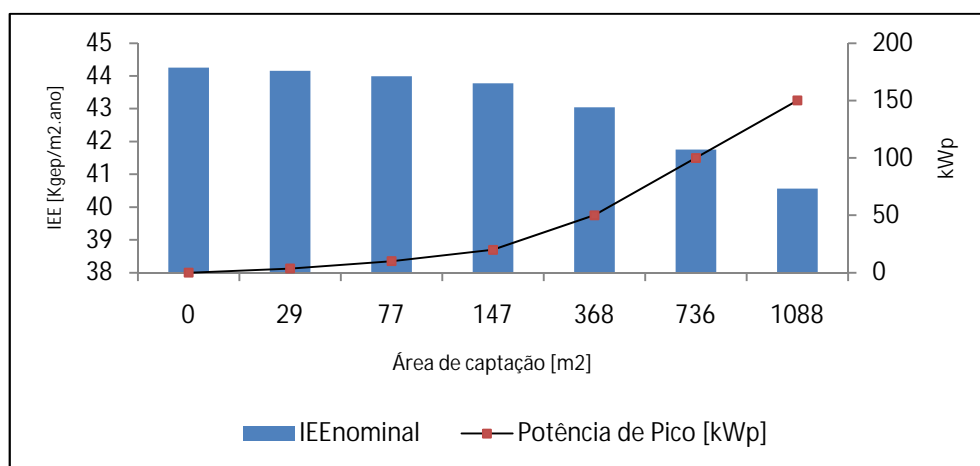


Figura 4.17 - Contributo dos painéis solares de silício poli-cristalino para a redução dos consumos globais do edifício

- Painéis de integração nas fachadas - BiPV As características do modelo utilizado (alfa Solar Signet 85.A2) podem ser consultadas no CD Anexo. Dos distintos testes realizados obteve-se os seguintes resultados apresentados na tabela 4.27 e na figura 4.18.

Tabela 4.27 - Contributo dos painéis solares fotovoltaicos de integração nas fachadas (BiPV)

Potência de Pico [kWp]	-	3.68	10	20
Área de captação [m ²]	-	62.92	171.6	343.2
Número de módulos	-	44	120	240
Energia produzida [kWh/ano]	-	4275.045	10810.552	21625.084
IEE _{nominal}	44.25	44.19	44.10	43.96

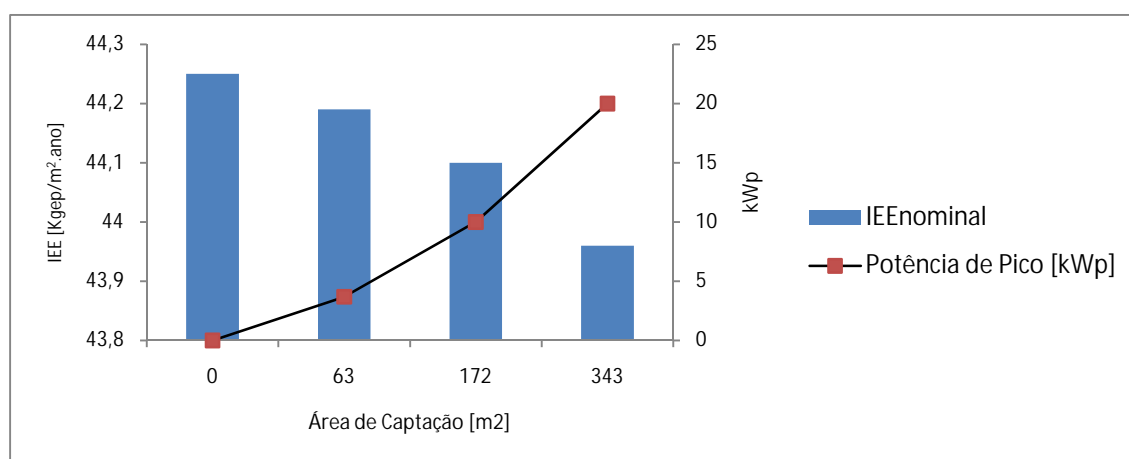


Figura 4.18 - Contributo dos painéis solares de silício amorfo (BiPV) para a redução dos consumos globais do edifício

Dos resultados obtidos para os três tipos de painéis fotovoltaicos testados, conclui-se que para a mesma potência de pico, a energia anual produzida pelos painéis de silício amorfo e pelos de silício poli-cristalino é muito semelhante entre ambos, o que se reflecte numa diminuição dos consumos globais do edifício de uma forma muito semelhante.

Embora estes dois tipos distintos de painéis, para a mesma potência de pico, tenham uma produção de energia anual muito semelhante, o que penaliza os painéis de silício amorfo é que para estes produzirem a mesma quantidade de energia do que a produzida pelos de silício poli-cristalino, necessitam sensivelmente de mais do dobro da área de captação.

Relativamente aos painéis fotovoltaicos integrados nas fachadas – BiPV, constata-se que estes, comparativamente com os painéis de silício amorfo, apresentam uma significativa redução na produção de energia anual.

A causa para tal tem que ver com o facto de os módulos BiPV estarem dispostos na vertical (90° com a horizontal), o que prejudica em muito a produção destes, pois como regra comum

a inclinação do painel deve ser semelhante à latitude do local, que neste caso é de 37°16, menos 5° (≈32°).

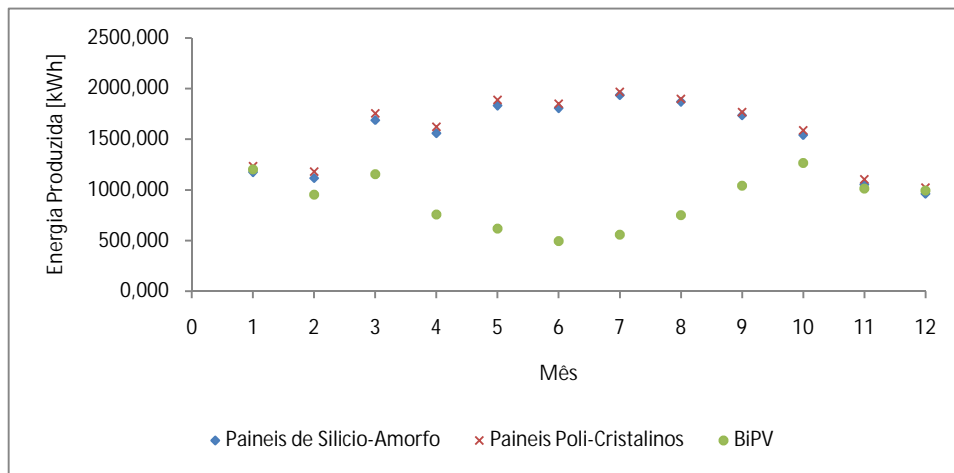


Figura 4.19 - Energia produzida por cada instalação fotovoltaica para uma potência de pico de 10kWp

Da figura 4.19, verifica-se que a produção dos painéis de silício amorfo dispostos na cobertura do edifício virados a sul com uma inclinação de 30°, apresenta uma melhor produção de energia, todavia, curiosamente os BiPV nos meses de Janeiro, Novembro e Dezembro apresentam uma produção muito semelhantes a dos outros painéis, visto nestes meses o Sol apresentar uma altura solar “baixa/mínima”.

Na prática a implementação de um sistema deste tipo com uma elevada área de captação, tal como enunciado para os sistemas solares térmicos, torna-se praticamente inviável a nível de infra-estruturas (área disponível para alocação dos equipamentos), bem como a nível arquitectónico.

No subcapítulo seguinte, será apresentado o estudo de viabilidade económica da utilização destes equipamentos.

Análise económica

No Decreto-Lei n.º 225/2007 de 31 de Maio, verifica-se uma aposta por parte do estado português, nas centrais fotovoltaicas. Esta aposta traduz-se na criação de uma tarifa especial para este tipo de centrais tornando, deste modo, mais atractivos os possíveis investimentos neste tipo de tecnologia que pela sua natureza tem um custo inicial elevado.

Segundo o Decreto-Lei, n.º 225/2007, os promotores das centrais renováveis são remunerados pelo fornecimento da electricidade entregues à rede, segundo as fórmulas de cálculo presentes no Anexo deste mesmo Decreto-Lei.

No anexo G poderá ser consultado a metodologia de cálculo adoptada para a determinação do período de retorno de investimentos para cada uma das soluções apresentadas.

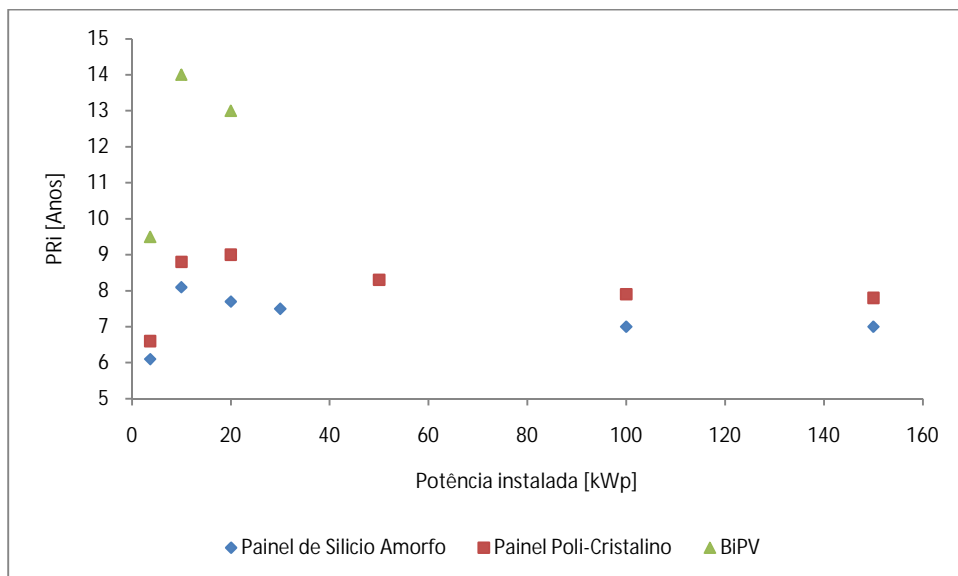


Figura 4.20 - Período de retorno de investimentos dos painéis fotovoltaicos

Da figura 4.20, verifica-se que a tecnologia que apresenta um melhor retorno de investimento é a que utiliza os painéis de silício amorfo, pois o custo (€/kWp) deste sistema é sensivelmente 10% mais baixo do que os painéis poli-cristalinos. O retorno de investimento dos painéis BiPV é mais demorado devido à baixa produção destes, comparativamente com os painéis dispostos nas coberturas.

4.4. Análise da combinação das diversas soluções

Neste subcapítulo serão apresentados os pressupostos assumidos para a definição da solução final para o edifício, onde subjacente as escolhas, teve-se por base os resultados das soluções e diversas alternativas testadas anteriormente.

- Envolvente opaca de referência;
- Factor solar dos vãos envidraçados de 0.40;
- Caixilharias com corte térmico;
- Inércia térmica baseada nos materiais inseridos no *software* de simulação;
- Sistemas de tratamento ambiente (Seleção Final);
- Sensores de luminosidade – *dimmers*;
- *Chiller* arrefecido a água (RTHD – alternativa 2), com recuperação de calor para o AQS;
- Caldeira de condensados ($\eta=106\%$);
- 25 Colectores solares térmicos (Gasokol SunnySol);
- Fotovoltaico - 92 módulos poli-cristalinos alfa solar pyramid 60 – 222 (potência de pico de 20kWp)

A escolha de 25 colectores solares térmicos tem que ver com o facto de se querer minimizar as perdas de energia durante a estação de verão (ver figura 4.22), visto que o AQS será em parte produzido através da recuperação do calor dos *chillers*.

Para a escolha dos painéis fotovoltaicos, teve-se em conta a área de captação destes, face aos módulos apresentados (necessitam de uma área de captação de 150m²), e face a área disponível para a possível colação destes optou-se por esta configuração.

Tabela 4.28 - Consumo global do edifício (Solução final)

		Solução final		Solução inicial		Redução dos consumos
		kgep/m ² .ano	ton.CO ₂	kgep/m ² .ano	ton.CO ₂	
Aquecimento	Eléctrico	0.27	6.80	0.27	6.90	1.6%
	Gás	0.36	9.10	1.00	25.50	64.2%
Arrefecimento Eléctrico		4.49	157.20	5.19	181.40	13.5%
Iluminação		12.95	329.40	15.61	397.10	17.1%
Equipamentos Eléctrico		12.43	316.40	12.43	316.40	-
Equipamentos Gás		1.78	45.30	1.78	45.30	-
Ventilação		2.62	85.80	5.56	173.30	52.9%
Bombas		0.52	16.90	2.67	83.10	80.7%
Equipamentos Hidráulicos		0.03	0.80	0.06	1.60	46.5%
Água Quente Sanitária	Gás	0.54	13.70	2.58	65.70	79.1%
	Eléctrico	0.14	3.50	0.14	3.50	0.9%
Água Quente para Piscinas	Eléctrico	0.07	1.70	0.07	1.70	5.4%
	Gás	0.52	13.10	0.66	16.70	21.9%
Equipamentos Mecânicos		0.09	2.30	0.09	2.30	0.1%
Solar Térmico		-0.32	-8.10	-	-	-
Fotovoltaico		-0.48	-12.10	-	-	-
Total		36.00	981.8	48.10	1320.5	25.2%

Tal como os resultados apresentados na tabela 4.28, ilustra-se agora esses mesmos dados obtidos na figura 4.21 para se tornar mais perceptível as diferenças entre as condições iniciais definidas para o edifício e a solução final.

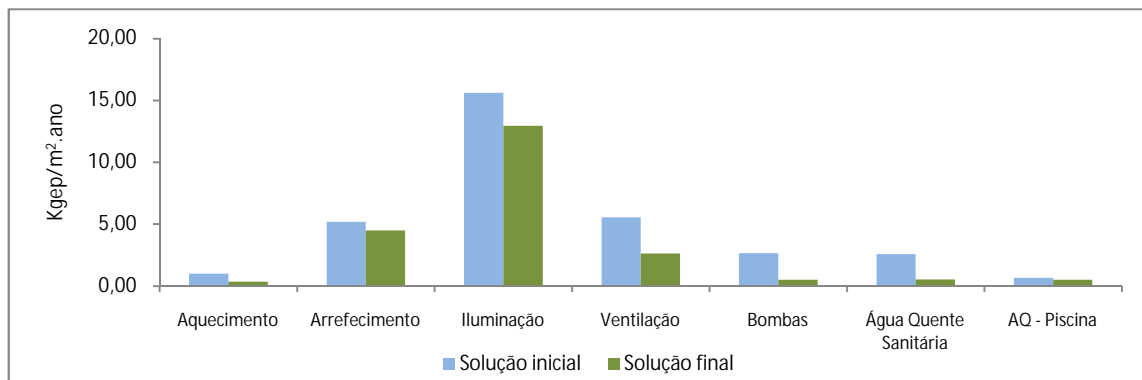


Figura 4.21 - Comparação dos consumos entre a solução inicial e a solução final

Como se pode observar na tabela 4.28 e na figura 4.21, comparativamente às características inerentes à solução inicial, face às definidas para a solução óptima, as diferenças a todos os níveis de consumo decrescem de uma forma significativa, onde a redução dos consumos globais do edifício é de 25%.

Nas condições iniciais o edifício obteve uma classificação energética de categoria B⁻, e por conseguinte, após as alterações efectuadas passou para a classe energética A.

Relativamente à conjugação de tecnologias distintas para o aquecimento de águas sanitárias, convém referir de que face a estas necessidades serem suprimidas quase na sua totalidade na estação de Verão pelos *chillers* (com recuperação de calor da rejeição dos condensados), foi considerado que os colectores solares térmicos estariam dispostos com uma inclinação de 52° orientados a sul de forma a prevalecer os ganhos de Inverno (latitude do local mais 15°), minimizando-se assim as perdas na estação de Verão.

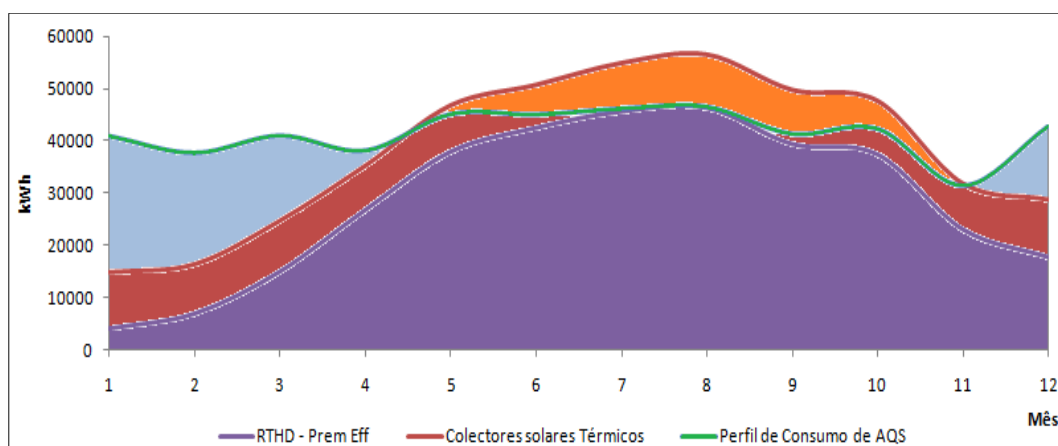


Figura 4.22 - Sistemas de utilizados para suprimir as necessidades de AQS

Na figura 4.22, verifica-se a contribuição dos diferentes equipamentos para o aquecimento das águas sanitárias.

O perfil de necessidades de AQS, está representado pela linha verde, onde a área a roxo indica o contributo dos *chillers* (com recuperação de calor da rejeição dos condensados), a área a vermelho o contributo dos colectores solares térmicos e a área a azul indica as restantes necessidades supridas pela caldeira. Nesta mesma figura, a área laranja corresponde à quantidade de energia produzida pelos colectores solares térmicos que não é aproveitada.

4.5. Co-geração/Tri-geração

Consultando-se o ponto 7 do Artigo 27º, do Capítulo IX do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, verifica-se a obrigatoriedade do estudo de viabilidade económica de sistemas de co-geração para alguns tipos de edifícios com mais de 10000m² de área útil, onde na alínea b) deste mesmo ponto citado anteriormente, os empreendimentos turísticos de 4 ou mais estrelas estão englobados.

Para se efectuar o estudo de viabilidade de um sistema de co-geração/tri-geração, é necessário criar-se o modelo real do edifício em causa, onde é necessário proceder-se ao ajustamento de alguns parâmetros (diagrama 3) face aos implementados no modelo nominal.

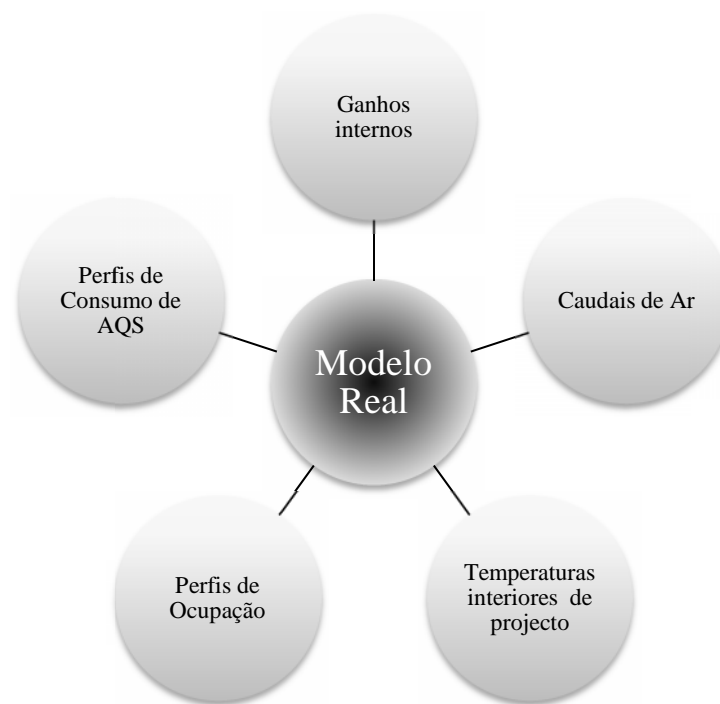


Diagrama 3 – Pontos de alteração face ao modelo nominal

Para a criação do modelo real, é necessário obter-se o perfil de sazonalidade de utilização do edifício, tal será apresentado no subcapítulo seguinte.

4.5.1. Perfil de Sazonalidade

A unidade Hoteleira em estudo, está localizada no Algarve, onde segundo dados obtidos no Instituto Nacional de Estatística (I.N.E.), o perfil de sazonalidade expectável para a unidade Hoteleira em causa é o demonstrado na figura 4.23.

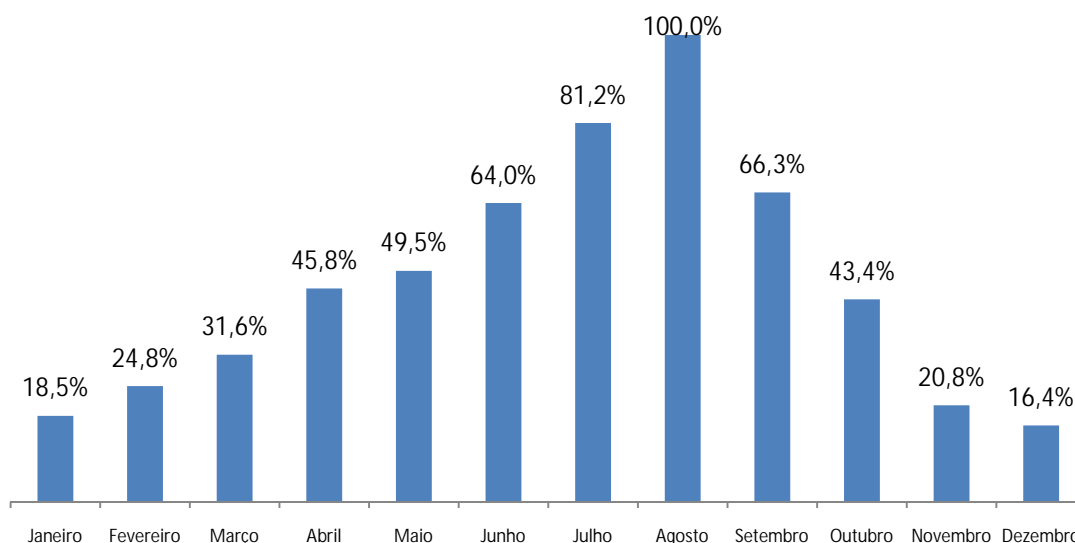


Figura 4.23 - Perfil de Sazonalidade

Com este perfil definido, redefine-se os perfis horários de ocupação, iluminação e equipamentos, assim como os perfis de AQS.

Com a definição dos novos perfis citados anteriormente, e com as devidas alterações nos restantes parâmetros identificados no diagrama 3, já se encontra devidamente definido o modelo real do edifício.

No capítulo seguinte será abordada a metodologia de cálculo adoptada para a verificação da viabilidade de implementação de um sistema de co-geração.

4.5.2. Tratamentos dos dados da Simulação Real

Após a definição do modelo real, obtém-se o perfil de necessidades energéticas do edifício, a nível da demanda térmica e eléctrica.

Recorrendo-se ao artigo nº4 do Capítulo I do Decreto-Lei nº 313/2001 de 10 de Dezembro, verifica-se as condições que uma instalação de co-geração deve verificar.

Uma das condições que este tipo de instalação tem de verificar, é que o coeficiente do Rendimento eléctrico equivalente da instalação, tem de ser igual ou superior a 0.55, para as instalações utilizando como combustível gás natural, gases de petróleo liquefeitos, ou combustíveis líquidos, com excepção do fuelóleo.

$$REE = \frac{E}{C - \frac{T}{0.9 - 0.2 \frac{CR}{C}}} \geq 0.55 \quad (Eq. 4.1)$$

Para o caso em estudo, não será analisado o contributo a recursos renováveis, onde dessa forma a fórmula do cálculo do REE fica reduzida à seguinte expressão:

$$REE = \frac{E}{C - \frac{T}{0.9}} \quad 0.55 \text{ (Eq. 4.2)}$$

Consoante a potência eléctrica da máquina a utilizar, bem como das horas de funcionamento anuais deste equipamento, determina-se o valor da energia eléctrica produzida anualmente.

Por sua vez, a energia térmica útil, depende do tipo de necessidades térmicas do edifício em causa, pois um sistema deste tipo só produz calor. Para ser possível produzir-se frio é necessário recorrer-se a um *chiller* de absorção, onde este tipo de sistemas passa a ser designado por tri-geração.

No caso de estudo, devido as necessidades térmicas em causa, é de todo interessante acoplar um *chiller* de absorção para a produção de frio.

Do *chiller* de absorção é necessário conhecer o seu rendimento, para se afectar o rendimento deste ao perfil das necessidades térmicas de arrefecimento.

Consoante a potência térmica da máquina a utilizar, e devidamente definido o perfil térmico do edifício, determina-se a energia térmica útil consumida anualmente a partir da energia térmica produzida pelo co-gerador.

Outra condição que este tipo de instalação tem de verificar, é que está anualmente limitada a uma quantidade de energia a fornecer à rede SEP, determinada pela seguinte formulação:

$$E_{er} = \left(4.5 * \frac{E + T}{E + 0.5 T} - 4.5 \right) * E \text{ (Eq. 4.3)}$$

As condições enunciadas anteriormente, são condições “técnicas” que o sistema em causa tem de cumprir.

Importa agora conhecer-se a metodologia de cálculo aplicada a estes sistemas, para a determinação da remuneração da energia produzida nas instalações de co-geração/tri-geração. A metodologia seguida pode ser consultada no Anexo H.

No capítulo seguinte, serão abordadas as tecnologias adoptadas para a verificação da viabilidade de implementação de um sistema de co-geração, no edifício em causa.

4.5.3. Tecnologias e pressupostos adoptados

Como evidenciado no capítulo 2.2, existem variadas tecnologias para implementação de um sistema de co-geração, do qual para este caso de estudo se irá apenas abordar as tecnologias de motores de combustão de gás natural, Microturbinas e pilhas de combustível.

Tal como descrito no capítulo anterior, um sistema de co-geração apenas produz simultaneamente electricidade e calor, o qual para ser possível a produção de frio é necessária a inclusão de um *chiller* de absorção (Tri-geração - Figura 4.24).

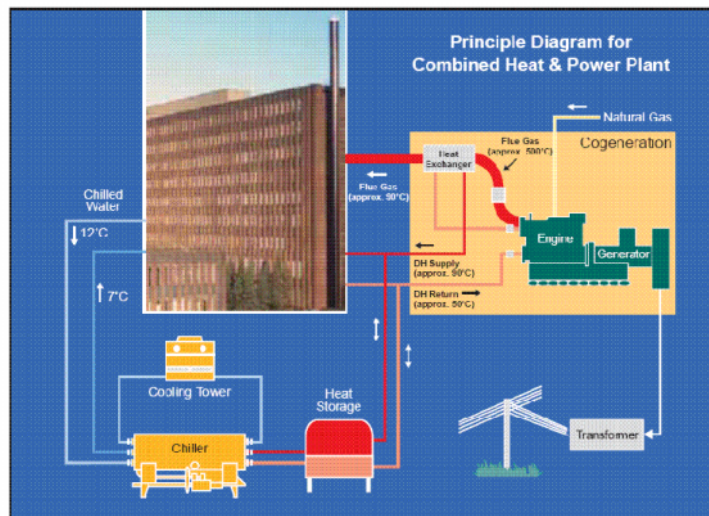


Figura 4.24 - Diagrama de operação de uma instalação de co-geração/tri-geração

Os *chiller* de absorção utilizados serão os de simples efeito, para o caso dos motores de combustão de gás natural e para as microturbinas, e por sua vez para as pilhas de combustível será utilizado um *chiller* de duplo efeito (características no capítulo 2.3.1.1 tabela 2.5).

A determinação da potência do *chiller* de absorção a utilizar, é determinado pela seguinte fórmula:

$$Pot_{chiller,abs} = Pot_{t\acute{e}rmica,motor} \cdot COP_{chiller,abs} \quad (Eq. 4.1)$$

Um dos pontos importantes, é o de se definir a potência mínima necessária para o funcionamento deste mesmo equipamento:

$$Pot_{min\ chiller,abs} = Pot_{chiller,abs} \cdot \eta_{min\ chiller,abs} \quad (Eq. 4.2)$$

Para efeitos de cálculo assumiu-se que o $\eta_{min\ chiller,abs}$ para que este entre em funcionamento será de 25%, caso contrário a produção de frio ficará ao encargo do sistema convencional (*Chiller* de compressão eléctrica).

De referir que o esquema de funcionamento definido, para o sistema de co-geração/tri-geração, é o de que o térmico produzido por este sistema, satisfaça em 1º lugar as necessidades de aquecimento, e só supre as necessidades térmicas de arrefecimento com o excedente não aproveitado no aquecimento.

De forma a verificar-se a viabilidade deste tipo de sistema, uma variável importante de se definir são as horas anuais de funcionamento, onde para o caso de estudo em causa serão abordados três perfis horários de funcionamento.

Os perfis definidos para o funcionamento da instalação de co-geração/tri-geração, são o de teoricamente o sistema funcionar 24h por dia (8760h/ano), ou das 7h às 24h (6205h/ano) pois com este perfil horário elimina-se grande parte das horas de super vazio e vazio normal (pouco interessantes do nível remuneratório), ou das 10h às 21h (4380h/ano).

Para a análise económica das diferentes soluções, o custo dos equipamentos subjacentes a esta podem ser consultados no anexo H, relativamente aos sistemas de co-geração, enquanto que para os *chillers* de absorção seguiu-se os valores apresentados na tabela 2.5 do capítulo 2.3.1.1. (sistema de água-brometo de lítio – LiBr).

A remuneração da implementação dos diferentes sistemas, pode ser consultada no anexo H, onde a partir da remuneração obtida para cada solução apresentada, avalia-se ainda a redução na factura térmica que este sistema implica, ou seja, avalia-se a redução na factura de consumo de gás natural e electricidade face à instalação convencional (Caldeira e *Chiller* de compressão eléctrico).

4.5.3.1. Motores de combustão de gás natural

Para a análise de viabilidade de um sistema de co-geração para o edifício em estudo, com recurso a motores de combustão de gás natural, recorreu-se a dois fabricantes (GE Energy Jenbacher e MTU onsite energy), com representação em Portugal para se verificar a viabilidade da implementação de um sistema deste género.

A análise apresentada no subcapítulo seguinte, será efectuada de modo distinto entre o fabricante do tipo de motor a testar, ou seja, será analisado separadamente a viabilidade de implementação de um sistema de co-geração para cada tipo de motor em causa.

- GE Energy Jenbacher

Dos motores a gás natural existentes no mercado do fabricante GE Energy Jenbacher (figura 4.25, analisou-se o contributo dos seguintes modelos apresentados na tabela 4.29.

Tabela 4.29 - Principais características dos Motores de gás natural

Modelo	Potência eléctrica	Potência térmica	Consumo de Gás	$\eta_{\text{eléctrico}}$	$\eta_{\text{térmico}}$	η_{total}
	kW	kW	kW	%	%	%
JMS-208 GS-N.L (C05)	330	363	851	38.78	42.66	81.43
JMS-312 GS-N.L (C205)	526	626	1331	39.52	47.03	86.55



Figura 4.25 – Exemplo de um Motor a gás natural da GE Energy Jenbacher

JMS-208 GS-N.L (C05):

Os testes efectuados para este tipo de motor contabilizam o número de horas de funcionamento do sistema de co-geração, bem como a viabilidade ou não da implementação de mais do que um motor.

Na figura 4.26 apresenta-se o valor do REE anual obtido para as diferentes soluções.

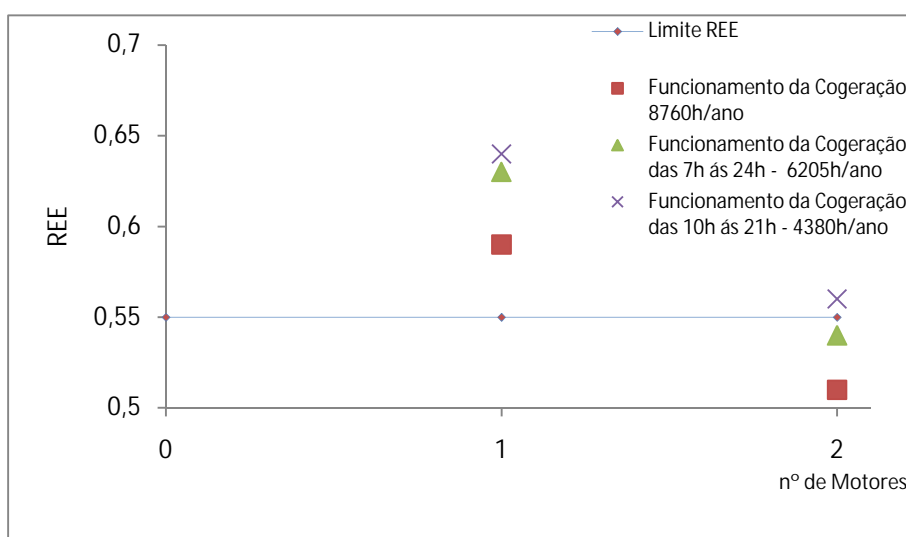


Figura 4.26 - REE anual para as distintas soluções - JMS-208 GS-N.L (C05)

Da figura 4.26 verifica-se que, com recurso a este motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado com recurso a um motor deste modelo ou a dois, no caso em que as horas de funcionamento da instalação sejam de 4380h/ano (das 10h às 21h).

O factor que leva a que com menos horas de funcionamento da instalação de co-geração, o REE melhore, tem que ver com o facto de este parâmetro ser calculado através do perfil horário anual, o que com a eliminação das horas diárias com menores necessidades térmicas, leva a que no global o REE seja superior.

Face à viabilidade técnica de implementação deste tipo de equipamento, interessa conhecer-se qual o contributo que este apresenta (tabela 4.30 e 4.31) para suprir as necessidades térmicas do edifício.

Tabela 4.30 – Necessidades térmicas [1 Motor JMS-208 GS-N.L (C05)]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%	
Aquecimento	94.28	5.72	70.97	29.03	41.75	58.25
Arrefecimento	39.32	60.68	39.22	60.78	41.12	58.88
Perfil de Funcionamento	8760h/ano		6205h/ano		4380h/ano	

Tabela 4.31 – Necessidades térmicas [2 Motores JMS-208 GS-N.L (C05)]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%	
Aquecimento	44.43	55.57
Arrefecimento	60.74	39.26
Perfil de Funcionamento	4380h/ano	

Verificada a viabilidade técnica da implementação do motor em causa, é necessário analisar-se a viabilidade económica das mesmas soluções apresentadas anteriormente.

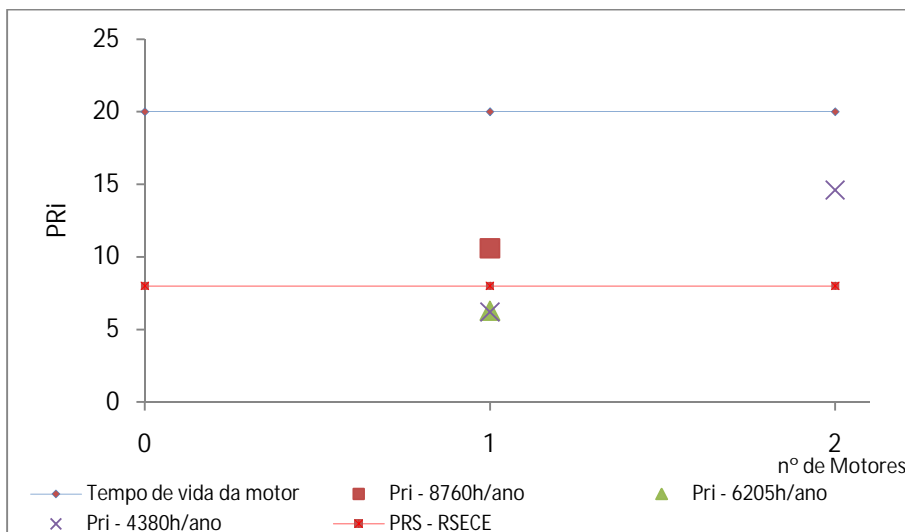


Figura 4.27 - Período de retorno de investimento - JMS-208 GS-N.L (C05)

Da análise da figura 4.27, e face aos sistemas de co-geração constarem no plano de racionalização energética (PRE), a obrigatoriedade da implementação desta tecnologia dá-se quando o período de retorno simples (PRS) é inferior a 8 anos.

Como se constata na mesma figura, mediante o recurso a este motor e as suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta tecnologia bem como a obrigatoriedade de recorrer a mesma.

JMS-312 GS-N.L (C205):

Para este modelo em causa, segue-se o mesmo procedimento enunciado anteriormente. Apresenta-se então os valores obtidos (figura 4.28) para o REE anual nas diversas soluções testadas.

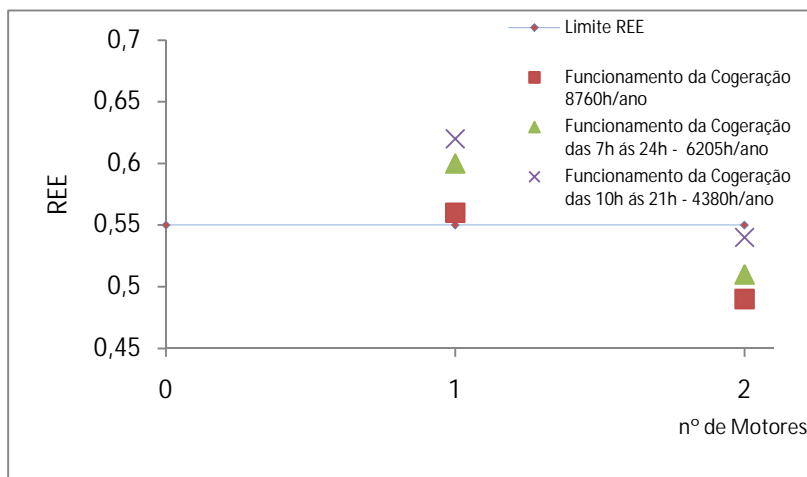


Figura 4.28 - REE anual para as distintas soluções - JMS-312 GS-N.L (C205)

Com recurso a um motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação verifica-se em todos os perfis de funcionamento anuais, todavia, com recurso a dois motores deste modelo não se torna viável em nenhum dos perfis de funcionamento.

Face à viabilidade técnica de implementação deste tipo de equipamento, interessa conhecer-se qual o contributo que este apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício (tabela 4.32).

Tabela 4.32 – Necessidades térmicas [1 Motor JMS-312 GS-N.L (C205)]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%	
Aquecimento	99.63	0.37	76.11	23.89	44.30	55.70
Arrefecimento	57.19	42.81	56.37	43.63	56.10	43.90
Perfil de Funcionamento	8760h/ano		6205h/ano		4380h/ano	

Verificada a viabilidade técnica da implementação do motor em causa, é necessário analisar-se a viabilidade económica das mesmas soluções apresentadas anteriormente.

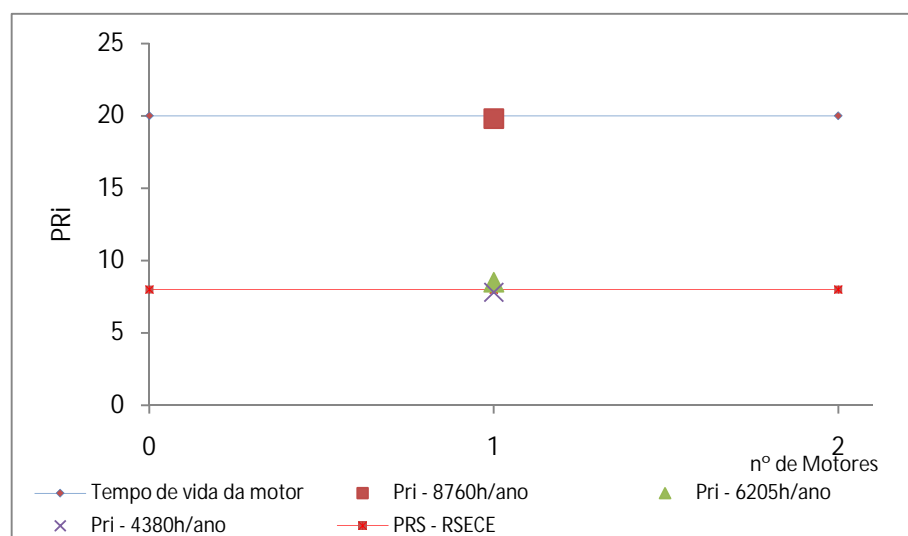


Figura 4.29 - Período de retorno de investimento - JMS-312 GS-N.L (C205)

Como se constata na figura 4.29, mediante o recurso a este motor e as suas horas de funcionamento, verifica-se que caso a instalação funcionasse 8760h/ano o retorno do investimento só se verifica muito perto do limite de vida útil do equipamento.

Nas restantes alternativas testadas, verifica-se a viabilidade económica destas, bem como a obrigatoriedade de recorrer à mesma.

- MTU – Onsite Energy

Dos motores a gás natural existentes no mercado do fabricante MTU – Onsite Energy (figura 4.30), analisou-se o contributo do seguinte modelo apresentado na tabela 4.33.

Tabela 4.33 – Principais características do motor de combustão a gás natural da MTU – Onsite Energy

Modelo	Potência eléctrica	Potência térmica	Consumo de Gás	$\eta_{\text{eléctrico}}$	$\eta_{\text{térmico}}$	η_{total}
	kW	kW	kW	%	%	%
GC 357 N5 – ME 3042 L	357	529	987	36.17	53.60	89.77

Para este modelo, segue-se o mesmo procedimento apresentado no subcapítulo anterior para o cálculo do REE anual do sistema, bem como para o cálculo do período de retorno do investimento.

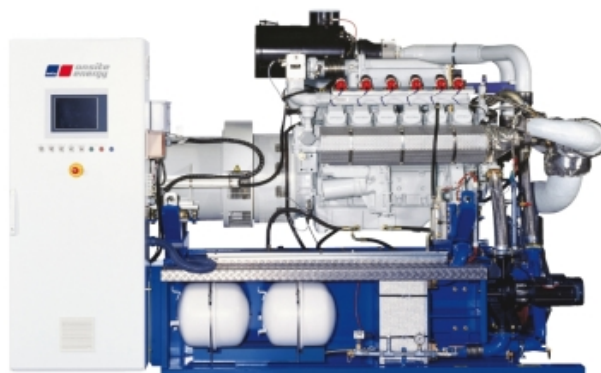


Figura 4.30 - Exemplo de um motor a gás natural da MTU

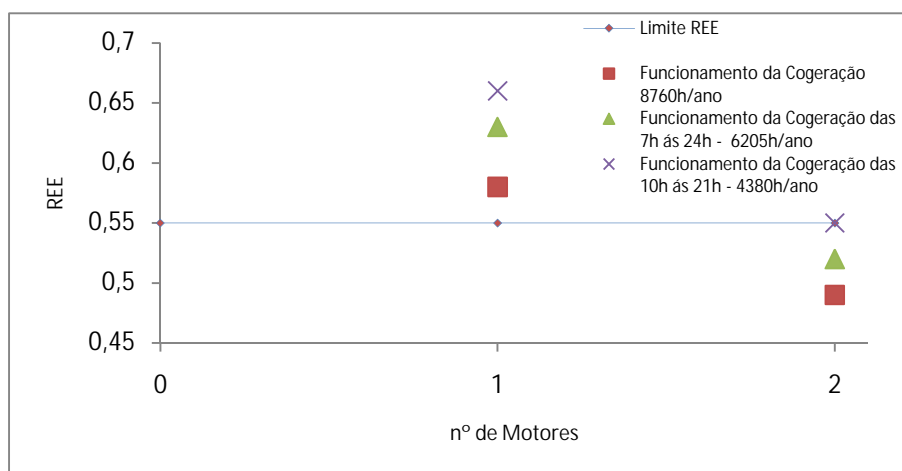


Figura 4.31 - REE anual para as distintas soluções (MTU GC 357 N5 – ME 3042 L)

Da figura 4.31 verifica-se que com recurso a um motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento. No caso da utilização de dois motores, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado no perfil de funcionamento 4380h/ano (das 10h às 21h).

Face a viabilidade técnica de implementação deste tipo de equipamento, interessa conhecer-se qual o contributo que este apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício (tabela 4.34 e 4.35).

Tabela 4.34 – Necessidades térmicas [1 Motor MTU GC 357 N5 – ME 3042 L]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%	
Aquecimento	98.78	1.22	75.26	24.74	43.90	56.10
Arrefecimento	51.49	48.51	50.83	49.17	51.06	48.94
Perfil de Funcionamento	8760h/ano		6205h/ano		4380h/ano	

Tabela 4.35 – Necessidades térmicas [2 Motores MTU GC 357 N5 – ME 3042 L]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%	
Aquecimento	44.46	55.54
Arrefecimento	73.06	26.94
Perfil de Funcionamento	4380h/ano	

Verificada a viabilidade técnica da implementação do motor em causa, é necessário analisar-se a viabilidade económica das mesmas soluções apresentadas anteriormente.

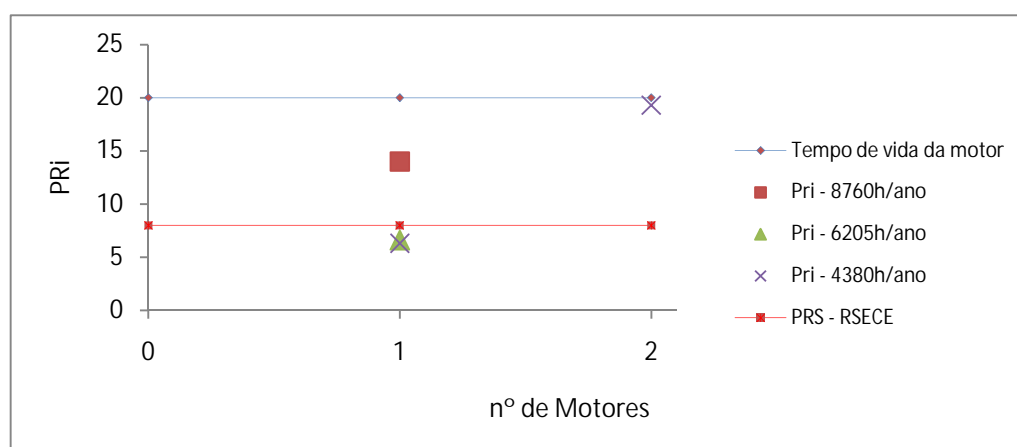


Figura 4.32 - Período de retorno de investimento (MTU GC 357 N5 – ME 3042 L)

Como se constata na figura 4.32, mediante o recurso a este motor e as suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta tecnologia, bem como em certas situações, a obrigatoriedade de recorrer à mesma.

4.5.3.2. Microturbinas

Apresenta-se neste subcapítulo a viabilidade de um sistema de co-geração para o edifício em estudo, com recurso à tecnologia das Microturbinas, onde se recorreu ao fabricante TURBEC (figura 4.33), com representação em Portugal, para se verificar a viabilidade da implementação de um sistema deste género, analisou-se o contributo do seguinte modelo apresentado na tabela 4.36.

Tabela 4.36 – Principais características da microturbina da TURBEC

Modelo	Potência eléctrica	Potência térmica	Consumo de Gás	$\eta_{\text{eléctrico}}$	$\eta_{\text{térmico}}$	η_{total}
	kW	kW	kW	%	%	%
T100 CHP	100 (± 3)	155 (± 5)	333	30 (± 1)	47	77 (± 1)

A análise de viabilidade de implementação deste equipamento seguirá os mesmos procedimentos demonstrados nos subcapítulos anteriores.



Figura 4.33 – Microturbina TURBEC T100 CHP

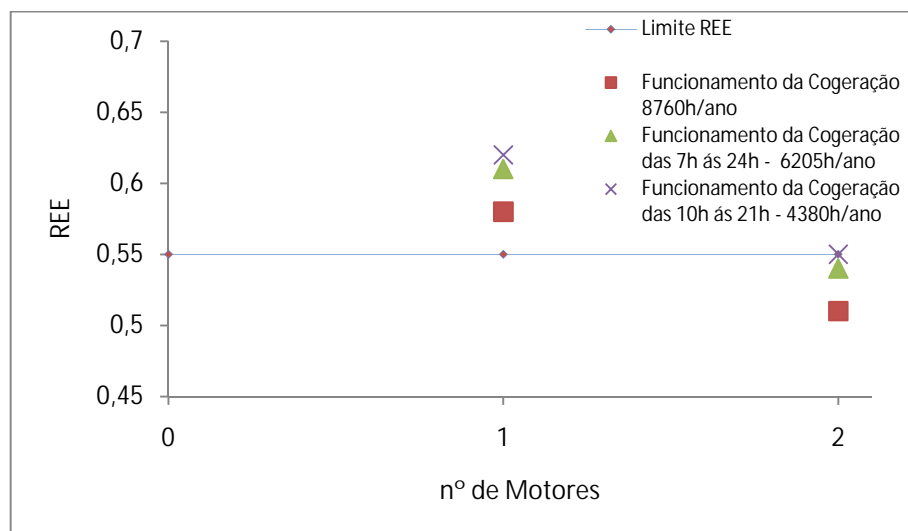


Figura 4.34 - REE anual para as distintas soluções (TURBEC T100 CHP)

Da figura 4.34 verifica-se que com recurso a esta tecnologia, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento. No caso da utilização de duas microturbinas, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado no perfil de funcionamento 4380h/ano (das 10h às 21h).

Face à viabilidade técnica de implementação deste tipo de equipamento, interessa conhecer-se qual o contributo que este apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício (tabela 4.37 e 4.38).

Tabela 4.37 – Necessidades térmicas [1 Microturbina]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%	
Aquecimento	70.25	29.85	52.60	47.40	31.95	68.05
Arrefecimento	14.99	85.01	16.47	85.53	23.43	76.57
Perfil de Funcionamento	8760h/ano		6205h/ano		4380h/ano	

Tabela 4.38 – Necessidades térmicas [2 Microturbinas]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%	
Aquecimento	40.39	59.61
Arrefecimento	37.59	62.41
Perfil de Funcionamento	4380h/ano	

Verificada a viabilidade técnica da implementação do motor em causa, é necessário analisar-se a viabilidade económica das mesmas soluções apresentadas anteriormente.

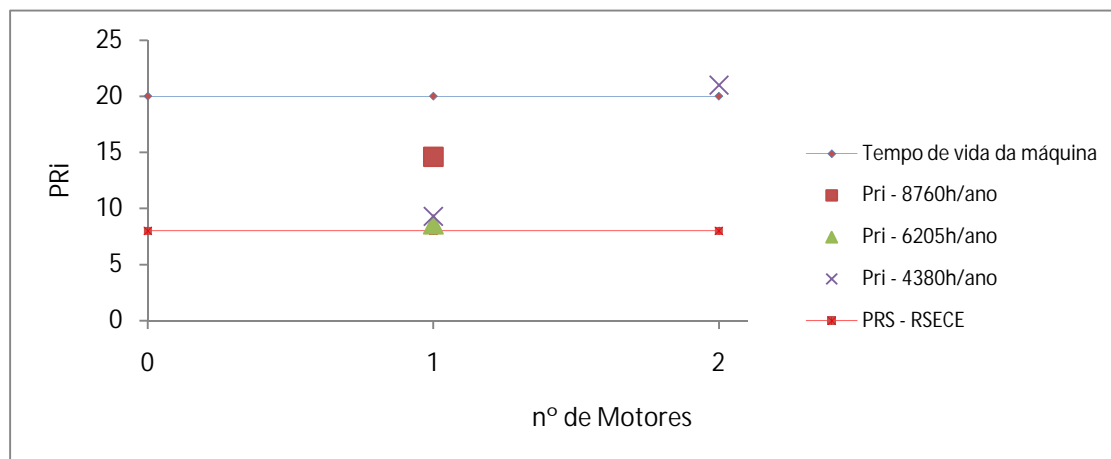


Figura 4.35 - Período de retorno de investimento (TURBEC T100 CHP)

Como se constata na figura 4.35, o recurso a esta tecnologia (uma só máquina) mediante as suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta, embora não se verifique a obrigatoriedade de recorrer à mesma (PRS > 8anos).

4.5.3.3. Pilhas de combustível

Apresenta-se agora a viabilidade de um sistema de co-geração para o edifício em estudo, com recurso a Pilhas de Combustível, onde se recorreu ao fabricante MTU Onsite Energy, com representação em Portugal, para se verificar a viabilidade da implementação de um sistema deste género.

O modelo utilizado designa-se por Hot Module – HM 400 N (figura 4.36), onde o tipo de pilha de combustível utilizada por este módulo é a MCFC (Pilha de combustível de carbonato fundido), cujo combustível utilizado para o funcionamento deste módulo é gás natural.

A análise da viabilidade de implementação deste equipamento seguirá os mesmos procedimentos demonstrados nos subcapítulos anteriores, onde analisou-se o contributo do seguinte modelo apresentado na tabela 4.39.

Tabela 4.39 – Principais características [Pilhas de combustível]

Modelo	Potência eléctrica	Potência térmica	Consumo de Gás	$\eta_{\text{eléctrico}}$	$\eta_{\text{térmico}}$	η_{total}
	kW	kW	kW	%	%	%
HM 400 N	345	250	714	≈ 49	≈ 35	≈ 84

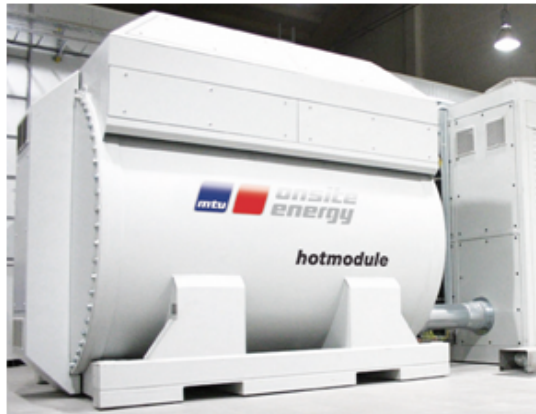


Figura 4.36 - Modelo HM400N da MTU Onsite Energy

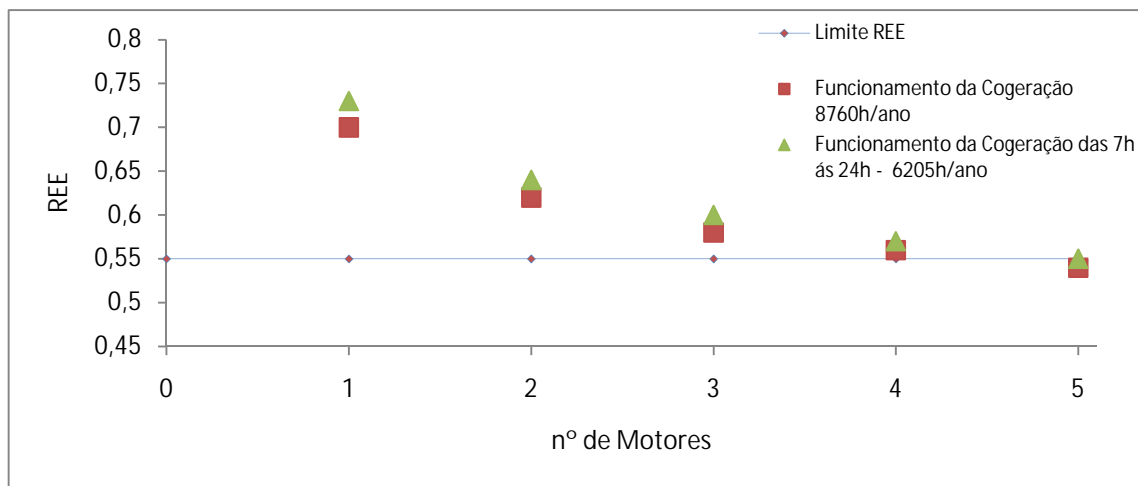


Figura 4.37 - REE anual para as distintas soluções (Pilhas de combustível)

Da figura 4.37 verifica-se que, com recurso a esta tecnologia, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento e com recurso a um total de cinco máquinas, com a excepção no caso do perfil horário de 8760h/ano, só se verificar até um total de quatro máquinas.

Face à viabilidade técnica de implementação deste tipo de equipamento, interessa conhecer-se qual o contributo que este apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício (tabela 4.40).

Tabela 4.40 – Necessidades térmicas [Pilhas combustível]

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%		%	
Aquec.	85.33	14.67	63.74	36.26	98.34	1.66	74.82	25.18
Arref.	38.29	61.71	40.13	59.87	61.86	38.14	61.96	38.04
Perfil de Func.	8760h/ano		6205h/ano		8760h/ano		6205h/ano	
Nº de máq.	1				2			

Continuação da tabela anterior

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%		%		%		%	
Aquec.	99.97	0.03	76.45	23.55	100	0	76.48	23.52
Arref.	71.50	28.50	71.54	28.46	72.54	27.46	72.59	27.41
Perfil de Func.	8760h/ano		6205h/ano		8760h/ano		6205h/ano	
Nº de máq.	3				4			

Continuação da tabela anterior

Tipo de necessidade térmica	Sistema co-geração	Sistema convencional
	%	
Aquecimento	76.48	23.52
Arrefecimento	68.91	31.09
Perfil de Funcionamento	4380h/ano	

Verificada a viabilidade técnica da implementação do motor em causa, é necessário analisar-se a viabilidade económica (figura 4.38) das mesmas soluções apresentadas anteriormente.

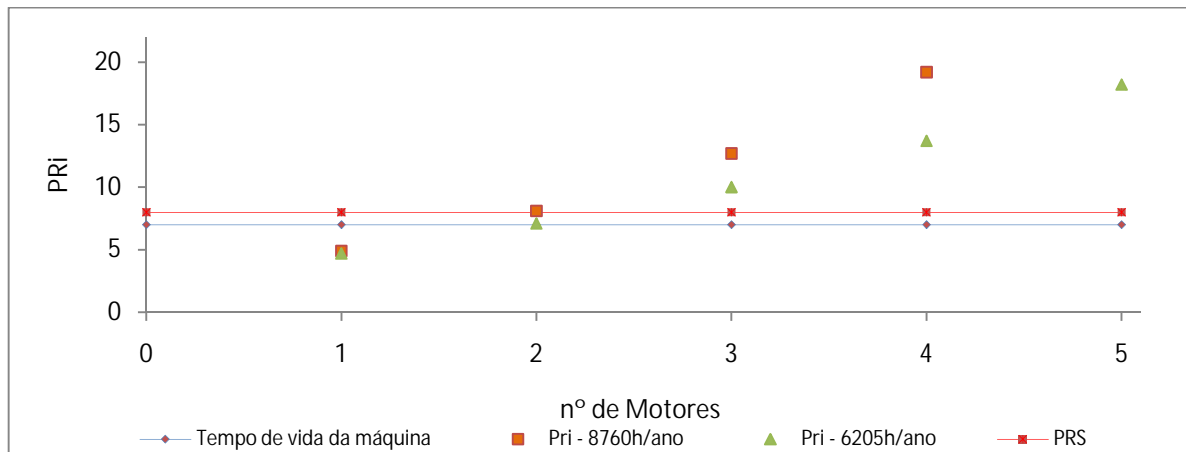


Figura 4.38 - Período de retorno de investimento (Pilhas de combustível)

Como se constata na figura 4.38, face ao reduzido tempo útil de vida deste equipamento, o recurso a esta tecnologia embora a nível técnico seja uma solução muito interessante o mesmo não se reflecte a nível económico.

Numa perspectiva de avaliação do impacto desta tecnologia a nível dos consumos globais de energia primária, não foi possível realizar esta, devido à falta de informação relativa às curvas características de funcionamento das máquinas em causa.

Esta falta de informação, reflecte-se essencialmente a nível dos poucos dados obtidos sobre os equipamentos em causa, o que com a falta de informação mais detalhada e precisa a nível das curvas de funcionamento dos distintos equipamentos em causa (motores de combustão interna, microturbinas e pilhas de combustível), não permitiu que a informação relativa às características de funcionamento destes equipamentos fossem inseridas na livraria do *software* de simulação para posteriormente ser avaliada a contribuição destes.

5. Características dimensionais dos empreendimentos turísticos

Concluída a análise energética efectuada ao edifício em análise, é de todo interessante verificar-se a viabilidade de extrapolação dos consumos energéticos deste para um outro qualquer. Isto é, tem interesse em se tentar criar uma metodologia simples para que em estudos prévios se possa determinar de uma forma breve os possíveis consumos por parte de um qualquer edifício hoteleiro. Nesta perspectiva vai-se descrever e analisar os principais constituintes de um empreendimento turístico.

Um empreendimento turístico é um estabelecimento que se destina a prestar serviços de alojamento (D.L. n.º 39/2008, artigo 2º), que podem ser integrados em diferentes tipos (D.L. n.º 39/2008, artigo 4º), do qual para este caso de estudo se destaca os estabelecimentos Hoteleiros (*resorts*).

O levantamento de áreas de um determinado universo de hotéis, torna-se interessante, visto que quando se aborda um empreendimento deste género não existe uma sensibilidade no sentido de se identificar, consoante área de pavimento, qual a percentagem de área afecta a cada tipo de compartimento constituinte desse mesmo empreendimento.

Um estabelecimento deste género, tendo por finalidade a prestação de serviços de alojamento, tem de cumprir os regulamentos estabelecidos na portaria n.º 327/2008 de 28 abril – Anexo I (nos casos de falta de informação foi consultado o Decreto Regulamentar n.º 16/99 de 18 de Agosto), para ser atribuída uma determinada classificação.

O recurso a estes “documentos” teve o intuito de se verificar quais as áreas mínimas exigidas para os estabelecimentos Hoteleiros a nível de quartos, e zonas de utilização comum (átio de entrada, restaurante), para posteriormente à análise da amostragem dos edifícios, verificar-se se estes seguem um padrão tipo.

5.1. Análise das arquitecturas

Numa primeira fase, após se ter presente as arquitecturas referentes a cada empreendimento Hoteleiro, foi efectuada o levantamento dimensional dos mesmos. Efectuadas todas as medições, os dados obtidos foram devidamente tratados, ou seja, criou-se 10 grandes grupos

distintos onde se alocaram as distintas áreas referentes a cada um, como pode ser observado no diagrama 4.

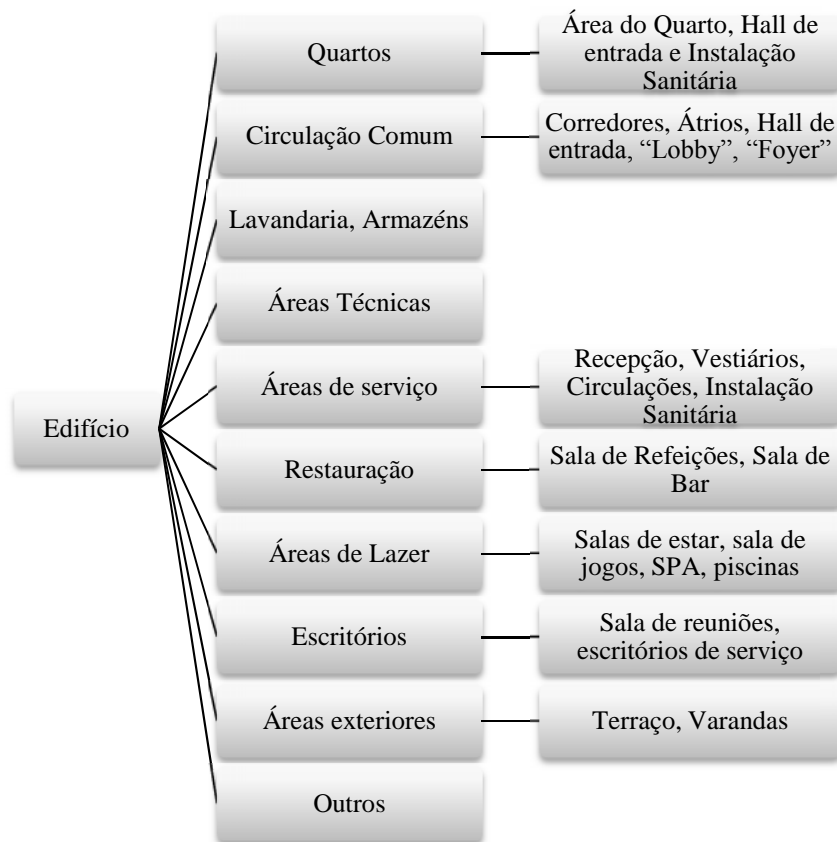


Diagrama 4 – Compartimentos do edifício afectos aos grupos criados

Criados e definidos os grupos, efectuou-se a distribuição percentual das áreas afectas a cada "grupo", onde se podem observar os resultados obtidos na figura abaixo indicado. De notar que a figura 5.1 não contém toda a população amostral de hotéis inicialmente utilizada/estudada, visto que algumas arquitecturas não continham a informação necessária relativamente ao tipo de compartimento, e também por algumas se encontrarem incompletas (consultar Anexo I.1).

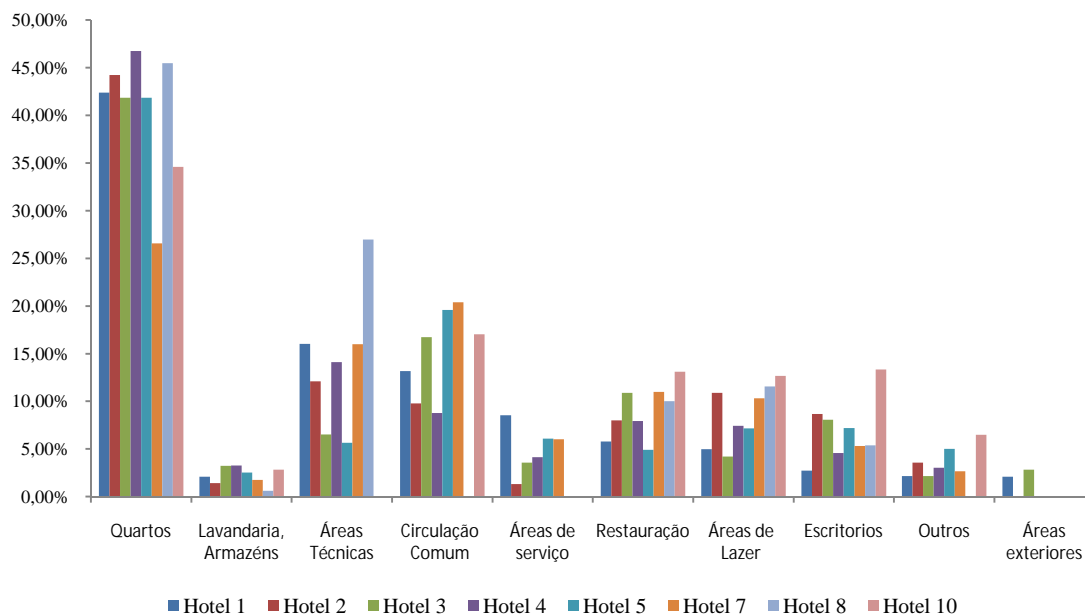


Figura 5.1 - Distribuição percentual das áreas afectas a cada espaço

Dos dados analisados pode-se referir, que o sector Hoteleiro Português é difícil de se caracterizar com um tipo específico de Hotel.

Há uma concentração de “hotéis de cidade”, como por exemplo, nas cidades de Lisboa e Porto, enquanto que “hotéis de férias/turismo” com maiores taxas de ocupação estão concentrados na região do Algarve, e nas ilhas (Açores e da Madeira).

5.2. Enquadramento Legal

Uma vez já definido um padrão médio de distribuição percentual de áreas afectas a cada compartimento de um empreendimento Hoteleiro, vai-se agora efectuar um enquadramento com as áreas mínimas impostas por Decreto-Lei e/ou por portarias.

A Portaria n.º 327/2008 de 28 de Abril - Anexo I, indica as áreas mínimas que os quartos deste tipo de estabelecimentos devem apresentar.

De uma forma resumida, na tabela 5.1, irá ser apresentada a informação contida no anexo I da portaria anteriormente citada.

Tabela 5.1 – Áreas mínimas dos Quartos [m²]

	Classificação		
	4*	5*	
Área mínima de quartos individuais	14.5	17.5	
Área mínima de quartos duplos	19.5	22.5	
Suites	Opcional	Obrigatório 2 Suites (10m ²)	
		Quarto Simples	27.5
		Quarto Duplo	32.5

O Decreto Regulamentar nº 16/99 de 18 de Agosto, faz referência à área mínima de restauração e de zona de entrada (*lobby*) que um empreendimento Hoteleiro deve conter (tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Áreas mínimas dos Restaurantes [m²]

Restaurante	Classificação	
	4*	5*
Percentagem do nº unidades de alojamento	40%	50%
Área mínima por Lugar [m ²]	1.5	1.5
Entrada		
Átrio de Entrada [m ²]	25	30
Acréscimo por cama ou quarto	0.65	0.75

Recorrendo ao documento *Índice de estacionamento para Espaços sujeitos a Índices mínimos*, encontram-se dados referentes as áreas de estacionamento (tabela 5.3), bem como ao número de lugares para este tipo de estabelecimentos, onde de uma forma para os hotéis de 4 e 5 estrelas o número de lugares de estacionamento deve de ser de 1.25 lugares por quarto.

Tabela 5.3 – Pontos para o Acréscimo da Área de restaurante

Área bruta de construção	2.5	m ² /100m ²
A.b.c. (mínima)	140	m ²
Autocarros	1	Por cada 100quartos

Relativamente aos restantes espaços, não existem imposições legais para o dimensionamento dos mesmos.

5.3. Descaracterização das áreas de uma Unidade Hoteleira

Recorrendo-se à distribuição percentual efectuada das áreas dos diferentes compartimentos (Anexo I.1 e I.2), tal como se pode verificar na tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Distribuição percentual das áreas de cada espaço

Quartos	40.44%	±	15.83%
Lavandaria, Armazéns	2.22%		2.18%
Áreas Técnicas	12.17%		19.47%
Circulação Comum	13.18%		16.11%
Áreas de serviço	3.71%		7.35%
Restauração	8.96%		6.59%
Áreas de Lazer	8.65%		7.43%
Escritórios	6.91%		7.66%
Outros	3.14%		4.63%
Áreas exteriores	0.61%		2.73%

Determinada a gama de variação das percentagens das áreas de cada espaço, conclui-se que da amostragem utilizada para a determinação dos rácios ilustrados na tabela 5.4, a área total do edifício pode sofrer uma variação de ± 12 a 13%.

Recorrendo-se agora aos consumos energéticos obtidos na solução base, para o caso de estudo em análise, demonstra-se na tabela 5.5 os consumos desse.

Tabela 5.5 – Consumos energéticos (simulação base do caso prático)

	Consumo anual de energia útil		Área m ²	Consumo nominal global de energia primária	IEE	
	kWh/ano	kWh/ano/m ²		teps/ano	kgep/m ² .ano	
Electricidade	3354433.97	158.19	21205.00	972.79	45.88	49.3 (51.98)
Gás	1483807.69	69.97		127.61	6.02	

De notar que do valor de IEE acima apresentado, afectou-se este de um decréscimo de 5% devia à influência dos factores de correcção climáticos que não tinham sido contabilizados.

5.3.1. Extrapolação dos consumos energéticos

O método de extrapolação dos dados obtidos neste edifício, que irá ser apresentado para um outro qualquer, é muito limitativo pois só pode ser analisado para edifícios da mesma área geográfica que o edifício em causa (Algarve), assim como só se obtêm a perspectiva do consumo global subjacente ao edifício a analisar. Os resultados das diferentes tipologias não traduzem a realidade, pois nesta metodologia não há distinção entre os consumos dos diferentes tipos de tipologias.

Assumindo-se os seguintes pressupostos:

- Área do edifício a analisar: 8500m²;
- Consumo anual de energia útil: Electricidade de 158 kWh/ano/m² e 70 kWh/ano/m² Gás;
- Envolvente opaca: Valores máximos para os coeficientes de transferência térmica (RCCTE);
- Envolvente Transparente: Factor Solar de 0.56;
- Caixilharias: Sem corte térmico;
- Sistemas de tratamento ambiente;
- Chillers (sem recuperação para AQS): Ar-ar (COP = 3.2);
- Caldeiras: Sem condensação ($\eta = 83.3\%$);

Tabela 5.6 – Consumos globais

	Área		Consumo anual de energia útil		Consumo nominal global de energia primária	IEE	
			Electricidade	Gás		Kgep/m ² .ano	
	m ²	kWh/ano		teps/ano			
Quartos	3437.4	544.0	543764.7	240530.1	178377.4	19.94	3.16
Lavandaria, Armazéns	188.7	4.116	29850.6	13204.2	9792.2	1.09	0.024
Áreas Técnicas	1034.5	201.4	163640.4	72385.0	53680.8	6.00	1.17
Circulação Comum	1120.3	180.5	177221.1	78392.4	58135.9	6.50	1.05
Áreas de serviço	315.5	23.2	49885.4	22066.4	16364.5	1.83	0.134
Restauração	761.6	50.2	120478.0	53292.5	39521.8	4.42	0.29
Áreas de Lazer	735.5	54.6	116309.7	51448.7	38154.4	4.26	0.317
Escritórios	587.5	44.9	92913.3	41099.5	30479.4	3.41	0.261
Outros	266.9	12.4	42221.1	18676.2	13850.3	1.55	0.072
Áreas exteriores	51.9	1.4	8202.2	3628.2	2690.7	0.30	0.008
<i>Total</i>						49.30	6.5

Através desta metodologia muito simples, é possível obter-se de forma prévia, uma noção dos consumos globais subjacentes ao edifício que se pretender analisar. A exploração desta metodologia, constitui uma boa sugestão para trabalhos futuros.

6. Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro

6.1. Conclusões

Numa perspectiva final de análise da presente dissertação, e tendo em conta todas as vertentes abordadas na mesma, assim como, as etapas de modelação do edifício, a análise da contribuição das soluções passivas e activas para a redução dos consumos energéticos, o contributo das fontes renováveis de energia, bem como, a avaliação do contributo de uma solução combinada de produção de electricidade, calor e frio (co-geração/tri-geração) e ainda a extrapolação dos consumos energéticos para os edifícios hoteleiros, permitem concluir:

Simulações dinâmicas:

- A etapa de criação do modelo do edifício para simulação dinâmica detalhada é, naturalmente, um ponto de destaque, pois convém reproduzir a geometria deste o mais próximo da geometria real possível, para não sobrestimar ou subestimar os consumos energéticos do edifício.
- No domínio das simulações efectuadas estas subdividiram-se em duas fases, ou seja, efectuou-se uma análise de sensibilidade no modelo criado a nível das condições nominais (verificação dos requisitos legais). Numa segunda abordagem as simulações efectuadas ao edifício, recriou-se o modelo real deste para analisar a viabilidade de implementação de um sistema de co-geração/tri-geração.

Simulações realizadas nas condições nominais:

→ Caso-base:

Da simulação base realizada ao edifício, a energia total consumida no edifício é de 4.84 GWh/ano, onde nas condições definidas para este modelo, obteve-se um IEE_{nominal} de 48.1 kgep/m².ano, o que indica que o edifício apresenta uma classificação energética de B⁻ [IEE_{nominal} (48.10) < $IEE_{\text{referência}}$ (49.02) kgep/m².ano].

A nível de emissão de gases com efeito de estufa (GEE), este edifício emitiria 1320.5 Toneladas de CO₂ equivalentes por ano.

O consumo de AVAC (aquecimento, arrefecimento, ventilação e bombas de distribuição), representa 35.7% do consumo de energia primária, o de iluminação 30.1%, o consumo relativo aos equipamentos representa 27.6% e 6.6% corresponde ao consumo para preparação de águas quentes sanitárias e de águas de piscina.

→ Análise de Sensibilidade ao caso-base:

- Na análise de sensibilidade efectuada a envolvente opaca, ao se estabelecer uma comparação com a simulação base, entre a redução das necessidades de energia-primária e investimento-inicial, a envolvente (alternativa 1) com os valores de referência dos coeficientes de transferência térmica proposta para o hotel é a que melhor se enquadra na óptica da sustentabilidade local.
- Dos resultados obtidos da análise efectuada à envolvente transparente, conclui-se que um envidraçado com baixo factor solar, mantendo as características da envolvente opaca (envolvente opaca com os coeficiente de transmissão térmica de referência), verifica-se uma diminuição das necessidades térmicas de arrefecimento, todavia, esta medida de optimização provoca o aumento das necessidades de aquecimento, levando à necessidade de se encontrar um ponto óptimo associado à melhoria da envolvente transparente. Optou-se por um envidraçado com um factor solar de 0.40, uma vez que esta solução para o hotel torna-se interessante a nível de *payback* e não é necessário ir para soluções que necessitem de recorrer a películas protectoras que alterem de forma significativa a coloração do envidraçado.
- A análise de sensibilidade, efectuada à implementação conjunta de medidas de melhoria associadas ao sistema AVAC, designadamente, redução das perdas de carga nos ventiladores bem como diminuir a potência destes (ventilador de insuflação e extracção), reproduz-se numa melhoria na ordem dos 3.3% nos consumos globais do edifício. Analisando-se estes sistemas de duas formas distintas, com ou sem recuperação de energia do ar de exaustão nas unidades de tratamento de ar para pré-aquecimento do ar novo, de forma a diminuir as necessidades energéticas associadas à produção de água quente, verifica-se quem a diferença entre estes é pouco significativa, onde no caso de estarmos perante um sistema com perda de carga elevada e munido de recuperação de calor, este a nível de consumos globais finais do edifício reproduz-se de uma forma negativa face aos sistemas sem recuperação de calor.
- A utilização do sistema de controlo baseado em sensores de intensidade luminosa, permite obter uma diminuição directa no consumo de energia primária relativo à iluminação, em cerca, de 17% e uma diminuição significativa relativa ao AVAC de 1%. A implementação de um sistema deste tipo permite benefícios em termos de consumo de energia primária total do edifício em cerca de 9%.
- Dos diferentes sistemas de AVAC analisados, concluiu-se que com o recurso a *chillers* ar-água reduz-se os consumos de arrefecimento devido a estes apresentarem um COP mais elevado face aos *chiller* ar-ar. Contudo também se conclui que o recurso ao

chiller ar-água não se torna tão vantajoso quando desejável, nem a redução dos consumos de energia primária apresenta uma diferença significativa face aos de ar-ar, visto que estes necessitam de recorrer a torres de condensação, o que penalizam o consumo destes, devido aos ventiladores das torres de arrefecimento.

- Dos sistemas de AVAC para produção de calor, conclui-se que o recurso a uma caldeira de condensação ($\eta=106\%$) face a sem condensação ($\eta=83.3\%$), induz numa redução dos consumos de energia primária na ordem dos 9%.

Para a produção de calor, recorrendo-se a uma caldeira de biomassa, a nível energético esta solução apresenta-se como a melhor alternativa analisada, pois com o recurso a esta caldeira os denominados consumos de aquecimento e as necessidades para o AQS, apresentam um factor de conversão nulo (Tabela 1 do Despacho n.º 17313/2008). Todavia, a nível económico esta alternativa ainda não é competitiva face as restantes, pois o custo do equipamento e de manutenção ainda são elevados.

- Os sistemas AVAC para produção de água fria (*chillers*) com recuperação de calor para AQS, face ao *chillers* sem recuperação de calor, apresentam um aumento do consumo de arrefecimento na ordem dos 13%, mas como vantagem, face ao *chillers* sem recuperação de calor, é que o contributo que estes apresentam para o AQS, diminui as necessidades de energia primária para AQS em cerca de dois terços.

→ Contributo das FRE:

- Para o edifício em estudo, recorrendo-se ao uso de colectores solares térmicos, conclui-se que para uma área de captação entre os 20m² e os 700m², o contributo destes para a diminuição dos consumos globais do edifício reflectem-se de uma forma quase linear. A partir dos 700m² de área de captação, não se reflecte de uma forma tão acentuada, mas sim a tende para um valor constante pois os desperdícios de energia já começam a apresentar um peso significativo. A nível de *payback*, recorrendo-se a uma área de captação superior a 200m², o sistema já não se considera economicamente viável, pois o período de retorno de investimento é superior ao tempo de vida útil dos equipamentos.
- Da contribuição dos sistemas fotovoltaicos, dos três tipos de painéis fotovoltaicos testados, conclui-se que numa primeira análise que, para a mesma potência de pico, a energia anual produzida pelos Painéis de Silício amorfo e pelos de Silício poli-cristalino é muito semelhante entre ambos, o que se reflecte numa diminuição dos consumos globais do edifício de uma forma muito semelhante. A principal diferença entre ambos reside no facto de que os Painéis de Silício amorfo necessitam sensivelmente de mais do dobro da área de captação face ao de Silício poli-cristalino para a mesma produção de energia.

Os BiPV, apresentam uma reduzida produção de energia comparativamente com os restantes, devido à disposição destes (90° com a horizontal) o que prejudica a produção de energia.

→ Análise da optimização das diversas soluções:

Comparativamente às características inerentes à solução inicial, conclui-se que face às alterações definidas na análise de optimização das diversas soluções, existem reduções muito significativas a todos os níveis de consumo, onde a redução dos consumos globais do edifício é 25%. A nível de classificação energética, nas condições iniciais o edifício obteve uma classificação energética de categoria B⁻, e por conseguinte, após as alterações efectuadas passou para a classe energética A.

Análise da simulação realizada nas condições reais (Co-geração):

Nesta dissertação pretendeu-se contribuir para a clarificação do potencial da co-geração/Tri-geração no sector da hotelaria, tendo em conta o actual panorama energético português bem como os condicionalismos legais e regulamentares à produção combinada de electricidade e calor.

Dos resultados obtidos conclui-se, que a nível de implementação desta tecnologia no hotel em causa, apresenta-se como uma solução com viabilidade de utilização, onde esta é fortemente condicionada por diversos factores nomeadamente pelo perfil de consumo energético (afecto do perfil de funcionamento) e pelo custo de investimento na tecnologia.

De cada tecnologia abordada conclui-se:

Motores de Combustão interna

○ JMS-208 GS-N.L (C05):

Com recurso a este motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado com recurso a um motor deste modelo (nos três perfis de funcionamento pré-definidos) ou a dois, no caso em que as horas de funcionamento da instalação sejam de 4380h/ano (das 10h às 21h).

O contributo que este tipo de motor apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício, a nível de aquecimento suprime entre 44 a 94% das necessidades e a nível de arrefecimento entre 39 a 61%.

Conclui-se também que mediante o recurso a este motor e às suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta tecnologia bem como a obrigatoriedade de recorrer a mesma. (PRS < 8 anos)

○ JMS-312 GS-N.L (C205):

Com recurso a um motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação verifica-se em todos os perfis de funcionamento anuais pré-estabelecidos, todavia, com recurso a dois motores deste modelo não se torna viável em nenhum dos perfis de funcionamento.

O contributo que este tipo de motor apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício, a nível de aquecimento supprime entre 44 a 99.6% das necessidades e a nível de arrefecimento entre 56 a 57%.

Mediante o recurso a este motor e as suas horas de funcionamento, conclui-se que caso a instalação funcionasse 8760h/ano o retorno do investimento só se verifica muito perto do limite de vida útil do equipamento. Nas restantes alternativas, verifica-se a viabilidade económica destas, bem como a obrigatoriedade de recorrer à mesma.

○ MTU – Onsite Energy

Com recurso a um motor, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento. No caso da utilização de dois motores, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado no perfil de funcionamento 4380h/ano (das 10h às 21h).

O contributo que este tipo de motor apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício, a nível de aquecimento supprime entre 44 a 98.8% das necessidades e a nível de arrefecimento entre 51 a 73%.

Mediante o recurso a este motor e as suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta tecnologia, bem como em certas situações (horas de funcionamento da instalação), a obrigatoriedade de recorrer à mesma.

Microturbinas (TURBEC T100 CHP)

Conclui-se que com recurso a esta tecnologia, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento. No caso da utilização de duas microturbinas, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, só é verificado no perfil de funcionamento 4380h/anos (das 10h às 21h).

O contributo que este tipo de motor apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício, a nível de aquecimento supprime entre 40.4 a 70.3% das necessidades e a nível de arrefecimento entre 15 a 37.6%.

O recurso a esta tecnologia (uma só máquina) mediante as suas horas de funcionamento, verifica-se a viabilidade económica desta, embora não se verifique a obrigatoriedade de recorrer à mesma (PRS > 8anos).

Pilhas de combustível (MTU Onsite Energy, Hot Module – HM 400 N)

Com recurso a esta tecnologia, o coeficiente do rendimento eléctrico equivalente da instalação, é verificado em todos os perfis de funcionamento e com recurso a um total de cinco máquinas, com a excepção no caso do perfil horário de 8760h/ano, que só se verificar até um total de quatro máquinas.

O contributo que este tipo de motor apresenta para suprir as necessidades térmicas do edifício, a nível de aquecimento suprime entre 76.5 a $\approx 100\%$ das necessidades e a nível de arrefecimento entre 38.3 a 72.5%.

Face ao reduzido tempo útil de vida deste equipamento, o recurso a esta tecnologia embora a nível técnico seja uma solução muito interessante o mesmo não se reflecte a nível económico.

Extrapolação dos consumos energéticos para os edifícios hoteleiros:

Da análise efectuada, conclui-se que é prematuro retirar-se informação precisa da metodologia criada, isto é, a base seguida para a distribuição percentual dos espaços referentes a cada compartimento de um edifício hoteleiro é pouco expressiva face ao parque hoteleiro nacional.

O método de extrapolção é muito limitativo pois só pode ser analisado para edifícios da mesma área geográfica que o edifício em causa (Algarve), assim como só se obtém a perspectiva do consumo global subjacente ao edifício a analisar. Através desta metodologia muito simples, é possível obter-se de forma prévia, uma estimativa dos consumos globais subjacentes ao edifício a analisar, que caso apresentem as mesmas tipologias que o edifício do caso de estudo, prevê-se que o consumo será tipicamente na ordem dos 49.30 ± 6.5 kgep/m².ano.

6.2. Perspectivas de trabalho futuro

Neste trabalho foi abordada apenas uma parte das soluções existentes para o melhoramento da Eficiência Energética dos Edifício, havendo ainda outros temas possíveis de serem analisados tais como:

- O contributo da energia eólica, através do recurso à implementação de mini-aerogeradores no edifício para produção de energia eléctrica através do vento – *Urban Wind*;
- Analisar a contribuição dos tubos enterrados para pré-tratamento do ar ambiente, de alimentação aos sistemas de tratamento ambiente;
- Verificar o contributo das Bombas de calor com rejeição de condensados para o solo (geotermia);
- Analisar a influência das coberturas ajardinadas;
- Obter-se as curvas características dos equipamentos de co-geração analisados, de forma a inserir-se esta informação no *software* de simulação (TRANE TRACE700), para se analisar a influência desta tecnologia no desempenho energético do edifício.

De referir, que na vertente abordada relativamente à análise prévia dos consumos inerentes aos edifícios hoteleiros, considera-se como um tema com especial interesse para desenvolvimento futuro.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Sá, André Fernando Ribeiro de - Guia de aplicações de gestão de energia e eficiência energética (2ª edição), Publindústria ed.
- [2] Disponível em <http://www.dgge.pt/>, acedido a última vez em 10/05/2010.
- [3] Álvaro Rodrigues, Armando Oliveira - Slides das Aulas de Energias Renováveis 2009/2010, 5ºAno do Mestrado integrado em Engenharia Mecânica (Opção de energia térmica).
- [4] Águas Quentes sanitárias - Gestão de Energia Eléctrica.
- [5] Guia da energia solar - Conversão Fotovoltaica da Energia Solar, Concurso Solar Padre Himalaya.
- [6] Disponível em http://campus.fct.unl.pt/afr/ipa_9900/grupo0051_recnaturais/biomassa.htm acedido a última vez em 20/05/2010.
- [7] Disponível em <http://www.ciar-lda.com/geo/geotermia.html> acedido a última vez em 21/05/2010.
- [8] Universidade técnica de Lisboa - instituto superior técnico, DEEC Área Científica de Energia Energias Renováveis e Produção Descentralizada - introdução à co-geração, Rui M.G. Castro, Maio de 2009 (edição 2.0).
- [9] Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores - Universidade de Coimbra – Co-geração, Outubro 2004 de Sérgio da Silva Brandão.
- [10] Disponível em http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/et_T11.htm acedido a última vez em 05/06/2010.

Decretos-lei, Portarias e directivas consultadas:

Decreto Regulamentar n.º 16/99 de 18 de Agosto (Estabelecimentos Hoteleiros);

Decreto-Lei n.º 538/99 de 13 de Dezembro (Co-geração);

Decreto-Lei n.º 313/2001 de 10 de Dezembro (Co-geração);

Portarias n.º 57/2002, n.º 58/2002, n.º 59/2002 e n.º 60/2002 de 15 de Janeiro (Co-geração).

Directiva 2002/91/CE do parlamento Europeu e do Concelho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios;

Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril (SCE - Sistema Nacional de 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);

Decreto-Lei n.º 225/2007 de 31 de Maio (Sistemas fotovoltaicos);

Decreto-Lei n.º 363/2007 de 2 de Novembro (Sistemas fotovoltaicos);

Decreto-Lei n.º 39/2008 de 7 de Março (exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos);

Portaria n.º 327/2008 de 28 de Abril (exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos);

Decreto-Lei n.º 228/2009 de 14 de Setembro (exploração e funcionamento dos empreendimentos turísticos);

Material de Apoio Consultado

- ASHRAE 2009 Fundamentals – SI Edition.
- ADENE - Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, Versão 1.3, Abril 2008.
- ADENE – Perguntas e Respostas sobre o RSECE - Energia, ADENE, 2008.

- ADENE – *Perguntas e Respostas sobre o SCE*, ADENE, 2007.
- Aguiar, Ricardo; Carvalho, Maria João – *Manual de Instalação e Utilização do software SolTerm 5.0*, INETI, Lisboa, 2007.
- Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios..
- Gonçalves, Helder; Graça, João – *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. INETI, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, 2004.
- Manual do *software* TRACE Load 700, ISEP – departamento de engenharia mecânica – opção fluidos e calor.
- Pina dos Santos, Carlos; Matias, Luís - *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- Susana Camelo, Carlos Pina dos Santos, Álvaro Ramalho, Cristina Horta, Helder Gonçalves e Eduardo Maldonado, Manual de apoio à aplicação do RCCTE, INETI, Lisboa, Setembro de 2005.
- Vítor Leal, José Luís Alexandre e Eduardo Maldonado, Apontamentos da disciplina de Climatização, 5º ANO – MIEM 2009-2010.

ANEXO A: Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos,

Tabela a.1 - Cálculo do coeficiente para os espaços não úteis

Código do	Elementos em contacto com os espaços não úteis (designação do TRACE)	Tipo de espaço (tabela IV.1 RCCTE)	Ai	Pa	Au	Ai/Au	Coeficiente	Temp.ENU. Inverno	Temp.ENU. Verão	
			m ²	m	m ²			°C	°C	
3	P-2_Circulação_3	7.1	10.8	2.7	11.88	0.91	0.8	8	29.8	
2		7.1	30.24		50.04	0.60		8	29.8	
1	P-2_Circulação_4	7.1	32.4	2.7	59.4	0.55	0.8	8	29.8	
4	P-2_Circulação_2	7.1	11.34	2.7	12.54	0.90	0.8	8	29.8	
5	P-1_Pool_Terrace_Store (Armazém)	4	27	2.7	59.4	0.45	0.95	5.75	30.7	
11	P-1_All_Day_Restaurant (restauração)	7.1	29.4	4.2	12	2.45	0.6	11	28.6	
15		7.1	21		45	0.47		0.8	8	29.8
19		4	33.6		88.2	0.38		0.95	5.75	30.7
20	P-1_Circulação_3	4	40.5	2.7	56.7	0.71	0.95	5.75	30.7	
21		7.1	10.8		5.4	2.00		0.6	11	28.6
22	P-1_Circulação_2	7.1	10.8	2.7	5.4	2.00	0.6	11	28.6	
6	P-1_Circulação_Piscina	4	51.3	2.7	59.4	0.86	0.95	5.75	30.7	
7		7.1	13.5		15	0.90		0.8	8	29.8
8		4	62.1		70.2	0.88		0.95	5.75	30.7
24.1	P-1_Engineer_Store (armazém)	4	21.6	2.7	24.3	0.89	0.95	5.75	30.7	
16	P-1_[308]Comp RM/ST (Escritório)	7.1	33.3	3.7	27	1.23	0.6	11	28.6	
18		4	33.3		77.7	0.43		0.95	5.75	30.7
23	P-1_Circulação_Serviços (escritórios)	7.1	20.35	3.7	22.2	0.92	0.8	8	29.8	
24	P-1_HR (Escritório)	7.1	20.35	3.7	22.2	0.92	0.8	8	29.8	
13	P-1_Store_II	7.1	13.5	2.7	70.2	0.19	0.8	8	29.8	
12	P-1_lift lobby	7.1	18.5	3.7	15	1.23	0.6	11	28.6	
17		7.1	33.3		18	1.85		0.6	11	28.6
24.2	P-1_Changing_rooms	4	8.1	2.7	27	0.30	0.95	5.75	30.7	
24.3		7.1	8.1		9	0.90		0.8	8	29.8

Continuação da tabela anterior

Código do	Elementos em contacto com os espaços não úteis (designação do TRACE)	Tipo de espaço (tabela IV.1 RCCTE)	Ai	Pa	Au	Ai/Au	Coeficiente	Temp.ENU. Inverno	Temp.ENU. Verão
			m ²	m	m ²			°C	°C
9	P-1_Corredor_Restaurant (Hotel)	4	10.8	2.7	70.2	0.15	0.95	5.75	30.7
10		4	32.4		27	1.20	0.7	9.5	29.2
14		7.1	5.94		7.6	0.78	0.8	8	29.8
31	P 0_lugagge_store	7.1	7.4	3.7	17.1	0.43	0.8	8	29.8
33	P 0_Lift_Lobby_1e3	7.1	33.3	3.7	18	1.85	0.6	11	28.6
39	P 0_Lift_Lobby_2	7.1	18.5	3.7	15	1.23	0.6	11	28.6
30	P 0_Lobby	7.1	11.1	3.7	9	1.23	0.6	11	28.6
38	P 0_BOH_corridor	7.1	29.6	3.7	15	1.97	0.6	11	28.6
27	P 0_Louge_Bar (restauração)	7.1	14.8	3.7	20	0.74	0.8	8	29.8
28		7.1	14.8		14	1.06	0.6	11	28.6
36	P 0_Circulapão_3	7.1	10.8	2.7	16.8	0.64	0.8	8	29.8
25	P 0_Q30	7.1	8.1	2.7	12.1	0.67	0.8	8	29.8
37	P 0_Circulapão_2	7.1	10.8	2.7	11.4	0.95	0.8	8	29.8
29	P 0_BOH_Circ (Restaurante)	7.1	85.5	9.5	27	3.17	0.6	11	28.6
26	P 0_Secondary_Entrance	7.1	14.8	3.7	25.9	0.57	0.8	8	29.8
40	P 0_MR1 (Escritórios)	7.1	11.1	3.7	15	0.74	0.8	8	29.8
34	P 0_bridge_over	7.1	20.72	3.7	18	1.15	0.6	11	28.6
32	P 0_Sale_deposit	7.1	14.8	3.7	17.1	0.87	0.8	8	29.8
43	P 1_Circulapão_3	7.1	32.4	2.7	91.8	0.35	0.8	8	29.8
44		7.1	24.3		25.2	0.96	0.8	8	29.8
42		7.1	10.8		33.6	0.32	0.8	8	29.8
45		7.1	29.7		18	1.65	0.6	11	28.6
41	P 1_Q30	7.1	8.1	2.7	25.2	0.32	0.8	8	29.8
48	P 2_Circulapão_3	7.1	32.4	2.7	124.2	0.26	0.8	8	29.8
49		7.1	24.3		33.3	0.73	0.8	8	29.8
50		7.1	37.8		93.6	0.40	0.8	8	29.8
47	P 2_Circulapão_4	7.1	10.8	2.7	33.6	0.32	0.8	8	29.8
46	P 2_Q30	7.1	8.1	2.7	25.2	0.32	0.8	8	29.8
51	P 3_Circulapão	7.1	32.4	2.7	59.4	0.55	0.8	8	29.8
52		7.1	24.3		33.3	0.73	0.8	8	29.8
53		7.1	31.05		36	0.86	0.8	8	29.8

Dados:

$T_{ext,i}$ - Temperatura exterior de Inverno: 5°C

$T_{ext,v}$ - Temperatura exterior de Verão: 31°C

$T_{int,v}$ - Temperatura interior de Inverno: 20°C

$T_{int,v}$ - Temperatura interior de Verão: 25°C

As equações utilizadas para o cálculo das temperaturas dos espaços não úteis foram as seguintes:

$$T_{ENU,i} = T_{int,i} - \tau (T_{int,i} - T_{ext,i})$$

$$T_{ENU,v} = T_{int,v} - \tau (T_{int,v} - T_{ext,v})$$

$$\tau_{ponderado} = \frac{(A_i \tau)}{A_i}$$

ANEXO B: Determinação dos Perfis de Consumo de AQS

Neste anexo pretende-se ilustrar os passos efectuados para a determinação dos perfis de AQS, onde a título de exemplo, se descreve o processo de cálculo efectuado para a determinação do perfil de consumo de AQS do Hotel.

- 70 litros /dia.pessoa; 189 Quartos; 2 Ocupantes.

Tabela b.1 - Perfil nominal de consumo de AQS – Software TSOL

Perfil Diário			Perfil Sábado			Perfil Domingo		
hora	utilização	Litros	hora	utilização	Litros	hora	utilização	Litros
00:00	43.4%	1099.00	00:00	17.2%	432.15	00:00	16.2%	432.56
01:00	16.2%	410.48	01:00	19.0%	475.52	01:00	16.2%	432.56
02:00	4.7%	120.03	02:00	8.6%	216.08	02:00	8.8%	235.80
03:00	0.6%	15.95	03:00	8.6%	216.08	03:00	1.5%	39.30
04:00	1.1%	28.11	04:00	8.6%	216.08	04:00	2.9%	78.60
05:00	48.0%	1215.48	05:00	1.7%	43.11	05:00	2.9%	78.60
06:00	79.0%	2000.48	06:00	32.0%	802.14	06:00	0.0%	-
07:00	100.0%	2532.25	07:00	46.0%	1153.07	07:00	0.0%	-
08:00	92.0%	2329.67	08:00	70.7%	1771.97	08:00	23.5%	629.06
09:00	63.8%	1615.32	09:00	100.0%	2506.68	09:00	33.8%	904.15
10:00	54.0%	1367.16	10:00	63.8%	1599.01	10:00	63.2%	1690.68
11:00	27.7%	700.67	11:00	72.4%	1815.09	11:00	61.8%	1651.38
12:00	42.1%	1064.81	12:00	31.0%	777.82	12:00	64.7%	1729.98
13:00	28.4%	718.65	13:00	37.9%	950.78	13:00	100.0%	2673.43
14:00	23.6%	596.60	14:00	32.8%	821.19	14:00	95.6%	2555.53
15:00	22.1%	560.39	15:00	58.6%	1469.42	15:00	41.2%	1100.92
16:00	34.0%	860.71	16:00	37.9%	950.78	16:00	27.9%	746.96
17:00	43.2%	1092.92	17:00	77.6%	1944.93	17:00	67.7%	1808.57
18:00	57.9%	1465.41	18:00	60.3%	1512.53	18:00	57.4%	1533.21
19:00	44.1%	1116.98	19:00	77.6%	1944.93	19:00	52.9%	1415.31
20:00	42.7%	1081.02	20:00	77.6%	1944.93	20:00	89.7%	2398.33
21:00	44.5%	1127.11	21:00	32.8%	821.19	21:00	39.7%	1061.62
22:00	67.1%	1699.39	22:00	53.5%	1339.82	22:00	61.8%	1651.38
23:00	64.8%	1641.41	23:00	29.3%	734.71	23:00	60.3%	1612.08

Dos perfis acima enunciados, é necessário afectar-se um perfil semanal de utilização de forma a obter-se um perfil médio diário. O perfil semanal, também se encontra definido no *software* TSOL.

Através do perfil médio diário, define-se então o perfil a ser inserido do *software* SOLTERM.

Tabela b.2 – Perfil Médio diário

Perfil Semanal		Perfil Médio Diário			SOLTERM
dia	utilização	hora	utilização	Litros	
seg	80%	00:00	30%	896.12	3.4%
ter	80%	01:00	14%	424.47	1.6%
qua	80%	02:00	5%	151.92	0.6%
qui	80%	03:00	2%	52.99	0.2%
sex	95%	04:00	2%	66.75	0.3%
sáb	100%	05:00	29%	863.51	3.3%
dom	85%	06:00	51%	1527.55	5.8%
		07:00	66%	1956.93	7.4%
		08:00	67%	2005.70	7.6%
		09:00	56%	1670.29	6.3%
		10:00	49%	1450.09	5.5%
		11:00	34%	1017.71	3.8%
		12:00	37%	1105.99	4.2%
		13:00	34%	1021.79	3.9%
		14:00	30%	899.02	3.4%
		15:00	26%	787.28	3.0%
		16:00	29%	860.61	3.3%
		17:00	45%	1333.79	5.0%
		18:00	50%	1482.54	5.6%
		19:00	44%	1297.45	4.9%
		20:00	47%	1405.11	5.3%
		21:00	36%	1066.46	4.0%
		22:00	55%	1632.02	6.2%
		23:00	50%	1483.90	5.6%

Através do consumo médio diário, afecta-se de um perfil anual nominal, também definido no TSOL, para se determinar os consumos de AQS mensais.

Tabela b.3 – Consumos de AQS mensais

Perfil Anual Nominal	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		75%	78%	79%	81%	93%	100%	100%	100%	90%	85%	60%
SOLTERM	19845	20753	20903	21446	24730	26460	26460	26460	23814	22491	15876	21168

Da tabela anterior sabe-se a quantidade de litros de água quente necessária, onde tendo presente esses valores mensais, bem como a distribuição diária do perfil das necessidades (tabela b.2), insere-se esta mesma informação no *software* SOLTERM para se obter nas necessidades energéticas.

A nível da inserção desta informação no *software* TRACE700, da tabela b.2, sabe-se o perfil de utilização diário, onde este multiplicado pelo perfil anual nominal (tabela b.3), obtém-se os perfis de consumo mensais.

ANEXO C: Tratamento de dados sobre os consumos energéticos

Após a realização da simulação dinâmica no *software* TRANE TRACE700, os dados obtidos seguiram o seguinte tratamento:

1º) O valor obtido pela simulação, relativamente ao consumo de AVAC de aquecimento, sofre um acréscimo de 5%, de forma a contabilizar o efeito das pontes térmicas lineares no cálculo final do $IEE_{nominal}$;

2º) A iluminação contabiliza o somatório da iluminação interior e exterior, onde para a contabilização da iluminação exterior foram assumidos os seguintes pressupostos:

- Horas de funcionamento (RSECE): 5400 horas/ano;
- Densidade de iluminação: 2 W/m²;
- Área de Cobertura acessível iluminada: 4000 m²;
- Área de implantação exterior: 15000 m².

Com estes pressupostos assumidos, a contabilização da iluminação exterior é efectuada recorrendo-se a seguinte formulação:

$$Iluminação\ exterior\ [kWh/Ano] = \frac{Horas\ de\ funcionamento \quad Área \quad densidade\ de\ iluminação}{1000}$$

3º) Devido a falta de informação na legislação portuguesa para a contabilização dos consumos dos transportes mecânicos (Elevadores), a metodologia seguida assentou na seguinte formulação:

$$E_{F,a} = \frac{Z_F \quad K_1 \quad K_2 \quad h_{max} \quad P_m}{v \quad 3600}$$

Tabela c.1 - Número de ciclos de viagem por ano dos Elevadores

Type of building/purpose	No. of lifts	%	Typical lift						Projection as per SIA 380/4					
			Storeys	Hoist height	Travel cycles p.a.	Speed	Capacity		Energy			% of total energy		
							Motor	Stand-by	Stand-by	In motion	Total	Stand-by	In motion	Total
m	m/s	kW	W	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh				
Residential dwellings	97,500	65	6	14	40,000	1	6	90	77	16	93	28	6	34
Hospitals	1,500	1	12	30.8	700,000	2	25	500	7	19	26	2	7	9
Clinics	13,500	9	8	19.6	300,000	1.6	10	200	24	24	48	8	9	17
Shops	6,000	4	3	5.6	200,000	1.6	20	150	8	4	12	3	1	4
Offices	18,000	12	8	19.6	200,000	1.5	21	200	31	48	79	11	17	28
Car parks	6,000	4	4	8.4	60,000	1.6	18	100	5	2	7	2	1	3
Industrial buildings (goods lifts)	7,500	5	4	8.4	40,000	0.8	30	150	10	4	14	4	1	5
Total	150,000	100							162	117	279	58	42	100

Tabela c.2 - Velocidade típica dos Elevadores

Type of building/purpose	Capacity	Speed	No. of stops	Wh per cycle	No. of travel cycles p.a.	kWh p.a., including stand-by	% in stand-by mode
Small apartment building:	630 kg	1 m/s	6	4	40,000	950	83%
Office block/medium-sized apartment block:	1,000 kg	1.5 m/s	8	13	200,000	4,350	40%
Hospital, large office block:	2,000 kg	2 m/s	12	19	700,000	17,700	25%

Tabela c.3 – Resumo dos Valores obtidos para os diferentes Elevadores

Elevadores	Pisos		Z _f	k ₁	k ₂	H _{máx}	P _m	v	E _{f,a}
	Início	Fim							
1	-2	3	80000	0.35	0.5	18.5	15	1	1079.17
2	-2	3	80000	0.35	0.5	18.5	15	1	1079.17
3	-2	3	80000	0.35	0.5	18.5	15	1	1079.17
4	-2	3	80000	0.35	0.5	18.5	15	1	1079.17
5	-2	3	80000	0.35	0.5	18.5	15	1	1079.17
6	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00
7	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00
8	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00
9	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00
10	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00
11	0	-1	80000	0.35	0.5	4.2	12	1	196.00

Através de todos os pressupostos assumidos, obtém-se um consumo total de 6571.83 kWh/ano, para este tipo de equipamentos.

4º) Para a conversão do consumo anual de energia útil [kWh/ano] em energia primária [kgep/Ano], os factores de conversão utilizados foram os indicados no artigo nº 18 do capítulo V do RCCTE.

5º) O cálculo do IEE afecto a cada parâmetro efectua-se através das seguintes formulações:

$$\text{Aquecimento} \rightarrow \frac{\text{Consumo de energia primária}}{\text{Área total } F_{CI}}$$

$$\text{Arrefecimento} \rightarrow \frac{\text{Consumo de energia primária}}{\text{Área total } F_{CV}}$$

$$\text{Ventilação e Bombas} \rightarrow \frac{\text{Consumo de energia primária}}{\text{Área total } (F_{CV} + F_{CI})}$$

$$\text{Restantes} \rightarrow \frac{\text{Consumo de energia primária}}{\text{Área total}}$$

6º) Para se contabilizar os gases de efeito de estufa (GEE), o factor de conversão utilizado foi de 0.0012, multiplicado pelo consumo de energia primária.

ANEXO D: Caudais de Ar por Sistema

Tabela d.1 – Caudais de ar dos diferentes sistemas

#	Sistemas (Designação no TRACE)	Caudais de Ar [m ³ /h]			
		Insuflação	Ar-novo	Retorno	Extracção
2	Cozinha	79485	51732	79485	51732
3	DHU - SPA SOCIAL	900	900	900	900
4	DHU - SPA TERMAL	514	514	514	514
7	Lobby	13071	4949	13071	4949
8	Piscina	24628	6051	24628	6051
9	Restauração	17206	6555	17206	6555
10	UTA - BALLROOM 1	4987	2135	4987	2135
11	UTA - BALLROOM 2	4171	1024	4171	1024
12	UTA - BALLROOM 3	5137	1033	5137	1033
13	UTA - GR E (VC S)	68792	7632	68792	7632
14	UTA - GR S1 (VC S)	30375	4138	30375	4138
15	UTA - GR S2 (VC S)	24351	2934	24351	2934
16	UTA - GR W1 (VC S)	35914	3914	35914	3914
17	UTA - GR W2 (VC S)	28811	2829	28811	2829
18	UTA - Hotel Bar	7340	2118	7340	2118
19	UTA - PEQ LOJAS (VC S)	6560	865	7424	865
20	UTA - PREFUNCTION KITCHEN	814	814	814	814
21	UTA - Prefunction BALLROOM	25881	1078	25881	1078
22	UTA - TEAM RESTAURANT	1233	1068	1233	1068
23	UTAN - APOIO A PISCINA	3294	3294	3294	3294
24	UTAN - ESCRITORIOS	7681	4335	7681	4335
25	UTAN - POOL PANTRY	10321	0	10321	0
26	UTAN - Serviços Diversos	3818	3818	3818	3818
27	UTAN - SPA GERAL	4269	4269	4269	4269
28	UTAN - SPA GYM	6615	2882	6615	2882
29	UTAN - SUITE PRESIDENCIAL (VCs)	9124	5607	9124	5607
30	VAV - ESCRITORIOS	18115	12929	18115	12929
31	VCs - Escritórios Exteriores	5267	777	5267	777

ANEXO E: Definição dos diferentes sistemas

E.1. Sistemas de recuperação de calor utilizados

Tabela e.1 – Tipos de recuperadores de calor

	Sistemas (Designação no TRACE)	Tipo de Recuperador de Calor
1	UTA - GR E (VC S)	Placas
2	UTA - GR W2 (VC S)	
3	UTA - GR W1 (VC S)	
4	UTA - GR S1 (VC S)	
5	UTA - GR S2 (VC S)	
6	Restauração	
7	VAV - ESCRITORIOS	Roda térmica (sensível)
8	UTAN - SPA GERAL	Placas
9	UTAN - SUITE PRESIDENCIAL (VCs)	
10	Lobby	Roda térmica (sensível + latente)
11	UTA - PEQ LOJAS (VC S)	Placas
12	UTAN - SPA GYM	
13	UTAN - POOL PANTRY	
14	UTA - BALLROOM 1	Roda térmica (sensível + latente)
15	UTA - BALLROOM 2	
16	UTA - BALLROOM 3	
17	UTA - PREFUNCTION KITCHEN	Recuperação por bateria (pré-tratamento)
18	UTAN - ESCRITORIOS	Roda térmica (sensível + latente)
19	UTA - TEAM RESTAURANT	Placas
20	UTAN - APOIO A PISCINA	
21	UTA - Prefunction BALLROOM	Roda térmica (sensível + latente)
22	VCs - Escritórios Exteriores	Placas
23	UTA - Hotel Bar	

E.2. Perdas de carga e potência dos ventiladores

Neste anexo, pretende-se demonstrar as perdas de carga dos equipamentos de tratamento de ar, bem como indicar a potência dos ventiladores dessas mesmas unidades.

Os valores apresentados nas tabelas seguintes foram obtidos recorrendo-se ao *software* da SYSTEM AIR.

Para a selecção *default*, os valores destes parâmetros não seguiram nenhum critério rigoroso, ou seja, numa abordagem inicial os valores utilizados para as perdas de carga e potência dos ventiladores foram admitidos sem se ter definido concretamente qual o tipo (marca/fornecedor) de unidades a utilizar.

Numa segunda abordagem, definiu-se que um dos limites a cumprir fosse que a velocidade de escoamento do ar nas baterias (de aquecimento e arrefecimento) não fosse superior a 2.5m/s.

Tabela e.2 - Selecção para uma velocidade do ar nas baterias inferior a 2.5m/s [Selecção melhorada]

Unidade			Caudal		Perda de carga		Potência do ventilador	SFP		Perda de Carga no Permutador de Calor
			m ³ /h	lps	Pa	kPa	kW	$\frac{kW}{Cfm. \text{ in } Wg}$	$\frac{kW}{lps. \text{ kPa}}$	Pa
MR	Meeting room VAV	Insuflação	12450	3458	877	0.877	3.84	0.00014884	0.001266091	125
		Extracção	11450	3181	487	0.487	1.97	0.00014951	0.001271845	115
BR 2	Ballroom	Insuflação	5500	1528	800	0.800	1.56	0.00015005	0.001276364	105
		Extracção	5000	1389	440	0.440	0.77	0.00014812	0.00126	95
BR 1 & 3	Ballroom	Insuflação	3100	861	612	0.612	0.7	0.00015615	0.001328273	73
		Extracção	3100	861	376	0.376	0.41	0.00014886	0.001266301	73
PS	Presidential Suite	Insuflação	1660	461	600	0.600	0.35	0.00014872	0.00126506	66
		Extracção	1100	306	325	0.325	0.13	0.00015389	0.001309091	30
GRW 2	Quartos Oeste	Insuflação	3640	1011	957	0.957	1.22	0.00014822	0.001260808	150
		Extracção	2900	806	487	0.487	0.5	0.00014983	0.001274517	96
GR	Quartos Este, Sul e Oeste	Insuflação	7100	1972	855	0.855	2.13	0.00014849	0.001263158	121
		Extracção	5700	1583	455	0.455	0.92	0.00015012	0.001277039	80
Offices	Escritórios Piso - 1	Insuflação	5900	1639	1056	1.056	2.18	0.00014808	0.00125963	150
		Extracção	2400	667	333	0.333	0.29	0.00015357	0.001306306	55
PF BR	Prefunction Ballroom	Insuflação	12000	3333	1400	1.400	5.89	0.00014837	0.001262143	200
		Extracção	12000	3333	766	0.766	3.48	0.00016022	0.001362924	200
TREST	Team Restaurant Hotel	Insuflação	4500	1250	864	0.864	1.36	0.00014803	0.001259259	120
		Extracção	4000	1111	506	0.506	0.72	0.00015055	0.001280632	95

Na abordagem final efectuou-se uma selecção idêntica à anterior, mas desta vez para um modelo superior, reduzindo-se a velocidade do ar nas baterias e consequentemente a perda de carga total.

Tabela e.3 – Redução da velocidade do ar nas baterias e consequente perda de carga total [Seleccção final]

UTA			Caudal		Perda de carga		Potência do ventilador	SFP		Perda de Carga no Permutador de Calor
			m ³ /h	lps	Pa	kPa	kW	$\frac{kW}{Cfm. in Wg}$	$\frac{kW}{lps. kPa}$	Pa
MR	Meeting room VAV	Insuflação	12450	3458	751	0.751	3.35	0.00015163	0.001289846	100
		Extracção	11450	3181	423	0.423	1.7	0.00014854	0.001263588	90
BR 2	Ballroom	Insuflação	5500	1528	563	0.563	1.17	0.00015991	0.001360245	64
		Extracção	5000	1389	337	0.337	0.61	0.00015321	0.001303264	57
BR 1 & 3	Ballroom	Insuflação	3100	861	612	0.612	0.7	0.00015615	0.001328273	73
		Extracção	3100	861	376	0.376	0.41	0.00014886	0.001266301	73
PS	Presidential Suite	Insuflação	1660	461	600	0.600	0.35	0.00014872	0.00126506	66
		Extracção	1100	306	322	0.322	0.13	0.00015533	0.001321287	30
GRW 2	Quartos Oeste	Insuflação	3640	1011	675	0.675	0.86	0.00014813	0.001260073	79
		Extracção	2900	806	382	0.382	0.39	0.00014899	0.001267377	51
GR	Quartos Este, Sul e Oeste	Insuflação	7100	1972	650	0.650	1.63	0.00014947	0.001271506	76
		Extracção	5700	1583	377	0.377	0.75	0.00014771	0.001256457	50
Offices	Escritórios Piso - 1	Insuflação	5900	1639	677	0.677	1.4	0.00014833	0.001261798	-
		Extracção	2400	667	-	-	-	-	-	-
PF BR	Prefunction Ballroom	Insuflação	12000	3333	800	0.800	3.37	0.00014856	0.00126375	120
		Extracção	12000	3333	456	0.456	1.96	0.00015159	0.001289474	120
TREST	Team Restaurant Hotel	Insuflação	4500	1250	641	0.641	1.01	0.00014818	0.00126053	80
		Extracção	4000	1111	408	0.408	0.57	0.00014781	0.001257353	65

Dos sistemas inerentes ao edifício em estudo, só se efectuou a selecção dos equipamentos acima referidos, onde para os restantes, dada à semelhança entre eles se seguiu a filosofia de se assumir as mesmas condições acima enunciadas para sistemas idênticos, todavia, no caso de não existir um sistema idêntico optou-se pela extrapolação dos valores (criação de rácios).

ANEXO F: Energia produzida nos Painéis Solares térmicos e Retorno de Investimento

Neste anexo pretende-se ilustrar os dados obtidos nas diferentes soluções testadas no SOLTERM, assim como ilustrar o custo de implementação de cada solução.

Tabela f.1 - Energia mensal produzida pelos colectores solares térmicos [kWh]

Área de Captação [m ²]	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2	385	347	367	346	376	359	403	438	412	395	315	401
20	9575	8405	8798	7687	8080	7421	8346	9067	9172	9109	7885	9779
50	10762	9565	10115	9327	10104	9655	10792	11587	11045	10590	8907	10991
100	12443	11476	12740	13187	14665	14498	16197	17349	15180	13929	10970	12733
200	16016	15559	18131	20672	23500	23670	26410	28196	23464	20814	15350	16617
300	19466	19332	22940	27297	31188	31635	35209	37513	30849	26887	19392	20303
500	25538	26326	31265	38950	44229	44641	49507	52453	43878	37742	27012	26914
700	30891	32783	37565	45776	51547	51399	56113	58580	51607	44999	33608	32930
900	35745	38250	42351	48900	54866	53940	57886	59824	54821	49065	38160	38639
1100	39509	42220	45951	50368	56491	55117	58485	60162	55943	51396	41064	42992
1300	42533	45295	48577	51046	57249	55711	58653	60270	56332	52790	43068	46754

Tabela f.2 - Custo das instalações

nº de colectores	Área de captação [m ²]	Custo da instalação [€]		Custo O&M durante 25anos [€]	Total [€]
		Global*	€/m ²		
1	2	4000	2000	2000	6000
10	20	16000	800	8000	24000
25	50	35000	700	17500	52500
50	100	67200	672	33600	100800
100	200	129000	645	64500	193500
150	300	185700	619	92850	278550
250	500	297000	594	148500	445500
350	700	399000	570	199500	598500
450	900	495000	550	247500	742500
550	1100	550000	500	275000	825000
650	1300	617500	475	308750	926250

*Estimativa do custo das instalações fornecida pela empresa SINERSOL, onde esta estimativa de preço fornecido engloba o Colector solar, o equipamento de fixação, depósito, o equipamento de bombagem, tubagem e demais componentes necessários.

O período de retorno de investimento deste equipamento, é determinado entre a razão do preço do equipamento total e a energia poupada no aquecimento caso recorresse ao sistema convencional (Caldeira a gás).

Tomando como exemplo o recurso a 10 colectores solares (20m² de área de captação), ser enunciado o procedimento de cálculo.

$$PRi = \frac{\text{Custo total da instalação}}{\text{Energia total produzida} \cdot \text{Custo do gás}} = \frac{240000}{103324 \cdot 0.029289} = 7.9 \text{ anos}$$

ANEXO G: Cálculo da tarifação da energia produzida nas instalações de Fotovoltaicas

Neste anexo pretende-se ilustrar os dados obtidos nas diferentes soluções testadas no SOLTERM, assim como ilustrar o custo de implementação de cada solução.

Tabela g.1 - Energia Produzida pelos painéis de Silício-Amorfo (Signet 85.A2)

Potência de Pico [kWp]	3.68	10	20	30	100	150
	Energia produzida [kWh]					
Janeiro	424.871	1174.001	2318.518	3398.913	11958.805	17165.176
Fevereiro	403.763	1115.229	2208.969	3230.002	11369.591	16280.896
Março	613.813	1687.178	3296.956	4898.896	17151.368	24945.399
Abril	565.968	1558.186	3058.405	4522.337	15860.047	22866.313
Mai	665.956	1831.239	3580.809	5317.501	18615.671	26986.988
Junho	655.308	1806.132	3545.389	5240.189	18367.472	26447.109
Julho	702.870	1933.996	3784.715	5616.624	19650.656	28413.366
Agosto	679.805	1868.488	3653.477	5430.831	18978.795	27503.831
Setembro	631.570	1734.417	3389.032	5042.704	17620.734	25610.976
Outubro	559.440	1540.455	3018.952	4470.385	15664.081	22649.988
Novembro	381.276	1053.401	2081.655	3050.497	10744.119	15362.498
Dezembro	347.802	961.601	1915.496	2783.523	9818.514	13999.472
Custo* [€/Wp]	4.2	4.0	3.75	3.6	3.5	3.4

Tabela g.2 - Energia Produzida pelos painéis Poli-cristalinos (Alfasolar 222)

Potência de Pico [kWp]	3.68	10	20	50	100	150
	Energia produzida [kWh]					
Janeiro	450.994	1235.414	2278.678	5825.779	11879.511	17596.060
Fevereiro	431.114	1181.837	2180.561	5576.438	11359.500	16808.495
Março	643.905	1755.424	3222.683	8234.618	16965.740	25280.075
Abril	594.827	1623.396	2988.411	7639.639	15670.162	23246.821
Maio	692.742	1889.029	3475.285	8882.027	18239.701	27083.694
Junho	677.384	1849.762	3417.099	8735.809	17813.344	26363.124
Julho	721.117	1968.088	3631.350	9282.032	18954.494	28076.351
Agosto	695.995	1898.477	3502.856	8951.244	18288.425	27109.671
Setembro	647.874	1766.551	3255.028	8317.839	17042.268	25297.641
Outubro	581.522	1588.431	2925.781	7477.775	15307.669	22708.150
Novembro	403.128	1105.010	2038.718	5214.745	10626.652	15710.825
Dezembro	371.936	1021.489	1889.984	4835.914	9806.849	14486.509
Custo* [€/Wp]	4.75	4.5	4.25	4.0	3.9	3.8

Tabela g.3 - Energia Produzida pelos painéis BiPV (Signet 85.A2)

Potência de Pico [kWp]	3.68	10	20
	Energia produzida [kWh]		
Janeiro	473.748	1203.322	2377.725
Fevereiro	376.908	953.955	1908.096
Março	456.411	1155.246	2311.994
Abril	300.650	758.724	1525.091
Maio	246.237	619.672	1251.652
Junho	196.895	494.113	1001.141
Julho	221.838	557.426	1127.335
Agosto	298.583	752.834	1514.034
Setembro	412.506	1042.931	2089.212
Outubro	499.352	1264.776	2527.540
Novembro	399.969	1013.357	2017.688
Dezembro	391.948	994.196	1973.576
Custo* [€/Wp]	4.25	4.1	3.8

* Os valores de custo fornecidos pela empresa SINERSOL, incluem instalação e todos os componentes necessários, incluindo inversores e ligação ao ponto de injeção, com excepção de distâncias anormais e eventuais Postos de Transformação. Os valores podem fugir um pouco dos indicados, sobretudo com os tipos de estruturas a aplicar, onde aos valores indicados se sobrestimou estes em 15%.

Segundo Decreto-Lei n.º 225/2007 os promotores das centrais renováveis são remunerados pelo fornecimento da electricidade entregue à rede segundo as fórmulas de cálculo presentes no Anexo deste mesmo Decreto-Lei.

A remuneração tem uma base mensal e é calculada pelas seguintes fórmulas:

$$VRD_m = KMHO_m [PF(VRD)_m + PV(VDR)_m + PA(VDR)_m Z] \left[\frac{IPC_{m-1}}{IPC_{ref}} \right] \left[\frac{1}{1 - LEV} \right]$$

Como se trata de uma central fotovoltaica, esta só irá produzir energia durante os períodos do dia em que houver sol, isto é, entre as 8h e as 19h, coincidente com as horas de cheias e de ponta, durante a semana. Deste modo faz sentido optar pela modulação tarifária que, do ponto de vista remuneratório, é mais vantajoso para centrais fotovoltaicas. Assim sendo, o coeficiente $KMHO_m$ é calculado pela seguinte fórmula:

$$KMHO_m = \left[\frac{KMHO_{pc} ECR_{pc,m} + KMHO_v ECR_{v,m}}{ECR_m} \right]$$

Tabela g.4 – Perfil de horário mensal no período compreendido entre as 8h e as 19h

	NHMp e c,m	NHMvn e sv,m	NHMp e c,m	NHMvn e sv,m
Janeiro	251	90	73.6%	26.4%
Fevereiro	236	72	69.2%	21.1%
Março	270	71	79.2%	20.8%
Abril	262	68	76.8%	19.9%
Maio	256	85	75.1%	24.9%
Junho	262	68	76.8%	19.9%
Julho	267	74	78.3%	21.7%
Agosto	262	79	76.8%	23.2%
Setembro	261	69	76.5%	20.2%
Outubro	251	90	73.6%	26.4%
Novembro	258	72	75.7%	21.1%
Dezembro	269	72	78.9%	21.1%

Para o cálculo deste parâmetro, uma vez que do *software* utilizado (PV-SOL) não se obteve os valores da energia produzida hora-a-hora para cada dia do mês m ($m = 1$ até 12), sabendo-se

o número de horas referentes a cada período mensal, assumiu-se que a produção mensal seria afectada da distribuição percentual acima definida para ser possível obter-se uma estimativa deste parâmetro.

Restantes fórmulas necessárias:

$$PF(VDR)_m = PF(U)_{ref} \cdot COEF_{pot,m} \cdot POT_{med,m}$$

$$VRD_m = \left\lfloor \frac{ECR_m}{576 * POT_{dec}} \right\rfloor$$

$$POT_{med,m} = \min \left(POT_{DEC}; \frac{ECR_m}{24 * NDM_m} \right)$$

$$PV(VDR)_m = PV(U)_{ref} \cdot ECR_m$$

$$PA(VDR)_m = ECE(U)_{ref} \cdot CCR_{ref} \cdot ECR_m$$

Na tabela seguinte, indicam-se os coeficientes necessários para a determinação da correcta avaliação da remuneração económica das diferentes soluções dos sistemas fotovoltaicos propostos.

Tabela g.5 - Coeficientes

	Z		KMHO _{pc}	KMHO _v	IPC _{m-1}	POT _{dec}	LEV		PF(U) _{ref}	PV(U) _{ref}	ECE(U) _{ref}	IPC _{ref}	CCR _{ref}
	55	40				kW	0.015	0.035	€/kW.mês	€/kWh	€/g		g/kWh
DL nº 225/2007	Artigo 2º ponto 18 c)		Anexo 5 - a)	Anexo 5 - c)	99.1	25	Anexo 17		Anexo 9 - a) ii)	Anexo 14 - b)	Anexo 16 - a) ii)	99.1	Anexo 16 - b)
Notas	<= 5kW	> 5 kW					>= 5MW	< 5 MW					

De notar que na falta de melhor informação, considerou-se que o $IPC_{ref} = IPC_{m-1} = 99.1$ (IPC_{ref} de Dezembro de 2009 – I.N.E.). Dado este valor ser um indicador de inflação, ao considerar o mesmo valor para todos os meses, o VRD_m será uma estimativa por defeito.

ANEXO H: Cálculo da tarifação da energia produzida nas instalações de co-geração

Neste anexo pretende-se enunciar os termos que fazem parte do cálculo da tarifação da energia produzida nas instalações de co-geração.

A co-geração encontra-se regulada pelo Decreto-Lei n.º 538/99 de 13 de Dezembro, com as alterações definidas no Decreto - Lei n.º 313/2001 de 10 de Dezembro, bem como a regulação das tarifas de venda a rede SEP descritas nas Portarias n.º 57/2002, n.º 58/2002, n.º 59/2002 e n.º 60/2002 de 15 de Janeiro.

Para se efectuarem estes cálculos, é necessário enquadrar-se a instalação de co-geração num dos pontos definidos nas portarias acima enunciadas, onde este caso de estudo se encontra descrito como sendo uma instalação cuja potência de ligação é igual ou inferior a 10 MW utilizando como combustível gás natural, GPL ou combustíveis líquidos, com excepção do fuelóleo.

A remuneração pelo fornecimento da energia entregue à rede é obtida pelas seguintes expressões enunciadas na portaria n.º 59/2002.

Portaria 59/2002:

Co-geração cuja a potência de ligação ao SEP < 10 MW

Tipo de combustível utilizado: GN; GPL; ou combustíveis líquidos incluindo fuelóleo (neste último caso é independente da sua potência de ligação).

Valores de Referência:

- $PF(U)_{ref}$: 5.3013 €/kW/mês
- $PVC(U)_{ref}$: 0.0427 €/kWh
- $PVR(U)_{ref}$: 0.0203 €/kWh
- $PVO(U)_{ref}$: 0.0018 €/kWh
- $PA(U)_{ref}$: 0.0009 €/g

Tabela h.1 – Principais características [1]

Máquina Motriz	Unid. SI	Turbina a gás	Turbinas a vapor	Microturbinas	Ciclo combinado	Motores de explosão a GN	MCI Otto/diesel	Pilhas de combustível
Potência	MWe	0.2-100	0.5-100	0.03-0.35	4-100	0.05-5	0.015-30	0.01-0.25
Calor/Electric	-	1.25-2	2-10	1-2.5	0.5-1.7	0.4-1.7	0.4-1.7	1.1
Rend. Eléctrico	%	15-35	10-40	18-27	30-40	22-40	25-45	35-40
Rend. Térmico	%	40-59	40-60	40-60	40-50	40-60	40-60	20-50
Rend. Total	%	60-85	60-85	55-75	70-90	70-80	70-85	55-90
Desempenho a carga parcial	-	Mau	Bom	Médio	-	Médio	Bom	Muito Bom
Tempo de vida	anos	15-20	20-35	-	15-25	-	10-20	>5
Carga Min.	%	75	20	-	75	-	50	Sem Limites
Disponibilidade	%	90-98	99	90-98	90-98	92-97	92-97	>95
Revisões	h	30000-50000	>50000	5000-40000	-	24000-60000	25000-30000	10000-40000
Arranque	-	10min – 1h	1h-1dia	1 min	-	10seg.	10seg.	3h-2dias
Pressão do combustível	bar	8-35	NA	3-7	-	0.07-3.1	<0.35	0.03-3
Custo da Instalação	€/kWe	600-800	700-900	1300-2500	600-800	700-1400	700-1400	>2500
Custo da Operação	€/MWh	2-7	3	10 (estimativa)	2-6	7-15	6-12	2-12
Ruido		médio	alto	médio	-	alto	alto	baixo
Nox	Kg/MWh	0.2-2	0.9	0.07	0.2-2	0.5	1-1.4	<0.01
Densidade de potência	kW/m2	20-500	>100	5-70	-	35-50	35-50	5-20
Temp. Utilizável	°C	450-800	-	-	450-800	-	300-600	250-550
Uso de Energia Térmica		Aquecimento, AQS, vapor BP-AP, “district heating”	Vapor BP-AP, “district heating”	Aquecimento, AQS, vapor BP	Vapor BP-AP, “district heating”	Aquecimento, AQS, vapor BP	Aquecimento, AQS, vapor BP-AP, “district heating”	AQS, vapor BP-AP
Combustível		Gasoso, líquido	Todos	Gás, biogás, propano	Gasoso, líquido	Gás, biogás, propano	Gás, Gasolina, Gasóleo	Gás, hidrogénio, propano, metanol

ANEXO I: Análise de alguns Empreendimento Hoteleiro

i.1: Procedimentos de cálculo

Tal como enunciado no subcapítulo 5.1., demonstra-se aqui todo o tratamento efectuado aos dados obtidos através das medições das arquitecturas.

Criados e definidos os grupos efectuou-se a distribuição percentual das áreas afectas a cada “grupo” (tabela i.1).

Tabela i.1 - Distribuição percentual das áreas

	Hotel 1	Hotel 2	Hotel 3	Hotel 4	Hotel 5	Hotel 6	Hotel 7	Hotel 8	Hotel 9	Hotel 10
Área Total de Pavimento	8301.27	1355.35	9998.26	4236.91	6838.47	11958.61	9376.00	12980.00	3580.00	16638.70
Quartos	42.38%	44.21%	41.82%	46.72%	41.83%	48.51%	26.56%	45.45%	79.05%	34.58%
Lavandaria, Armazéns	2.11%	1.44%	3.22%	3.26%	2.53%	3.15%	1.77%	0.62%	0.84%	2.83%
Áreas Técnicas	16.03%	12.10%	6.53%	14.10%	5.67%	-	16.00%	26.96%	-	-
Circulação Comum	13.18%	9.78%	16.73%	8.78%	19.60%	22.77%	20.37%	-	-	17.03%
Áreas de serviço	8.53%	1.33%	3.57%	4.14%	6.10%	4.61%	6.02%	-	-	-
Restauração	5.79%	8.01%	10.89%	7.95%	4.93%	0.91%	11.00%	10.02%	13.13%	13.10%
Áreas de Lazer	5.00%	10.88%	4.21%	7.42%	7.16%	5.21%	10.31%	11.56%	0.84%	12.66%
Escritórios	2.73%	8.67%	8.06%	4.58%	7.19%	0.22%	5.32%	5.39%	4.75%	13.33%
Outros	2.16%	3.58%	2.15%	3.05%	5.01%	0.13%	2.66%	-	1.40%	6.48%
Áreas exteriores	2.08%	-	2.82%	-	-	14.50%	-	-	-	-
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Perante os dados obtidos, aplicou-se o Critério de Chauvenet, de forma a rejeitar-se os dados aos quais correspondam a um desvio em relação à média, cuja probabilidade de ocorrência seja inferior a $1/2N$ (5%).

Tabela i.2 - Média e desvio padrão

Média	S _x
45.11%	13.54%
2.18%	0.98%
9.74%	8.89%
12.82%	8.09%
3.43%	3.01%
8.57%	3.87%
7.52%	3.79%
6.02%	3.57%
2.66%	2.02%
1.94%	4.53%

Foram efectuadas dez observações, sendo que através da análise da tabela abaixo indicada, fica-se a saber o valor limite que os dados obtidos podem tomar, de forma a não serem rejeitados.

Tabela i.3 - Critério de Chauvenet

Nº de observações	$\frac{ x_i - \bar{x} _{max}}{s}$
3	1.38
4	1.54
5	1.65
6	1.73
7	1.80
8	1.87
9	1.91
10	1.96
15	2.13
25	2.33

Tabela i.4 – Dados para rejeição

Hotel 1	Hotel 2	Hotel 3	Hotel 4	Hotel 5	Hotel 6	Hotel 7	Hotel 8	Hotel 9	Hotel 10
0.20	0.07	0.24	0.12	0.24	0.25	1.37	0.03	2.51	0.78
0.07	0.75	1.06	1.11	0.36	0.99	0.41	1.59	1.36	0.67
0.71	0.27	0.36	0.49	0.46	1.10	0.70	1.94	1.10	1.10
0.04	0.38	0.48	0.50	0.84	1.23	0.93	1.58	1.58	0.52
1.70	0.70	0.05	0.24	0.89	0.39	0.86	1.14	1.14	1.14
0.72	0.14	0.60	0.16	0.94	1.98	0.63	0.37	1.18	1.17
0.67	0.89	0.87	0.03	0.10	0.61	0.74	1.06	1.76	1.35
0.92	0.74	0.57	0.40	0.33	1.62	0.20	0.18	0.36	2.04
0.25	0.45	0.25	0.19	1.16	1.25	0.00	1.32	0.63	1.89
0.03	0.43	0.19	0.43	0.43	2.77	0.43	0.43	0.43	0.43

Da análise da tabela anterior, verifica-se que existem dois hotéis com valores que excedem o valor limite, para que possam ser admitidos nesta amostragem, o que faz com que estes sejam rejeitados, levando a necessidade de se recalcularem os valores da média e do desvio-padrão.

Os factores que levaram à eliminação destes dois hotéis, deveram-se a falta de informação existente nas arquitecturas relativamente as áreas técnicas, de serviço e de escritórios.

Tabela i.5 – Distribuição percentual das áreas (após Critério de Chauvenet)

	Hotel 1	Hotel 2	Hotel 3	Hotel 4	Hotel 5	Hotel 7	Hotel 8	Hotel 10
Quartos	42.38%	44.21%	41.82%	46.72%	41.83%	26.56%	45.45%	34.58%
Lavandaria, Armazéns	2.11%	1.44%	3.22%	3.26%	2.53%	1.77%	0.62%	2.83%
Áreas Técnicas	16.03%	12.10%	6.53%	14.10%	5.67%	16.00%	26.96%	-
Circulação Comum	13.18%	9.78%	16.73%	8.78%	19.60%	20.37%	-	17.03%
Áreas de serviço	8.53%	1.33%	3.57%	4.14%	6.10%	6.02%	-	-
Restauração	5.79%	8.01%	10.89%	7.95%	4.93%	11.00%	10.02%	13.10%
Áreas de Lazer	5.00%	10.88%	4.21%	7.42%	7.16%	10.31%	11.56%	12.66%
Escritórios	2.73%	8.67%	8.06%	4.58%	7.19%	5.32%	5.39%	13.33%
Outros	2.16%	3.58%	2.15%	3.05%	5.01%	2.66%	-	6.48%
Áreas exteriores	2.08%	-	2.82%	-	-	-	-	-
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabela i.6 - Novos valores da média e desvio padrão

Média	S _x
40.44%	6.69%
2.22%	0.92%
12.17%	8.23%
13.18%	6.81%
3.71%	3.11%
8.96%	2.79%
8.65%	3.14%
6.91%	3.24%
3.14%	1.96%
0.61%	1.15%

O Critério de Chauvenet só pode ser aplicado uma única vez, logo serão agora apresentados os valores dos limites de confiança para um intervalo de confiança de 95% :

Tabela i.7 – Limites de Confiança

	X _{média}	P _x
Quartos	40.44%	15.83%
Lavandaria, Armazéns	2.22%	2.18%
Áreas Técnicas	12.17%	19.47%
Circulação Comum	13.18%	16.11%
Áreas de serviço	3.71%	7.35%
Restauração	8.96%	6.59%
Áreas de Lazer	8.65%	7.43%
Escritórios	6.91%	7.66%
Outros	3.14%	4.63%
Áreas exteriores	0.61%	2.73%

De forma a tornar-se mais perceptível esta distribuição percentual de áreas, será apresentado um exemplo, em que a área de pavimento ou construção será de 4500m²:

Tabela i.8 - Distribuição

Quartos	1820.02	±	288.08
Lavandaria, Armazéns	99.99		2.18
Áreas Técnicas	547.87		106.66
Circulação Comum	593.18		95.58
Áreas de serviço	166.96		12.28
Restauração	403.16		26.57
Áreas de Lazer	389.20		28.92
Escritórios	310.91		23.80
Outros	141.11		6.54
Áreas exteriores	27.61		0.75

i.2: Empreendimento Hoteleiro

Devido à falta de informação relativamente às áreas mínimas de alguns compartimentos (ver subcapítulo 5.2), teve de se assumir alguns pressupostos, tais como, uma área mínima média para os compartimentos sanitários, do qual se assumiu que um Hotel do 4 estrelas terá em média 4m² e um de 5 estrelas terá em média 4.5m².

A título de se demonstrar um exemplo prático, foi assumida um área útil de 4500m², onde este empreendimento continha duas suites, e era constituído unicamente por quartos individuais (1cama).

De seguida será demonstrado o procedimento de cálculo.

1º) Determinação do nº de quartos:

$$n^{\circ} \text{ quartos} = \frac{A_{\text{quartos}} - (n^{\circ} \text{ Suites } A_{\text{Suite}}^{\text{min}})}{(A_{\text{quarto,ind.}}^{\text{min}} + A_{\text{WC}}) * \%_{\text{quartos,ind.}} + (A_{\text{quarto,dup.}}^{\text{min}} + A_{\text{WC}}) * \%_{\text{quartos,dup.}}}$$

O valor da área de quartos encontra-se na tabela X do anexo a.2, e as áreas mínimas encontram-se descritas no subcapítulo 5.2.

Tabela i.9- Número de quartos

	4*			5*		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Nº de Quartos	98	114	83	80	93	67
Total	98	114	83	82	95	69
		±	16		±	13

2º) Determinação da área de restauração:

$$n^{\circ}lugares = n^{\circ}quartos \text{ percentagem no } n^{\circ} \text{ de unidades de alojamento}$$

$$A_{min,total} = n^{\circ}lugares \ A_{min,lugar}$$

O valor da percentagem do nº de unidades de alojamento, bem como o valor da área mínima por lugar, encontram-se descritos no subcapítulo 5.2.

Tabela i.10- Área do restaurante

Restaurante	4*			5*		
% do nº unidades de alojamento	40%			50%		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
nº de lugares	39	46	33	41	47	34
Área mínima por Lugar [m2]	1.5			1.5		
Área mínima total [m2]	59	68	50	61	71	52

3º) Determinação da área de entrada (*lobby*):

$$A_{min,entrada} = A_{entrada} + (Acréscimo_{quarto} \ n^{\circ} \text{ de quartos})$$

Tabela i.11- Área de entrada (Lobby)

Entrada	4*			5*		
Átrio de Entrada [m2]	25			30		
Acréscimo por cama (usei quarto)	0.65			0.75		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Área mínima total de entrada (lobby)	89	99	79	91	101	82

4º) Determinação da área de estacionamento:

Os pressupostos necessários para a determinação da área de estacionamento encontram-se descritos no subcapítulo 5.2, onde para se definir totalmente a área deste espaço apenas foi necessário assumir mais dois pressupostos, tais como, uma área de 8m² de estacionamento por carro e uma área de 40m² de estacionamento por autocarro.

$$A_{estac} = n^{\circ} \text{quartos} \cdot n^{\circ} \text{lugar/quarto} \cdot A_{estc/Carro} + \frac{a \cdot b \cdot c}{100} \cdot 2.5 + \frac{n^{\circ} \text{ de quartos}}{100} \cdot A_{estc/autocarro}$$

Tabela i.12 – Área de estacionamento

4*			5*		
Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
1135.65	1297.60	973.70	962.95	1099.13	826.76