

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas Convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club

Pedro Miguel Monteiro Magalhães

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEVIN: Eng.º Jorge Nunes

Orientador na FEUP: Dr. Armando Oliveira



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Outubro 2011

A meus Pais

Resumo

O presente relatório conclui o projecto realizado no âmbito da Tese de Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no ramo de Energia Térmica.

O desenvolvimento deste projecto efectuou-se em torno da problemática da classificação energética dos edifícios no âmbito do SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios), tendo como principal objectivo promover a utilização racional de energia, obtendo uma avaliação de desempenho energético de diferentes sistemas convencionais de Climatização, aplicados sobre um grande edifício de serviços, sendo este desempenho aferido por simulação térmica detalhada, através do software Trace 700.

Para atingir este objectivo foram estudados uma série de equipamentos comuns ao projecto de instalações mecânicas de climatização, vulgarmente aplicados no actual mercado, assim como todo o levantamento dimensional do edifício em estudo, desde áreas, envolvente, ocupação e iluminação do mesmo até aos caudais e tipologias previstas para os compartimentos nas normas a respeitar. Foram então seguidas em todo o processo as normas presentes da especialidade, nomeadamente o RCCTE e RSECE, sendo que na falta de informação destas se seguiu o modelo internacional da ASHRAE, de modo a ser possível atingir um modelo final similar à Certificação Energética, com o respectivo Índice de Eficiência e “pegada” libertada de emissões de CO₂.

Para tal efectuou-se a introdução no software de simulação dinâmica detalhada Trace 700 de todos os dados recolhidos, desde os caudais previstos no RSECE para cada compartimento do edifício, aos coeficientes de transmissão térmica e massa superficial útil, orientação e disposição dos compartimentos. Logo após efectuou-se o cálculo das cargas térmicas e procedeu-se à simulação para cada sistema de climatização preconizado, em ambas as condições de aquecimento e arrefecimento, de forma a determinar o consumo energético e a consequente libertação de partículas de CO₂ para a atmosfera da sua utilização, segundo um calendário específico anual.

Verificou-se a dificuldade que existe no dimensionamento de um complexo sistema AVAC, onde a concepção do sistema afecta totalmente a potência a instalar e o consecutivo consumo de energia de toda a instalação, podendo obter reduções significativas no consumo de energia, assim como nas emissões de Gases de Efeito de Estufa.

Concluiu-se que uma Bomba de Calor com rejeição para o solo é o melhor investimento a longo prazo (amortizado a partir do 8º ano), além de ser também o mais eficiente e ecológico, conduzindo a reduções significativas no consumo de energia, correspondentes a 83 424 kWh/ano, e nas emissões de Gases de Efeito de Estufa, correspondentes a 35,10 toneladas de CO₂.

Concluiu-se também que os elevados consumos de um grande edifício de serviços provêm principalmente do consumo de energia para iluminação, equipamentos e ventilação, sendo comprovada a necessidade de alienação de todas as especialidades consumidoras para uma possível resolução ambiental, energética e económica. A utilização de um grande edifício de serviços, constituído por uma zona comercial, Country Club e zona de recepção, mostrou-se eficaz para os objectivos propostos, visto ser possível o alcance de resultados mais distintos e detalhados.

Detailed Dynamic Thermal Simulation of different Conventional HVAC systems; Case Study: Country Club

Abstract

This report concerns a project developed in the context of the Mechanical Engineering Master course - specialisation on Thermal Energy – which is offered by the University of Porto – Faculty of Engineering.

The project is related to the subject of energetic classification of buildings under the SCE (Portuguese National Energy Certification System and Indoor Air Quality of Buildings), that has the main goal the rational utilization of energy. An evaluation of the energy performance of different conventional HVAC systems, applied to a large services building, was carried out, with the performance assessed by detailed thermal simulation, more specifically with the Trace 700 software.

To achieve this goal several HVAC equipment, all of them being easily found in the market, all dimensional components of the building, air flow rates and occupation patterns, were analysed and taken into consideration. All of the procedures, throughout the process, were defined bearing in mind the standart regulations, in particular the Building Regulations – RCCTE and RSECE, and, in lack of information in these regulations occurred, the internal model of ASHRAE was followed, in order to be able to reach a final model similar to the Energy Certification, with its Efficiency Ratio and CO₂ “footprint”.

The next step was to insert all of the retrieved data into the Trace 700 simulation software, including the RSECE predicted flows for each building compartment, the heat transfer coefficients and useful surface mass. After this, the heat loads were calculated, and at last the simulation for each HVAC system in both heating and cooling recommended situations was performed, in order to determine the energy consumption and consequent release of CO₂ into the atmosphere, for a particular annual schedule.

Difficulties were noted in the design of a complex HVAC system, where system conception affects the installed capacity and power consumptions. A significant reduction can be obtained in energy consumption and harmful emissions.

It was concluded that the Geothermal Heat Pump is the best long term investment (amortized from the year 8), the most efficient and ecologic, leading to significant reductions, corresponding to 83 424 kWh/year and 35,10 tons of CO₂.

It was also concluded that the high energy consumption of a large services building comes mainly from lighting, equipments and ventilation, and it was proven that there is a need for disposal of all consuming specialties, in order to achieve a good environmental, energy and economic solution. The use of a large services building, consisting of a shopping area, Country Club and reception area, was a good choice in order to achieve the proposed objectives.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas da FEVIN que estiveram directa ou indirectamente envolvidas no trabalho realizado, pela excelente relação pessoal, fornecendo informações, ideias e críticas, algumas das quais essenciais para a prossecução deste trabalho, em especial ao Eng.º Jorge Nunes por toda a incansável dedicação, apoio e amizade.

Um agradecimento ao Doutor Armando Oliveira, que desde logo aceitou a orientação deste trabalho, pela confiança demonstrada e pelas críticas e sugestões relevantes feitas durante a orientação.

À minha família, António, Cecília, Hugo e Mafalda, pelo apoio incondicional, sensatez e perseverança.

Por fim, a todos aqueles que também directa ou indirectamente estiveram presentes e acompanharam ao longo deste percurso, o meu sincero reconhecimento.

Tabela de Conteúdos

1. Introdução.....	11
1.1 Apresentação da Empresa	11
1.2 O Projecto Quintas de Óbidos - Country Club na FEVIN	12
1.3 Objectivos do trabalho	12
1.4 Método seguido no projecto	13
1.4.1 Critérios de Dimensionamento.....	13
2. Revisão Bibliográfica.....	14
2.1 Caracterização energética mundial	14
2.2 Política Energética Nacional.....	15
2.2.1 Eficiência energética.....	17
2.3 A nova regulamentação	18
2.3.1 SCE – Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos edifícios ..	19
2.3.2 RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.....	20
2.3.3 RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios	21
2.4 Programas informáticos de Simulação	21
2.5 Aspectos gerais dos sistemas de AVAC	22
3. Caso de Estudo: Edifício Country Club.....	24
3.1 Objectivos.....	24
3.2 Descrição Geral do Complexo.....	25
3.3 Verificação do RCCTE	26
3.3.1 Objectivos.....	26
3.3.2 Metodologia de cálculo	27
3.3.3 Zona Climática – Dados de Referência	27
3.3.4 Levantamento Dimensional.....	28
3.3.5 Quantificação dos parâmetros térmicos	30
3.3.5.1 Coeficiente de transmissão térmica.....	30
3.3.5.1.1 Envolvente Exterior Opaca	35
3.3.5.1.2 Vãos Envidraçados.....	37
3.3.5.1.3 Pontes térmicas.....	37
3.3.5.1.4 Espaço não útil	41
3.3.5.1.5 Requisitos mínimos de Qualidade Térmica na envolvente dos Edifícios	43
3.3.5.2 Inércia Térmica interior - I_t	44
3.3.5.3 Factor de Forma	47
3.3.5.4 Condições Exteriores de Projecto	47
3.3.5.5 Condições Interiores de Projecto.....	47
3.3.5.6 Verificação de infiltrações.....	48
3.3.6 Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS (E_{solar})	49

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo:	
	Country Club
3.3.6.1	Conclusão 49
3.4	<i>Verificação do RSECE</i> 49
3.4.1	Objectivos 49
3.4.2	Metodologia de Cálculo 49
3.4.2.1	Tipologias presentes 49
3.4.2.2	Taxas de Ocupação, Ar Novo e de Renovação de Ar..... 51
3.4.2.3	Conclusão 52
4.	Simulação Térmica Dinâmica53
4.1	<i>Cargas Térmicas</i> 53
4.1.1	Cargas Térmicas de Inverno..... 54
4.1.2	Cargas Térmicas de Verão 54
4.2	<i>Indicador de Eficiência Energética (IEE)</i> 55
4.2.1	Classes de desempenho Energético 58
4.3	<i>Sistemas Convencionais de Climatização</i> 60
4.3.1	Sistema 1 – Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural..... 64
4.3.1.1	Concepção e descrição do sistema 64
4.3.1.2	Equipamentos 64
4.3.2	Sistema 2 – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa 65
4.3.2.1	Concepção e descrição do sistema 65
4.3.2.2	Equipamentos 66
4.3.3	Sistema 3 – VRF – Fluxo de “Refrigerante” Variável 66
4.3.3.1	Concepção e descrição do sistema 66
4.3.3.2	Equipamentos 67
4.3.4	Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica (rejeição para o solo) 67
4.3.4.1	Concepção e descrição do sistema 67
4.3.4.2	Equipamentos 67
4.3.5	Sistema 5 – Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação 68
4.3.5.1	Concepção e descrição do sistema 68
4.3.5.2	Equipamentos 68
5.	Análise de Resultados.....70
5.1	<i>Sistema 1 – Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural</i> 70
5.2	<i>Sistema 2 – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa</i> 71
5.3	<i>Sistema 3 – VRF – Fluxo de “Refrigerante” Variável</i> 73
5.4	<i>Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica (rejeição para o solo)</i> 74
5.5	<i>Sistema 5 – Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação</i> 76
5.6	<i>Consumo anual de Energia</i> 77
5.7	<i>Índice de Eficiência Energética</i> 80
5.8	<i>Emissões de Gases de Efeito de Estufa</i> 81
5.9	<i>Análise Económica</i> 82
6.	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro87

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo:

Country Club

7. Referências.....	90
Anexo A – Modelo Térmico do Trace 700.....	91
Anexo B – Consumo Energético dos Sistemas - Trace 700.	92
Anexo C - Perfis Nominais de ocupação e equipamentos para as diferentes tipologias do edifício segundo o RSECE.....	97
Anexo D - Cálculo do IEE (RSECE) - Classificação Energética	103
Anexo E - Classe Energética e Emissões de CO₂ dos Sistemas preconizados.	104
Anexo F - Envolvente Térmica.....	109
Anexo G - Ar Novo segundo o RSECE.....	117
Anexo H - Inércia Térmica do Edifício.....	118
Anexo I - Levantamento Dimensional	119
Anexo J – Relatório Solterm da Contribuição de Fontes Solares.....	120
Anexo K – Taxa de Iluminação Real.....	126

Nomenclatura

A_p	Área útil de pavimento	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 ambiente exterior	m^2
B_i	Comprimento do desenvolvimento linear	m
F_{CI}	Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento	---
F_{CV}	Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento	---
FF	Factor de Forma	---
H_r	Humidade Relativa	%
IEE	Indicador de Eficiência Energética	$kgep/m^2.ano$
IEE_I	Indicador de Eficiência Energética de aquecimento	$kgep/m^2.ano$
IEE_V	Indicador de Eficiência Energética de arrefecimento	$kgep/m^2.ano$
kgep	Quilogramas equivalentes de petróleo	
N_{ac}	Necessidade de aquecimento de Águas Quentes Sanitárias	---
N_{I2}	Necessidades Máximas de Aquecimento permitidas pelo RCCTE na zona de referência I2	$kWh/m^2.ano$
N_{li}	Necessidades Máximas de Aquecimento permitidas pelo RCCTE para a zona do edifício em estudo	$kWh/m^2.ano$
N_{V2}	Necessidades Máximas de Arrefecimento permitidas pelo RCCTE na zona de referência I2-V2	$kWh/m^2.ano$
N_{vi}	Necessidades Máximas de Arrefecimento permitidas pelo RCCTE para a zona do edifício em estudo	$kWh/m^2.ano$
PCI	Poder Calorífico Inferior	kWh/m^3
Q_a	Consumo de energia associado ao consumo de águas quentes sanitárias	kWh/ano
Q_{aq}	Consumo de energia de aquecimento	$Kgep/ano$
Q_{arr}	Consumo de energia de arrefecimento	$Kgep/ano$
Q_{out}	Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento do ambiente	$kW.h$
RPH	Taxa de renovação horária nominal	h^{-1}
T	Temperatura do Ar	$^{\circ}C$
tep	Toneladas equivalentes de petróleo	
U	Coefficiente de Transmissão Térmica	$W/m^2.{}^{\circ}C$
ΔT	Variação de temperatura	$^{\circ}C$
τ	Coefficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos	---
ψ	Coefficiente de transmissão térmica linear	$W/m.{}^{\circ}C$

Siglas

ADENE	Agência para a Energia
AIE	Agência Internacional de Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
DL	Decreto de Lei
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NT-SCE-01	Nota Técnica “Método de cálculo para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RSECE.
NT-SCE-02	Nota Técnica “Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PACQAI	Plano de Acções Correctivas da Qualidade do Ar Interior
PMP	Plano de Manutenção Preventiva
PQ	Perito Qualificado
PRE	Plano de Racionalização de Energia
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
TIM	Técnico de Instalação e de Manutenção de sistemas de Climatização
TQAI	Técnico de qualidade Ar Interior
TRF	Técnico Responsável pelo Funcionamento dos Sistemas Energéticos de Climatização

Índice de Figuras

Figura 1 - Sede da FEVIN, Lda.....	11
Figura 3 - Contextualização Mundial do Mercado Energético.....	14
Figura 4 - Transformação da Energia.....	17
Figura 5 - Os Regulamentos: SCE, RSECE e RCCTE	18
Figura 6 - Sustentabilidade e Eficiência Energética.....	19
Figura 7 - Ambiente gráfico do <i>software</i> Trace 700 da Trane	22
Figura 8 - Sustentabilidade da Envolvente dos Edifícios.....	23
Figura 9 - Planta do edifício	24
Figura 10 - Orientação do edifício.....	24
Figura 11 - Factores que afectam o conforto térmico.....	25
Figura 12 - Alçados do edifício nas suas 4 orientações.....	26
Figura 13 - Zonas Climáticas para Portugal Continental e localização do edifício	28
Figura 14 - Planta da Envolvente do Piso -1	30
Figura 15 - Planta da Envolvente do Piso 0	31
Figura 16 - Envolvente do edifício, corte 1-1'	31
Figura 17 - Envolvente do edifício, corte 3-3'.....	31
Figura 18 - Envolvente do edifício, corte 2-2'.....	32
Figura 19 - Envolvente do edifício, corte 4-4'.....	32
Figura 20 - Estrutura da Envolvente na Zona CC1	32
Figura 21 - Perfil de Construção da Zona CC1	33
Figura 22 - Estrutura da Envolvente na Zona CC2	33
Figura 23 - Perfil de Construção da Zona CC2	34
Figura 24 - Estrutura da Envolvente na Zona CC3	34
Figura 25 - Perfil de Construção da Zona CC3	35
Figura 26 - Zonas de ligação da fachada com pavimentos térreos.....	38
Figura 27 - Ligação da fachada com padieira ou peitoral	38
Figura 28 - Ligação entre duas paredes verticais	39
Figura 29 - Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço.....	39
Figura 30 - Ligação da fachada da piscina com cobertura	39
Figura 31 - Fases de actuação do TRACE 700.....	53
Figura 32 - Sistema Simples de Compressão de vapor	64
Figura 33 - Esquema de princípio do funcionamento de um chiller de absorção	65

Figura 34 - Exemplo de Geotermia 68

Figura 35 - Esquema de funcionamento da Condensação 69

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Área e Pé-direito dos compartimentos	29
Tabela 2 - Legenda da caracterização das envolventes	30
Tabela 3 - Valor do U da Parede Exterior Tipo I	36
Tabela 4 - Valor do U da Parede Interior Tipo I	36
Tabela 5 - Valor do U da Cobertura Inclinada	36
Tabela 6 - Valor do U da Laje de Pavimento Tipo I	37
Tabela 7 - Valor do U da Ponte Térmica Plana	40
Tabela 8 - Valor do U da Ponte Térmica Plana da Piscina	40
Tabela 9 - Coeficiente τ para envolvente em contacto com espaços não úteis	42
Tabela 10 - valores de coeficiente τ para os espaços não úteis (tabela IV.1 do RCCTE).....	43
Tabela 11 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis.....	43
Tabela 12 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados.....	44
Tabela 13 - Valor do Msi da Parede Exterior Tipo I	44
Tabela 14 - Valor do Msi da Parede Interior Tipo I	44
Tabela 15 - Valor do Msi da Cobertura Inclinada	45
Tabela 16 - Valor do Msi da Laje de Pavimento Tipo I	45
Tabela 17 - Inércia Térmica do Edifício.....	46
Tabela 18 - Classe de Inércia Térmica	47
Tabela 19 - Condições Exteriores de Projecto	47
Tabela 20 - Condições Interiores de Projecto - Verão.....	48
Tabela 21 - Condições Interiores de Projecto - Inverno	48
Tabela 22 - Perfis de Ocupação de Referência dos Edifícios.....	50
Tabela 23 - Densidades de Iluminação Real do Edifício.....	50
Tabela 24 - Densidades de Equipamentos de Referência dos Edifícios.....	51
Tabela 25 - Caudais de Ar Novo para os compartimentos do edifício segundo o RSECE.....	52
Tabela 26 - Consumo de Águas Quentes Sanitárias.....	56
Tabela 27 - Desagregação das Áreas Úteis do edifício por tipologia.....	57
Tabela 28 - Determinação do IEE de referência para o edifício	58
Tabela 29 - Características das Unidades de Tratamento de Ar preconizadas.....	61
Tabela 30 - Características dos Ventiloinectores preconizadas.....	61
Tabela 31 - Consumos associados à Climatização do edifício	62
Tabela 32 - Consumos associados aos equipamentos de Climatização.....	63
Tabela 33 - Consumos associados ao funcionamento da Iluminação Exterior	63

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo:	
	Country Club
Tabela 34 - Classe Energética do Sistema 1 de acordo com o SCE.....	70
Tabela 35 - Emissões de CO ₂ do Sistema 1 de acordo com o SCE.....	70
Tabela 36 - Desagregação de consumos do Sistema 1	70
Tabela 37 - Classe Energética do Sistema 2 de acordo com o SCE.....	71
Tabela 38 - Emissões de CO ₂ do Sistema 2 de acordo com o SCE.....	71
Tabela 39 - Desagregação de consumos do Sistema 2	72
Tabela 40 - Classe Energética do Sistema 3 de acordo com o SCE.....	73
Tabela 41 - Emissões de CO ₂ do Sistema 3 de acordo com o SCE.....	73
Tabela 42 - Desagregação de consumos do Sistema 3	73
Tabela 43 - Classe Energética do Sistema 4 de acordo com o SCE.....	74
Tabela 44 - Emissões de CO ₂ do Sistema 4 de acordo com o SCE.....	74
Tabela 45 - Desagregação de consumos do Sistema 4	75
Tabela 46 - Classe Energética do Sistema 5 de acordo com o SCE.....	76
Tabela 47 - Emissões de CO ₂ do Sistema 5 de acordo com o SCE.....	76
Tabela 48 - Desagregação de consumos do Sistema 5	76
Tabela 49 - Desagregação de consumos das fontes primárias de Energia	77
Tabela 50 - Índice de Eficiência Energética dos Sistemas Simulados	80
Tabela 51 - Emissões de Gases de Efeito de Estufa dos Sistemas Simulados	81
Tabela 52 - Preços da Energia	82
Tabela 53 - Custos Energéticos por Sistema	82
Tabela 54 - Investimento inicial e custos de tarefas de manutenção de equipamentos.....	83
Tabela 55 - Encargos Acumulados e Retorno de Investimento (em Milhares de Euros).....	84

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Decomposição do Consumo Mundial de Energia.....	14
Gráfico 2 - Peso dos Sectores no Consumo de Energia (DGEG).....	16
Gráfico 3 - Classe de exposição	48
Gráfico 4 - Desagregação de consumos do Sistema 1	71
Gráfico 5 - Desagregação de consumos do Sistema 2.....	72
Gráfico 6 - Desagregação de consumos do Sistema 3.....	74
Gráfico 7 - Desagregação de consumos do Sistema 4.....	75
Gráfico 8 - Desagregação de consumos do Sistema 5.....	77
Gráfico 9 - Consumo Anual de Energia dos Sistemas Simulados.....	78
Gráfico 10 - Consumo Mensal para Climatização dos Sistemas 1, 2, 3 e 4.....	79
Gráfico 11 - Consumo Mensal para Climatização do Sistema 5.....	79
Gráfico 12 - Índice de Eficiência Energética dos Sistemas Simulados [kgep/m ² .ano].....	80
Gráfico 13 - Emissões de Gases de Efeito de Estufa dos Sistemas Simulados [tep]	81
Gráfico 14 - Custo Anual do funcionamento dos Sistemas [Milhares €].....	83
Gráfico 15 - Investimento e Retorno Financeiro	84
Gráfico 16 – 1º Período Critico de Investimento e Retorno Financeiro.....	85
Gráfico 17 – 2º Período Critico de Investimento e Retorno Financeiro.....	86

1. Introdução

No âmbito do projecto de dissertação, e coincidente conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), opção de Climatização, foi realizado um projecto na empresa FEVIN, Engenharia para Instalações, Lda. durante um período de 5 meses.

O projecto foi intitulado de “Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização, caso de estudo: Country Club.”

1.1 Apresentação da Empresa



Figura 1 - Sede da FEVIN, Lda.



A empresa FEVIN, fundada em 2004 e sediada na Maia, é uma empresa de Projecto, Fiscalização e Consultoria, actuando nas áreas Habitacional, Terciária e Indústria. Está dotada de Recursos Humanos, Técnicos e Logísticos, para os estudos de: Instalações de utilização de energia eléctrica; Infra-estruturas de telecomunicações em edifícios; Redes de gás; Segurança contra riscos de incêndio; Elevadores e escadas rolantes; Aquecimento, ventilação e ar condicionado, tendo a qualificação para intervir no Sistema de Certificação Energética em Edifícios - SCE, nas suas três vertentes: RCCTE¹, RSECE² Energia e QAI³.

A missão da empresa passa por prestar serviços de engenharia orientados para a Regulamentação, Eficiência de Recursos e Optimização de Investimento, aplicados às instalações e edifícios.

A FEVIN tem como principal visão estabilizar e motivar o quadro de colaboradores, melhorar e consolidar a percepção pelo mercado.

Constituindo equipas técnicas pluridisciplinares, prepara e acompanha a construção das obras e a execução das instalações técnicas, na perspectiva da gestão e planeamento do investimento, actuando na:

- Verificação, revisão e compatibilização dos projectos;
- Análise e comparação das soluções propostas;

¹ RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

² RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios.

³ QAI – Qualidade do Ar Interior.

- Controlo de custos e prazos de execução;
- Certificação, comissionamento e entrega ao Dono de Obra.

No âmbito das respectivas competências técnicas, presta-se apoio e consultoria em:

- Condições gerais de autoprotecção contra incêndio em edifícios.
- Utilização Racional de Energia.
- Qualidade de Energia.
- Auditoria e Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior.

1.2 O Projecto Quintas de Óbidos - Country Club na FEVIN

Previu-se a realização de um trabalho de investigação e desenvolvimento conducente à elaboração de uma dissertação de carácter científico, com um tema na área da Certificação Energética de Edifícios, visando a integração e aplicação de processos aprendidos ao longo do curso de Climatização, com vista à resolução de problemas complexos de engenharia.

O presente trabalho de investigação envolveu meios experimentais e de simulação, promovendo o desenvolvimento de capacidades de iniciativa e inovação, de pensamento crítico, através do envolvimento da análise de situações novas, à recolha de informação pertinente, ao desenvolvimento e concepção de metodologias de selecção dos equipamentos e seu correcto dimensionamento, na resolução e síntese no exercício da preparação e elaboração de um novo projecto de climatização.

O trabalho teve acompanhamento por orientadores na empresa e faculdade, garantindo a satisfação dos objectivos de natureza científica e pedagógica da unidade curricular, estando protegidos assuntos de confidencialidade da empresa de acolhimento.

1.3 Objectivos do trabalho

A análise energética a um edifício enquadra-se no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética – SCE. Para tal realizou-se o levantamento dos parâmetros sensíveis energéticos da qualidade do ar e conforto interiores.

A análise energética do edifício consiste na caracterização de vários pontos:

- Envolvente do edifício;
- Sistemas de Climatização e Ventilação;
- Ocupação, actividade e padrões de utilização;
- Iluminação;
- Equipamentos;
- Elevadores;
- Outros equipamentos.

A relevância da análise energética assenta sobretudo na economia de energia, numa óptica de Eficiência Energética e de utilização racional de Energia, que induza reduções, não só dos consumos energéticos e respectiva factura energética, mas também das emissões dos gases de efeito de estufa – dióxido de carbono (CO₂).

As possibilidades no mercado são muito amplas e diversas, tendo sido aplicadas as mais comuns e de certo modo mais lógicas, alternado equipamentos que possibilitaram a análise energética das diferentes soluções:

- Recuperação de calor;
- Bomba de Calor e análise Geotérmica;
- Sistemas Ar-Ar e Ar-Água;
- Diferentes Caldeiras a Gás Natural (sem mudança de fase e condensação) e Biomassa;
- “Chillers” de compressão e absorção;
- VRF – Volume de “Refrigerante” Variável;
- Painéis Solares;

Face ao exposto, neste trabalho procura-se analisar e quantificar os impactos energéticos resultantes da aplicação de diferentes sistemas de climatização, respeitando sempre a nova regulamentação, promovendo uma utilização mais racional da energia e garantia da qualidade do ar interior.

1.4 Método seguido no projecto

Numa primeira etapa, foi efectuado todo o levantamento dimensional da envolvente do edifício, sendo o objectivo de uma segunda e mais importante fase do trabalho, a simulação térmica de diferentes soluções de climatização presentes no mercado, sempre respeitando as normas aplicáveis no que respeita a condições de salubridade e conforto dos ocupantes, e os respectivos consumos e custos de energia, utilizando sistemas convencionais para suprir a demanda da energia de aquecimento e arrefecimento, e a avaliação do seu impacto nos consumos de energia do edifício, nomeadamente na sua classificação energética, assim como a “pegada humana” consequente da emissão de poluentes resultantes da utilização destes.

A última fase consiste no estudo das referidas estratégias de variação dos consumos, reservando-se nesta etapa uma análise crítica tendo em conta as poupanças energéticas anuais e uma primeira aproximação a uma análise económica de cada medida.

1.4.1 Critérios de Dimensionamento

Para o cálculo da carga térmica de cada compartimento, ter-se-á em conta:

- As trocas de calor através das superfícies envolventes;
- As trocas de calor na renovação de ar dos espaços;
- As trocas de calor que resultam da utilização dos compartimentos.

A quantificação das cargas térmicas, caudais de ventilação e metodologia de cálculo adoptadas são as aconselhadas pela norma ASHRAE.

Serão observadas todas as regulamentações e normalizações em vigor, nomeadamente:

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

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Caracterização energética mundial

Encontrando-nos numa Era cujos desafios globais na produção de energia serão certamente uma alternativa aos combustíveis fósseis e, por outro lado, a libertação do dano humano sobre o meio ambiente, procurando-se a alternativa aos combustíveis poluentes para fontes de recursos renováveis ou sistemas mais eficientes e ambientalmente mais aceitáveis, por exemplo face aos recentes acidentes nucleares na central de Fukushima, no Japão, ou ao desafio de dar continuidade à mitigação de produtos poluentes como os Clorofluorcarbonetos (CFCs), ou mesmo face à necessidade crescente de recursos energéticos das economias em expansão, como o caso da China, Índia ou Brasil, e suas elevadas emissões de carbono associadas.



Figura 2 - Contextualização Mundial do Mercado Energético

A energia necessária para abastecer o nosso planeta aumentou cerca de 900% no século passado. No entanto vários milhões de pessoas no planeta residem ainda sem acesso à energia eléctrica, sujeitadas unicamente à utilização de combustíveis fósseis. Na verdade, 5% da população mundial consome 50% da energia disponível, enquanto populações mais pobres, cerca de 50% da população mundial, consome menos de 4% da energia disponível. Prevê-se ainda que o consumo mundial de energia cresça até 35% até ao ano de 2030.

O consumo Mundial de energia está actualmente estruturado (por fonte primária) do seguinte modo:

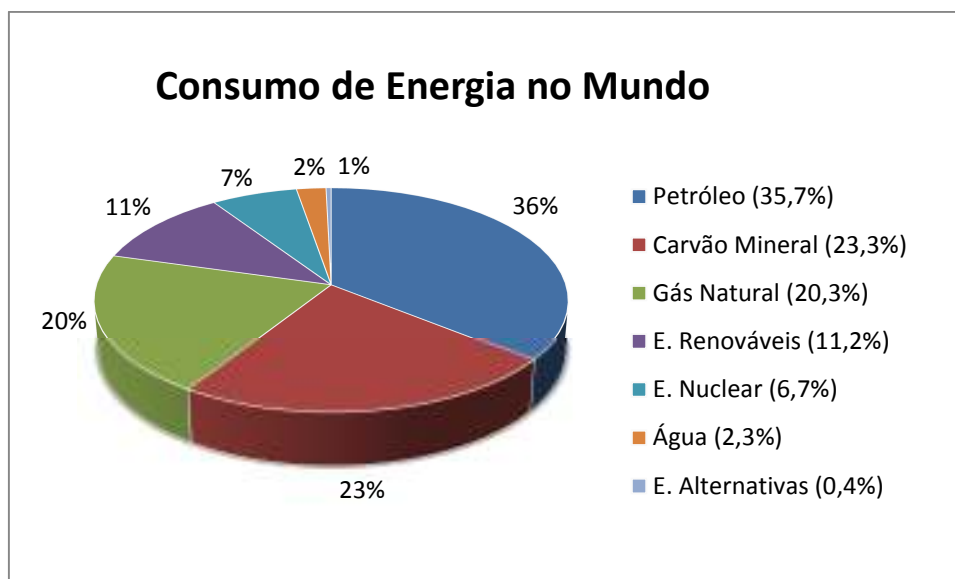


Gráfico 1 - Decomposição do Consumo Mundial de Energia.

A Agência Internacional de Energia (AIE) é uma entidade autónoma, no âmbito da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), com a meta de implementar um programa internacional de energia. A AIE tem como missão o fortalecimento de um amplo programa de colaboração, com os seguintes objectivos:

- Manutenção, melhoria e aumento da eficiência dos sistemas como resposta às crises verificadas no abastecimento do petróleo;
- Incentivo a políticas racionais de utilização de energia;
- Melhoria da estrutura de oferta e procura mundial do petróleo;
- Desenvolvimento de fontes alternativas de energia;
- Promover a integração entre políticas ambientais e políticas energéticas.

De forma a garantir estes objectivos, os Países Membros da AIE ambicionam criar uma estrutura política consistente com as seguintes metas:

- Diversidade, eficiência e flexibilidade no sector energético;
- Minimizar os impactos ambientais adversos decorrentes das actividades energéticas;
- Utilização limpa e eficiente dos combustíveis fósseis, com prioridade para o desenvolvimento de fontes não fósseis, ou ambientalmente mais aceitáveis;
- Contribuição de fontes renováveis;
- Melhoria da eficiência energética, promovendo a protecção ambiental e a segurança energética;
- Cooperação entre todos os participantes do mercado energético, melhorando a informação e a compreensão, e encorajando o desenvolvimento de sistemas e mercados energéticos eficientes, flexíveis e aceites ambientalmente. (AIE)

2.2 Política Energética Nacional

Portugal tem baixa agregação de recursos energéticos próprios, como aqueles que na maioria dos países desenvolvidos asseguram as necessidades energéticas (petróleo, gás ou carvão). Esta situação de escassez conduz a uma elevada dependência energética do exterior, estando totalmente dependente da importação de fontes fósseis, e, com uma contribuição crescente das energias hídrica, eólica, solar, geotérmica e das ondas, ainda que pouco desenvolvidas face às condições privilegiadas do mapa geográfico Português.

Nas últimas décadas temos assistido a um crescimento acentuado da procura de energia, nomeadamente nos sectores da Indústria, Transportes, Serviços e Doméstico. (Flores)

No gráfico da página seguinte encontra-se estruturado o peso dos vários sectores no consumo de energia em Portugal, e a sua evolução nos últimos 18 anos:

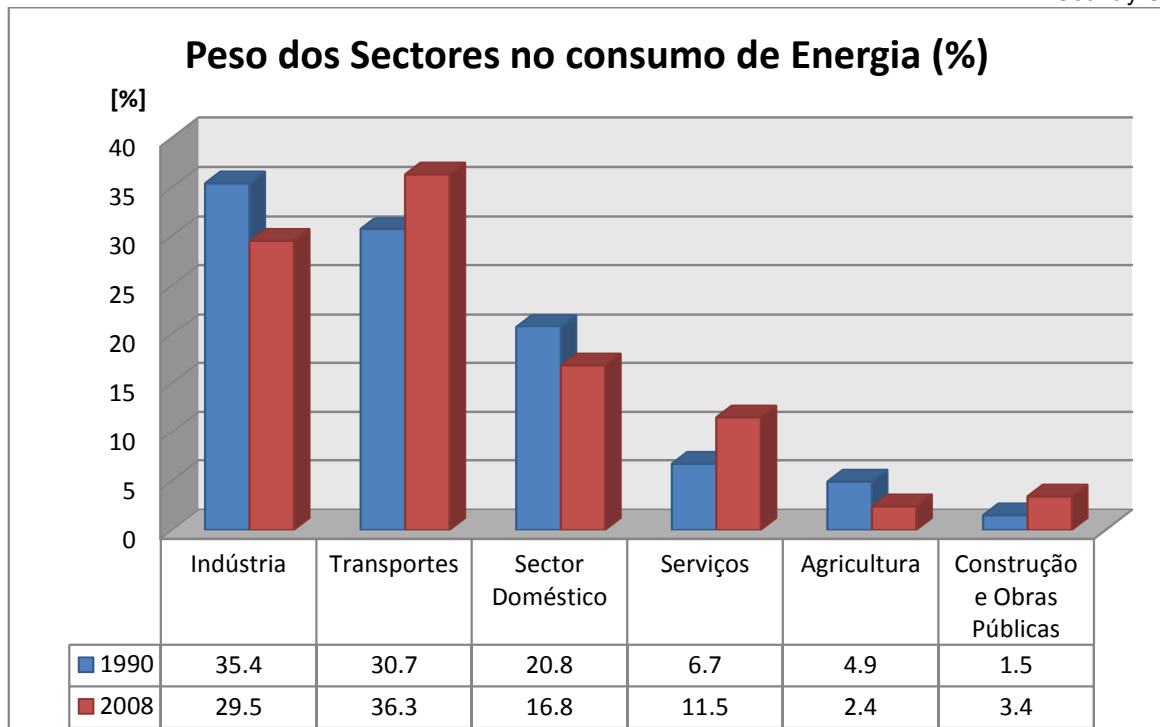


Gráfico 2 - Peso dos Sectores no Consumo de Energia (DGEG)

Portugal é também um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar, em termos do número médio anual de horas de Sol, claramente acima da média europeia, variando entre 2 200 e 3 000 para Portugal, e, por exemplo, para Alemanha varia entre 1 200 e 1 700 h. Esta fonte solar poderá ser convertida quer em energia eléctrica quer numa conversão térmica de produção de calor.

Portugal está também vulnerável do ponto de vista energético face às flutuações dos preços internacionais das fontes energéticas importadas, exigindo fortes esforços no sentido de aumentar a diversificação. (Leal)

Posto isto, surge a necessidade de uma política com capacidade de integração em termos de energia e ambiente, com objectivos claros e uma calendarização de objectivos de modo a reduzir a utilização de combustíveis fósseis, economizar energia e desenvolver energias alternativas.

No futuro, a dependência das importações de petróleo e gás natural, poderá ascender repentinamente se não houver uma reformulação do gasto de energia e uma diversificação das fontes de energia.

Para reduzir o impacto das alterações climáticas, esta diversificação é indispensável, implicando neste plano alcançar as seguintes metas:

- Até 2020, reduzir o consumo energético em 20%, aumentar em 20% a percentagem de energias renováveis no consumo energético e reduzir em 20% as emissões de gás com efeito de estufa;
- Reforçar o mercado interno da energia, beneficiando todos os cidadãos e empresas;
- Maior integração da política energética nas outras políticas comunitárias, tais como a agrícola ou comercial;
- Fortalecer a cooperação internacional.

A política nacional da energia visa um baixo consumo de energia, sendo esta mais segura, mais competitiva e sustentável. (Ieei)

Os processos de transformação de energia são vários, assim como as fontes e formas de energia. Poderemos estruturar a transformação de energia em duas formas:

- Energia primária – as fontes de energia que se encontram directamente na natureza (lenha, petróleo e carvão, por exemplo);
- Energia final – a energia que é disponibilizada e utilizada pelos consumidores (por exemplo, a electricidade que consumimos em nossas casas, a gasolina consumida pelo automóvel, o fuelóleo consumido numa empresa de cerâmica, o gás consumido na cantina da escola).

As articulações das várias componentes energéticas estão reunidas no diagrama seguinte, onde se ilustra a relação entre os recursos energéticos e a utilização final:

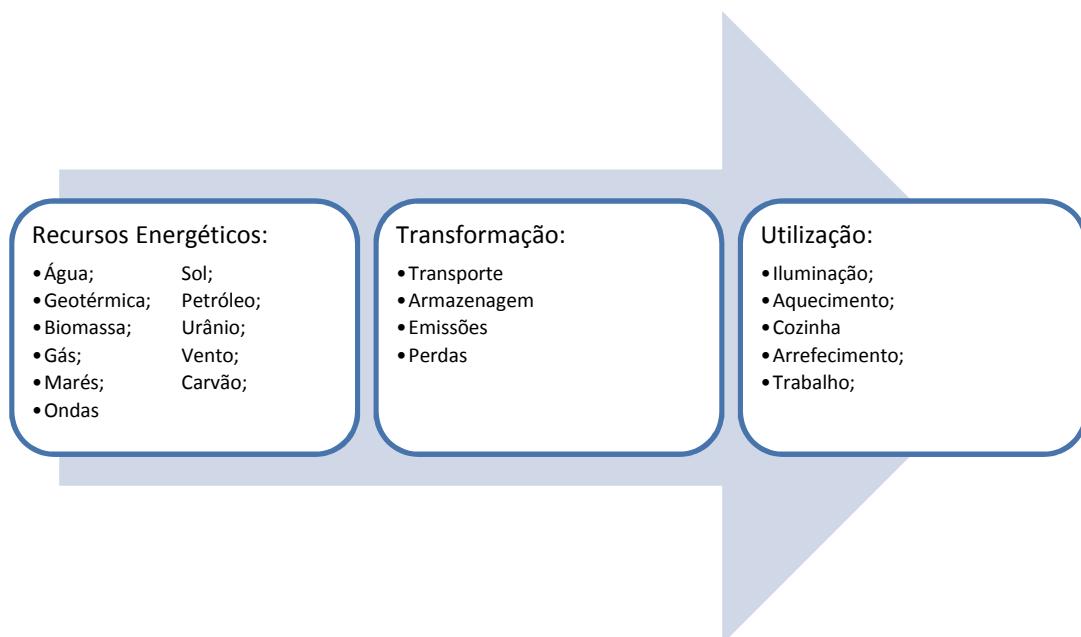


Figura 3 - Transformação da Energia

2.2.1 Eficiência energética

Limitar o consumo de energia e prevenir o gasto energético são os grandes objectivos da UE⁴. Ao proporcionar a melhoria da eficiência energética, é possível contribuir de forma decisiva para a competitividade e segurança do abastecimento, assegurando os compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto acerca das alterações climáticas.

Existem fortes potenciais de redução, especialmente em sectores de elevado consumo de energia, como no caso da construção, das indústrias transformadoras, da conversão de energia, transportes ou edifícios. (Joue)

Para a obtenção de poupanças de energia estáveis e significativas implica o desenvolvimento de técnicas, produtos e serviços eficientes do ponto de vista energético, combinados com uma alteração dos padrões comportamentais, com vista a um menor consumo de energia sem perda de qualidade de vida.

⁴ UE – União Europeia

Os Estados-Membros devem então aplicar requisitos mínimos de desempenho energético relativamente aos novos edifícios e aos edifícios existentes, velar pela certificação do desempenho energético dos edifícios e impor uma inspecção regular das caldeiras e das instalações de ar condicionado nos edifícios abrangendo quatro elementos principais:

- Metodologia de cálculo comum no desempenho energético integrado dos edifícios;
- Requisitos mínimos relativos ao desempenho energético dos novos edifícios e dos edifícios existentes quando são objecto de grandes obras de reabilitação;
- Sistemas de certificação para os edifícios novos e existentes, e, nos edifícios públicos, afixação de certificados e outras informações relevantes;
- Inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios.

A metodologia de cálculo deve, além disso, integrar todos os elementos que determinam a eficiência energética e não apenas a qualidade do isolamento do edifício. Esta abordagem integrada deve ter em conta elementos como as instalações de aquecimento e de arrefecimento, as instalações de iluminação, a localização e orientação do edifício, recuperação do calor, etc. (PEE)

2.3 A nova regulamentação

Os Regulamentos: SCE, RSECE e RCCTE

O cálculo da carga térmica de cada compartimento deverá ter em conta as trocas de calor através das superfícies envolventes, as que resultam da renovação do ar dos compartimentos e da utilização dos espaços.

A quantificação das cargas térmicas, os caudais de ventilação e a metodologia de cálculo a adoptar serão as aconselhadas pela norma ASHRAE, encontrando-se a justificação das características dos equipamentos adoptados descritas sempre que surja necessidade.

Serão observadas todas as regulamentações e normalizações em vigor e obrigatoriamente aplicáveis.

Nomeadamente chama-se à atenção das normas:

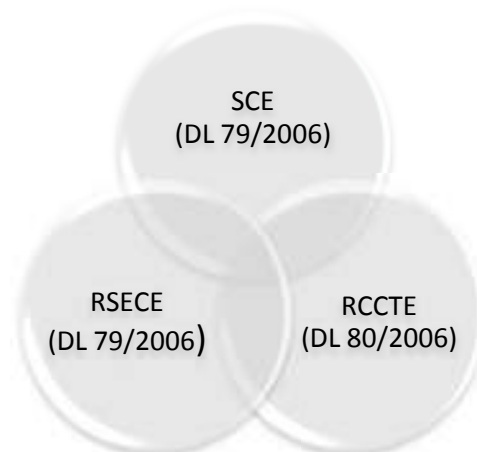


Figura 4 - Os Regulamentos: SCE, RSECE e RCCTE

2.3.1 SCE – Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos edifícios

Este decreto cria o sistema nacional da certificação energética e da qualidade do ar interior dos edifícios (SCE), no âmbito da implementação a nível nacional da Directiva Comunitária 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios. A supervisão do SCE fica a cargo da DGEG⁵ e da APA⁶, respectivamente para as questões energéticas e para a qualidade do ar. A gestão do SCE fica a cargo da ADENE⁷.

Classe Energética	Consumo
A+	Menos de 25% do consumo de referência
A-	Entre 25% e 50%
B	50% a 75%
B-	75% a 100%
C	100% a 150%
D	150% a 200%
E	200% a 250%
F	Entre 250% a 300%
G	Mais de 300% consumo de referência

Figura 5 - Sustentabilidade e Eficiência Energética

O SCE tem como finalidade:

- Garantir a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

Este regulamento abrange, segundo calendarização a definir por portaria conjunta dos ministros responsáveis pelas áreas da energia, do ambiente, das obras públicas e da administração local, os seguintes edifícios:

- Novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, nos termos do RSECE e do RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;

⁵ Direcção-Geral de Energia e Geologia

⁶ Agência Portuguesa do Ambiente

⁷ Agência para a Energia

- Edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE;
- Edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

Esta calendarização tem por base a tipologia, o fim e a área útil dos edifícios.

Estão excluídos do âmbito de aplicação do SCE as infra-estruturas militares e os imóveis afectos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade. (SCE)

2.3.2 RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

O novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), procura introduzir medidas de racionalização, fixando limites à potência máxima dos sistemas a instalar num edifício para, sobretudo, evitar o seu sobredimensionamento, contribuindo assim para a sua eficiência energética, evitando investimentos desnecessários. Por outro lado, surge como resposta à melhoria do nível de vida das populações e do seu maior grau de exigência em termos de conforto, e também, como consequência da elevada taxa de crescimento do parque construído. O alcance legislativo do novo regulamento é muito mais vasto do que o anterior estabelecendo:

- Condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização;
- Limites máximos de consumo de energia para todo o edifício e os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar;
- Condições de manutenção dos sistemas de climatização;
- Condições de monitorização e de auditoria dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior;
- Habilitações dos técnicos responsáveis pelo Projecto, Instalação e Manutenção dos Sistemas de Climatização, em termos da Eficiência Energética e da Qualidade do Ar Interior.

No contexto internacional, em relação com o programa de combate às alterações climáticas, Portugal, em articulação com os compromissos da União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto, também assumiu responsabilidades quanto ao controlo das emissões de gases de efeito de estufa, havendo um consenso sobre a importância de melhorar a eficiência energética dos edifícios e de reduzir o consumo de energia e as correspondentes emissões de CO₂ do sector dos edifícios como parte do esforço de redução das emissões a envolver todos os sectores consumidores de energia.

É neste enquadramento que se impõe a revisão do RSECE com os objectivos:

- a) Definir as condições de conforto térmico e de higiene requeridas nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respectivas funções;
- b) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, quer nos consumos para climatização como em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efectiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;

- c) Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efectivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível de projecto quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;
- d) Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios. (RSECE)

2.3.3 RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro, foi o primeiro instrumento legal que em Portugal impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno quer no Verão.

No presente, verifica-se que o RCCTE constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade da construção em Portugal, beneficiando os consumidores de melhores condições de conforto a custos mais baixos, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios, incluindo nas zonas de clima mais ameno, mesmo para além do que o RCCTE exige, numa prova de que o referido Regulamento conseguiu atingir e mesmo superar os objectivos a que se propunha.

Embora referindo que estabelece as regras a observar no projecto dos edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, através da leitura do RSECE, verifica-se que também tem que ser aplicado a um conjunto de edifícios de serviços com sistema de climatização de qualquer tipo. O regulamento aplica-se também às ampliações de edifícios existentes (na nova área construída) e às grandes intervenções de remodelação ou de alteração⁸. (RCCTE)

2.4 Programas informáticos de Simulação

Os programas informáticos de simulação determinam parâmetros como as cargas térmicas, relacionando as várias equações de transferência de calor com um conjunto de dados e algoritmos, obtendo resultados pela introdução das características reais do edifício, como os materiais, arquitectura, envolvente, localização e orientação geográfica, bem como os parâmetros de iluminação, equipamentos e ocupação.

⁸ Consideram-se grandes intervenções as que têm lugar na envolvente ou nas instalações e cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, calculado com base num valor de referência por metro quadrado e por tipologia do edifício, actualizado anualmente.

Trace 700



Figura 6 - Ambiente gráfico do *software* Trace 700 da Trane

O *software* Trace 700 opera em ambiente Windows e oferece ao utilizador um guia para a construção do modelo. É no entanto uma ferramenta de código fechado, com a limitação de não permitir a criação de novos sistemas de climatização para além daqueles já incluídos na sua base de dados. A introdução de equipamentos num sistema ou dos próprios sistemas numa instalação é efectuado de forma simples (por “arrastamento”).

Existem no entanto possíveis causas na obtenção de resultados diferentes dos esperados, na conversão dos dados físicos do edifício real na conversão para modelo, destacando-se:

- Interpretação da própria arquitectura;
- Qualquer simplificação dos vectores base no desenvolvimento da simulação;
- Falta de metodologia na aplicação do problema. (Gonçalves)

2.5 Aspectos gerais dos sistemas de AVAC

Para gerar correctamente um sistema de climatização é necessário integrar todo um conjunto de conhecimentos que englobam diversas áreas, como os fenómenos de calor e massa, biológicos que regulam o conforto dos ocupantes, princípios de funcionamento dos equipamentos e as normas a aplicar.

O sistema deve garantir também correctas condições de funcionamento nos mais variados intervalos de utilização, e, garantir que nas diferentes condições de funcionamento da instalação, esta opera sempre de forma eficiente. Deverá também permitir a monitorização de forma a poderem ser seguidas e registadas as condições de funcionamento (temperatura, pressão, caudal, consumo). Deve ainda garantir a facilidade de manutenção. Finalmente, a instalação deve ser concebida tendo em atenção que o tempo de vida duma instalação é inferior ao tempo de vida do edifício, pelo que será necessário, durante o tempo de vida do edifício, proceder à substituição da instalação, em particular dos equipamentos principais.

Sustentabilidade da Envolvente dos Edifícios

Em qualquer projecto, a estrutura de toda a envolvente e a geração do sistema AVAC não podem ser tratadas separadamente, sob risco de ser obter uma solução defeituosa (princípio do projecto integrado). Torna-se imprescindível harmonizar as trocas de calor geradas (da iluminação, equipamentos ou ocupação) de modo a equilibrar a produção de calor e preservar as condições interiores constantes (remoção das cargas térmicas).



Figura 7 - Sustentabilidade da Envolvente dos Edifícios

A introdução de ar novo num edifício permitirá limitar a concentração de gases e vapores libertados na sala e o nível de partículas em suspensão no ar, além possibilitar também o controlo da temperatura.

A climatização deverá ainda que garantir a humidade e a qualidade do ar. As concentrações de poluentes terão que ser nulas ou muito reduzidas (inexistência de gases tóxicos ou odores).

Consumo de Energia

As simulações detalhadas de edifícios sujeitas ao presente Regulamento devem ser efectuadas utilizando metodologias que considerem os seguintes elementos mínimos:

- a) Características térmicas do edifício;
- b) Climatização e fornecimento de água quente;
- c) Ventilação (mecânica e natural);
- d) Iluminação;
- e) Localização e Orientação dos edifícios e condições climáticas exteriores;
- f) Sistemas solares e sombreamentos;

Deverá ainda ser possível controlar os seguintes parâmetros:

- Temperatura - Pode existir a necessidade de efectuar o controlo da temperatura máxima, mínima ou de ambas, a instalação necessitará então apenas de aquecimento, de arrefecimento ou de ambos;
- Humidade Relativa - Pode existir a necessidade de efectuar o controlo da humidade relativa máxima, mínima ou ambas, a instalação necessitará apenas de garantir a desumidificação, a humidificação ou ambas;
- Qualidade do ar interior - A necessidade de um efectivo controlo da qualidade do ar, obriga à admissão de um caudal de ar novo mínimo e a uma insuflação controlada (filtragem). (Soares)

3. Caso de Estudo: Edifício Country Club

O presente estudo refere-se a um grande edifício de serviços, que a Quintas de Óbidos – Investimentos Turísticos e Imobiliários, S.A., pretende construir em Óbidos, Freguesia do Vau, constituído por uma zona comercial, country club e recepção.



Figura 8 - Planta do edifício

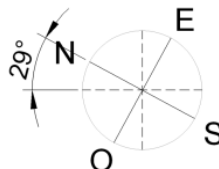


Figura 9 - Orientação do edifício

Nas figuras anteriores temos inicialmente uma primeira ideia e percepção da extensão da envolvente do edifício, assim como as suas principais orientações.

3.1 Objectivos

Dotar os espaços constituintes do empreendimento das infra-estruturas necessárias de climatização e ventilação ambiente, de modo a satisfazer as condições de exigências higiénicas e regulamentares, criando condições adequadas de conforto e salubridade ambiental compatíveis com a ocupação prevista.

Deste modo, em todos os espaços, serão asseguradas as condições necessárias a uma conveniente renovação de ar e a uma ajustada qualidade de conforto em termos de temperatura.

Consideram-se as necessidades de ar novo e extracção de cada zona, assim como as probabilidades de ocorrência de temperaturas e os diagramas de carga da instalação, as cargas térmicas e sua distribuição anual.

As temperaturas interiores de projecto consideram o tipo de metabolismo dos ocupantes, as temperaturas radiantes em função do espaço e o índice de conforto requerido.

O cálculo da carga térmica considera os diagramas de carga da instalação, em termos de ocupação, condução, radiação, iluminação, outros equipamentos, inércia e simultaneidade das várias cargas, bem como especificações técnicas particulares do empreendimento.

A potência máxima de cálculo da instalação é pois o valor probabilístico máximo que ocorrerá na instalação.

Na figura abaixo estão ilustradas as trocas de calor de um individuo com o meio ambiente, e as naturais influências do metabolismo (Met) e vestimenta (Clo).

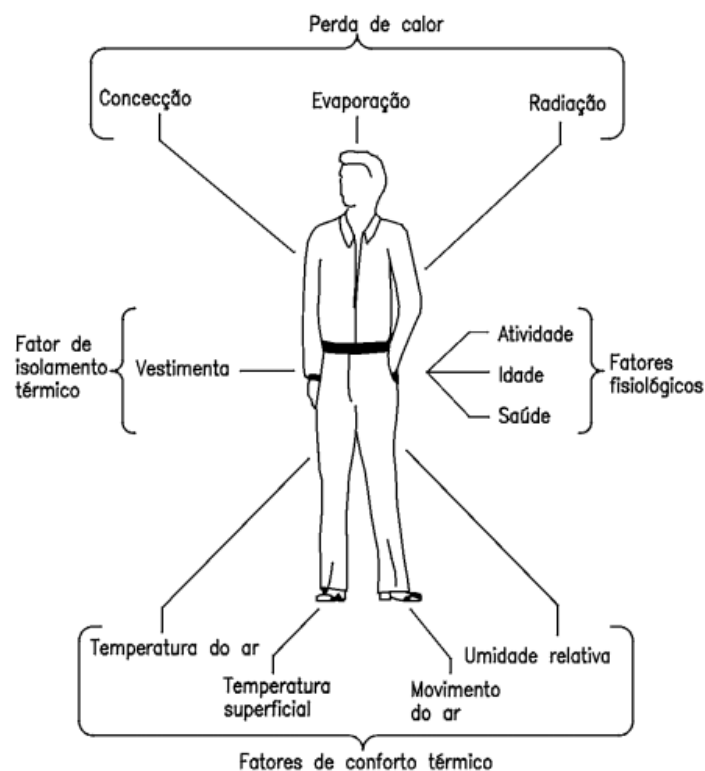


Figura 10 - Factores que afectam o conforto térmico

3.2 Descrição Geral do Complexo

O edifício em estudo desenvolve-se em 2 pisos, nomeadamente piso -1 e rés-do-chão, cujos alçados se encontram nas figuras da página seguinte, dispostos pela respectiva orientação.



Figura 11 - Alçados do edifício nas suas 4 orientações

No piso -1 localizam-se a despensa de apoio à cozinha, os sanitários dos funcionários, antecâmara de acesso aos sanitários, área técnica para apoio do country club, compartimento técnico para as unidades do AVAC, com acesso pelo exterior e SPA.

No rés-do-chão, localizam-se três lojas com acesso independente, a entrada principal para o country club, a recepção, o secretariado, a sala da administração, sala de restaurante, cozinha, sala de jogos, bar, sala de convívio e sala de estar.

Os dois pisos estão interligados entre si por escadas e um elevador.

3.3 Verificação do RCCTE

Apesar de estarmos perante um grande edifício de serviços, com uma área superior a 2000 m² e uma potência térmica a instalar largamente superior aos 25kW estipulados por este regulamento, este será tido em conta de modo a classificar a qualidade e caracterização de toda a envolvente do edifício.

3.3.1 Objectivos

O RCCTE surgiu de forma a diminuir os consumos energéticos dos edifícios, combater a falta de conforto térmico dos ocupantes e impedir possíveis patologias de origem térmica (condensações).

Além da obrigatoriedade do recurso a colectores solares, pretende-se que as exigências de conforto térmico (aquecimento ou arrefecimento), de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior edifícios, ou as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem excessivo gasto de energia e, por outro lado, que sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de

condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

O novo RCCTE impõe, também, limites aos consumos que decorrem dos seus potenciais existência e uso, fixando as condições ambientais de referência para cálculo dos consumos energéticos nominais, segundo padrões típicos admitidos como os médios prováveis, quer em termos de temperatura ambiente, quer em termos de ventilação para renovação do ar e garantia de uma qualidade de ar interior aceitável. (RCCTE)

3.3.2 Metodologia de cálculo

As necessidades nominais de arrefecimento de uma fracção autónoma de um edifício são a energia útil que é necessário retirar-lhe para manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência (definida no artigo 16.º deste regulamento), durante toda a estação convencional de arrefecimento, isto é, nos meses de Junho a Setembro, inclusive. Este valor não representa necessariamente o consumo real dessa zona do edifício, já que, em geral, os seus ocupantes não impõem permanentemente situações exactamente iguais às de referência, podendo mesmo ocorrer diferenças substanciais por excesso ou por defeito entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos deste Regulamento.

O cálculo preciso das necessidades de arrefecimento de um espaço, dada a natureza altamente dinâmica dos fenómenos térmicos em causa, só é possível por meio de simulação dinâmica detalhada. Este tipo de metodologia é exigido no caso do regulamento dos sistemas de climatização (RSECE), mas a sua complexidade é considerada indesejável para o RCCTE, pelo que, neste Regulamento, se utiliza uma metodologia simplificada de cálculo, devidamente validada a nível europeu, que produz resultados com a aproximação suficiente adequada aos objectivos do RCCTE. (RCCTE)

3.3.3 Zona Climática – Dados de Referência

Este parâmetro é da maior importância porque como é óbvio vai influenciar todo o projecto. Sabendo a localização do empreendimento podemos retirar do regulamento dados relativos às zonas climáticas (Verão e Inverno), temperatura exterior de projecto, duração da estação de aquecimento e amplitude térmica verificada nessa zona. Todos estes dados vão ser utilizados nas várias fases do projecto.

O País é dividido em três zonas climáticas de Inverno (I_1 , I_2 , I_3) e três zonas climáticas de Verão (V_1 , V_2 , V_3). A delimitação destas zonas e a localização do presente projecto é a indicada nas figuras seguintes.

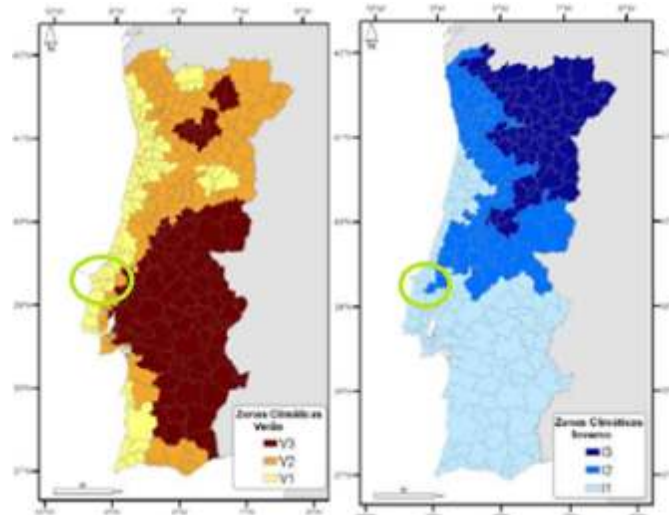


Figura 12 - Zonas Climáticas para Portugal Continental e localização do edifício

Localização: Óbidos

- Zona Climática de Inverno: I₁;
- Zona Climática de Verão: V₁;
- Número de graus-dias de aquecimento (GD): 1 370 °C.dias;
- Duração da Estação de Aquecimento: 5,7 meses;
- Temperatura Exterior de Projecto de Verão: 28 °C;
- Amplitude térmica média diária do mês mais quente: 8 °C.

3.3.4 Levantamento Dimensional

Na tabela da página seguinte estão caracterizadas as áreas e pé-direito de todos os compartimentos do edifício:

Tabela 1 - Área e Pé-direito dos compartimentos

Piso	Compartimento	Área	Pé Direito	Piso	Compartimento	Área	Pé Direito	
		[m ²]	[m]			[m ²]	[m]	
Piso -1	Área Técnica 1	51,45	3,15	Piso 0	Loja 1	21,85	3,48	
	Elevador 1	2,98	3		Loja 2	22,25	3,48	
	Escadas Acesso Spa P-1	13,20	3,05		Loja 3	22,25	3,48	
	Recepção Spa	38,28	2,8		Gabinete	14,29	3,48	
	Corredor Gabinetes	29,32	2,6		Back Office	28,98	3,48	
	Gabinete 1	14,53	2,75		I.S. Serviço	3,94	2,4	
	Gabinete 2	14,55	2,75		I.S. Femininas	10,56	2,4	
	Gabinete 3	14,53	2,75		I.S. Masculinas	13,30	2,4	
	Gabinete 4	14,54	2,75		I.S. Deficientes	5,06	2,4	
	Gabinete 5	22,11	2,75		Corredor (Piso 0)	24,33	2,9	
	Gabinete 6	22,11	2,75		Sala de Informática	14,01	3,48	
	Gabinete 7	14,21	2,75		Salão de Jogos	73,59	3,48	
	Balneários Func.	12,04	2,8		Piscina	152,13	3,1	
	Balneários Func.	11,94	2,8		Bagagem	9,58	3,15	
	Antecâmara Distribuição	7,51	2,575		Recepção	20,69	3,65	
	Refeitório	14,79	3,15		Foyer	81,04	3,65	
	Despensa	67,65	3,15		Bar	17,64	3,65	
	Entrada Serviço	29,61	2,45		Restaurante	142,87	3,65	
	Escadas Serviço P-1	6,75	3,05		Escadas Ac. Spa P0	14,92	3,65	
	Área Técnica 2	136,64	2,75		Cozinha	61,33	3,65	
	Acesso Área Técnica	29,18	2,8		Antecâmara de Serviço	11,64	2,6	
	Spa	173,71	3,05		Escadas Serviço P0	6,75	3,1	
	Ginásio	39,15	3,05		Sala de Eventos	124,26	3,65	
	Corredor	74,74	2,6					
	Corredor Balneários	20,69	2,6					
	Balneários Masculino	32,08	2,8					
	Balneários Feminino Spa	32,08	2,8					
	Balneários Deficientes	8,75	2,8					
	Balneários Masculino	22,86	2,8					
	Balneários Feminino	24,17	2,8					
	Balneários Deficientes	6,47	2,8					
	Corredor Piscina	25,29	2,6					
	Área Técnica Piscina	165,00	2,5					
Área Técnica 3	14,87	3,15						
		1 207,76	2,81			897,27	3,43	

De acordo com o apresentado na tabela anterior, a área útil de pavimento é de 1 679,02 m², não sendo contabilizado neste os espaços não úteis. O pé direito médio ponderado para o piso inferior é de 2,81m e 3,43m para o piso superior.





3.3.5 Quantificação dos parâmetros térmicos

3.3.5.1 Coeficiente de transmissão térmica

As características das envolventes da habitação, ou seja, envolventes exteriores, interiores, interiores com características de envolvente exterior ($\tau > 0,7$) e envolventes sem requisitos serão caracterizados neste capítulo.

Com a definição dos tipos de envolventes é da maior importância conhecer a sua constituição de maneira a ser possível o cálculo dos coeficientes de transferência de calor, que têm que estar dentro de limites impostos pelo regulamento no Quadro IX.1 e de preferência aproximados dos valores apresentados no Quadro IX.3 do D.L. RCCTE, que são os valores utilizados como referência para um bom projecto.

Tabela 2 - Legenda da caracterização das envolventes

Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	

Na figura imediata é mostrada a extensão da envolvente vertical do edifício no piso -1, segundo os padrões de representação do RCCTE:

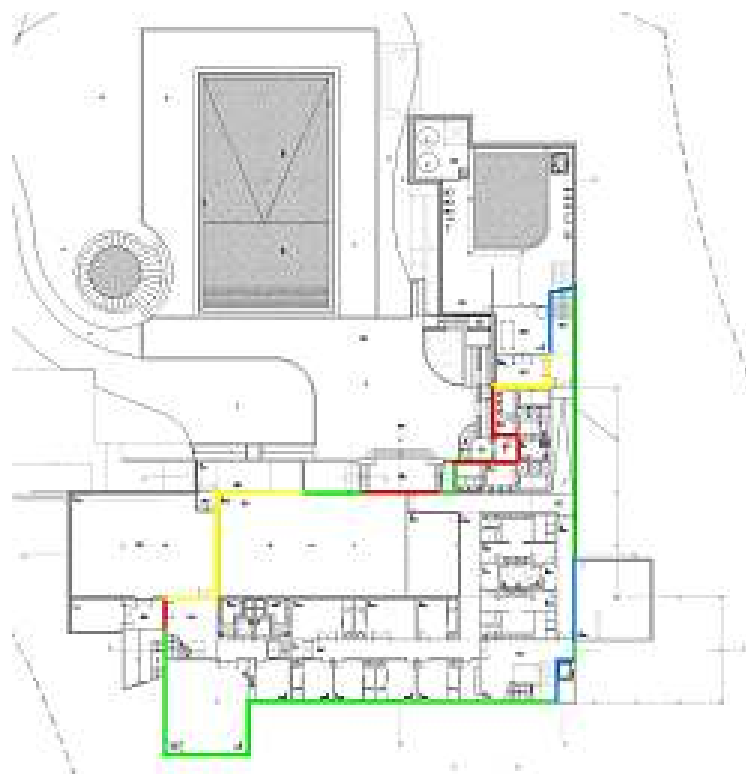


Figura 13 - Planta da Envolvente do Piso -1

Idem para a envolvente do edifício no piso 0:

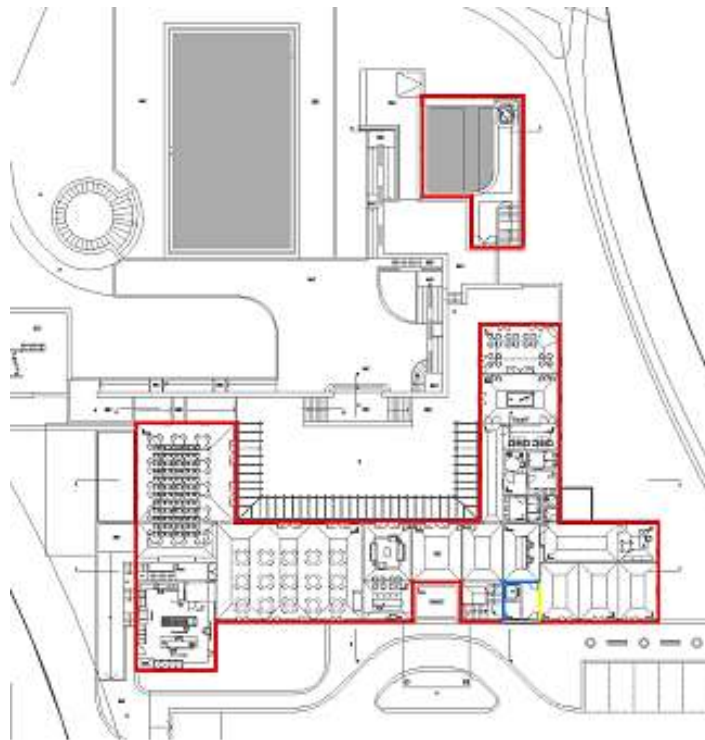


Figura 14 - Planta da Envolvente do Piso 0

Nas figuras seguintes estão representados cortes transversais que visam mostrar sobretudo pormenores da envolvente horizontal do edifício, pavimento e cobertura, novamente representada segundo os padrões do RCCTE:



Figura 15 - Envolvente do edifício, corte 1-1'



Figura 16 - Envolvente do edifício, corte 3-3'

Nas figuras imediatas estão representados cortes longitudinais que mostram sobretudo a localização da envolvente horizontal do edifício:



Figura 17 - Envolvente do edifício, corte 2-2'



Figura 18 - Envolvente do edifício, corte 4-4'

O coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente, traduz a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa.

$$U = \frac{1}{\sum_i R_{ti}} \quad R_t = \frac{e}{\lambda}$$

- R_t Resistência equivalente do material;
- e Espessura do material;
- λ Condutibilidade térmica do material;
- U Coeficiente de transferência de calor.

CC1 – Zonas Comuns do edifício

As duas figuras seguintes mostram a localização e caracterização do modelo de construção existente na maior percentagem da envolvente do edifício:

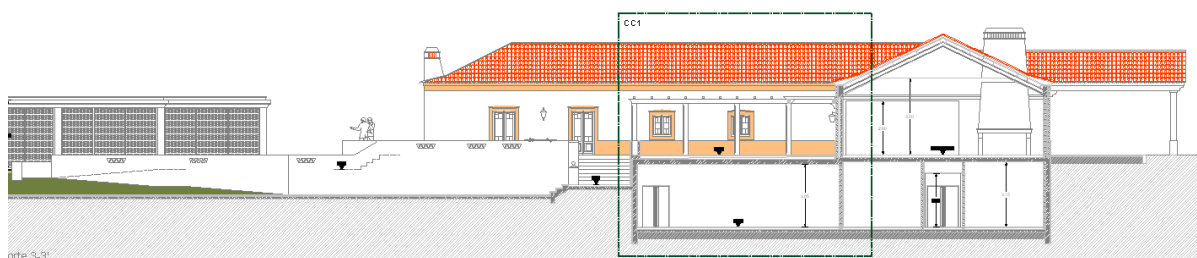


Figura 19 - Estrutura da Envolvente na Zona CC1

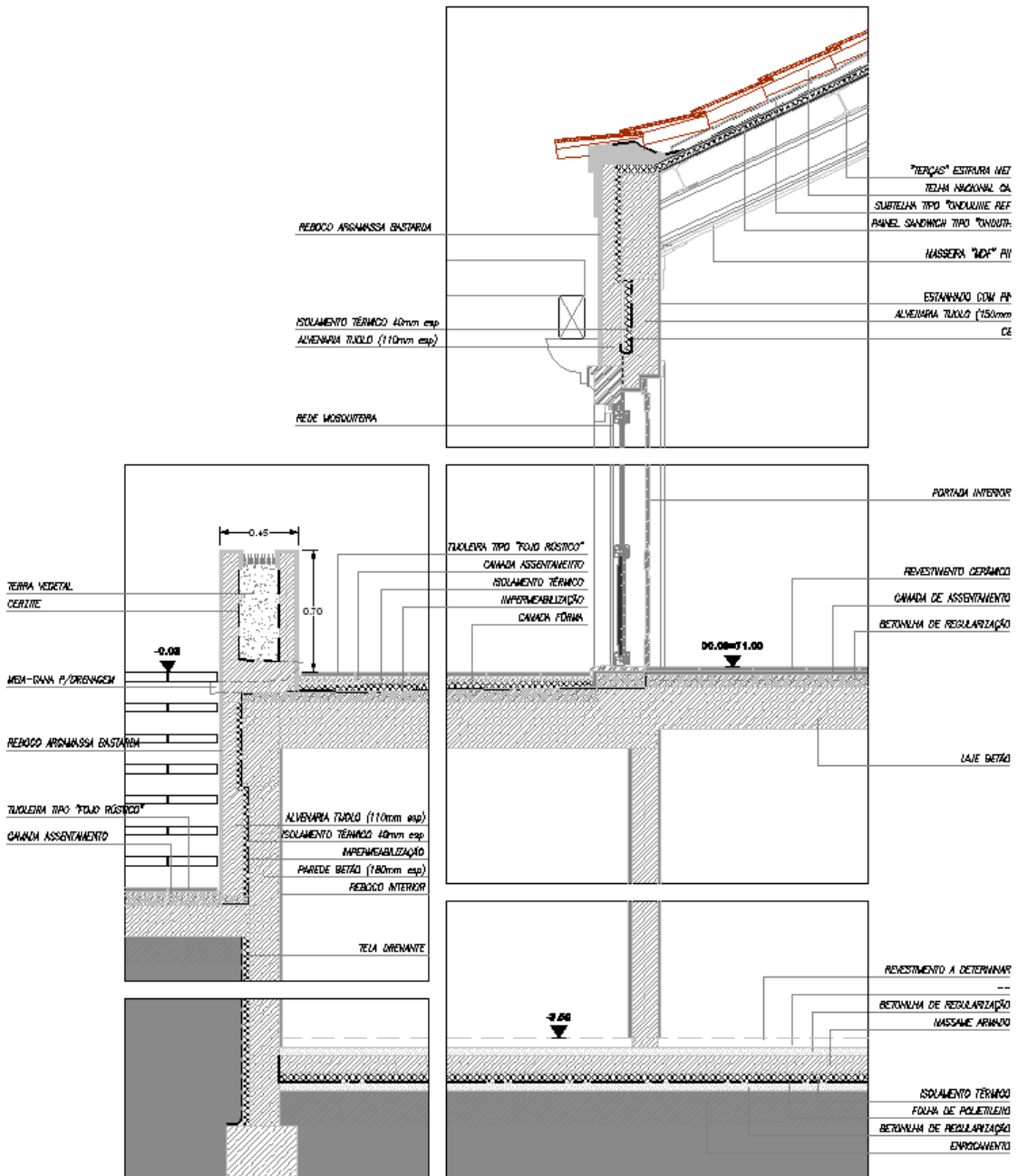


Figura 20 - Perfil de Construção da Zona CC1

CC2 – Lojas

Idem para a construção relativa aos compartimentos das Lojas:



Figura 21 - Estrutura da Envolvente na Zona CC2

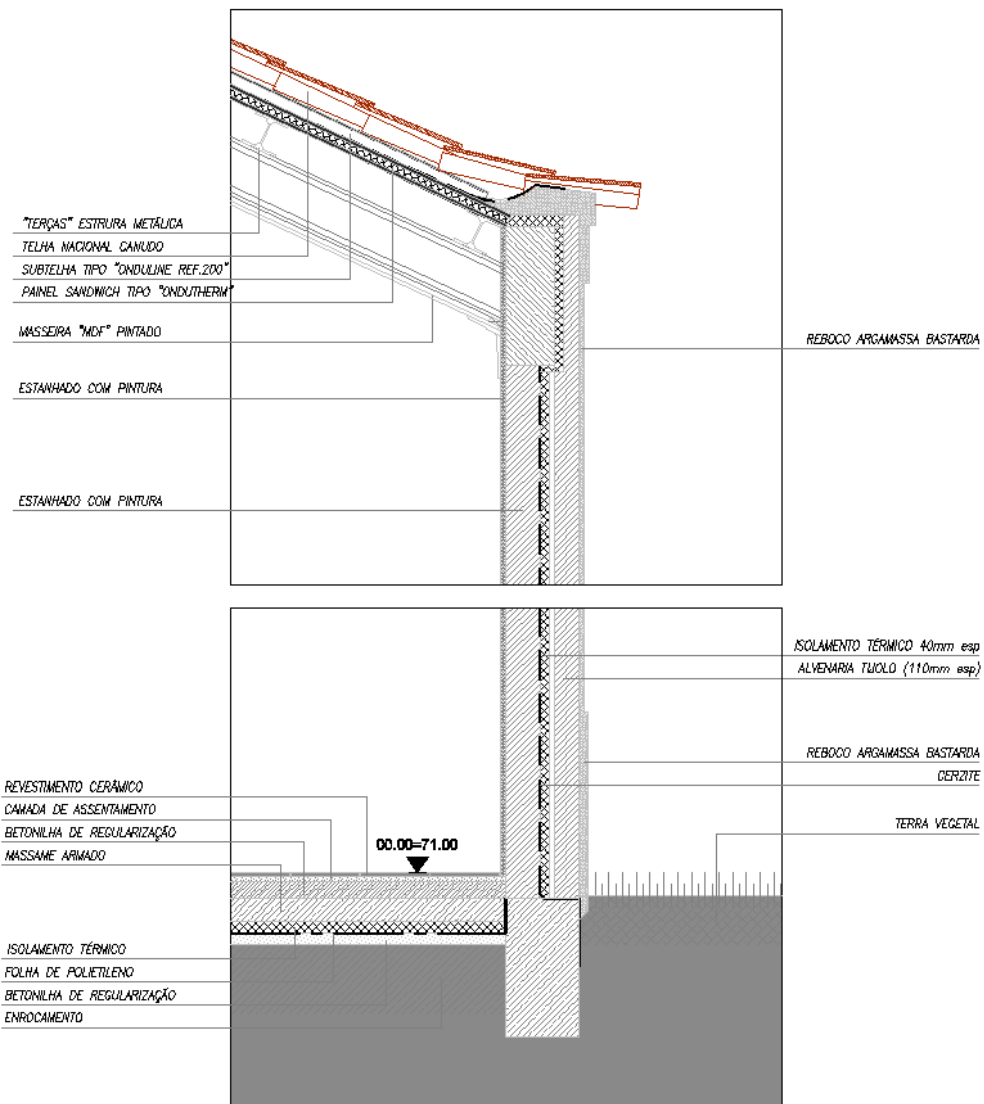


Figura 22 - Perfil de Construção da Zona CC2

CC3 – Piscina

E por fim, nas figuras imediatas a representação da periferia e perfil de construção da envolvente da zona da Piscina:

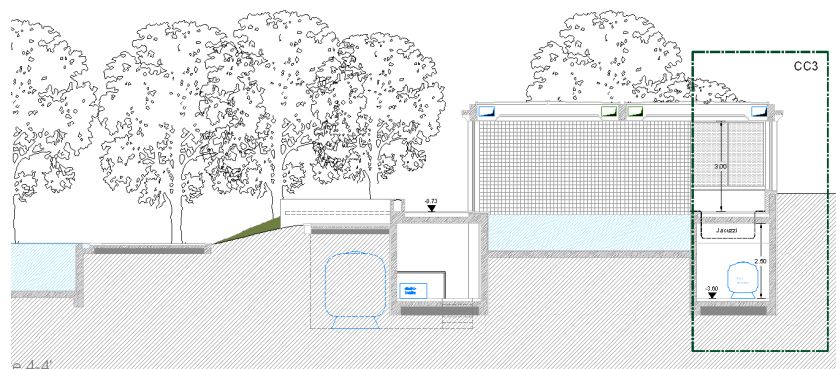


Figura 23 - Estrutura da Envolvente na Zona CC3

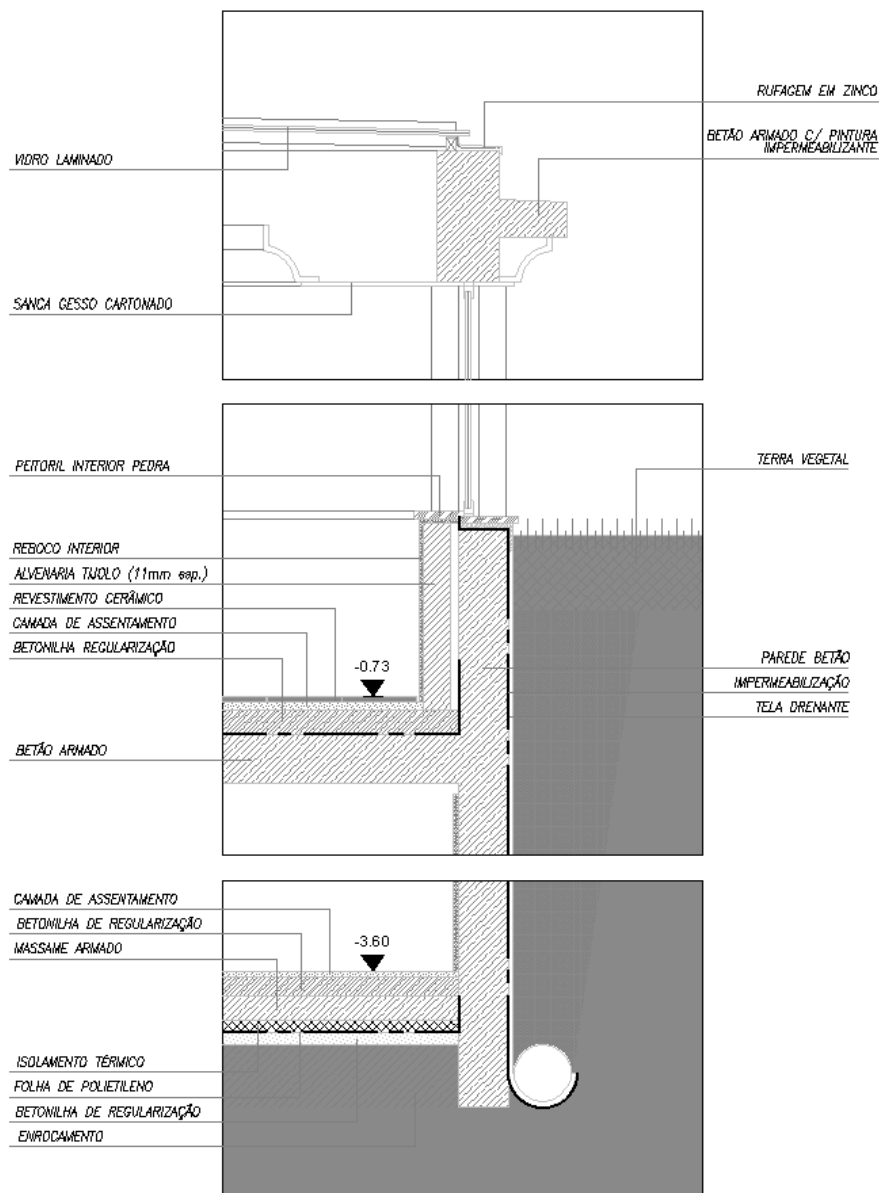


Figura 24 - Perfil de Construção da Zona CC3

Os coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios utilizados para cálculo das cargas térmicas foram fornecidos pelo LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, encontrando-se em anexo os detalhes característicos de toda a envolvente.

A título de exemplo apresentam-se de seguida a caracterização de parede exterior, parede interior, cobertura e pavimento que mais influência teve para as cargas do edifício face à sua maior utilização, encontrando-se em anexo a totalidade dos elementos envolventes considerados.

3.3.5.1.1 Envolvente Exterior Opaca

Parede Exterior Tipo I

Parede dupla com panos de alvenaria de tijolo normal, 0,11+0,06+0,15m, com caixa-de-ar não ventilada preenchida parcialmente com 40mm de poliestireno expandido extrudado (XPS), com reboco interior e exterior de 20 mm.

Tabela 3 - Valor do U da Parede Exterior Tipo I

Parede Exterior Tipo I				
Material	Espessura (m)	λ (W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)
Reboco argamassa bastarda exterior	0,02	0,8	0,03	0,45
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0,11	-	0,27	
Caixa-de-ar	0,02	-	0,17	
XPS	0,04	0,037	1,08	
Alvenaria de tijolo furado normal 15	0,15	-	0,39	
Reboco interior	0,02	0,18	0,11	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,13	
Resistência Superficial Exterior	-	-	0,04	

Parede Interior Tipo I

Parede simples de alvenaria de tijolo normal 0,11m, composta na envolvente com reboco interior e exterior de 20 mm.

Tabela 4 - Valor do U da Parede Interior Tipo I

Parede Interior Tipo I				
Material	Espessura (m)	λ (W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)
Reboco Interior	0,02	0,18	0,11	1,33
Pano alvenaria tijolo furado normal	0,11	-	0,27	
Reboco Interior	0,02	0,18	0,11	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,13	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,13	

Cobertura Inclinada

Caracterizada exteriormente por cerâmica do tipo “Telha Nacional Canudo”, apoiada por Subtelhas do tipo “onduline”, com isolamento de 60mm de Painéis Sandwich, revestido interiormente por 15mm de MDF.

Tabela 5 - Valor do U da Cobertura Inclinada

Cobertura Inclinada				
Material	Espessura (m)	λ (W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)
Telha Nacional Canudo	0,07	0,41	0,17	0,50
Subtelha do tipo "onduline"	0,01	110	0,00	
Painel Isolante Térmico-Sandwich	0,06	0,037	1,62	
Madeira - MDF	0,015	0,25	0,06	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,1	
Resistência Superficial Exterior	-	-	0,04	

Laje de Pavimento Tipo I

O pavimento em contacto com o solo é composto por enrocamento com 20 cm, massame de betão com 10 cm e betonilha de regularização de 5 cm, com isolamento XPS com uma largura mínima de 5 cm, massame armado de 10 cm e 2 camadas de betão de 2 e 5 cm, o revestimento interior é cerâmico de 2cm.

Tabela 6 - Valor do U da Laje de Pavimento Tipo I

<i>Laje de Pavimento Tipo I</i>				
Material	Espessura (m)	λ (W/m°C)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)
Revestimento Cerâmico	0,02	0,5	0,04	0,57
Camada de Assentamento	0,02	1,8	0,01	
Betonilha de Regularização	0,05	2	0,03	
Massame Armado	0,10	2	0,05	
XPS	0,05	0,037	1,35	
Betonilha de Regularização	0,05	2	0,03	
Enrocamento	0,20	2	0,10	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,1	
Resistência Superficial Exterior	-	-	0,04	

3.3.5.1.2 Vãos Envidraçados

O próprio vão envidraçado também apresenta um coeficiente de transferência, que vai depender do tipo de caixilharia utilizada e da permeabilidade ao ar do vão. No projecto apresentado consideramos o seguinte:

Vidro duplo incolor 6-10-8mm do tipo Climalit Contrazol Antélio Claro com caixilharia de madeira com boa estanquicidade. É ainda considerada a existência, como elemento de sombra durante a estação quente, de portadas exteriores de cor clara.

- $g_{\text{vidro}} = 0,288$ (RCCTE – tabela IV.4);
- $U=3,0\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ (ITE 50- quadro III.1).

3.3.5.1.3 Pontes térmicas

Uma ponte térmica é toda e qualquer zona da envolvente dos edificios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação à zona corrente, devido à existência de materiais de diferente condutibilidade térmica e (ou) uma modificação na geometria da envolvente.

Resultados da existência de pontes térmicas:

- Acréscimo da perda térmica para o exterior;
- Abaixamento da temperatura superficial interior, agravamento das condensações e formações de bolores, degradação de revestimentos;
- Aparecimento de manchas, alteração das tintas e revestimento e eventual fissuração.

Pontes Térmicas Lineares

Para o cálculo das pontes térmicas lineares utilizam-se os valores por defeito de ψ , que podemos encontrar no RCCTE.

Fórmula de cálculo para as pontes térmicas lineares:

$$L_{pt} = \sum \Psi_j \times B_j$$

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica;

B – desenvolvimento linear (comprimento).

No global temos as seguintes pontes térmicas lineares no projecto:

- Ligação da fachada com pavimentos térreos;

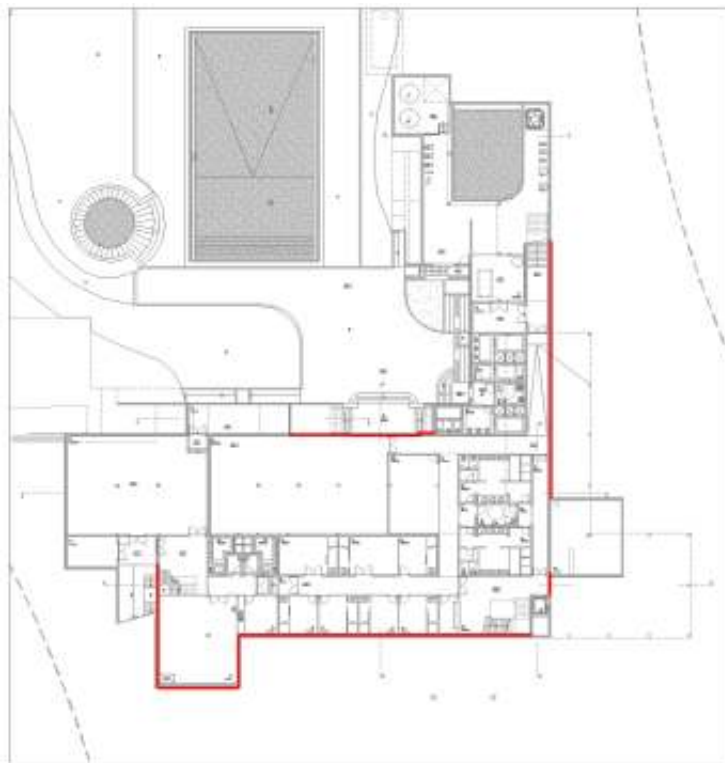


Figura 25 - Zonas de ligação da fachada com pavimentos térreos

- Ligação da fachada com padieira ou peitoral;

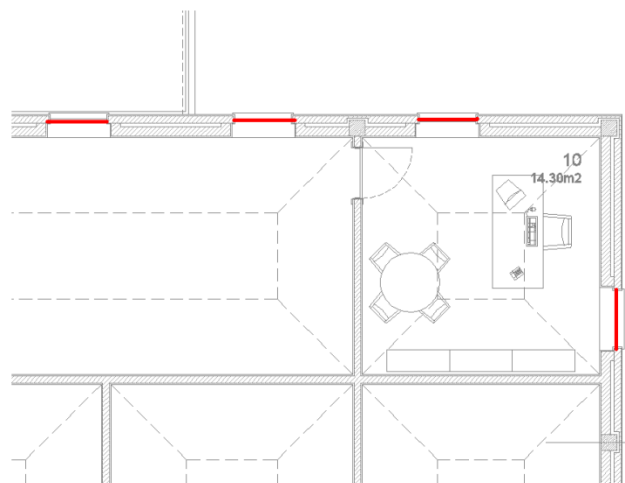


Figura 26 - Ligação da fachada com padieira ou peitoral

- Ligação entre duas paredes verticais;

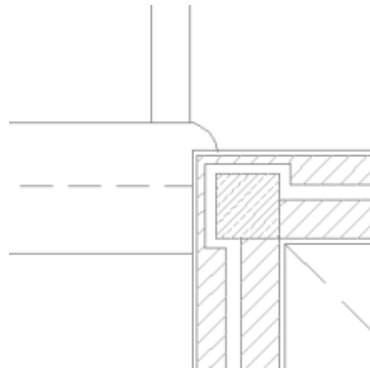


Figura 27 - Ligação entre duas paredes verticais

Nota:

Só contam as uniões de paredes com ângulos fechados. Ou seja, em paredes com ângulos $>180^\circ$ não se contabiliza as pontes térmicas de junção de duas paredes verticais porque $\psi = 0$.

- Ligação da fachada do edifício com cobertura inclinada:

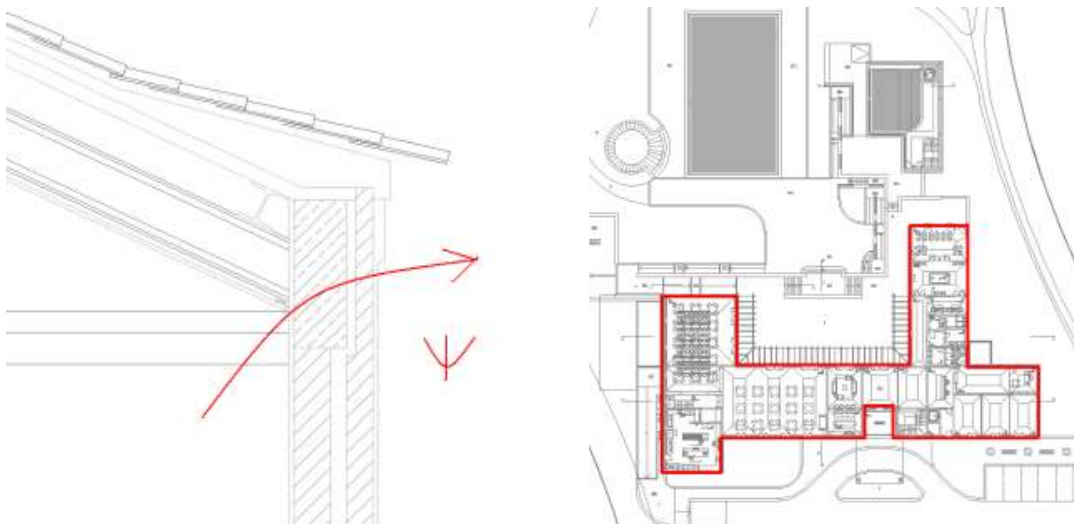


Figura 28 - Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço

- Ligação da fachada da piscina com cobertura:

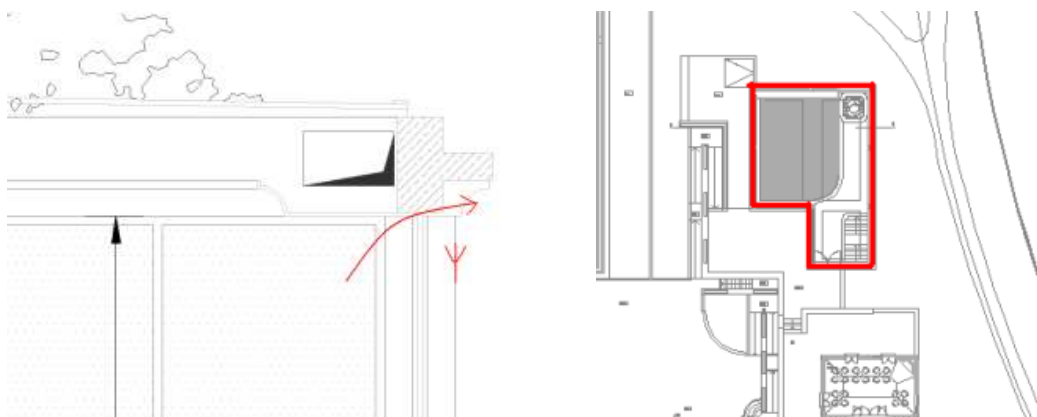


Figura 29 - Ligação da fachada da piscina com cobertura

Pontes Térmicas Planas

As pontes térmicas planas ocorrem quando existem heterogeneidades opacas inseridas na envolvente corrente (ex. pilares, vigas, caixas de estore). O regulamento impõe valores máximos para o coeficiente de transferência nas pontes térmicas.

Existem duas condições para o cálculo das pontes térmicas:

- O valor não pode ser superior ao valor de U do elemento em que a ponte térmica esta inserida;
- O valor de U não pode ser superior aos máximos admissíveis pelo regulamento.

As pontes térmicas planas ocorrem quando existem heterogeneidades opacas inseridas na envolvente corrente (ex. pilares, vigas, caixas de estore). O regulamento impõe também valores máximos para o coeficiente de transferência nas pontes térmicas.

Nas tabelas seguintes encontra-se a caracterização das pontes térmicas planas existentes:

Tabela 7 - Valor do U da Ponte Térmica Plana

Ponte Térmica Plana				
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)
Reboco argamassa bastarda exterior	0,02	0,8	0,03	0,59
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0,07	-	0,19	
XPS	0,04	0,037	1,08	
Parede em betão	0,21	1,65	0,13	
Reboco interior	0,02	0,18	0,11	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,13	
Resistência Superficial Exterior	-	-	0,04	

Nesta envolvente temos um U de: 0,59 W/m²C.

Tabela 8 - Valor do U da Ponte Térmica Plana da Piscina

Ponte Térmica Plana Piscina				
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)
Reboco argamassa bastarda exterior	0,02	0,72	0,03	0,59
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0,07	-	0,19	
XPS	0,04	0,037	1,08	
Parede em betão	0,20	1,65	0,13	
Reboco interior	0,02	0,18	0,11	
Resistência Superficial Interior	-	-	0,13	
Resistência Superficial Exterior	-	-	0,04	

Nesta envolvente temos um U de: 0,59 W/m²C.

3.3.5.1.4 Espaço não útil

As perdas térmicas das paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes são calculados em função do coeficiente “ τ ”. Chama-se τ ao coeficiente de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos.

Sempre que o valor do parâmetro “tau”, definido no anexo IV do presente Regulamento, que dele faz parte integrante, for superior a 0,7, ao elemento que separa o espaço interior útil do espaço não útil aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior.

Os espaços a seguir indicados, aos quais não se aplicam as condições de referência indicadas no n.º 4 do artigo 4.º, consideram-se espaços não úteis e não são incluídos no cálculo dos valores de N_{ic} , N_{vc} e N_{tc} :

- Área Técnica 1;
- Área Técnica 2;
- Área Técnica 3;
- Área Técnica da Piscina;
- Zona de Bagagem;
- Elevador.

Tabela 9 - Coeficiente τ para envolvente em contacto com espaços não úteis

<i>Espaço Útil</i>	<i>Zona Não Útil</i>	<i>Parede Tipo</i>	τ
Escadas Acesso ao Spa	Bagagem	Parede Interior Betão Tipo I	0,95
Escadas Acesso ao Spa	Elevador	Parede Interior Betão Tipo I	0,7
Recepção do Spa	Elevador	Parede Interior Betão Tipo I	0,7
Entrada Serviço	Área Técnica 2	Parede Interior Tipo II	0,95
Spa	Acesso Área Técnica	Parede Interior Betão Tipo II	0,9
Spa	Área Técnica 2	Parede Interior Dupla I	0,95
Corredor Balneários	Área Técnica 2	Parede Exterior Enterrada	0,7
Balneários Masculino Piscina	Área Técnica 3	Parede Interior Tipo III	0,95
Corredor Piscina	Área Técnica 3	Parede Interior Tipo II	0,95
Corredor Piscina	Área Técnica da Piscina	Parede Interior Dupla II	0,7
Loja 3	Bagagem	Parede Interior Tipo I	0,95
Back Office	Área Técnica 1	Pavimento Interior	0,7
I.S. Serviço	Área Técnica 1	Pavimento Interior	0,95
I.S. Femininas	Área Técnica 1	Pavimento Interior	0,7
I.S. Masculinas	Área Técnica 1	Pavimento Interior	0,95
Piscina	Área Técnica Piscina	Pavimento Interior	0,95
Recepção	Bagagem	Parede Interior Tipo I	0,95
Recepção	Área Técnica 1	Pavimento Interior	0,95
Recepção	Elevador	Parede Interior Betão Tipo I	0,7
Sala de Eventos	Área Técnica 2	Pavimento Interior	0,95

Determinação do τ (tau)

Os valores do coeficiente “ τ ” nas zonas não úteis da fracção autónoma: Áreas Técnicas 1, 2, 3 e da Piscina, Zona de Bagagem e Elevador, tiveram base na tabela da página seguinte.

Tabela 10 - valores de coeficiente τ para os espaços não úteis (tabela IV.1 do RCCTE)

Valores do coeficiente τ (secção 2.1)			
Tipo de espaço não útil	A (h _p)		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maiores que 10
1 — Circulação comum:			
1.1 — Sem abertura directa para o exterior	0,6	0,3	0
1.2 — Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total < 0,05 m ³ /m ³	0,8	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total ≥ 0,05 m ³ /m ³	0,9	0,7	0,3
2 — Espaços comerciais	0,8	0,6	0,2
3 — Edifícios adjacentes	0,6	0,6	0,6
4 — Armazéns	0,95	0,7	0,3
5 — Garagens:			
5.1 — Privada	0,8	0,5	0,3
5.2 — Colectiva	0,9	0,7	0,4
5.3 — Pública	0,95	0,8	0,5
6 — Varandas, marquises e similares (*)	0,8	0,6	0,2
7 — Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) (**)			
7.1 — Desvão não ventilado	0,8	0,6	0,4
7.2 — Desvão fracamente ventilado	0,9	0,7	0,5
7.3 — Desvão fortemente ventilado		1	

3.3.5.1.5 Requisitos mínimos de Qualidade Térmica na envolvente dos Edifícios

Coeficientes de Transmissão Térmica máximos admissíveis

Nenhum elemento da envolvente de qualquer edifício pode ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente (U) superior ao valor correspondente para a Zona Climática I₁ [W/m²°C]:

Tabela 11 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis

<i>Elemento da envolvente</i>	<i>Zona Climática – I₁</i>
Elementos exteriores em zona corrente	
Zonas opacas verticais	1,8
Zonas opacas horizontais	1,25
Elementos interiores em zona corrente	
Zonas opacas verticais	2
Zonas opacas horizontais	1,65

Zonas não correntes da envolvente

Nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zonas de ponte térmica plana, nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, pode ter um valor de U calculado de forma unidimensional na direcção normal à envolvente, superior ao dobro do dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente, respeitando sempre, no entanto, os valores máximos indicados na tabela anterior.

Factor solar máximo admissível

Nenhum vão envidraçado da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que serve, desde que não orientada a norte, pode apresentar

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club
 um factor solar correspondente ao vão envidraçado com o respectivo dispositivo de protecção 100% activo que exceda os valores indicados para a Zona Climática V₁: (RCCTE)

Tabela 12 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados

<i>Factor Solar</i>	<i>Zona Climática – V₁</i>
Inércia Térmica Média	0,56

3.3.5.2 Inércia Térmica interior - I_t

A inércia térmica interior de uma fracção autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção, nomeadamente das soluções utilizadas para o isolamento térmico e de revestimento superficial.

A título de exemplo apresentam-se a massa superficial útil para a parede exterior, parede interior, cobertura e pavimento que mais influência teve para a inércia do edifício face à sua maior utilização:

Parede Exterior Tipo I

Tabela 13 - Valor do Msi da Parede Exterior Tipo I

<i>Parede Exterior Tipo I</i>			
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)
Reboco argamassa bastarda exterior	0,02	1600	32,00
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0,11	1200	132,00
Caixa-de-ar	0,02		
XPS	0,04	40	1,60
Alvenaria de tijolo furado normal 15	0,15	1200	180,00
Reboco interior	0,02	600	12,00
Total			357,60

Parede Interior Tipo I

Tabela 14 - Valor do Msi da Parede Interior Tipo I

<i>Parede Interior Tipo I</i>			
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)
Reboco Interior	0,02	600	12,00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0,11	1200	132,00
Reboco Interior	0,02	600	12,00
Total			156,00

Cobertura Inclinada

Tabela 15 - Valor do Msi da Cobertura Inclinada

<i>Cobertura Inclinada</i>			
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)
Telha Nacional Canudo	0,07	1200	84,00
Subtelha do tipo "onduline"	0,01	7200	72,00
Placas de Isolante Térmico Painel Sandwich	0,06	40	2,40
Madeira - MDF	0,015	750	11,25
Total			169,65

Laje de Pavimento Tipo I

Tabela 16 - Valor do Msi da Laje de Pavimento Tipo I

<i>Laje de Pavimento Tipo I</i>			
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)
Revestimento Cerâmico	0,02	1400	28,00
Camada de Assentamento	0,02	2000	40,00
Betonilha de Regularização	0,05	2400	120,00
Massame Armado	0,10	2300	230,00
XPS	0,05	40	2,00
Betonilha de Regularização	0,05	2400	120,00
Enrocamento	0,20	2300	460,00
Total			1000,00

Na tabela da página seguinte encontram-se os valores globais obtidos no cálculo da Inércia Térmica do edifício, valores máximos admitidos destes já corrigidos com auxílio do presente Regulamento.

Tabela 17 - Inércia Térmica do Edifício

	<i>Elemento de construção</i>	<i>Msi elemento</i> [kg/m ²]	<i>Msi</i> [kg/m ²]	<i>r</i>	<i>Si</i> [m ²]	<i>Msi*Si*r</i> [kg]
EL1	Parede Exterior Tipo I	357,60	150,00	1	570,77	85 616,07
	Parede Exterior Tipo II	529,60	150,00	1	45,80	6 869,70
	Ponte Térmica Plana	549,60	150,00	1	46,81	7 021,50
	Ponte Térmica Plana Piscina	529,60	150,00	1	4,94	740,25
	Cobertura Inclinada	169,65	11,25	0,5	735,56	4137,53
	Laje de Cobertura	884,60	150,00	1	298,91	44 836,35
	Cobertura Piscina	99,60	70,00	1	159,93	11 195,42
	Parede Interior Tipo I	156,00	78,00	1	17,83	1 390,93
	Parede Interior Tipo II	204,00	102,00	1	18,98	1 935,50
	Parede Interior Tipo III	264,00	132,00	1	14,45	1 907,14
	Parede Interior Dupla I	144,00	144,00	1	29,68	4 273,42
	Parede Interior Dupla II	144,00	144,00	1	24,69	3 554,93
	Parede Interior Betão Tipo I	374,80	150,00	1	30,56	4 584,08
	Parede Interior Betão Tipo II	414,80	150,00	1	23,85	3 577,65
	Pavimento Interior	638,80	150,00	1	116,89	17 532,77
EL2	Parede Exterior Enterrada	537,60	150,00	1	287,60	43 140,49
	Laje de Pavimento Tipo I	1 000,00	150,00	1	871,69	130 753,20
	Laje de Pavimento Tipo II	1 302,00	150,00	1	90,89	13 632,90
	Pavimento Piscina	492,00	150,00	1	59,97	8 995,50
EL3	Parede Interior Tipo I	156,00	156,00	1	602,51	53 284,67
	Parede Interior Tipo II	204,00	204,00	1	84,46	17 229,31
	Parede Interior Tipo III	264,00	264,00	1	73,36	19 366,05
	Parede Interior Tipo IV	324,00	300,00	1	13,22	3 967,20
	Parede Interior Tipo V	108,00	108,00	1	19,05	2 057,40
	Pavimento Interior	638,80	300,00	0,75	447,41	102 370,77
						593 970,70
						/
Área útil do pavimento, Ap [m ²]						1 679,02
						=
Massa superficial útil por m ² de área de pavimento, I _t [kg/m ²]						353,76

- EL1 Elemento da envolvente exterior;
- EL2 Elementos em contacto com o solo;
- EL3 Elementos interiores da fracção autónoma.

Segundo o valor encontrado para I_t definem-se três classes de inércia de acordo com o Quadro seguinte:

Tabela 18 - Classe de Inércia Térmica

Classe de Inércia	Massa superficial útil por m^2 de área de pavimento, I_t [kg/m^2]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 < I_t < 400$
Forte	$I_t > 400$

Concluindo-se que o edifício apresenta uma Inércia Térmica **Média**.

3.3.5.3 Factor de Forma

O factor de forma de um edifício é o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior e interior com exigências térmicas e o respectivo volume interior (V) correspondente.

$$\text{Área Total} = A_{\text{exterior}} + \tau \times A_{\text{interior}} = 2\,291,86 \text{ m}^2$$

$$\text{Factor Forma} = \frac{\text{Área Total}}{\text{Volume}} = \frac{2291,86}{5338,63} = 0,43$$

$$\text{Área Total} = 2\,291,86 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{exterior}} = 2\,027,54 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume} = 5\,338,63 \text{ m}^3$$

$$\tau * A_{\text{interior}} = 264,32 \text{ m}^2$$

$$\text{FF} = \mathbf{0,43}$$

O valor calculado correspondente ao Factor de forma é de 0,43.

3.3.5.4 Condições Exteriores de Projecto

Para condições exteriores de projecto serão utilizados os valores indicados no RCCTE – Zona I₁-V₁.

Resulta assim os valores definidos na seguinte tabela:

Tabela 19 - Condições Exteriores de Projecto

	Verão	Inverno
T_{bs} (temperatura seca) probabilidade de ocorrência de 2.5%	28 °C	2 °C
AM (Amplitude Térmica Diária)	8 °C	---
Nº de graus dia	---	1 370°C.dias
Duração da estação de aquecimento	---	5,7 meses

3.3.5.5 Condições Interiores de Projecto

Para o cálculo das necessidades energéticas tomaram-se como base valores convencionais de temperatura do ar interior capazes de satisfazer as exigências de conforto térmico ambiente requeridas.

Da estratégia apontada resultam os seguintes valores:

- Verão

Tabela 20 - Condições Interiores de Projecto - Verão

	<i>Temperatura Bolbo Seco</i> (°C)
Fracções Autónomas – Escritórios	25
Átrios e Circulações	24
Restantes Zonas	Variável
Humidade Relativa	≈50%

- Inverno

Tabela 21 - Condições Interiores de Projecto - Inverno

	<i>Temperatura Bolbo Seco</i> (°C)
Fracções Autónomas – Escritórios	20
Átrios e Circulações	19
Restantes Zonas	Variável
Humidade Relativa	≈50%

3.3.5.6 Verificação de infiltrações

Como dito anteriormente, optando-se por um caudal de extracção mecânica, torna-se necessário verificar se existem infiltrações. Como podemos ver no quadro seguinte, devido à classe de exposição do nosso edifício, temos de ter uma diferença de caudal suficiente para garantir que a relação:

$$\frac{|(V_{ins}-V_{ev})|}{\text{Volume}} > 0,25h^{-1}$$

em que V_{ins} traduz o caudal de insuflação e V_{ev} traduz o caudal de extracção.

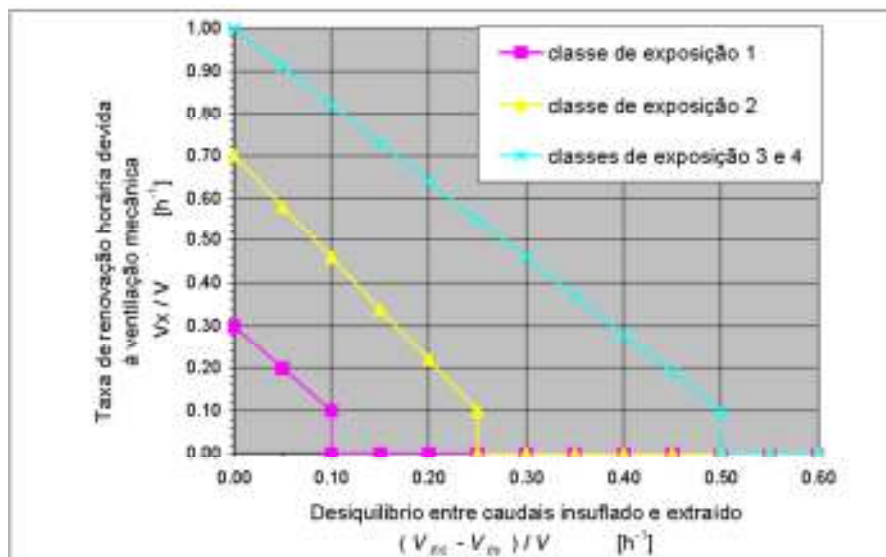


Gráfico 3 - Classe de exposição

Deste modo, e aplicando o presente regulamento, teremos um valor de 0,30rph de infiltrações, para o edifício situado em território nacional, na periferia de uma zona rural (exposição 2).

3.3.6 Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS (E_{solar})

A contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento da AQS, E_{solar} , foi calculada utilizando o programa SOLTERM do INETI. A contribuição de sistemas solares foi contabilizada, para efeitos deste regulamento, considerando os sistemas ou equipamentos certificados de acordo com as normas e legislação em vigor.

A apresentação destes resultados será demonstrada mais à frente, no capítulo 4 do presente relatório (Simulação Dinâmica).

3.3.6.1 Conclusão

O Edifício satisfaz as exigências mínimas do RCCTE.

3.4 Verificação do RSECE

3.4.1 Objectivos

Dotar as instalações de sistemas mecânicos que permitem garantir as condições de conforto, associadas a uma eficaz ventilação e oxigenação dos espaços.

Para o cálculo das necessidades térmicas dos diversos espaços, foram estabelecidos determinados parâmetros, considerando-se os valores de acordo com a regulamentação em vigor.

3.4.2 Metodologia de Cálculo

O RSECE surgiu para assegurar, através da melhoria da qualidade térmica da envolvente, intervindo quer no projecto quer na construção do edifício, que os ocupantes dos edifícios se encontram numa zona de conforto térmico, com garantias de qualidade do ambiente interior.

Este regulamento veio de certo modo complementar o RCCTE, servindo para ajudar a regulamentar a instalação e a utilização de sistemas energéticos de climatização dos edifícios, certificando-se que estes seguem uma utilização racional da energia, numa tentativa de combater o desperdício energético nos edifícios, e evitar o abuso de sistemas de climatização para compensar um projecto “deficiente”.

A verificação do RSECE passa então pelo cálculo de valores máximos das potências térmicas utilizadas, sejam estas de aquecimento ou arrefecimento.

3.4.2.1 Tipologias presentes

Os padrões de referência de utilização do edifício são os representados de seguida para cada uma das tipologias definidas (n.º1 do artigo 31.º do RSECE).

Ocupação

Na tabela seguinte encontram-se os valores da densidade de ocupação para o edifício, distribuídos pelas várias tipologias presentes, com base no anexo XV do RSECE:

Tabela 22 - Perfis de Ocupação de Referência dos Edifícios

<i>Tipologia</i>	m ² /Ocupante
Clube Desportivo Sem Piscina	7
Clube Desportivo Com Piscina	7
Restaurante	5
Pequenas Lojas	5
Escritórios	15
Bingos e Clubes Sociais	15

Iluminação

Relativamente à Iluminação utilizada no edifício, encontraram-se as seguintes características nas luminárias mais utilizadas no edifício:

- Armaduras Fluorescentes com corpo em chapa de aço macio;
- Balastro electrónico, calibrado para a potência da respectiva lâmpada;
- Suportes do tipo rotor, com bom contacto eléctrico e uma perfeita fixação.

Em Anexo (Anexo K) encontra-se tabelada a iluminação calculada para cada Sala.

Na tabela seguinte apresentam-se as potências instaladas para cada tipologia e as respectivas densidades de iluminação:

Tabela 23 - Densidades de Iluminação Real do Edifício

<i>Tipologia</i>	Área	W	W/m ²
Clube Desportivo Sem Piscina	381,17	3 836	10,06
Clube Desportivo Com Piscina	229,52	886	3,86
Restaurante	221,84	2 468	11,13
Pequenas Lojas	66,35	504	7,60
Escritórios	475,60	3 758	7,90
Bingos e Clubes Sociais	304,54	2 702	8,87

Equipamentos

Na tabela seguinte apresentam-se os valores das densidades de equipamentos para o edifício:

Tabela 24 - Densidades de Equipamentos de Referência dos Edifícios

<i>Tipologia</i>	W/m²
Clube Desportivo Sem Piscina	1
Clube Desportivo Com Piscina	1
Restaurante	5
Pequenas Lojas	5
Escritórios	15
Bingos e Clubes Sociais	5

3.4.2.2 Taxas de Ocupação, Ar Novo e de Renovação de Ar

Para os espaços de utilização corrente e com exigências de ventilação mecânica, os valores de referência de renovação do ar a garantir por razões higiénicas são estabelecidos com base no RSECE e, na ausência de referências nacionais, nas recomendações da American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, Inc. – ASHRAE.

A estes caudais deve-se ainda adicionar a eficiência de ventilação do espaço, através de uma boa distribuição do ar. Tomou-se como base para este estudo 80% de eficiência de ventilação e os espaços não considerados na tabela abaixo usufruem da renovação de ar por arrastamento do ar.

Daí resultam os caudais e/ou condições especificados na página seguinte.

Tabela 25 - Caudais de Ar Novo para os compartimentos do edifício segundo o RSECE

Compartimento	Área	RSECE	Ocupação	Critério 1 RSECE	Critério 2 RSECE	Ar Novo			
				m ³ /h.ocup	m ³ /h.m ²		Caudal A.N.	Caudal A.N.	Caudal A.N.
	[m ²]	[m ² /ocup]	real	[m ³ /h.ocup]	m ³ /h	m ³ /h.m ²	m ³ /h	80%	FINAL
Recepção Spa	38,28		10	30	300	15	574	718	890
Corredor Gabinetes	29,32					5	147	183	220
Gabinete 1	14,53	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 2	14,55	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 3	14,53	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 4	14,54	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 5	22,11	7	3	35	105	5	111	138	140
Gabinete 6	22,11	7	3	35	105	5	111	138	140
Gabinete 7	14,21	7	2	35	70	5	71	89	90
Refeitório	14,79	5	4	35	140	0	0	175	175
Spa	173,71	7	18	35	630	0	0	788	930
Ginásio	39,15	7	5	35	175	0	0	219	350
Corredor Balneários/Piscina	74,74					5	374	467	500
Corredor Balneários	20,69					5	103	129	100
Loja 1	21,85	5	3			5	109	137	90
Loja 2	22,25	5	3			5	111	139	90
Loja 3	22,25	5	3			5	111	139	135
Gabinete Administração	14,29		5	35	175	5	71	219	220
Back Office	28,98	7	4	35	140	5	145	181	185
Corredor (Piso 0)	24,33					5	122	152	500
Sala de Informática	14,01		4	30	120	0	0	150	150
Salão de Jogos	73,59		26	30	780	0	0	975	975
Piscina	152,13					10	1521	1902	2500
Recepção	20,69		2	30	60	15	310	388	390
Foyer	81,04		16	35	560	5	405	700	700
Bar	17,64		9	35	315	35	618	772	775
Restaurante	142,87	5	60	35	2100	0	0	2625	2625
Cozinha	61,33		4	35	140	35	2147	2683	8200
Sala de Eventos	124,26		96	30	2880	20	2485	3600	3600

25030

3.4.2.3 Conclusão

O Edifício satisfaz as exigências mínimas do RSECE.

4. Simulação Térmica Dinâmica

A simulação dinâmica detalhada permite uma análise multizona do desempenho energético do edifício, ou seja, permite que sejam consideradas e simuladas simultaneamente múltiplas zonas do edifício.

Os aspectos deste tipo de modelo vão desde as características da envolvente do edifício até às condições climáticas exteriores e interiores, passando pelos sistemas de climatização, ventilação, iluminação, AQS, sistemas solares passivos e protecções solares.

O resultado é a desagregação dos dados de consumo, temperatura dos espaços numa base horária, perfis de necessidade de aquecimento e arrefecimento.

Como bom princípio de desenvolvimento do modelo da simulação seguem-se os pontos definidos imediatamente após a escolha do ficheiro de dados climáticos adequado ao edifício:

- Cargas térmicas;
- Factores climáticos;
- Período de simulação;
- Tipologias de envolvente;
- Orientação do edifício;
- Sombreamentos;
- Horários de ocupação (e respectivas densidades);
- Ventilação e infiltração de ar;
- Detalhes dos equipamentos principais.

O programa TRACE 700 faz esta análise em três fases consecutivas:

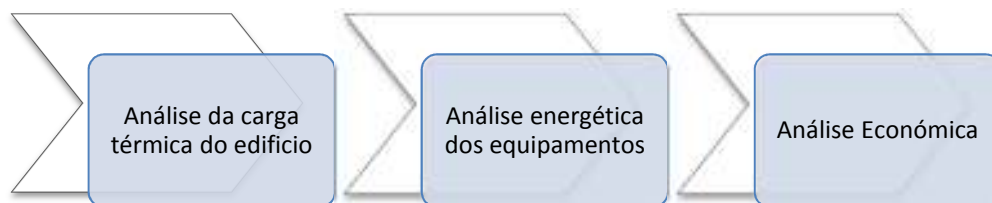


Figura 30 - Fases de actuação do TRACE 700

4.1 Cargas Térmicas

Designa-se carga térmica ao calor, sensível ou latente, a ser fornecido ou extraído do ar, para manter uma sala às condições de conforto desejadas. Esta quantidade de calor é calculada para duas condições, Aquecimento e Arrefecimento, de modo a não existir situação de desconforto térmico nas duas épocas críticas do ano.

Inicialmente o programa irá calcular todos os ganhos térmicos resultantes em função da composição e geometria do edifício, ventilação e infiltrações tendo por base os dados climáticos e os horários de funcionamento. O perfil térmico obtido é então convertido num perfil de necessidades térmicas horárias de arrefecimento e aquecimento.

A carga térmica varia então com a estação do ano:

4.1.1 Cargas Térmicas de Inverno

A carga térmica de Inverno é a potência máxima que a instalação de aquecimento tem que possuir para garantir o conforto térmico de todas as zonas habitáveis caso não existam ganhos solares nem ganhos internos. Esta potência será calculada somando todas as perdas por condução através da envolvente do edifício e as perdas pela renovação de ar.

As perdas por condução incluem as perdas pela envolvente, nomeadamente paredes, coberturas, pavimentos, envidraçados, portas, zonas enterradas e zonas adjacentes não aquecidas.

Nas renovações de ar são consideradas, para além das perdas por ventilação mecânica, as perdas térmicas devido a infiltrações.

O cálculo das cargas térmicas de Inverno é efectuado considerando as piores condições possíveis, ou seja, a temperatura exterior é a mais baixa ocorrida com uma probabilidade de ocorrência de pelo menos 95%, não existindo nem ganhos solares nem ganhos internos, mantendo a temperatura interior das zonas climatizadas constante e igual a 20°C.

Considerando condições pré-determinadas, torna-se necessário calcular todas as perdas devidas às diferenças de temperatura existentes entre os espaços climatizados e o exterior, para além das existentes entre os espaços climatizados e as zonas não climatizadas.

4.1.2 Cargas Térmicas de Verão

Por sua vez a carga térmica de arrefecimento não é mais do que a potência térmica que é necessário retirar a um espaço, de modo a que a sua temperatura interior seja constante e igual à estabelecida como condição de projecto, ou seja, igual a 25°C.

Contrariamente ao cálculo das cargas térmicas de Inverno, em que se considerava um regime permanente, as cargas térmicas de Verão devem ter em conta também o regime variável dos ganhos. Por este facto de regime ser variável, utiliza-se um método tabular designado por CLTD/CLF, através de uma calendarização anual, envolvendo também compromissos aceitáveis e bastante fiáveis com a variação da temperatura ao longo do dia.

As cargas térmicas de arrefecimento têm então várias origens:

- Ganhos solares directos através dos envidraçados;
- Condução de calor através dos elementos opacos da envolvente;
- Ganhos associados à ventilação mecânica;
- Ganhos de calor associados às infiltrações;
- Ganhos internos, derivados da ocupação, equipamentos e iluminação.

Resultados

Tomando como considerações as citadas anteriormente procedeu-se ao cálculo das cargas térmicas de Inverno e de Verão no *software* Trace 700, atingindo-se aos seguintes resultados (anexo A):

- Carga térmica de arrefecimento para os 2 pisos e piscina é igual a 166,60 kW;
- Carga térmica de aquecimento para os 2 pisos e piscina é igual a 147,90 kW.

As necessidades térmicas de arrefecimento e aquecimento calculadas seguiram os perfis padrão de utilização do edifício (densidades e perfis), que se encontram no anexo C do presente trabalho.

Na fase seguinte, de avaliação energética do sistema, a resposta dinâmica do edifício é obtida para um período de simulação de 8 760 horas, combinando os perfis de cargas térmicas de cada espaço com as características dos sistemas de tratamento de ar seleccionados, para obter assim os perfis de cargas térmicas associados a cada sistema.

4.2 Indicador de Eficiência Energética (IEE)

O IEE é o indicador de Eficiência Energética, ou seja, um valor indicativo do consumo energético por m^2 de um determinado espaço. Também é designado por “consumo nominal específico”.

A classificação energética de grandes edifícios de serviços é calculada a partir dos valores do IEE_{nom} , IEE_{ref} e do valor de um parâmetro S (todos em $kgep/m^2 \cdot ano$), em que:

- IEE_{nom} Índice de eficiência energética nominal (valor obtido por simulação dinâmica com base nos perfis nominais definidos no anexo XV do RSECE);
- IEE_{ref} Índice de eficiência energética de referência (valor indicado no anexo XI do RSECE de acordo com a tipologia, ou por ponderação de tipologias).
- S Soma dos consumos específicos para aquecimento, arrefecimento e iluminação, conforme determinados na simulação dinâmica que deu origem aos valores limites de referência para edifícios novos que constam no regulamento. Os valores de S estão tabelados por tipologia.

Águas Quentes Sanitárias – AQS

Relativamente às Águas Quentes Sanitárias, efectuou-se uma desagregação de consumos por tipologia e actividade de determinada sala, de forma a atingir um valor de consumo nominal de águas quentes sanitárias, sendo também considerada a utilização do edifício de 313 dias anuais, o que significa o encerramento do edifício 1 vez por semana. A temperatura a vencer para atingir os $60^\circ C$ de referência para consumo das águas sanitárias considerado foi de $45^\circ C$.

A tabela na página seguinte mostra-nos os cálculos efectuados e os resultados obtidos.

Tabela 26 - Consumo de Águas Quentes Sanitárias

<i>Compartimento</i>	<i>Área [m²]</i>	<i>RSECE [m²/ocup]</i>	<i>Ocupação</i>	<i>Consumo Referência [L]</i>	<i>Consumo Final [L]</i>
Gabinete 1	14,53	7	2,08	---	100
Gabinete 2	14,55	7	2,08	---	
Gabinete 3	14,53	7	2,08	---	
Gabinete 4	14,54	7	2,08	---	
Gabinete 5	22,11	7	3,16	---	
Gabinete 6	22,11	7	3,16	---	
Gabinete 7	14,21	7	2,03	---	
Back Office	28,98	7	4,14	---	
Restaurante	142,87	5	28,57	10	285,74
Spa	173,71	7	24,82	25	620,39
Ginásio	39,15	7	5,59	25	139,81
Loja 1	21,85	5	4,37	5	21,85
Loja 2	22,25	5	4,45	5	22,25
Loja 3	22,25	5	4,45	5	22,25
Refeitório	14,79	5	2,96	10	29,58
					<u>1 241,88</u>

O consumo nominal obtido foi de 1 241,88 Litros. Desta forma é possível determinar o consumo derivado das Águas Quentes Sanitárias:

$$\begin{aligned}
 Q_a &= (M_{AQS} \cdot 4\,187 \cdot \Delta T \cdot \eta_a) / 3\,600\,000 = \\
 &= (1\,241,88 \cdot 4\,187 \cdot 45 \cdot 313) / 3\,600\,000 = \\
 &= 20\,344 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS - E_{solar}

A potência da caldeira terá então que suportar as necessidades de aquecimento do edifício e as necessidades de águas quentes sanitárias, reduzidas apenas pela contribuição solar.

Em anexo (Anexo J) encontra-se o relatório extraído do programa normativo para determinação da contribuição solar – Solterm. A contribuição solar (E_{solar}) então obtida pelos 6 colectores solares, a que corresponde uma área efectiva de 11,4 m² e um rendimento de 79,4%, é de 3 864 kWh.

Contribuição de Energias Renováveis - E_{ren}

Não existe qualquer contribuição de Energias Renováveis.

Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias - N_{ac}

$$\begin{aligned} N_{ac} &= (Q_a/\eta_a - E_{solar} - E_{ren})/A_p = \\ &= (20\,344/0,87 - 3\,864 - 0)/1\,679,02 = \\ &= 11,63 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

O rendimento da caldeira considerado foi de 87%, que corresponde a Caldeira a combustível gasoso.

A potência para a fonte de aquecimento terá então que suportar não só a climatização de Inverno (aquecimento), o consumo das águas quentes e também o consumo da Unidade Desumidificadora da Piscina:

$$\begin{aligned} P_{Total} = P_{AQS} + P_{aquec} + P_{UDP} &= \left(1\,241,88/3\,600 \right) \cdot 4,18 \cdot 35 + 147,90 + 45 = \\ &= 243,77 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dado o carácter descontínuo da radiação solar ao longo do dia e ano, e a efectiva necessidade do edifício em possuir energia considerável de aquecimento sempre disponível, e atingirmos considerações próximas do funcionamento real num projecto semelhante irá sobre dimensionar-se a caldeira em 50 kW de forma a garantir estes sobrepostos. Por outro lado, esta potência da caldeira não poderá ser muito superior á necessária sob risco de resposta errática da caldeira, dado que as necessidades de aquecimento ao longo do ano se situam muito abaixo das necessidades nominais.

Preconizaram-se então sucessivos equipamentos primários de aquecimento para climatização e águas quentes sanitárias de cerca de 300 kW de capacidade térmica.

IEE de referência

O Indicador de Eficiência Energética de referência é o indicador fundamental utilizado pelo RSECE para determinar o cumprimento, ou não, dos requisitos de eficiência energética dos edifícios por ele abrangidos.

Na tabela em baixo encontra-se a desagregação das áreas tomadas por cada tipologia presente no edifício.

Tabela 27 - Desagregação das Áreas Úteis do edifício por tipologia

<i>Total das Áreas Úteis</i>	<i>m²</i>
Clube Desportivo Sem Piscina	381,17
Clube Desportivo Com Piscina	229,52
Restaurante	221,84
Pequenas Lojas	66,35
Escritórios	475,60
Bingos e Clubes Sociais	304,54
Área Tratada	1 679,02
Área Total	2 105,03

Com auxílio a uma ponderação das áreas de cada tipologia das salas presentes no edifício, e os valores do IEE de referência de cada tipologia, efectuou-se a determinação do IEE de referência que acompanhará todo o restante trabalho.

Tabela 28 - Determinação do IEE de referência para o edifício

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37,83	17,59	

O consumo nominal específico de energia terá que ser inferior ou quando muito igual ao valor máximo regulamentar. (RSECE)

4.2.1 Classes de desempenho Energético

A classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A⁺ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Embora o número de classes na escala seja o mesmo, os edifícios de habitação e de serviços têm indicadores e formas de classificação diferentes.

As metodologias de cálculo utilizadas na determinação da classe energética de um edifício dependem da sua tipologia.

Nos edifícios novos as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-. Os edifícios existentes podem ter qualquer classe.

Em anexo (anexo D) encontra-se a tabela que permite o cálculo expedito para determinar o índice de Eficiência Energética.

Os factores de conversão utilizados no cálculo do IEE, até publicação de despacho do director-geral de Geologia e Energia a alterar os valores, em função do *mix* energético nacional, são os seguintes:

Electricidade: 0,290 kgep/kWh;

Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: 0,086 kgep/kWh

O IEE para cada sistema simulado será então calculado pela seguinte fórmula:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p}$$

Em que:

IEE Indicador de eficiência energética (kgep/m².ano);

IEE_I Indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m².ano);

- IEE_V Indicador de eficiência energética de arrefecimento ($\text{kgep}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$);
 Q_{out} Consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
 A_p Área útil de pavimento (m^2).

Por sua vez:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI}$$

E:

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV}$$

Em que:

- Q_{aq} Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
 F_{CI} Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento;
 Q_{arr} Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
 F_{CV} Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento.

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento (F_{CI} e F_{CV}), adopta-se, como região climática de referência, a região I₁-V₁ norte, 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Correcção da energia de aquecimento (F_{CI}):

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} = \frac{4,5 + 0,0395 * 1000}{4,5 + 0,0395 * 1370} = 0,75$$

Em que:

- N_{I1} Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I₁ ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$);
 N_{Ii} Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$).

Correcção da energia de arrefecimento (F_{CV}):

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

Em que:

- N_{V1} Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I₁-V₁ ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$);
 N_{Vi} Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$).

4.3 Sistemas Convencionais de Climatização

Uma instalação destina-se a efectuar uma ou várias das seguintes acções: aquecimento, arrefecimento, humidificação, desumidificação, eliminação de poeiras e de agentes patológicos.

Sistemas Secundários - Climatização dos espaços

Sistema em análise constituído por Unidades de Tratamento de Ar e Ventiladores-convectores.

Os ventiladores-convectores serão responsáveis pela filtragem, arrefecimento ou aquecimento do ar nos locais a climatizar.

Paralelamente à climatização assegurada pelos ventiladores-convectores preconiza-se um sistema de renovação de ar constituído por unidades de tratamento de ar (100% ar novo na maioria dos casos), assegurando também o arrefecimento/aquecimento, a filtragem e a renovação do ar ambiente, em cada um dos espaços.

As unidades são alimentadas com água refrigerada e água quente por meio de circuitos hidráulicos respectivos, provenientes da fonte primária para arrefecimento ou aquecimento.

Os quartos de banho principais e de serviço, bem como os arrumos, são ventilados através de sistemas de ventilação mecânica independentes.

Serão considerados os seis colectores solares para o aquecimento das águas quentes sanitárias. A água pré-aquecida nos termoacumuladores de 1000L será então distribuída por termoacumuladores de 500L que estarão ligados à fonte de aquecimento através de circuitos próprios.

Distribuição de Água Quente e Fria:

- A distribuição de água quente e água refrigerada será então assegurada pelos circuitos hidráulicos secundários seguintes:
 - i. Unidades de Tratamento de Ar;
 - ii. Ventiladores-convectores.

Unidade de Tratamento de Ar – UTA

Independentemente da forma, uma UTA pode servir para fazer todo o controlo do ar, ou seja, garantir uma dada temperatura, humidade relativa e qualidade do ar. Desta forma existem módulos permitindo o aquecimento, arrefecimento, humidificação, desumidificação, filtragem e tratamento germicida. A forma de aquecimento e de arrefecimento é geralmente obtida utilizando a água como fluido térmico: água quente circulando numa bateria de aquecimento, água refrigerada circulando numa bateria de arrefecimento.

Foram consultadas para simulação, as seguintes 5 UTAs da marca de referência Systemair, modelo Danvent DV, e uma Unidade desumificadora da piscina, de marca Calorex, modelo Delta, assim como as potências absorvidas, de aquecimento e arrefecimento, espelhadas na tabela da página seguinte.

Tabela 29 - Características das Unidades de Tratamento de Ar preconizadas

UTA #	Modelo	Ar Novo [m ³ /h]	Compartimentos	P _{arrefecimento} [kW]	P _{aquecimento} [kW]	P _{absorvida} [kW]
UTA 1	Danvent DV 15	3600	Sala Eventos	19,9	20,6	1,1
UTA 2	Danvent DV 15	2640	Restaurante	18,2	18,8	1,1
UTA 3	Danvent DV 25	6560	Cozinha	-	68	1,5
UTA 4	Danvent DV 15	4480	G. Admin, Back Office, Loja 1, 2 e 3, Foyer, Recepção, Sala Jogos, Sala Informática, Bar, Corredor	7,2	12,4	1,1
UTA 5	Danvent DV 20	5685	Refeitório, Gabinete 1 2 3 4 5 6 e 7, Corr Gabinetes, Ginásio, Recepção Spa, Cor Bal Piscina, Spa, A Têc 3, Bal Mas Pis, Bal Fem Pis, Cor Baln	10,4	33	1,1
UDP	Delta 6	2500	Piscina	5,5	30	1,5

Ventiloconvectores – VC

Os Ventiloconvectores são constituídos por bateria e ventilador, forçando a circulação do ar ambiente. Pela bateria circula água quente ou arrefecida, dependendo da temperatura desejada para o compartimento a tratar. A principal vantagem de utilização dos ventiloconvectores é poderem ser inseridos em tectos falsos, e a distribuição do ar ser realizada por intermédio de grelhas ou difusores. Este sistema não será considerado para o caso da simulação do sistema VRF (Sistema 3), visto ser um sistema do tipo expansão directa, no entanto irão ser mantidas as potências absorvidas por estas unidades, pressupondo-se o consumo das unidades interiores do sistema VRF próximas às consideradas na utilização de Ventiloconvectores nos restantes sistemas.

Para o dimensionamento dos Ventiloconvectores, foi utilizada como marca de referência a Daikin, sendo seleccionados os seguintes modelos:

Tabela 30 - Características dos Ventiloconvectores preconizadas

VC #	Modelo	Caudal [m ³ /h]	Compartimento	P _{Arrefecimento} [kW]	P _{Aquecimento} [kW]	P _{absorvida} [W]
VC 1	FWD04 4T	800	Refeitório	3,90	4,49	234
VC 2	FWD04 4T	800	Gabinete 4	3,90	4,49	234
VC 3	FWD04 4T	800	Gabinete 3	3,90	4,49	234
VC 4	FWD04 4T	800	Gabinete 2	3,90	4,49	234
VC 5	FWD04 4T	800	Gabinete 1	3,90	4,49	234
VC 6	FWV02 4T	327	Recepção Spa	1,90	2,10	53
VC 7	FWD04 4T	800	Gabinete 5	3,90	4,49	234
VC 8	FWD04 4T	800	Gabinete 6	3,90	4,49	234
VC 9	FWD04 4T	800	Gabinete 7	3,90	4,49	234
VC 10	FWD04 4T	800	Ginásio	3,90	4,49	234
VC 11	FWV04 4T	690	Bar	4,33	5,05	98
VC 12	FWV10 4T	1362	Recepção	7,88	9,30	244
VC 13	FWV04 4T	690	Back Office	4,33	5,05	98
VC 14	FWV02 4T	327	Gabinete Administração	1,90	2,10	53
VC 15	FWV02 4T	327	Sala Informática	1,90	2,10	53
VC 16	FWV04 4T	690	Salão de Jogos	4,33	5,05	98
VC 17	FWV04 4T	690	Salão de Jogos	4,33	5,05	98

A tabela seguinte mostra os consumos associados à Climatização do edifício, nomeadamente das unidades acima descritas, assim como o funcionamento das Unidades de Tratamento de Ar face às horas anuais de utilização:

Tabela 31 - Consumos associados à Climatização do edifício

# VC	Potência [kW]	Horas Funcionamento Aquecimento	Horas Funcionamento Arrefecimento	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
VC 1	0,234	880	880	205,92	205,92
VC 2	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 3	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 4	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 5	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 6	0,053	1320	1584	69,96	83,95
VC 7	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 8	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 9	0,234	1056	1320	247,10	308,88
VC 10	0,234	880	1540	205,92	360,36
VC 11	0,098	1056	1320	103,49	129,36
VC 12	0,244	1320	1584	322,08	386,50
VC 13	0,098	1056	1320	103,49	129,36
VC 14	0,053	1056	1320	55,97	69,96
VC 15	0,053	880	1100	46,64	58,30
VC 16	0,098	880	1100	86,24	107,80
VC 17	0,098	880	1100	86,24	107,80
UTA 1	1,1	1320	1584	1 452,00	1 742,40
UTA 2	1,1	1320	1584	1 452,00	1 742,40
UTA 3	1,5	880	-	1320,00	-
UTA 4	1,1	1320	1584	1 452,00	1 742,40
UTA 5	1,1	1320	1584	1 452,00	1 742,40
UDP	1,5	440	550	660,00	825,00
				10 803,67	11 596,07

Resultando em consumos de 10 803,67 kWh para a situação de Aquecimento e 11 596,07kWh em Arrefecimento.

Outros Consumos - Bombas e Ventiladores.

A tabela da página seguinte mostra-nos o consumo associado às bombas e ventiladores, no funcionamento dos sistemas primários e secundários de AVAC do edifício.

Tabela 32 - Consumos associados aos equipamentos de Climatização

<i>Ventilação e Bombas</i>	<i>Potência [kW]</i>	<i>Horas Funcionamento</i>	<i>Consumos [kWh]</i>
V _{WC2}	0,37	4 382	1 621,34
V _{WC1}	0,75	4 382	3 286,50
BQ1	1	3 120	3 120,00
BQ2	1	3 120	3 120,00
BQ3	0,19	3 120	592,80
BQ4	0,19	3 120	592,80
BQ5	0,19	3 120	592,80
BQ6	0,8	3 120	2 496,00
BQ7	0,19	3 120	592,80
			16 015,04

Resultando num consumo anual de 16 015,04 kWh.

Outros Consumos – Iluminação Exterior

Foi também efectuado o levantamento dos consumos referentes à Iluminação Exterior, obtendo-se os seguintes consumos, por associação ao seu funcionamento 5 400 horas anuais:

Tabela 33 - Consumos associados ao funcionamento da Iluminação Exterior

	<i>Potência (kW)</i>	<i>Horas funcionamento</i>	<i>Consumo [kWh]</i>
Iluminação Exterior	1,20	5 400	6 480,00

Sendo o consumo total da iluminação exterior igual a 6 480,00 kWh

Sistemas Primários – Produção de Energia para Aquecimento/Arrefecimento

Será nestes equipamentos que este estudo terá maior ênfase, analisando a origem e eficiência de cada fonte primária de energia seleccionada para fornecimento ao edifício do calor ou frio necessários.

O cálculo da classe energética e das emissões de CO₂ do edifício serão então calculados por simulação dinâmica, com correcção climática.

Em termos de *software*, nesta fase de avaliação dos equipamentos primários de aquecimento e arrefecimento, é utilizado o perfil de cargas térmicas anteriormente calculado para determinar então o consumo energético de cada sistema AVAC, como a energia necessária para a produção de fluido quente e/ou frio e a energia necessária para circular o ar. A avaliação dos equipamentos de refrigeração também tem em conta as temperaturas de bolbo húmido e seco ambientes, e o seu impacto no respectivo COP.

Os Sistemas Primários a seguir estudados são constituídos por:

- Sistema 1 - Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural (sem mudança de fase);
- Sistema 2 - Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa;
- Sistema 3 - VRF - Volume de “Refrigerante” Variável;
- Sistema 4 - Bomba de Calor Geotérmica (rejeição para o solo);
- Sistema 5 - Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação (Gás Natural).

4.3.1 Sistema 1 – Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural

4.3.1.1 Concepção e descrição do sistema

Produção de água quente:

- A produção de água quente será assegurada por uma caldeira a gás natural com queimador. Será responsável pela produção de água quente, num regime de 80/60°.

Produção de água fria:

- A produção de água refrigerada será assegurada por uma unidade ar/água. Será responsável pela produção de água fria, num regime de 7/12°.

Circuitos hidráulicos primários:

- Água fria – Chiller de Compressão;
- Água quente – Caldeira de Gás Natural.

4.3.1.2 Equipamentos

Chiller de Compressão

As Unidades de Produção de Água Refrigerada de compressão (ou eléctrica), vulgarmente designadas pelo seu termo em inglês – Chillers, são unidades que efectuam o arrefecimento do fluido térmico (água ou ar), através de um ciclo frigorífico, por compressão de vapor, de um fluido frigorígeno. Este ciclo frigorífico de compressão mecânica pode ter diversas configurações, sendo designado, em diversas literaturas simplesmente por ciclo de Rankine, que consiste basicamente por ser um ciclo onde existem duas pressões de trabalho distintas, ou seja, a baixa pressão, onde se processa a mudança de fase no evaporador, e, a alta pressão, onde se processa a mudança de fase no condensador.

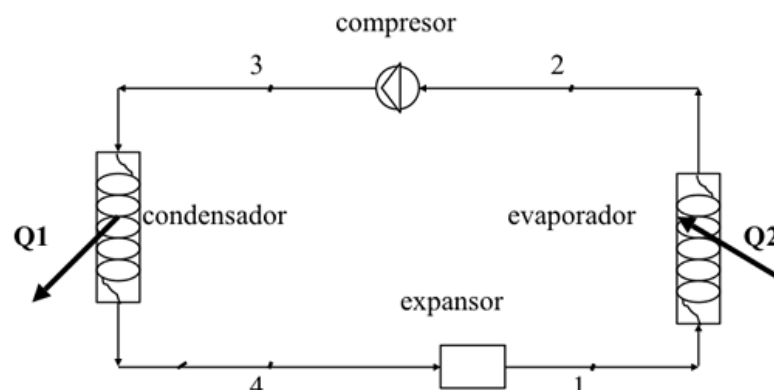


Figura 31 - Sistema Simples de Compressão de vapor

O princípio do funcionamento do chiller de compressão está baseado no efeito Joule-Thompson:

- O gás frigorígeno é comprimido
- É posteriormente arrefecido
- Passa por uma expansão
- A vaporização encerra o processo do gás frigorígeno, que volta ao compressor para reiniciar o ciclo (Ceeeta)

O Chiller de compressão considerado tem uma EER de 2.9, marca de referência: DAIKIN.

Caldeira de Gás Natural (sem mudança de fase)

A caldeira de aquecimento serve para elevar a temperatura de um fluido, transferindo o calor resultante da queima de combustível - gás natural, para um fluido - água, transportado posteriormente até aos locais onde se pretende efectuar o aquecimento.

A caldeira *standard* considerada tem a capacidade de 290 kW e um rendimento de 90%, com a marca de referência BaxiRoca.

4.3.2 Sistema 2 – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa

4.3.2.1 Concepção e descrição do sistema

Produção de água quente:

- A produção de água quente será assegurada por uma caldeira a biomassa com queimador. Será responsável pela produção de água quente, num regime de 80/60°.

Produção de água fria:

- A produção de água refrigerada será assegurada por uma unidade ar/água. Será responsável pela produção de água fria, num regime de 7/12°.

Circuitos hidráulicos primários:

Água quente/fria – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa;

Princípio de funcionamento

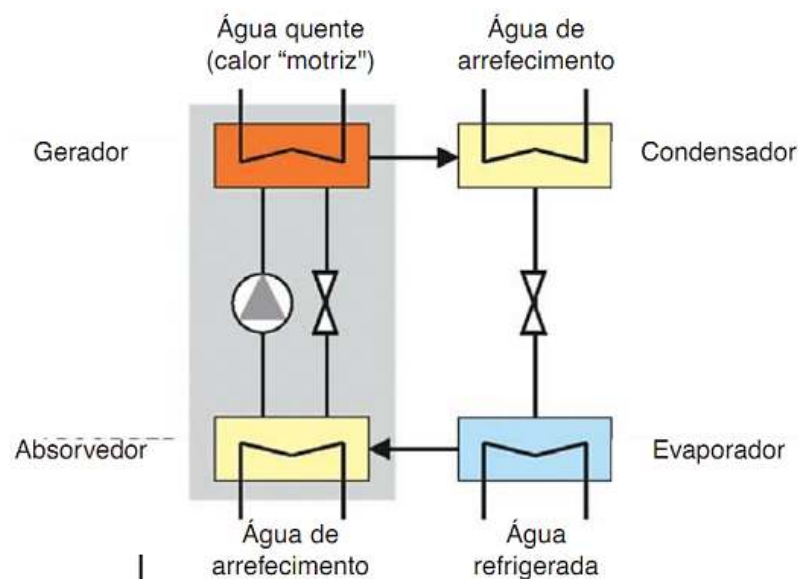


Figura 32 - Esquema de princípio do funcionamento de um chiller de absorção

Processo de Arrefecimento:

O compressor accionado pelo motor a gás faz aumentar a pressão e a temperatura do fluido frigorigéneo. Ao passar no condensador o refrigerante passa de vapor a líquido e cede calor. Depois de ser expandido na válvula de laminagem e de absorver calor da água para climatização no evaporador, o fluido frigorigéneo retorna à fase gasosa reiniciando o ciclo.

Processo de Aquecimento:

A pressão e temperatura do fluido frigorigéneo são aumentadas por acção do compressor. À passagem no condensador é então expandido na válvula de laminagem, da qual segue para o

evaporador onde, ao absorver calor do exterior, regressa ao estado gasoso reiniciando o processo.

4.3.2.2 Equipamentos

Chiller de Absorção

Os Chillers de Absorção são unidades que efectuam o arrefecimento do fluido térmico, através de um ciclo frigorífico de um fluido frigorígeno, mas neste caso por absorção de vapor, ou seja, através de uma compressão termoquímica utilizando misturas com calor de mistura elevado (solução de líquido-líquido ou sal- líquido), substituindo assim o consumo de electricidade de um compressor mecânico. Os chillers de absorção são muitas vezes integrados em sistemas de co-geração, de forma a permitir o aproveitamento do calor que de outra forma seria desperdiçado.

O funcionamento do chiller de absorção é também baseado no efeito Joule-Thompson, tendo ainda os três seguintes aspectos gerais:

- Grupo gerador-absorvedor equivalente ao compressor mecânico num chiller de compressão de vapor
- Não há variação de pressão (apenas 2 pressões de trabalho), excepto nos dispositivos de expansão e na bomba;
- Os dispositivos de expansão são adiabáticos; (Ceeeta)

Não há componentes móveis num chiller de absorção (processo termoquímico), resultando numa vida útil mais longa e menor manutenção; O facto de não conter bomba interna permite também reduzir os consumos eléctricos.

O Chiller de absorção considerado terá um COP (apenas no compressor) de 1.23, marca de referência: YASAKI.

Caldeira de Biomassa

A caldeira de aquecimento a biomassa elevará a temperatura do fluido, tal como no caso da de gás natural, transferindo o calor resultante da queima de combustível - matéria orgânica de origem vegetal ou animal e dos sub produtos derivados da sua transformação, para um fluido - água, transportado posteriormente até aos locais onde se pretende efectuar o aquecimento. Este tipo de equipamento tem como principal vantagem ser uma fonte de energia renovável segura, ecológica e disponível.

A caldeira *standard* considerada terá uma eficiência de 80%, com a marca de referência BaxiRoca.

4.3.3 Sistema 3 – VRF – Fluxo de “Refrigerante” Variável

4.3.3.1 Conceção e descrição do sistema

Ambas as produções de fluido frigorígeno quente e frio são assegurados por uma unidade exterior VRF.

Circuitos hidráulicos primários:

Fluido frio/quente – Unidade exterior VRF;

4.3.3.2 Equipamentos

O VRF (ou VRV, consoante o fabricante) é um sistema de Expansão Directa⁹, onde o fluxo de Gás Frigorígeno é Variável.

Estes sistemas são do tipo Multi-Split, ou seja, sistemas constituído por uma só unidade exterior que serve várias unidades interiores.

Este sistema permite, com auxílio a equipamento adicional, que locais do mesmo sistema possam ter unidades em modo de aquecimento, e, numa outra divisão, o sistema esteja a fornecer fluido para funcionar em modo de arrefecimento.

A unidade exterior *standard* preconizada tem um EER (Energy efficiency Ratio – associado ao processo de arrefecimento) de 3,4 e um COP (Coefficient Of Performance – associado ao processo de aquecimento) de 3,2. A marca de referência no seu dimensionamento foi a DAIKIN.

4.3.4 Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica (rejeição para o solo)

4.3.4.1 Concepção e descrição do sistema

Produção de água fria/quente:

- Ambas as produções de água quente e fria são asseguradas por uma unidade do tipo Máquina Frigorífica/Bomba de Calor. Esta unidade será responsável, por permuta com o fluido frigorígeno, pela produção de água quente, num regime de 80/60°, e água refrigerada num regime de 7/12°.

Circuitos hidráulicos primários:

Água fria/quente – Máquina Frigorífica/Bomba de Calor.

4.3.4.2 Equipamentos

Uma Bomba de Calor Geotérmica é uma bomba de calor comum que utiliza o calor armazenado no solo em vez do calor existente no ar. Este sistema pode ser reversível, utilizando uma fonte de calor para aquecer ou arrefecer o espaço em questão, dependendo das necessidades.

A principal vantagem deste tipo de equipamentos reside no facto de se considerar uma temperatura constante do solo, independente da temperatura do ar, utilizado calor relativamente quente do sol no inverno e relativamente fresco no verão, resultando em períodos menores de funcionamento da bomba de calor e uma maior eficiência, sendo considerado pela legislação portuguesa como fonte de energia renovável.

Existem 4 possíveis configurações para o sistema, retratadas na página seguinte. (ADENE)

⁹ Expansão Directa significa que a circulação do circuito de produção (primário) é comum com a circulação do circuito de distribuição (secundário).

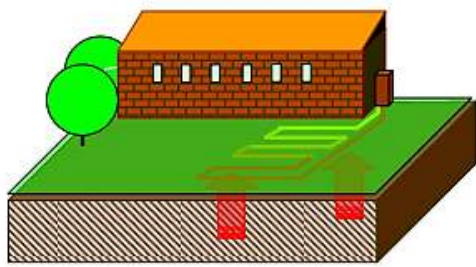


Figura 1 - Captação horizontal em circuito fechado da energia térmica acumulada no solo

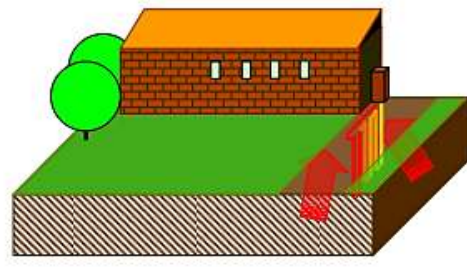


Figura 2 - Captação vertical em circuito fechado da energia térmica acumulada no solo

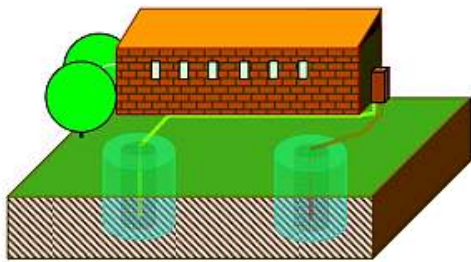


Figura 3 - Captação vertical em circuito aberto da energia térmica acumulada nas águas subterrâneas

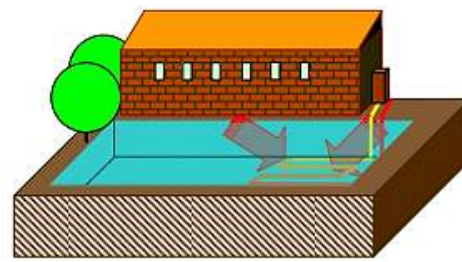


Figura 4 - Captação horizontal em circuito fechado da energia térmica acumulada no fundo de um lago, curso de água, bacia de retenção, tanque aberto, etc..

Figura 33 - Exemplo de Geotermia

A bomba de calor preconizada tem uma eficiência de arrefecimento de 0,4436 kW/ton e de aquecimento de 0,6798 kW/ton, com rejeição para o solo. A marca de referência no seu dimensionamento foi a DAIKIN.

4.3.5 Sistema 5 – Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação

4.3.5.1 Concepção e descrição do sistema

Produção de água quente:

- A produção de água quente será assegurada por uma caldeira de condensação a Gás Natural. Será responsável pela produção de água quente, num regime de 80/60°.

Produção de água fria:

- A produção de água refrigerada será assegurada por uma unidade ar/água. Será responsável pela produção de água fria, num regime de 7/12°.

Circuitos hidráulicos primários:

- Água refrigerada – Chiller de Compressão;
- Água quente – Caldeira de Condensação.

4.3.5.2 Equipamentos

Chiller de Compressão

Já descrita no ponto 4.3.1.

O Chiller de compressão considerado tem um EER de 2.9, marca de referência: DAIKIN.

Caldeira Condensação

A tecnologia de condensação permite aproveitar a energia que se encontra nos gases de combustão: na passagem do calor dos gases de combustão para a água do circuito, ocorre o arrefecimento destes gases até ao ponto de condensação do vapor de água contido nos mesmos.

Assim, é possível recuperar energia e utilizá-la na caldeira para aquecimento adicional. Em caldeiras convencionais, o calor dos gases de combustão é libertado para a atmosfera. Esta tecnologia permite aumentar de maneira significativa o rendimento da instalação da caldeira e assim economizar energia.

Na figura seguinte está ilustrado o esquema de princípio do funcionamento da condensação: (Vulcano)

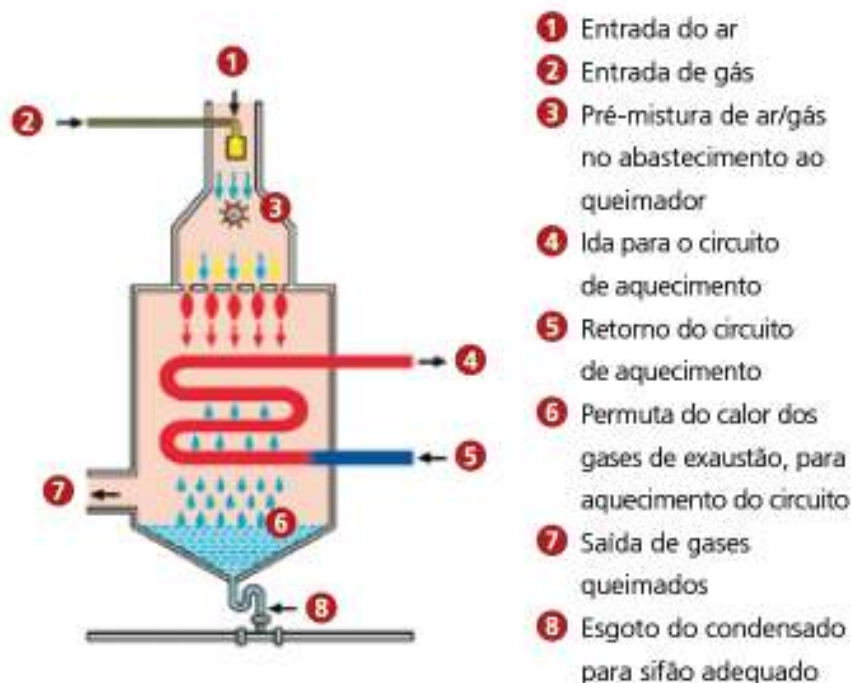


Figura 34 - Esquema de funcionamento da Condensação

A caldeira *standard* considerada tem a capacidade de 300 kW e um rendimento de 102%, com a marca de referência BaxiRoca.

5. Análise de Resultados

5.1 Sistema 1 – Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural

Classe energética

A atribuição da classe energética ao presente edifício de serviços é obtida de acordo com a Tabela seguinte, tendo sido atribuído a este sistema a classe “ A ”. Todos os cálculos efectuados e conversões utilizadas encontram-se em anexo (anexo E).

Tabela 34 - Classe Energética do Sistema 1 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,79
IEE _{ref Edifícios Novos} (kgep/m ² .ano)	37,83
S (kgep/m ² .ano)	17,59
Classe energética	A

Emissões de CO₂

Na tabela seguinte são apresentadas as emissões de CO₂ anuais obtidas para o edifício em análise.

Tabela 35 - Emissões de CO₂ do Sistema 1 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,79
Área Total (m ²)	2 105,03
Factor de Conversão (tepCO ₂ /kgep)	0,0012
Emissões de CO ₂ (tep)	65,15

O valor de emissões de gases de efeito de estufa obtido foi de 65,15 tep.

Desagregação de Consumos

Na tabela abaixo encontram-se os valores de consumo obtidos por cada tipo de utilização das fontes primárias de energia:

Tabela 36 - Desagregação de consumos do Sistema 1

Chiller de compressão + Caldeira de gás natural		[kWh/ano]
AVAC	Aquecimento	13 640
	Arrefecimento	54 211
		22 997
Outros		---
	Iluminação	46 480
	Equipamentos	46 882
	Ventilação e Bombas	12 036
Energia Total		196 246

No que toca a consumos de Aquecimento, destaca-se os valores de consumo de gás natural de 54 211 kWh/ano, sendo no Arrefecimento a parcela de 22 997 kWh/ano de electricidade que maior influência terá para a classificação da classe energética do edifício. Relativamente aos valores dos elevados consumos de Iluminação e Equipamentos, estes serão similares em todas as simulações efectuadas, sendo naturalmente a sua proveniência de fontes eléctricas. Ainda em “outros consumos” de salientar o valor de 12 036 kWh/ano para os consumos ligados à

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club
 ventilação do edifício para os sistemas preconizados de renovação de ar, além de consumos eléctricos associados a bombas de caudal para funcionamento das fontes primárias simuladas neste ponto.

No gráfico seguinte podemos observar a relevância dos consumos das diferentes utilizações de fontes primárias de energia no funcionamento anual do edifício, após conversão de unidades para kgep/ano (quilogramas equivalentes de petróleo/ano):

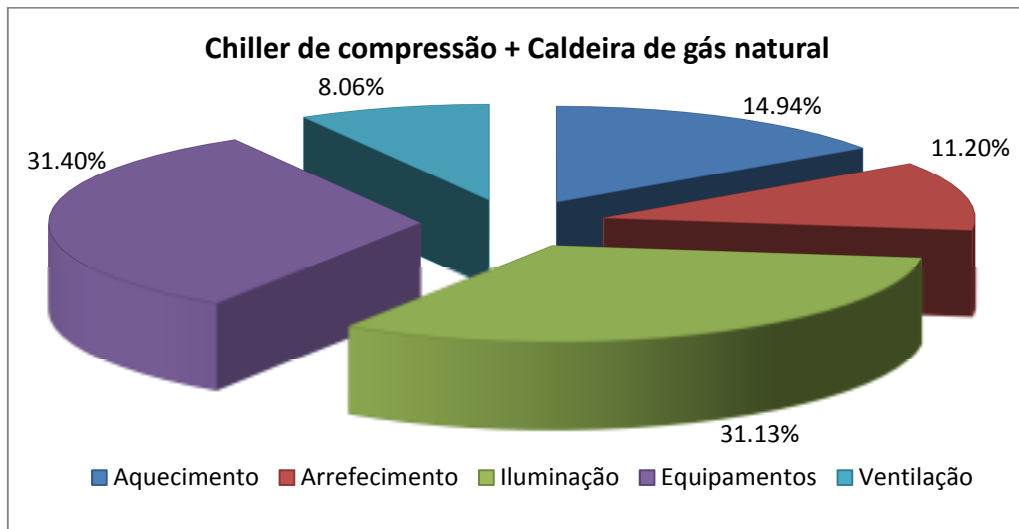


Gráfico 4 - Desagregação de consumos do Sistema 1

Rapidamente se destaca a maior “fatia” de consumos anuais associados à utilização eléctrica do edifício, nomeadamente consumos associados a iluminação, equipamentos e ventilação do mesmo (total de 73,86%). De salientar também o baixo valor unitário de consumos associados ao arrefecimento do edifício (11,20%).

5.2 Sistema 2 – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa

Classe energética

A atribuição da classe energética ao presente edifício de serviços é obtida de acordo com a Tabela seguinte, tendo sido atribuído a este sistema a classe “ A ”.

Tabela 37 - Classe Energética do Sistema 2 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,69
IEE _{ref Edifícios Novos} (kgep/m ² .ano)	37,83
S (kgep/m ² .ano)	17,59
Classe energética	A

Emissões de CO₂

Na tabela seguinte são apresentadas as emissões de CO₂ anuais obtidas para o edifício em análise.

Tabela 38 - Emissões de CO₂ do Sistema 2 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,69
Área Total (m ²)	2 105,03
Factor de Conversão (tepCO ₂ /kgep)	0,0012
Emissões de CO ₂ (tep)	64,90

O valor de emissões de gases de efeito de estufa obtido foi de 64,90 tep, considerando-se as emissões de CO₂ nulas por parte da combustão das pellets de biomassa, uma vez que este combustível provém de resíduos de florestas renováveis (árvores abatidas são substituídas por outras novas), ou seja, o CO₂ libertado na queima é exactamente igual ao absorvido da atmosfera no período de crescimento das mesmas.

Desagregação de Consumos

Na tabela abaixo encontram-se os valores de consumo obtidos para cada tipo de utilização de fontes primárias de energia:

Tabela 39 - Desagregação de consumos do Sistema 2

Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa		[kWh/ano]
AVAC	Aquecimento	20 411
	Arrefecimento	58 676
		28 402
Outros	Iluminação	30 547
	Equipamentos	46 480
	Ventilação e bombas	46 882
Energia Total		14 519
		245 917

No que toca a consumos de Aquecimento, destacam-se os valores de consumo de Pellets (combustível de Biomassa) de 58 676 kWh/ano. Salienta-se também em “outros consumos” o valor de 14 519 kWh/ano para os consumos ligados à ventilação do edifício para os sistemas preconizados de renovação de ar e funcionamento das fontes primárias simuladas.

No gráfico imediato podemos observar a importância dos consumos das diferentes utilizações de fontes primárias de energia no funcionamento anual do edifício, após conversão de unidades para kgep/ano (quilogramas equivalentes de petróleo/ano):

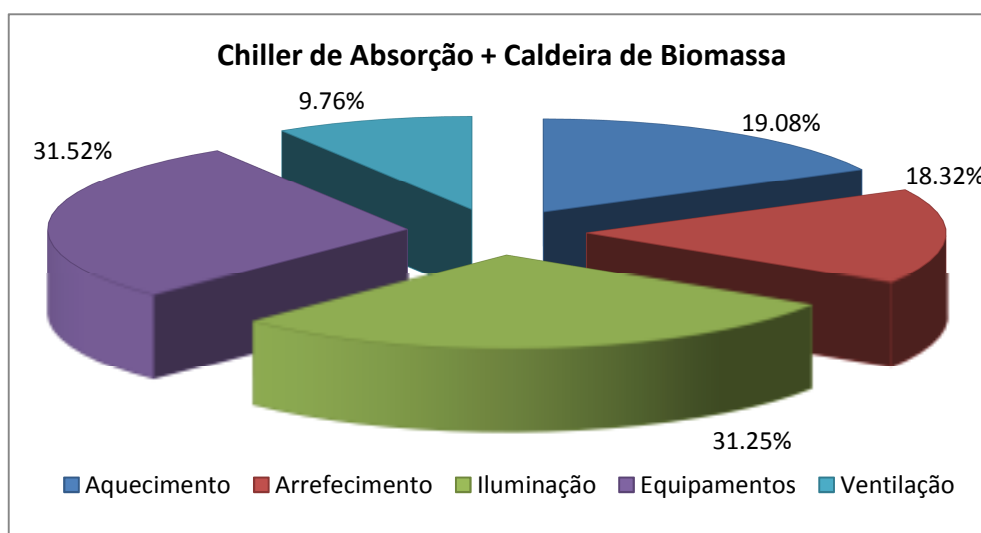


Gráfico 5 - Desagregação de consumos do Sistema 2

Rapidamente se destaca também a maior porção de consumos anuais associados à utilização eléctrica do edifício, nomeadamente consumos associados a iluminação, equipamentos e ventilação do mesmo (total de 62,60%). Denota-se agora um aumento quantitativo de consumos associados ao aquecimento e arrefecimento do edifício, ainda que existindo um aproveitamento dos gases de combustão da caldeira de biomassa.

O facto de este sistema conseguir a atribuição de uma boa classificação energética, mesmo sendo o mais consumidor de energia, advém unicamente da consideração da combustão da biomassa como sendo uma fonte de energia renovável.

5.3 Sistema 3 – VRF – Fluxo de “Refrigerante” Variável

Classe energética

A atribuição da classe energética ao presente edifício de serviços é obtida de acordo com a Tabela seguinte, tendo sido atribuído a este sistema a classe “ A ”.

Tabela 40 - Classe Energética do Sistema 3 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	27,22
IEE _{ref Edifícios Novos} (kgep/m ² .ano)	37,83
S (kgep/m ² .ano)	17,59
Classe energética	A

Emissões de CO₂

Na tabela seguinte são apresentadas as emissões de CO₂ anuais obtidas para o edifício em análise.

Tabela 41 - Emissões de CO₂ do Sistema 3 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	27,22
Área Total (m ²)	2 105,03
Factor de Conversão (tepCO ₂ /kgep)	0,0012
Emissões de CO ₂ (tep)	68,76

O valor de emissões de gases de efeito de estufa obtido foi de 68,76 tep.

Desagregação de Consumos

Na tabela abaixo encontram-se os valores de consumo obtidos para cada tipo de utilização de fontes primárias de energia:

Tabela 42 - Desagregação de consumos do Sistema 3

VRF		[kWh/ano]
AVAC	Aquecimento	35 033
	Arrefecimento	31 154
Outros	Iluminação	46 480
	Equipamentos	46 882
	Ventilação	10 399
	Energia Total	169 948

Nesta simulação, é apenas utilizada a fonte eléctrica para realizar o aquecimento e arrefecimento do edifício, sendo esta a parcela de maior relevância para a classe energética do edifício.

No gráfico da página seguinte podemos observar a relevância dos consumos das diferentes utilizações da fonte eléctrica no funcionamento anual do edifício.

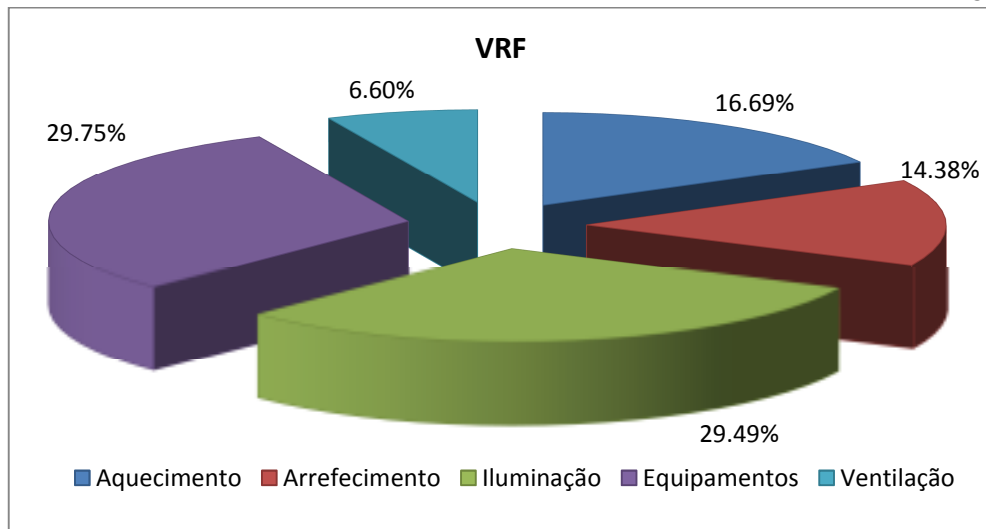


Gráfico 6 - Desagregação de consumos do Sistema 3

Estamos perante um caso em que todo o consumo provém da fonte primária de electricidade, onde o consumo percentual dos equipamentos não associados à climatização do edifício assumem maior parcela, 68,93%. Este valor pode ser explicado devido aos rendimentos elevados da unidade produtora de energia térmica preconizada, COP (3,4) e EER (3,2), designadamente para a situação de aquecimento e arrefecimento, que corresponde a traduzir em energia térmica em quantidades superiores a 3 vezes a energia eléctrica fornecida.

5.4 Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica (rejeição para o solo)

Classe energética

A atribuição da classe energética ao presente edifício de serviços é obtida de acordo com a Tabela seguinte, tendo sido atribuído a este sistema a classe “A⁺”.

Tabela 43 - Classe Energética do Sistema 4 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	23,94
IEE _{ref Edifícios Novos} (kgep/m ² .ano)	37,83
S (kgep/m ² .ano)	17,59
Classe energética	A⁺

Emissões de CO₂

Na tabela seguinte são apresentadas as emissões de CO₂ anuais obtidas para o edifício em análise.

Tabela 44 - Emissões de CO₂ do Sistema 4 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	23,94
Área Total (m ²)	2 105,03
Factor de Conversão (tepCO ₂ /kgep)	0,0012
Emissões de CO ₂ (tep)	60,46

O valor de emissões de gases de efeito de estufa obtido foi de 60,46 tep.

Desagregação de Consumos

Na tabela abaixo encontram-se os valores de consumo obtidos para cada tipo de utilização de fontes primárias de energia:

Tabela 45 - Desagregação de consumos do Sistema 4

Bomba de Calor Geotérmica		[kWh/ano]
AVAC	Aquecimento	22 998
	Arrefecimento	15 699
Outros	Iluminação	46 480
	Equipamentos	46 882
	Ventilação	11 652
Energia Total		143 711

Tal como no caso anterior, nesta simulação é também apenas a utilização da energia eléctrica que contribui para a classe energética obtida, destacando-se neste caso o mais baixo consumo das fontes primárias na transformação para energia térmica na climatização do edifício (apenas 38 697 kWh/ano).

No seguinte gráfico podemos observar a relevância dos consumos das diferentes utilizações de fontes primárias de energia no funcionamento anual do edifício, após conversão de unidades para kgep/ano (quilogramas equivalentes de petróleo/ano):

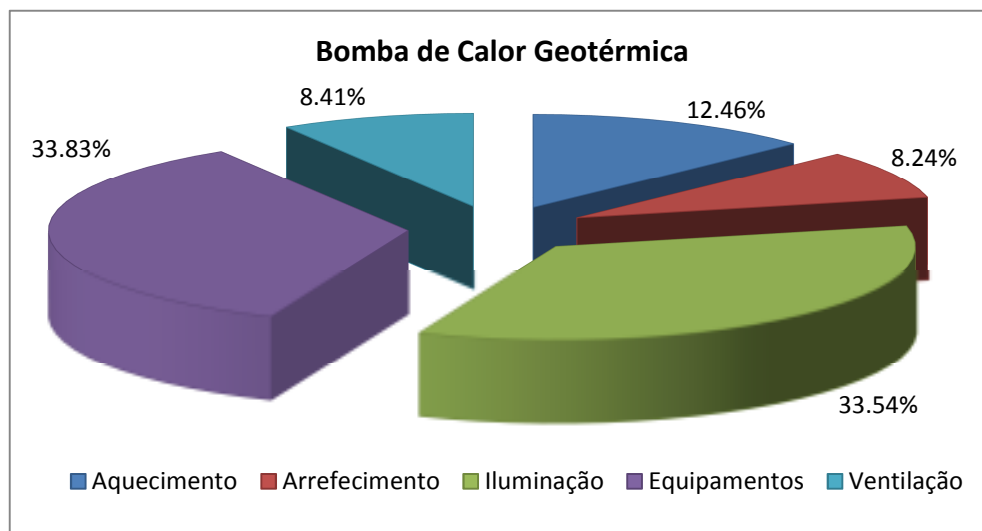


Gráfico 7 - Desagregação de consumos do Sistema 4

Neste sistema destaca-se sobretudo o facto da utilização de temperaturas do solo mais próximas das condições de conforto interiores, resultando num gradiente de temperaturas significativamente mais baixo, provoca um menor esforço da unidade produtora na transformação da energia eléctrica para energia térmica na climatização do edifício. Tal facto obtém apenas 20,70% de consumo de energia primária para a climatização do edifício (aquecimento + arrefecimento).

5.5 Sistema 5 – Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação

Classe energética

A atribuição da classe energética ao presente edifício de serviços é obtida de acordo com a Tabela seguinte, tendo sido atribuído a este sistema a classe “ A ”.

Tabela 46 - Classe Energética do Sistema 5 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,59
IEE _{ref Edifícios Novos} (kgep/m ² .ano)	37,83
S (kgep/m ² .ano)	17,59
Classe energética	A

Emissões de CO₂

Na tabela seguinte são apresentadas as emissões de CO₂ anuais obtidas para o edifício em análise.

Tabela 47 - Emissões de CO₂ do Sistema 5 de acordo com o SCE

IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)	25,59
Área Total (m ²)	2 105,03
Factor de Conversão (tepCO ₂ /kgep)	0,0012
Emissões de CO ₂ (tep)	64,63

O valor de emissões de gases de efeito de estufa obtido foi de 64,63 tep.

Desagregação de Consumos

Na tabela abaixo encontram-se os valores de consumo obtidos para cada tipo de utilização de fontes primárias de energia:

Tabela 48 - Desagregação de consumos do Sistema 5

Chiller de compressão + Caldeira diesel		[kWh/ano]
AVAC	Aquecimento	13 640
		48 896
	Arrefecimento	22 997

Outros	Iluminação	46 480
	Equipamentos	46 882
	Ventilação	12 036
Energia Total		190 931

Nesta simulação destaca-se o maior consumo (unitário) em aquecimento, nomeadamente no consumo do combustível gás natural na caldeira de Condensação (48 896 kWh/ano). O consumo excessivo de electricidade na situação de arrefecimento terá também importante contribuição na obtenção da Classe Energética do edifício.

No gráfico da página seguinte podemos observar a relevância dos consumos das diferentes utilizações de fontes primárias de energia no funcionamento anual do edifício, após conversão de unidades para kgep/ano (quilogramas equivalentes de petróleo/ano).

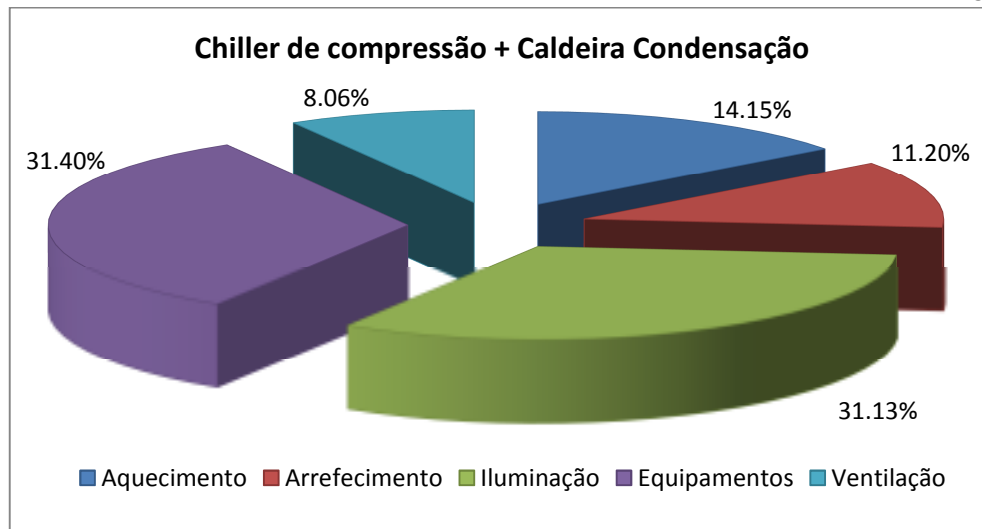


Gráfico 8 - Desagregação de consumos do Sistema 5

Pela análise da desagregação de consumos rapidamente se verifica mais uma vez uma grande percentagem de utilização de energia eléctrica no funcionamento do edifício, sendo este valor de 92,65% do total da energia necessária (térmica e equipamentos).

5.6 Consumo anual de Energia

Na tabela seguinte encontram-se agregados os consumos energéticos nas suas diversas fontes primárias de energia de todos os Sistemas Energéticos Simulados neste trabalho, a análise é apenas quantitativa, não sendo possível através destes valores extrair qualquer comparação a nível de classificação energética, contudo fica já uma ideia dos consumos dos mesmos sistemas e as quantidades de energia requisitadas.

De modo a tornar esta análise mais distinta, eliminou-se os consumos associados à iluminação, equipamentos e ventilação do edifício, considerados iguais para os 5 casos, restringindo deste modo a análise aos sistemas principais, que no fundo nos irão permitir tirar conclusões concretas do desempenho e diferenciação dos vários sistemas simulados.

Tabela 49 - Desagregação de consumos das fontes primárias de Energia

<i>Sistema</i>	$E_{elétrica}$ [kWh/ano]	$E_{gás\ natural}$ [kWh/ano]	$E_{pellets}$ [kWh/ano]	Total [kWh/ano]
S1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural	38 274	54 211	---	92 485
S2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa	52 933	---	89 223	142 156
S3 VRF	66 187	---	---	66 187
S4 Bomba de Calor Geotérmica	39 950	---	---	39 950
S5 Chiller de compressão + Caldeira de Condensação	38 274	48 896	---	87 170

Teremos já uma primeira percepção de que os sistemas 1, 2 e 5 verão agravados na sua classe energética o facto de serem os maiores consumidores de energia. Pelo contrário, e numa primeira análise, o Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica mostra-se bastante economizador de fontes primárias de energia.

Já o Sistema 3 – VRF, apresenta também baixos índices de consumo de energia, devido ao facto de ser um sistema de expansão directa, ou seja não existem perdas térmicas na permuta

para outro fluido, sendo o próprio fluido frigorigéneo tratado na unidade exterior que será transportado para a climatização através das unidades interiores.

Da comparação da tabela anterior com as tabelas anteriores de quantificação energética, retira-se também o facto de ser a Energia Eléctrica aquela que mais contribui para o funcionamento do edifício.

Nesta primeira análise podemos constatar que estamos perante um grande edifício de serviços com as mais diversas utilizações, resultando num grande consumo de energia anual.

No gráfico seguinte estão representados os consumos de energia para climatização de cada sistema preconizado:

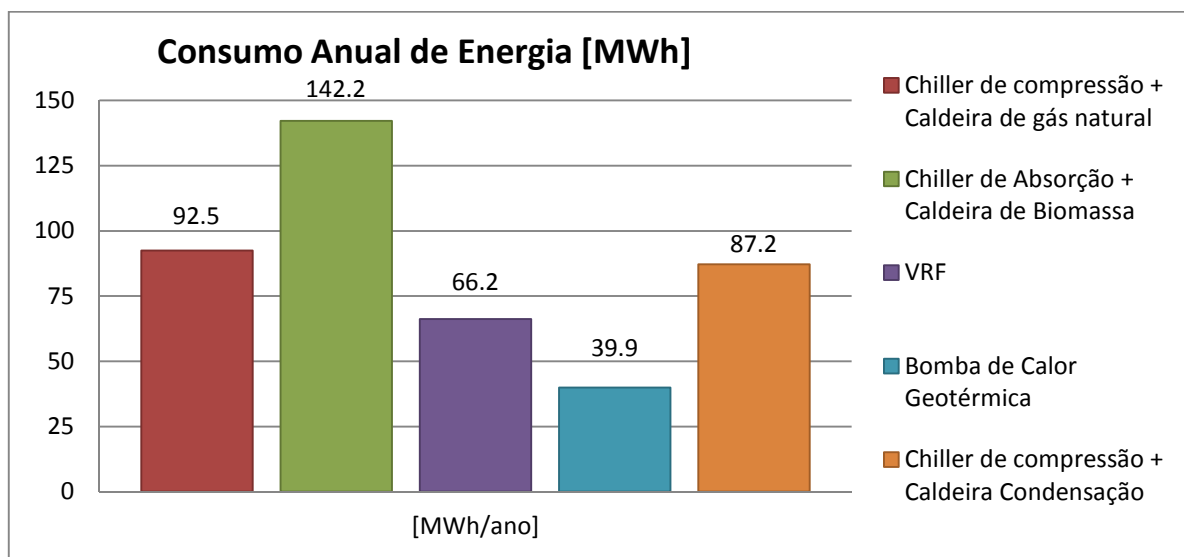


Gráfico 9 - Consumo Anual de Energia dos Sistemas Simulados

De onde se salienta mais uma vez um maior consumo do Sistema 2 e o menor consumo por parte do Sistema 4.

O relativo menor consumo do sistema 5 face ao sistema 1, também de combustão a gás natural, advém unicamente da tecnologia da condensação, que aproveita o calor adicional libertado pelos gases de combustão ao passar do estado gasoso ao estado líquido.

Os gráficos posteriores foram extraídos a partir do Trace 700, mostrando-nos a desagregação de consumos por sistema, para os vários equipamentos de transformação de energia.

No primeiro salienta-se sobretudo o elevado consumo dos sistemas 1 (chiller de compressão e caldeira de gás natural) e 2 (chiller de absorção e caldeira de biomassa) nos meses mais críticos do ano, Janeiro e Agosto, consumos estes inflacionados sobretudo pelo elevado consumo de matérias primárias por parte das suas respectivas caldeiras.

No que diz respeito aos equipamentos que utilizam apenas fontes eléctricas, como o caso do VRF e da Bomba de Calor, destaca-se o reduzido consumo potencial de energia, assim como a baixa utilização de componentes de circulação do fluido “refrigerante”.

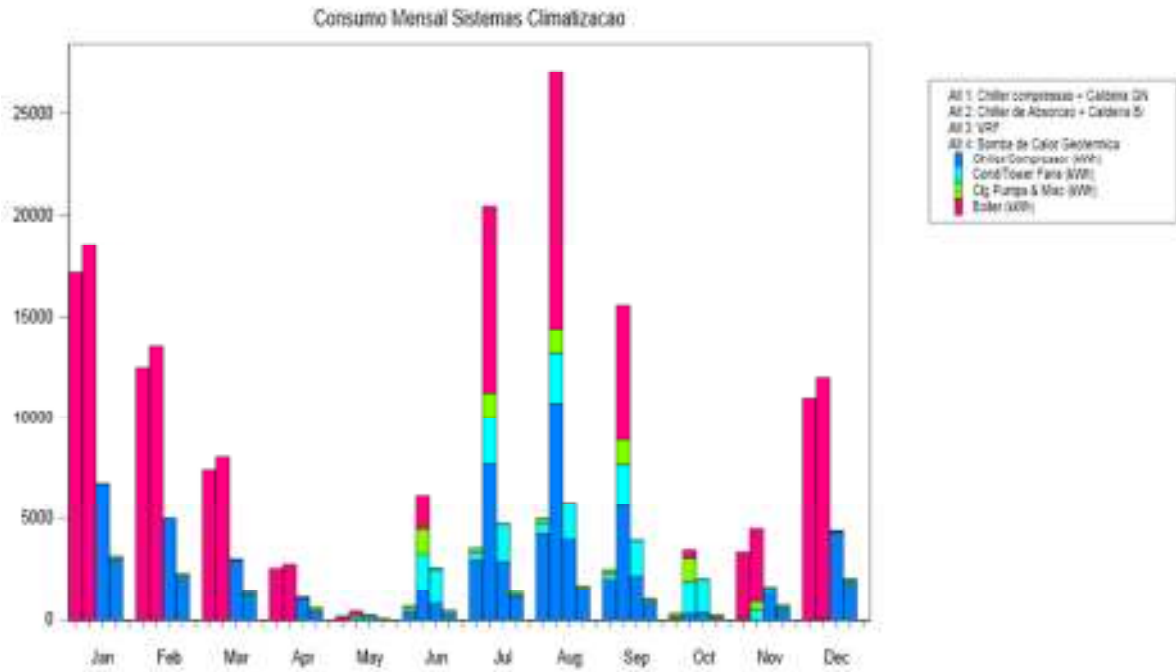


Gráfico 10 - Consumo Mensal para Climatização dos Sistemas 1, 2, 3 e 4

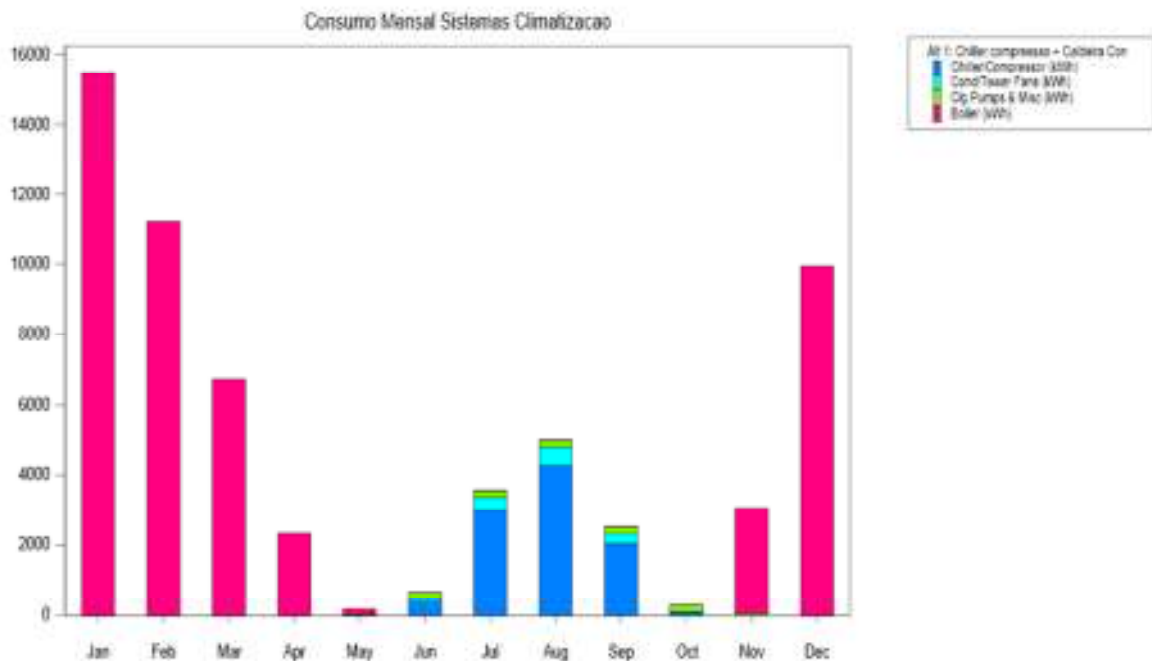


Gráfico 11 - Consumo Mensal para Climatização do Sistema 5

Já o Sistema 5, constituído por chiller de compressão e caldeira de condensação a gás natural, é também caracterizado por um elevado consumo energético, sobretudo da caldeira para o aquecimento, consumindo elevadas quantidades de gás natural.

5.7 Índice de Eficiência Energética

Na tabela abaixo estão agrupados os Índices de Eficiência Energética obtidos para cada sistema, foi introduzido também nesta tabela o IEE de referência, que é o valor máximo que cada sistema pode atingir de modo a ver aprovada a Certificação Energética do edifício em causa.

Tabela 50 - Índice de Eficiência Energética dos Sistemas Simulados

<i>Sistema</i>	IEE [kgep/m².ano]	Classe Energética
IEE Referência	37,83	
S1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural	25,79	A
S2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa	25,69	A
S3 VRF	27,22	A
S4 Bomba de Calor Geotérmica	23,94	A ⁺
S5 Chiller de compressão + Caldeira Condensação	25,59	A

Tal como previsto no ponto anterior, face a uma utilização diminuta dos recursos energéticos, ainda que numa análise não qualitativa, é o Sistema 4, Bomba de Calor Geotérmica que apresenta o melhor Índice de Eficiência Energética, deste modo, a implementação deste sistema no edifício significaria uma classificação “A⁺” pela respectiva entidade responsável pela Certificação Energética Nacional, SCE.

Do mesmo modo, não é de admirar que o Sistema consumidor apenas de energia eléctrica, nomeadamente o sistema 3, ser também o que apresenta o pior desempenho energético.

Relativamente ao maior consumidor de fontes primárias de combustíveis, o Sistema 2, pelo facto de aproveitar a energia libertada pelos gases de combustão da Caldeira pelo respectivo Chiller de Absorção, e o facto de o consumo associado ao combustível de biomassa não contribuir para as emissões de gases de efeito de estufa (fonte renovável), consegue manter um notável índice de eficiência, obtendo a classificação energética “A”.

No gráfico abaixo estão representados os Índices de Eficiência Energética de cada sistema preconizado, sendo facilmente perceptível que os 5 Sistemas testados seriam aprovados pelo SCE no licenciamento desta especialidade.

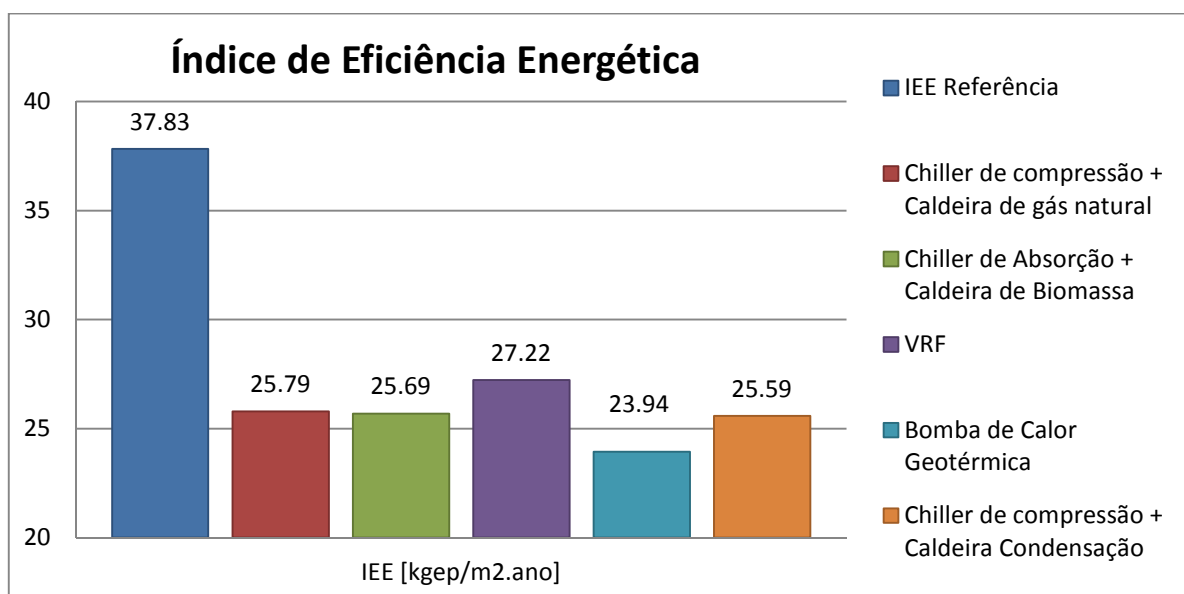


Gráfico 12 - Índice de Eficiência Energética dos Sistemas Simulados [kgep/m².ano]

Salienta-se também no gráfico anterior a eficácia do Sistema 4 - Bomba de Calor Geotérmica, com um respectivo índice de eficiência bastante abaixo das restantes possibilidades, facto este explicado por ser exigido um reduzido esforço de funcionamento à unidade transformadora de energia - Bomba de Calor, pela circunstância de utilizar temperaturas exteriores bastante próximas das pretendidas no interior, reduzindo o gradiente térmico de temperaturas no trabalho da unidade de modo a atingir a respectiva potência térmica a transmitir aos compartimentos para a situação de conforto pretendida (tanto no Verão como no Inverno).

5.8 Emissões de Gases de Efeito de Estufa

Na tabela abaixo são agrupadas as Emissões de Gases de Efeito de Estufa dos sistemas preconizados, e, tal como na tabela anterior, foi introduzida a referência às emissões de CO₂ resultantes para o caso do IEE de referência, apenas para uma análise simbólica e quantitativa.

Tabela 51 - Emissões de Gases de Efeito de Estufa dos Sistemas Simulados

<i>Sistema</i>	IEE [kgep/m ² .ano]	Toneladas CO ₂
IEE Referência	37,83	95,96
S1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural	25,79	65,15
S2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa	25,69	64,90
S3 VRF	27,22	68,76
S4 Bomba de Calor Geotérmica	23,94	60,46
S5 Chiller de compressão + Caldeira de Condensação	25,59	64,63

Tal como esperado, é o Sistema 4 – Bomba de Calor Geotérmica que obtém o melhor desempenho ecológico, vendo as suas emissões de gases bastante diminutas face aos outros sistemas testados, inclusive melhor desempenho que o sistema 2, que utiliza uma caldeira de biomassa, de salientar mais uma vez que este ultimo utiliza fontes de aquecimento e arrefecimento onde não se considera a emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera, sendo considerados pelo SCE como Sistema de aproveitamento de fontes renováveis.

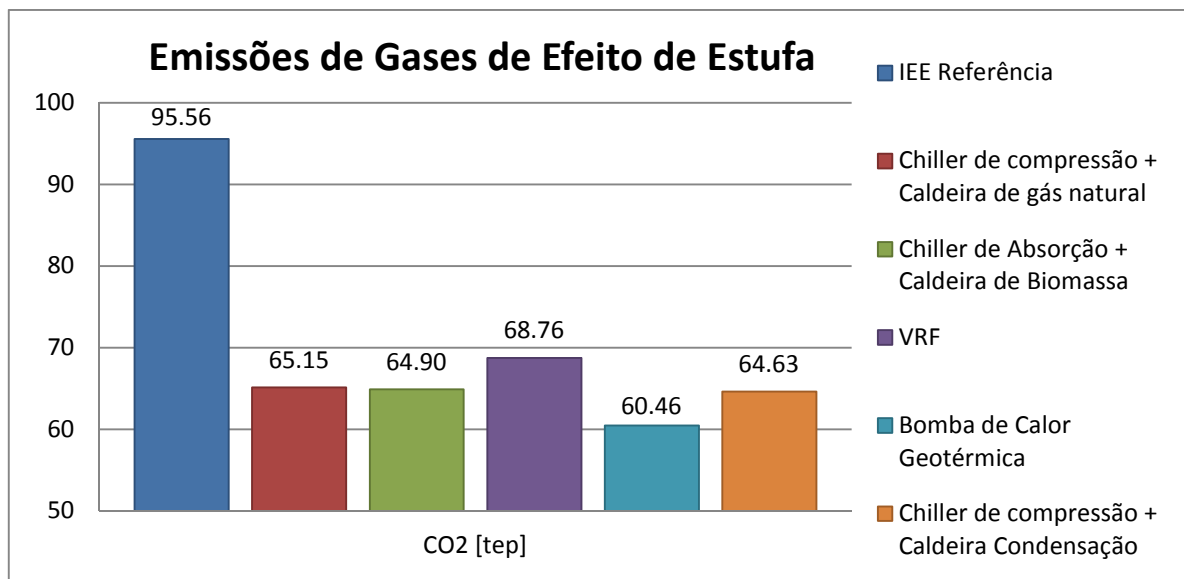


Gráfico 13 - Emissões de Gases de Efeito de Estufa dos Sistemas Simulados [tep]

Um simples análise ao gráfico anterior permite observar que todos os sistemas testados vêm as suas emissões bastante abaixo daquelas que resultam do limite de eficiência permitido pelo SCE, de 95,56 tep.

5.9 Análise Económica

Nesta fase de avaliação económica, são aliados os custos energéticos anuais que provêm da utilização dos equipamentos, com o investimento e manutenção dos mesmos, de modo a calcular o custo anual de cada alternativa simulada. Desta forma é possível a determinação das poupanças anuais com cada sistema seleccionado e torna-se também possível a previsão do período de retorno económico para o investimento seleccionado. De salientar mais uma vez a eliminação das componentes de iluminação, equipamentos e ventilação, considerados iguais nos 5 Sistemas testados (energia proveniente de fonte eléctrica).

Não serão contabilizados quaisquer encargos financeiros ou inflação de combustíveis e operações, assumindo-se também que não existirão manutenções extras além das previstas para o correcto funcionamento de cada equipamento, de modo a tornar possível a simplicidade deste estudo.

Desta forma, e fixando o limite de 12 anos para o período de estudo ou período limite para a retoma financeira de qualquer uma das opções tomadas, considerando-se os seguintes pressupostos:

Custo das fontes primárias de energia:

Apesar de uma generalização excessiva dos custos poder significar um elevado desvio face ao valor realmente obtido, serão consideradas as tarifas normais de utilização diurna (se aplicável), não se considerando qualquer tarifa energética especial, com os seguintes valores:

Tabela 52 - Preços da Energia

<i>Energia</i>	<i>felixtermica</i> [€/kWh]	<i>sanitop</i> [€/kWh]	[€/kWh]
Electricidade	0.123 €	0,127	0,125
Gás Natural	0.051 €	0,065	0,058
Pellets	0.069 €	0,074	0,072

Desagregação de gastos de cada sistema por fonte de energia:

Pela análise de consumos da tabela indicada no ponto 5.6 deste relatório, foi possível extrair então a tabela e gráfico seguinte, que espelham os gastos anuais de energia proveniente do funcionamento de cada sistema preconizado (em milhares de euros):

Tabela 53 - Custos Energéticos por Sistema

<i>Sistema</i>	$E_{eléctrica}$ [M€/ano]	$E_{gás\ natural}$ [M€/ano]	$E_{pellets}$ [M€/ano]	E_{total} [M€/ano]
S1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural	4,784	3,144	---	7,928
S2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa	6,617	---	6,379	12.996
S3 VRF	8,273	---	---	8,273
S4 Bomba de Calor Geotérmica	4,994	---	---	4,994
S5 Chiller de compressão + Caldeira Condensação	4,784	2,836	---	7,620

Com natural destaque para o excessivo dispêndio económico anual para o sistema 2, composto por Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa (12 996€/ano). Pelo contrário, o sistema caracterizado pela Bomba de Calor Geotérmica mostra-se o mais económico por ano

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club de funcionamento (4 994€/ano). Os Sistemas 1, 3 e 5 têm em comum um factor económico de gastos moderados.

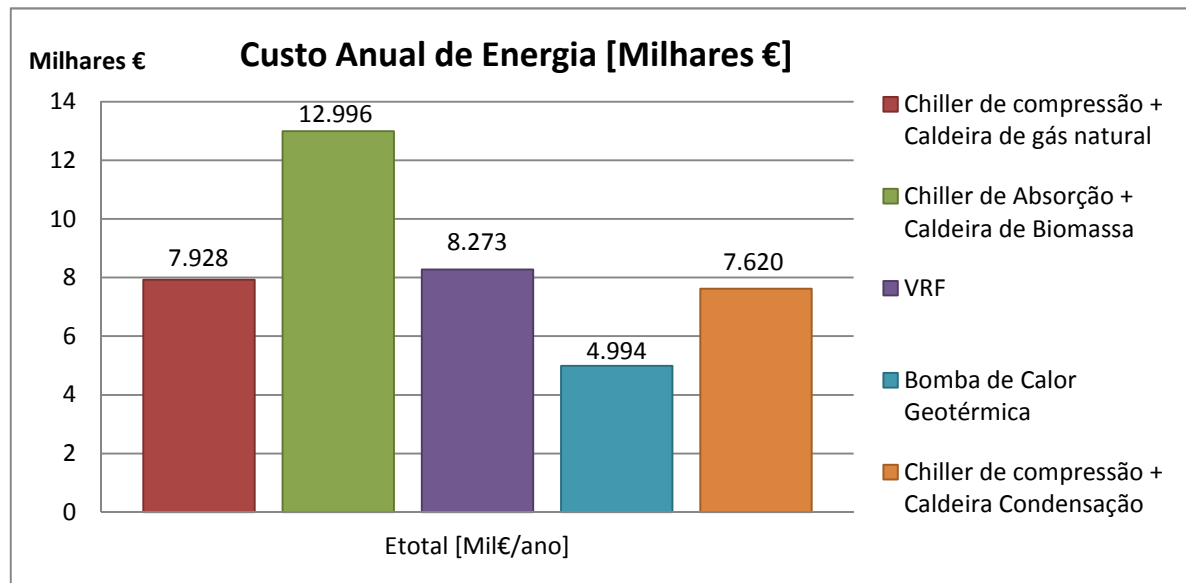


Gráfico 14 - Custo Anual do funcionamento dos Sistemas [Milhares €]

Encargos Financeiros e Investimento Inicial:

Se adicionarmos as variáveis indicadas na tabela seguinte, nomeadamente tarefas de manutenção anuais e investimento inicial, conseguiremos atingir uma análise mais profunda do real custo de cada sistema simulado, assim como os períodos de “pagamento” de cada um em relação ao seu custo inicial de instalação dos equipamentos que os constituem:

Tabela 54 - Investimento inicial e custos de tarefas de manutenção de equipamentos

<i>Sistema</i>	Manutenção [€/ano]	Investimento [€]
S1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural	150,00	31 500,00
S2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa	300,00	60 000,00
S3 VRF	120,00	36 500,00
S4 Bomba de Calor Geotérmica	130,00	54 000,00
S5 Chiller de compressão + Caldeira Condensação	150,00	33 100,00

Os valores foram arredondados às unidades, visto existir uma oscilação dos valores de mercado dependente de marca escolhida e desconto efectuado na venda dos equipamentos ou contratos efectuados.

Repare-se que no caso da instalação de sistemas compostos por chiller de absorção e caldeira de biomassa, e sistema de bomba de calor geotérmica é necessário um forte investimento inicial na instalação e equipamento, pelo contrário, um sistema caracterizado por um chiller de compressão e caldeira a gás natural mostra-se bastante mais acessível economicamente.

Encargos Financeiros e Investimento Inicial:

A tabela e gráfico seguinte colmatam o cálculo efectuado ao nível do tempo de funcionamento, gastos energéticos e custos associados (investimento e manutenção), que traduzem esta análise económica, tornando possível uma observação crítica e ponderada acerca do sistema energético para climatização a seleccionar pelo projectista ou dono de obra,

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club incidindo nestes o peso da decisão da opção tomada, naturalmente no que diz respeito à vertente financeira.

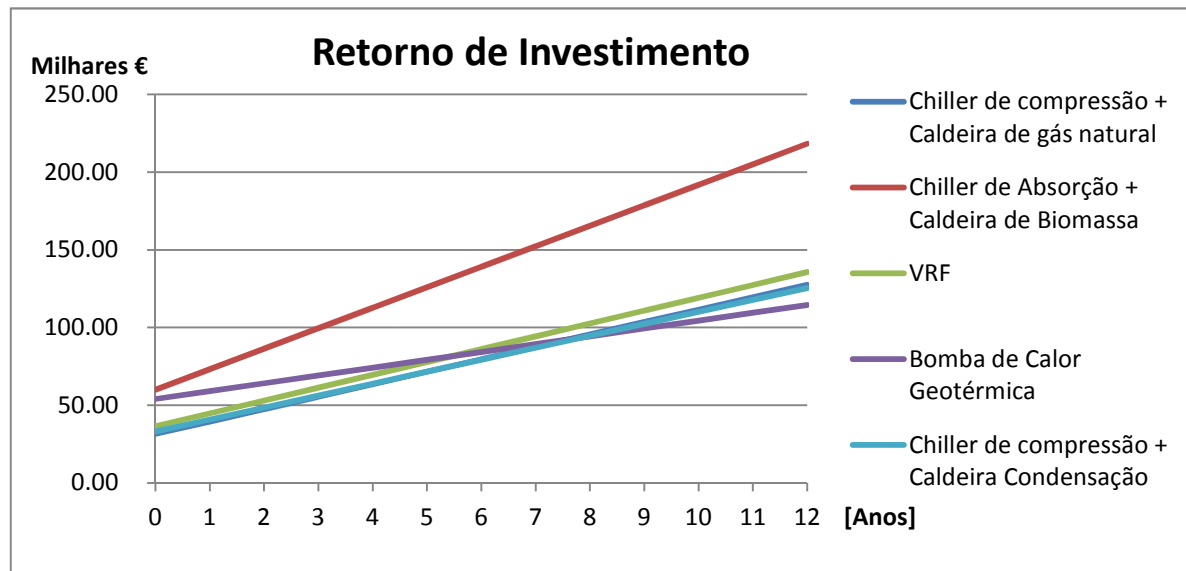


Gráfico 15 - Investimento e Retorno Financeiro

A análise ao gráfico anterior permite a percepção de que o elevado custo inicial da opção 2 – Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa, se agrava demasiado em termos económicos com o decorrer do tempo, pelo contrário, os restantes Sistemas, revelam-se mais rentáveis a longo prazo. O Sistema 1, composto por Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural, revelou-se uma opção bastante consistente no que se refere a Investimento e período de retorno, caso se opte por esta opção face às rivais.

Tabela 55 - Encargos Acumulados e Retorno de Investimento (em Milhares de Euros)

<i>Ano</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S1 - Chiller Compressão + Caldeira gás natural	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128
S2 - Chiller Absorção + Caldeira Biomassa	60	73	87	100	113	126	140	153	166	180	193	206	220
S3 – VRF	37	45	53	62	70	78	87	95	104	112	120	129	137
S4 - Bomba Calor Geotérmica	54	59	64	69	74	80	85	90	95	100	105	110	115
S5 - Chiller Compressão + Caldeira Condensação	33	41	49	56	64	72	80	87	95	103	111	119	126

A tabela acima permite tirar conclusões concretas relativamente ao retorno financeiro na opção de determinado sistema, nomeadamente:

- O Sistema 1 – Chiller de Compressão e Caldeira a Gás Natural é a solução de menor investimento Inicial (cerca de 32 mil euros);
- Para um período de amortização curto (até 5 anos), a solução indicada será optar também pelo sistema similar ao testado no 1º caso, composto por Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural;

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club

- Na procura de um Sistema equilibrado a nível de Investimento e baixa exploração, a solução otimizada seria optar por um sistema de expansão directa, VRF neste caso;
- Na procura de um melhor compromisso económico para estes 12 anos de estudo, a opção seria obviamente algo semelhante à testada em 4, ou seja, a opção por uma bomba de Calor com rejeição para o solo, que no fim deste período (12 anos), atingiria uma poupança económica de cerca de 11 mil euros face ao sistema 5, que é o sistema mais económico após este;
- A nível económico uma solução que traduz menos emissões de Gases de Efeito de Estufa não se revelou compensatória, quer ao nível de Custo Inicial de Instalação quer ao longo da exploração deste sistema.
- A tecnologia de condensação é amortizada em relação à caldeira sem mudança de fase a partir do 6º ano de exploração, permitindo no fim do período estudado, uma poupança de cerca de 2 mil euros face ao mesmo.

Esta análise é facilmente perceptível na análise dos gráficos seguintes, que nos mostram os períodos críticos da análise financeira, nomeadamente do ano de início de funcionamento ao 2º ano de exploração, em que se verifica o elevado dispêndio económico no investimento do sistema 2 (Chiller de absorção e Caldeira de Biomassa).

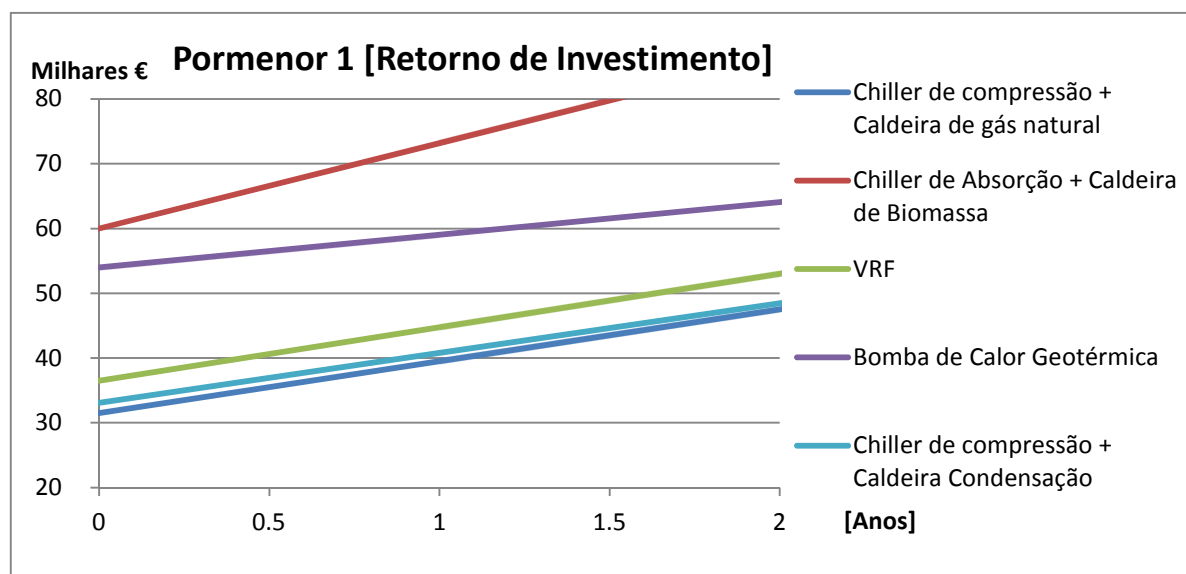


Gráfico 16 – 1º Período Crítico de Investimento e Retorno Financeiro

E no gráfico da página seguinte, o período crítico desde o 5º ao 9º ano de exploração, que nos mostra a amortização do investimento na opção do 4º Sistema preconizado face aos restantes sistemas de menor gasto energético, nomeadamente o Sistema 1, 3 e 5.

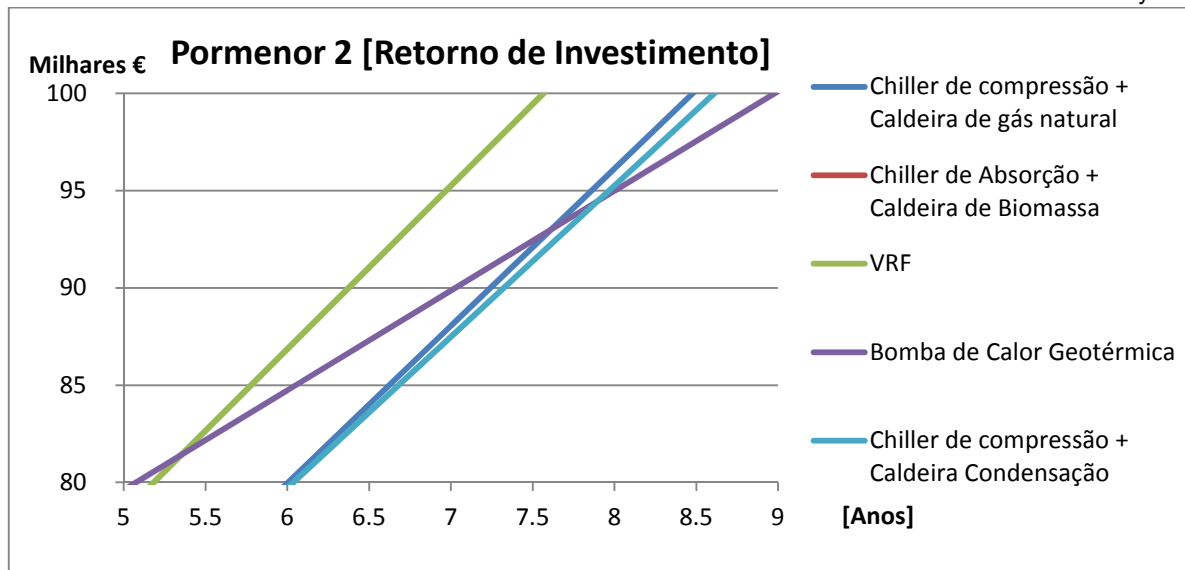


Gráfico 17 – 2º Período Crítico de Investimento e Retorno Financeiro

6. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Neste trabalho estudou-se a dificuldade que existe no projecto de dimensionamento de um complexo sistema AVAC, onde a concepção do sistema afecta totalmente a potência a instalar e o consecutivo consumo de energia de toda a instalação.

É nas unidades de produção que se consome a maior parte da energia (térmica). As medidas de maior impacto deverão ser aplicadas nestes equipamentos, no entanto é necessário sempre garantir o cumprimento das normas em vigor, assegurando o conforto e salubridade dos ocupantes.

Verificou-se que a alteração de sistema face ao de referência (limite de aprovação), por exemplo, pode conduzir a reduções significativas no consumo de energia, correspondentes a 83 424 kWh/ano, e nas emissões de Gases de Efeito de Estufa, correspondentes a 35,10 toneladas de CO₂.

Conclui-se que os elevados consumos de um grande edifício de serviços provêm principalmente do consumo de energia para a utilização final de iluminação, equipamentos e ventilação, sendo comprovada a necessidade de alienação de todas as especialidades consumidoras para uma possível resolução ambiental, energética e económica.

O gás natural é o combustível de menor custo unitário, que pelas suas propriedades caloríficas e de rendimento da instalação, nomeadamente em condensação, permite um rendimento global 20% superior (menos 9 780 kWh em aquecimento) e redução das emissões de GEE de 757 quilogramas anuais de CO₂ face a uma caldeira de biomassa, graças a uma combustão limpa e eficiente, evitando a utilização de filtros; em comparação a uma instalação sem mudança de fase, a condensação do gás natural permite um rendimento 11% superior (menos 5 315 kWh) e uma redução de 412 quilogramas de CO₂ libertados anualmente, obtidos essencialmente pelo funcionamento a baixa temperatura em virtude da utilização da tecnologia de condensação (aproveitamento dos gases de combustão). Outra grande vantagem deste combustível é a sua elevada disponibilidade (através de canalizações próprias), não necessitando de armazenamento.

O Baixo custo de aquisição da biomassa e o facto se correr menores riscos ambientais por si só não se revelam compensatórios do ponto de vista económico, devido sobretudo ao baixo poder calorífico deste combustível (maior quantidade consumida), além do facto de exigir elevada mão-de-obra para processos de armazenamento ou remoção de cinzas resultantes da queima.

O consumo eléctrico de um chiller de absorção é cerca de 24% superior ao consumo do chiller de compressão, apesar do Coeficiente de Performance ser bastante mais baixo (2/3 do chiller de compressão), concluindo que talvez esta tecnologia não seja a mais indicada para as cargas térmicas do edifício ou perfis de utilização do mesmo.

Relativamente à utilização de um Sistema de Climatização do tipo VRF, conclui-se que existe um moderado consumo de energia, considerando-se deste modo um sistema menos ecológico nas emissões de Gases de Efeito de Estufa. No entanto, propriedades como flexibilidade da rede e automatização do funcionamento de todo o sistema, aliado à disponibilidade imediata de utilização diária, pelo facto de necessitar apenas da fonte primária eléctrica, torna-se numa escolha óbvia de ponderação na fase de projecto de qualquer infraestrutura de climatização (aquecimento e/ou arrefecimento).

Os sistemas constituídos por Bomba de Calor efectuando a permuta exterior com o solo, são os mais economizadores de energia, permitindo poupanças até 71% relativamente a outros sistemas (Absorção e Biomassa), e de 18% face a sistemas do tipo VRF (mesma fonte eléctrica primária), no entanto, esta análise faria mais sentido numa comparação entre sistemas do mesmo género (Máquinas Frigoríficas/Bomba de Calor), variando apenas a fonte de calor exterior (ar e solo). Sistemas destes género permitiriam ainda a redução da potência instalada, face á elevada eficiência energética demonstrada no aproveitamento da imensa inércia térmica do subsolo.

Uma Bomba de Calor Geotérmica é o melhor investimento a longo prazo (amortizado em relação aos restantes, a partir do 8º ano), Um sistema constituído por Chiller (de compressão) para arrefecimento e Caldeira sem mudança de fase para aquecimento é favorável até ao 5º ano de exploração, face ao seu menor investimento inicial e manutenções reduzidas. Já um sistema semelhante, mas com caldeira de condensação considera-se pago ao 6º ano de exploração.

Relativamente à influência da aplicação da norma RCCTE na certificação do edificio verificou-se que esta obriga sobretudo um aumento de exigência da qualidade térmica da envolvente do mesmo.

Sobre a imposição do RSECE na certificação energética, conclui-se que visa garantir sobretudo o conforto dos ocupantes e a garantia da qualidade do ar, salubridade e higiene no interior do edificio.

No que diz respeito ao Sistema de Certificação Nacional, conclui-se que a pretensão é, para além de permitir uma maior informação sobre os consumos do edificio por parte de quem os utiliza, garantir a implantação de um sistema de qualidade que dê garantias de uma aplicação correcta de toda a regulamentação sem necessidade de grandes infra-estruturas (pesadas energética e financeiramente), promovendo a eficiência energética do edificio.

A nível da Qualidade do Ar Interior, seria também interessante verificar as funcionalidades e desempenho dos diferentes filtros que cada equipamento utiliza.

Como possível continuação do trabalho desenvolvido, e aproveitando a plataforma já desenvolvida, faria também sentido a comparação dos Indices de Eficiência obtidos, através de variações do coeficiente de transmissão térmica (U), impacto de infiltrações ou a variação da classe energética em função da localização ou orientação do edificio, expandindo as potencialidades do RCCTE em sintonia com sistemas de climatização, atingindo condições de conforto com o mínimo de gastos energéticos, promovendo sempre que o possível a climatização passiva.

Faria também sentido verificar a viabilidade de execução de outros sistemas com aplicação sobretudo em grandes indústrias ou grandes edificios de serviços, como a possibilidade de criação de “banco de gelo”, chiller arrefecido a água ou até a desmultiplicação da potência de uma caldeira unitária para vários módulos, funcionando em “cascata”, para utilização em períodos de vazio ou fora da estação de Inverno.

Por último, de salientar que haveria também espaço numa simulação deste género, para o teste da contribuição de fontes renováveis, nomeadamente a nível de painéis solares (por exemplo a nível de quantidade, forma, rendimento ou área efectiva), naturalmente com relevância para a redução dos níveis de gases emitidos e estudo de viabilidade económica obviamente.

È na continuidade da perspectiva deste trabalho que Portugal deve apostar de forma a ver cumpridos os seus compromissos relativamente ao Protocolo de Quioto, num processo de estabilização e limitação das taxas de Gases de Efeito de Estufa libertadas para a atmosfera.

Como nota final, fica o desafio para as indústrias actuais, tradicionalmente muito conservadoras e resistentes às mudanças, por vezes ainda regidas por técnicas rústicas, num mercado predominado sobretudo pelas preocupações de menor custo de instalação e equipamentos, ainda no processo de decisão e aquisição do sistema seleccionado, a promoção de sistemas e tecnologias alternativas que fomentem uma melhor racionalização do consumo de energia, soluções modernas e sofisticadas, eficientes e ecológicamente “limpas”, que respondam às exigências e preocupações actuais do nosso mundo.

7. Referências

- [ADENE]. (2008). *Perguntas & Respostas*. ADENE, Agência para a Energia.
- [ASHRAE1] (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Standard 55. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers.
- [ASHRAE2]. (2005). *ASHRAE Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers.
- [Pina dos Santos], Carlos; Matias, Luís (2006). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- [RCCTE]. (2006). *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril.
- [RSECE]. (2006). *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, 2006.
- [Pinho], Carlos M. C. T. (2010). *Sebenta de Gestão de Energia Térmica*. FEUP.
- [Fernandes], Eduardo de Oliveira (2009). *Edifícios, Energia e Ambiente – Reabilitação das Instalações e Sistemas de Climatização dos edifícios*. UP.
- [Flores], Deolinda (2010). *Que Futuro para os Combustíveis Fósseis?* Departamento de Geologia da FCUP e Centro de Geologia da UP. FCUP
- [Leal], Catarina Mendes (2011). *As relações Energéticas entre Portugal e a Nigéria, Riscos e Oportunidades*. IDN – Instituto de Defesa Nacional. Lisboa.
- [Gonçalves], Alexandre (2007). *Climatização. Conceção, Instalação e Condução de Sistemas*. Edições Orion. Amadora.
- [Soares], Carlos (2007). *Climatização. Conceção, Instalação e Condução de Sistemas*. Edições Orion. Amadora.
- [Borges], André E. A. C. (2007). *Estudo e Optimização Energética dos Novos Centros Comerciais à Luz da Nova Regulamentação*. Tese de dissertação. FEUP.
- [PEE], Plano de Eficiência Energética (2010). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*. Bruxelas.
- [DGEG], (2008). Direcção Geral de Energia e Geologia. *Estatísticas-Balanços Energéticos*. <http://www.dgge.pt/>
- [JOUE] *Jornal Oficial da União Europeia* (2009).
- [Águas], Miguel P. N. (2009). *Sebenta de Gestão da Energia*. IST. Lisboa.
- [AIE] Agência Internacional de Energia. www.aie.ineti.pt/
- [IEEI]. Instituto de Estudos Estratégicos e Internacionais. www.ieei.pt/
- [Vulcano]. *Catálogo Caldeiras Murais de Condensação*. Vulcano. Lisboa
- [EDP] Electricidade de Portugal. www.edpgas.pt/
- [CEEETA], (2009). *Tecnologias de Aproveitamento de Calor*. Centro de Estudos em Economia da Energia dos Transportes e do Ambiente. Lisboa.
- [Félix], Félix Térmica, Climatização e Canalização. www.felixtermica.com
- [Sanitop], www.sanitop.pt

Anexo A – Modelo Térmico do Trace 700.

Aquecimento

SYSTEM SUMMARY DESIGN HEATING CAPACITIES

By PM

Alternative 1

System Coil Capacities

System Description	System Type	Main System kW	Aux System kW	Preheat kW	Reheat kW	Humid. kW	Optional Vent kW	Stg 1 Desic Regen kW	Stg 2 Desic Regen kW	Stg 1 Frost Prevention kW	Stg 2 Frost Prevention kW	H
UTAN-1	Single Zone	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTA-2	Single Zone	-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTAN-3	Single Zone	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTAN-4	Single Zone	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTAN-5	Single Zone	-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UDP	Single Zone	-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sem Clima	Fan Coil	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zonas sem VentilapOo	Single Zone	-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Totals		-148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Building Plant Capacities

Plant	System	Peak Loads												Absor Lo. kW	
		Main Coil kW	Preheat Coil kW	Reheat Coil kW	Humid. Coil kW	Aux Coil kW	Opt Vent Coil kW	Misc Load kW	Stg 1 Desic. Regen. kW	Stg 2 Desic. Regen. kW	Stg 1 Frost Prev. kW	Stg 2 Frost Prev. kW	Base Utility kW		
Heating plant - 002		148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UTAN-1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UTA-2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UTAN-3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UTAN-4	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UTAN-5	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	UDP	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Sem Clima	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Zonas sem VentilapOo	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Building peak load is 147.9 kW.

Arrefecimento

SYSTEM SUMMARY DESIGN COOLING CAPACITIES

By PM

Alternative 1

Building Airside Systems and Plant Capacities

Plant	System	Peak Plant Loads							Block Plant Loads											
		Main Coil kW	Aux Coil kW	Opt Vent kW	Misc Load kW	Stg 1 Desic Cond kW	Stg 2 Desic Cond kW	Base Utility kW	Peak Total kW	Time Of Peak mo/hr	Main Coil kW	Aux Coil kW	Opt Vent kW	Misc Load kW	Stg 1 Desic Cond kW	Stg 2 Desic Cond kW	Base Utility kW	Blo Tot kW		
Cooling plant - 001		166.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.6	8/16	151.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15		
	UTAN-1	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	8/16	20.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20		
	UTA-2	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9	8/16	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17		
	UTAN-3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	8/16	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2		
	UTAN-4	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.1	8/16	30.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30		
	UTAN-5	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	8/16	37.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37		
	UDP	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	8/16	32.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32		
	Sem Clima	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	8/16	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4		
	Zonas sem VentilapOo	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	8/16	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5		
Building totals		166.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.6		151.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15		

Building peak load is 166.6 kW.

Building maximum block load of 151.1 kW occurs in Agosto at hour 11 based on system simulation.

Anexo B – Consumo Energético dos Sistemas - Trace 700.

Chiller de Compressão e Caldeira de Gás Natural

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By PM					
	Elect Cons. (kWh)	Gas Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Sou. Energy* (kWh/yr)
Alternative 1					
Primary heating					
Primary heating		54,211	35.1 %	54,211	57,064
Other Htg Accessories	340		0.2 %	340	1,021
Heating Subtotal	340	54,211	35.3 %	54,552	58,086
Primary cooling					
Cooling Compressor	9,738		6.3 %	9,738	29,216
Tower/Cond Fans	1,339		0.9 %	1,339	4,018
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	324		0.2 %	324	973
Cooling Subtotal....	11,401		7.4 %	11,401	34,206
Auxiliary					
Supply Fans			0.0 %	0	0
Pumps	1,637		1.1 %	1,637	4,911
Stand-alone Base Utilities			0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	1,637		1.1 %	1,637	4,911
Lighting					
Lighting	40,000		25.9 %	40,000	120,012
Receptacle					
Receptacles	46,882		30.4 %	46,882	140,660
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	100,260	54,211	100.0 %	154,471	357,875
<p>* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value. ** Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.</p>					
Project Name: Country Club Dataset Name: TESTE 1.trc			TRACE® 700 v6.2.6.5 calculated at 02:18 PM on 07/14/2010 Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1		

Chiller de Absorção e Caldeira de Biomassa

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY						
By PM						
	Elect Cons. (kWh)	Water Cons. (kL)	Wood Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
Alternative 2						
Primary heating						
Primary heating			58,676	28.7 %	58,676	58,676
Other Htg Accessories	7,111	80		3.5 %	7,111	21,334
Heating Subtotal	7,111	80	58,676	32.2 %	65,786	80,010
Primary cooling						
Cooling Compressor		42	30,547	15.0 %	30,547	30,547
Tower/Cond Fans	10,873	249		5.3 %	10,873	32,622
Condenser Pump	696			0.3 %	696	2,088
Other Clg Accessories	5,238			2.6 %	5,238	15,714
Cooling Subtotal....	16,806	290	30,547	23.2 %	47,353	80,971
Auxiliary						
Supply Fans				0.0 %	0	0
Pumps	4,120			2.0 %	4,120	12,362
Stand-alone Base Utilities				0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	4,120			2.0 %	4,120	12,362
Lighting						
Lighting	40,000			19.6 %	40,000	120,012
Receptacle						
Receptacles	46,882			23.0 %	46,882	140,660
Cogeneration						
Cogeneration				0.0 %	0	0
Totals						
Totals**	114,919	370	89,222	100.0 %	204,142	434,015
<p>* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value. ** Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.</p>						
Project Name: Country Club			TRACE® 700 v6.2.6.5 calculated at 02:18 PM on 07/14/2010			
Dataset Name: TESTE 1.trc			Alternative - 2 Energy Consumption Summary report page 1			

VRF

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By PM					
	Elect Cons. (kWh)		% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Sou Energy* (kWh/yr)
Alternative 3					
Primary heating					
Primary heating	21,518		16.8 %	21,518	64,562
Other Htg Accessories	215		0.2 %	215	645
Heating Subtotal	21,733		17.0 %	21,733	65,207
Primary cooling					
Cooling Compressor	10,310		8.0 %	10,310	30,932
Tower/Cond Fans	9,145		7.1 %	9,145	27,439
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	103		0.1 %	103	309
Cooling Subtotal....	19,558		15.3 %	19,558	58,680
Auxiliary					
Supply Fans			0.0 %	0	0
Pumps			0.0 %	0	0
Stand-alone Base Utilities			0.0 %	0	0
Aux Subtotal....			0.0 %	0	0
Lighting					
Lighting	40,000		31.2 %	40,000	120,012
Receptacle					
Receptacles	46,882		36.6 %	46,882	140,660
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	128,174		100.0 %	128,174	384,559
<p>* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value. ** Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.</p>					
Project Name: Country Club Dataset Name: TESTE 1.trc			TRACE® 700 v6.2.6.5 calculated at 02:18 PM on 07/14/2010 Alternative - 3 Energy Consumption Summary report page 1		

Bomba de Calor Geotérmica

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By PM					
	Elect Cons. (kWh)		% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Source Energy* (kWh/yr)
Alternative 4					
Primary heating					
Primary heating	9,586		9.4 %	9,586	28,761
Other Htg Accessories	112		0.1 %	112	335
Heating Subtotal	9,698		9.5 %	9,698	29,097
Primary cooling					
Cooling Compressor	4,056		4.0 %	4,056	12,169
Tower/Cond Fans			0.0 %	0	0
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	47		0.1 %	47	142
Cooling Subtotal....	4,103		4.0 %	4,103	12,310
Auxiliary					
Supply Fans			0.0 %	0	0
Pumps	1,253		1.2 %	1,253	3,758
Stand-alone Base Utilities			0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	1,253		1.2 %	1,253	3,758
Lighting					
Lighting	40,000		39.2 %	40,000	120,012
Receptacle					
Receptacles	46,882		46.0 %	46,882	140,660
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	101,936		100.0 %	101,936	305,838
<p>* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value. ** Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.</p>					
Project Name: Country Club Dataset Name: TESTE 1.trc			TRACE® 700 v6.2.6.5 calculated at 02:18 PM on 07/14/2010 Alternative - 4 Energy Consumption Summary report page 1		

Chiller de Compressão e Caldeira de Condensação

ENERGY CONSUMPTION SUMMARY					
By PM					
	Elect Cons. (kWh)	Gas Cons. (kWh)	% of Total Building Energy	Total Building Energy (kWh/yr)	Total Sou Energy* (kWh/yr)
Alternative 1					
Primary heating					
Primary heating		48,896	32.8 %	48,896	51,470
Other Htg Accessories	340		0.2 %	340	1,021
Heating Subtotal	340	48,896	33.0 %	49,237	52,491
Primary cooling					
Cooling Compressor	9,738		6.5 %	9,738	29,216
Tower/Cond Fans	1,339		0.9 %	1,339	4,018
Condenser Pump			0.0 %	0	0
Other Clg Accessories	324		0.2 %	324	973
Cooling Subtotal....	11,401		7.6 %	11,401	34,206
Auxiliary					
Supply Fans			0.0 %	0	0
Pumps	1,637		1.1 %	1,637	4,911
Stand-alone Base Utilities			0.0 %	0	0
Aux Subtotal....	1,637		1.1 %	1,637	4,911
Lighting					
Lighting	40,000		26.8 %	40,000	120,012
Receptacle					
Receptacles	46,882		31.4 %	46,882	140,660
Cogeneration					
Cogeneration			0.0 %	0	0
Totals					
Totals**	100,260	48,896	100.0 %	149,156	352,280
<p>* Note: Resource Utilization factors are included in the Total Source Energy value. ** Note: This report can display a maximum of 7 utilities. If additional utilities are used, they will be included in the total.</p>					
Project Name: Country Club Dataset Name: TESTES 2.TRC			TRACE® 700 v6.2.6.5 calculated at 02:29 PM on 07/14/2010 Alternative - 1 Energy Consumption Summary report page 1		

Anexo C - Perfis Nominais de ocupação e equipamentos para as diferentes tipologias do edifício segundo o RSECE.

Pequenas Lojas:

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	0	0	0
8 h às 9 h	30	30	0
9 h às 10 h	90	90	0
10 h às 11 h	90	90	0
11 h às 12 h	90	90	0
12 h às 13 h	40	40	0
13 h às 14 h	40	40	0
14 h às 15 h	90	90	0
15 h às 16 h	90	90	0
16 h às 17 h	90	90	0
17 h às 18 h	95	95	0
18 h às 19 h	100	100	0
19 h às 20 h	15	15	0
20 h às 21 h	0	0	0
21 h às 22 h	0	0	0
22 h às 23 h	0	0	0
23 h às 24 h	0	0	0

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	5	5	5
1 h às 2 h	5	5	5
2 h às 3 h	5	5	5
3 h às 4 h	5	5	5
4 h às 5 h	5	5	5
5 h às 6 h	5	5	5
6 h às 7 h	5	5	5
7 h às 8 h	5	5	5
8 h às 9 h	50	50	5
9 h às 10 h	100	100	5
10 h às 11 h	90	90	5
11 h às 12 h	90	90	5
12 h às 13 h	45	45	5
13 h às 14 h	45	45	5
14 h às 15 h	90	90	5
15 h às 16 h	90	90	5
16 h às 17 h	90	90	5
17 h às 18 h	90	90	5
18 h às 19 h	90	90	5
19 h às 20 h	5	5	5
20 h às 21 h	5	5	5
21 h às 22 h	5	5	5
22 h às 23 h	5	5	5
23 h às 24 h	5	5	5

Restaurantes:

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	0	0	0
8 h às 9 h	5	5	5
9 h às 10 h	5	5	5
10 h às 11 h	20	20	10
11 h às 12 h	50	45	20
12 h às 13 h	100	50	25
13 h às 14 h	90	50	25
14 h às 15 h	40	35	15
15 h às 16 h	20	20	20
16 h às 17 h	25	25	25
17 h às 18 h	35	35	35
18 h às 19 h	75	75	55
19 h às 20 h	75	85	65
20 h às 21 h	75	85	70
21 h às 22 h	50	65	35
22 h às 23 h	35	55	20
23 h às 24 h	20	35	20

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	45	45	45
1 h às 2 h	45	45	45
2 h às 3 h	45	45	45
3 h às 4 h	45	45	45
4 h às 5 h	45	45	45
5 h às 6 h	45	45	45
6 h às 7 h	60	50	55
7 h às 8 h	70	60	60
8 h às 9 h	85	70	65
9 h às 10 h	90	75	75
10 h às 11 h	95	80	90
11 h às 12 h	100	85	95
12 h às 13 h	100	90	95
13 h às 14 h	100	85	95
14 h às 15 h	90	80	95
15 h às 16 h	90	85	80
16 h às 17 h	90	80	55
17 h às 18 h	90	90	55
18 h às 19 h	90	95	75
19 h às 20 h	100	100	80
20 h às 21 h	100	100	80
21 h às 22 h	100	100	75
22 h às 23 h	80	95	60
23 h às 24 h	50	70	30

Bingos e Clubes Sociais:

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	80	80	80
1 h às 2 h	65	65	65
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	0	0	0
8 h às 9 h	0	0	0
9 h às 10 h	0	0	0
10 h às 11 h	0	0	0
11 h às 12 h	0	0	0
12 h às 13 h	0	0	0
13 h às 14 h	0	0	0
14 h às 15 h	0	0	0
15 h às 16 h	35	80	80
16 h às 17 h	40	65	65
17 h às 18 h	45	0	0
18 h às 19 h	55	0	0
19 h às 20 h	55	0	0
20 h às 21 h	55	0	0
21 h às 22 h	60	0	0
22 h às 23 h	80	0	0
23 h às 24 h	80	0	0

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	100	100	100
1 h às 2 h	50	50	50
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	0	0	0
8 h às 9 h	0	0	0
9 h às 10 h	0	0	0
10 h às 11 h	0	0	0
11 h às 12 h	0	0	0
12 h às 13 h	0	0	0
13 h às 14 h	0	0	0
14 h às 15 h	0	0	0
15 h às 16 h	20	20	20
16 h às 17 h	25	25	25
17 h às 18 h	35	35	35
18 h às 19 h	45	45	45
19 h às 20 h	60	60	60
20 h às 21 h	75	75	75
21 h às 22 h	85	85	85
22 h às 23 h	95	95	95
23 h às 24 h	100	100	100

Clubes Desportivos Com Piscina:

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	25	25	0
8 h às 9 h	75	75	0
9 h às 10 h	75	75	0
10 h às 11 h	100	100	0
11 h às 12 h	100	100	0
12 h às 13 h	100	100	0
13 h às 14 h	100	100	0
14 h às 15 h	100	100	0
15 h às 16 h	100	100	0
16 h às 17 h	100	100	0
17 h às 18 h	100	100	0
18 h às 19 h	100	100	0
19 h às 20 h	100	100	0
20 h às 21 h	50	50	0
21 h às 22 h	0	0	0
22 h às 23 h	0	0	0
23 h às 24 h	0	0	0

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	15	15	0
8 h às 9 h	40	40	0
9 h às 10 h	45	45	0
10 h às 11 h	45	45	0
11 h às 12 h	45	45	0
12 h às 13 h	35	35	0
13 h às 14 h	70	70	0
14 h às 15 h	80	80	0
15 h às 16 h	90	90	0
16 h às 17 h	95	95	0
17 h às 18 h	100	100	0
18 h às 19 h	50	50	0
19 h às 20 h	45	45	0
20 h às 21 h	45	45	0
21 h às 22 h	30	30	0
22 h às 23 h	0	0	0
23 h às 24 h	0	0	0

Clubes Desportivos Sem Piscina:

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	15	0	0
8 h às 9 h	35	0	0
9 h às 10 h	40	0	0
10 h às 11 h	55	0	0
11 h às 12 h	55	0	0
12 h às 13 h	40	0	0
13 h às 14 h	100	0	0
14 h às 15 h	100	0	0
15 h às 16 h	100	0	0
16 h às 17 h	100	0	0
17 h às 18 h	75	0	0
18 h às 19 h	50	0	0
19 h às 20 h	50	0	0
20 h às 21 h	50	0	0
21 h às 22 h	35	0	0
22 h às 23 h	30	0	0
23 h às 24 h	0	0	0

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0 h às 1 h	0	0	0
1 h às 2 h	0	0	0
2 h às 3 h	0	0	0
3 h às 4 h	0	0	0
4 h às 5 h	0	0	0
5 h às 6 h	0	0	0
6 h às 7 h	0	0	0
7 h às 8 h	15	0	0
8 h às 9 h	40	0	0
9 h às 10 h	45	0	0
10 h às 11 h	45	0	0
11 h às 12 h	45	0	0
12 h às 13 h	35	0	0
13 h às 14 h	70	0	0
14 h às 15 h	80	0	0
15 h às 16 h	90	0	0
16 h às 17 h	95	0	0
17 h às 18 h	100	0	0
18 h às 19 h	50	0	0
19 h às 20 h	45	0	0
20 h às 21 h	45	0	0
21 h às 22 h	30	0	0
22 h às 23 h	20	0	0
23 h às 24 h	0	0	0

Escritórios:

% de Ocupação		
Horas	Segunda a Sexta	Fins-de-semana
0 h às 1 h	0	0
1 h às 2 h	0	0
2 h às 3 h	0	0
3 h às 4 h	0	0
4 h às 5 h	0	0
5 h às 6 h	0	0
6 h às 7 h	10	0
7 h às 8 h	20	0
8 h às 9 h	50	0
9 h às 10 h	90	0
10 h às 11 h	100	0
11 h às 12 h	100	0
12 h às 13 h	50	0
13 h às 14 h	70	0
14 h às 15 h	90	0
15 h às 16 h	100	0
16 h às 17 h	80	0
17 h às 18 h	50	0
18 h às 19 h	20	0
19 h às 20 h	10	0
20 h às 21 h	0	0
21 h às 22 h	0	0
22 h às 23 h	0	0
23 h às 24 h	0	0

% de Equipamento		
Horas	Segunda a Sexta	Fins-de-semana
0 h às 1 h	15	15
1 h às 2 h	15	15
2 h às 3 h	15	15
3 h às 4 h	15	15
4 h às 5 h	15	15
5 h às 6 h	15	15
6 h às 7 h	30	15
7 h às 8 h	70	15
8 h às 9 h	85	15
9 h às 10 h	95	15
10 h às 11 h	100	15
11 h às 12 h	95	15
12 h às 13 h	70	15
13 h às 14 h	70	15
14 h às 15 h	95	15
15 h às 16 h	100	15
16 h às 17 h	90	15
17 h às 18 h	70	15
18 h às 19 h	45	15
19 h às 20 h	25	15
20 h às 21 h	15	15
21 h às 22 h	15	15
22 h às 23 h	15	15
23 h às 24 h	15	15

Anexo D - Cálculo do IEE (RSECE) - Classificação Energética

		Classe Energética	IEE _{nom} [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	$IEE_{ref} + 2.S < IEE_{nom}$

Anexo E - Classe Energética e Emissões de CO₂ dos Sistemas preconizados.

Sistema 1 Chiller de compressão + Caldeira de gás natural

Total das Áreas Úteis

Clube Desportivo Sem Piscina	381.17 m ²
Clube Desportivo Com Piscina	229.52 m ²
Restaurante	221.84 m ²
Pequenas Lojas	66.35 m ²
Escritórios	475.60 m ²
Bingos e Clubes Sociais	304.54 m ²
Área Total	2105.03 m²

Área Tratada	1679.02 m²
---------------------	------------------------------

Área Exterior	2027.54 m ²
Área Interior	204.32 m ²
Pé direito	3.18 m
Volume	6333.60 m ³
FF	0.36
GD	0.00

RCOTE	Nº Local	1379	58.62 kWh/m ² .ano
	Nº Referência (GD) (arquit.)	1000	44.06 kWh/m ² .ano
	Fcv		0.75

RCOTE	Nº Local		22.06 kWh/m ² .ano
	Nº Referência (GD) (arquit.)		16.06 kWh/m ² .ano
	Fcv		0.73

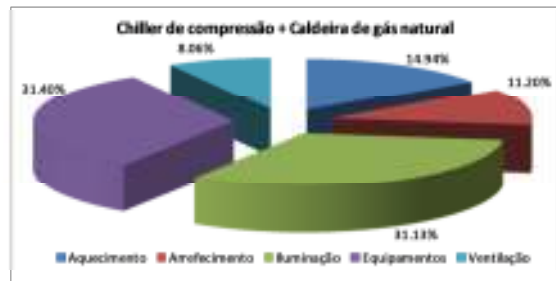
RSECE	IEE Nominal	25.79	kgep/(m ² .ano)
	IEE ponderado	37.83	kgep/(m ² .ano)

Chiller de compressão + Caldeira de gás natural		[kWh/ano]	
AVAC	Aquecimento	13640	6.95%
		54211	27.62%
	Arrefecimento	22997	11.72%
Outros	Iluminação	46480	23.68%
	Equipamentos	46882	23.89%
	Ventilação e Bombas	12036	6.13%
	Energia Total	196246	kWh/ano
	93.23	kWh/m².ano	

Classe Energética

IEE Nominal	25.79	[kgep/m ² .ano]
IEE ponderado	37.83	[kgep/m ² .ano]
Emissões de GEE	65.15	Toneladas CO ₂ equivalentes por ano

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37.83	17.59	



Factor conversão	[kgep/ano]	[kgep/m ² .ano]	
0.29	2969.24	1.77	14.94%
0.086	3499.69	2.08	
0.29	4850.29	2.89	11.20%
0.086	0.00	0.00	
0.29	13479.20	8.03	31.13%
0.29	13595.78	8.10	31.40%
0.29	3490.45	2.08	8.06%

41884.66 25.79
65.15 ton.CO₂

Classe E	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	25.79	24.64	
A	24.64	25.79	29.04
B	29.04	25.79	33.43
B-	33.43	25.79	37.83
C	37.83	25.79	46.62
D	46.62	25.79	55.42
E	55.42	25.79	64.21
F	64.21	25.79	73.01
G	73.01	25.79	

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club

Sistema 2 Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa

Total das Áreas Úteis

Clube Desportivo Sem Piscina	381.17 m ²
Clube Desportivo Com Piscina	229.52 m ²
Restaurante	221.84 m ²
Pequenas Lojas	66.35 m ²
Escritórios	475.60 m ²
Bingos e Clubes Sociais	304.54 m ²
Área Total	2105.03 m²

Área Tratada	1679.02 m²
---------------------	------------------------------

Auxiliar	2027.54 m ²
r/Auxiliar	204.32 m ²
Pé direito	3.18 m
Volumen	4333.62 m ³
FF	0.26

ROCTE	GD		
Nv Local	1379	58.62	kWh/m ² .ano
Nv Referência (GD _{base})	1000	44.00	kWh/m ² .ano
Fcv		0.75	

ROCTE			
Nv Local		22.06	kWh/m ² .ano
Nv Referência (GD _{base})		16.00	kWh/m ² .ano
Fcv		0.75	

RSECE	IEE Nominal		kgep/(m ² .ano)
	IEE ponderado	37.83	kgep/(m ² .ano)

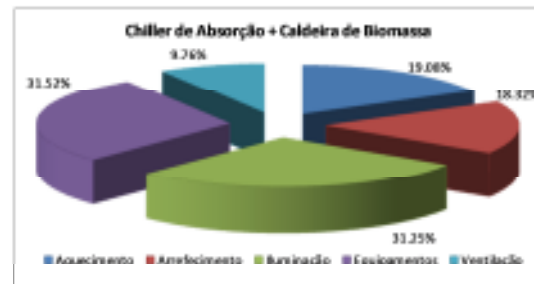
Chiller de Absorção + Caldeira de Biomassa		[kWh/ano]	
AVAC	Aquecimento	20411	10.40%
		58676	29.90%
	Arrefecimento	28402	14.47%
		30547	15.57%
Outros	Iluminação	46480	23.68%
	Equipamentos	46882	23.89%
	Ventilação e Bombas	14519	7.40%

Energia Total		245917 kWh/ano	
		116.82 kWh/m ² .ano	

Classe Energética

IEE Nominal	25.69	[kgep/m ² .ano]
IEE ponderado	37.83	[kgep/m ² .ano]
Emissões de GEE	64.90	Toneladas CO ₂ equivalentes por ano

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37.83	17.59	



Factor conversão	[kgep/ano]	[kgep/m ² .ano]	
0.29	4443.23	2.65	19.08%
0.086	3787.94	2.26	
0.29	5990.25	3.57	18.32%
0.086	1910.58	1.14	
0.29	13479.20	8.03	31.25%
0.29	13595.78	8.10	31.52%
0.29	4210.52	2.51	9.76%

47417.50	25.69
64.90 ton.CO ₂	

Classe E.	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	25.69	24.64	
A	24.64	25.69	29.04
B	29.04	25.69	33.43
B-	33.43	25.69	37.83
C	37.83	25.69	46.62
D	46.62	25.69	55.42
E	55.42	25.69	64.21
F	64.21	25.69	73.01
G	73.01	25.69	

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club

Sistema 3 VRF

Total das Áreas Úteis

Clube Desportivo Sem Piscina	381.17 m ²
Clube Desportivo Com Piscina	229.52 m ²
Restaurante	221.84 m ²
Pequenas Lojas	66.35 m ²
Escritórios	475.60 m ²
Bingos e Clubes Sociais	304.54 m ²
Área Total	2105.03 m²

Área Tratada	1679.02 m²
---------------------	------------------------------

Auxiliar	2027.54 m ²
Arquitetónico	254.32 m ²
Pi. deslido	3.18 m ²
Volume	6333.62 m ³
CF	0.38

ROCTE	300	
Nº Local	1379	58.62 kWh/m ² .ano
Nº Referência (GD/Arquitet.)	1000	44.00 kWh/m ² .ano
Fcv		0.75

ROCTE		
Nº Local		22.06 kWh/m ² .ano
Nº Referência (GD/Arquitet.)		16.00 kWh/m ² .ano
Fcv		0.75

RSECE	IEE Nominal		kgep/(m ² .ano)
	IEE ponderado	37.83	kgep/(m ² .ano)

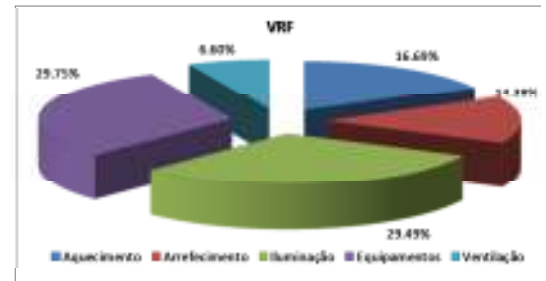
VRF		[kWh/ano]	
AVAC	Aquecimento	35033	17.85%
	Arrefecimento	31154	15.88%
Outros	Iluminação	46480	23.68%
	Equipamentos	46882	23.89%
	Ventilação e Bombas	10399	5.30%

Energia Total	169948 kWh/ano
	80.73 kWh/m ² .ano

Classe Energética

IEE Nominal	27.22	[kgep/m ² .ano]
IEE ponderado	37.83	[kgep/m ² .ano]
Emissões de GEE	68.76	Toneladas CO ₂ equivalentes por ano

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37.83	17.59	



Factor conversão	[kgep/ano]	[kgep/m ² .ano]	
0.29	7626.32	4.54	16.69%
0.086	0.00	0.00	
0.29	6570.68	3.91	14.38%
0.086	0.00	0.00	
0.29	13479.20	8.03	29.49%
0.29	13595.78	8.10	29.75%
0.29	3015.72	1.80	6.60%

44287.70	27.22
68.76 ton.CO ₂	

Classe E.	IEE nom [kgep/m ² .ano]	
A+	27.22	24.64
A	24.64	29.04
B	29.04	33.43
B-	33.43	37.83
C	37.83	46.62
D	46.62	55.42
E	55.42	64.21
F	64.21	73.01
G	73.01	27.22

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo: Country Club

Sistema 4 Bomba de Calor Geotérmica

Total das Áreas Úteis

Clube Desportivo Sem Piscina	381.17 m ²
Clube Desportivo Com Piscina	229.52 m ²
Restaurante	221.84 m ²
Pequenas Lojas	66.35 m ²
Escritórios	475.60 m ²
Bingos e Clubes Sociais	304.54 m ²

Área Total	2105.03 m ²
------------	------------------------

Área Tratada	1679.02 m ²
--------------	------------------------

Assentor	2027.54 m ²
r ² Assentor	264.32 m ²
Pé direito	3.18 m
Volume	8333.63 m ³
CF	0.38

RCCTE	Nv Local	1379	58.62 kWh/m ² .ano
	Nv Referência (GD _{base})	1000	-44.06 kWh/m ² .ano
	Fcl		0.75

RCCTE	Nv Local		22.06 kWh/m ² .ano
	Nv Referência (GD _{base})		19.06 kWh/m ² .ano
	r _{cv}		0.73

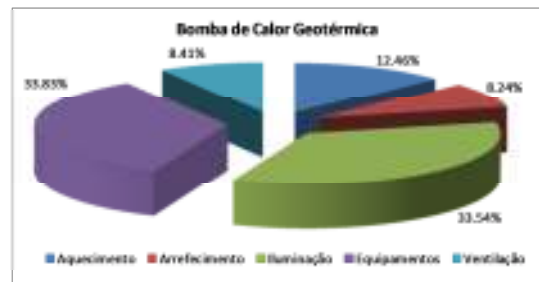
RSECE	IEE Nominal		kgep/(m ² .ano)
	IEE ponderado	37.83	kgep/(m ² .ano)

Bomba de Calor Geotérmica		[kWh/ano]	
AVAC	Aquecimento	22998	11.72%
	Arrefecimento	15699	8.00%
Outros	Iluminação	46480	23.68%
	Equipamentos	46882	23.89%
	Ventilação e Bombas	11652	5.94%
Energia Total		143711 kWh/ano	
		68.27 kWh/m ² .ano	

Classe Energética

IEE Nominal	23.94	[kgep/m ² .ano]
IEE ponderado	37.83	[kgep/m ² .ano]
Emissões de GEE	60.46	Toneladas CO ₂ equivalentes por ano

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37.83	17.59	



Factor conversão	[kgep/ano]	[kgep/m ² .ano]	
0.29	5006.40	2.98	12.46%
0.086	0.00	0.00	
0.29	3311.08	1.97	8.24%
0.086	0.00	0.00	
0.29	13479.20	8.03	33.54%
0.29	13595.78	8.10	33.83%
0.29	3379.09	2.01	8.41%

38771.55 23.94
60.46 ton.CO₂

Classe E.	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	23.94	24.64	A+
A	24.64	29.04	
B	29.04	33.43	
B-	33.43	37.83	
C	37.83	46.62	
D	46.62	55.42	
E	55.42	64.21	
F	64.21	73.01	
G	73.01		

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo:
Country Club

Sistema 5 Chiller de compressão + Caldeira Condensação

Total das Áreas Úteis

Clube Desportivo Sem Piscina	381.17 m ²
Clube Desportivo Com Piscina	229.52 m ²
Restaurante	221.84 m ²
Pequenas Lojas	66.35 m ²
Escritórios	475.60 m ²
Bingos e Clubes Sociais	304.54 m ²

Área Total	2105.03 m ²
------------	------------------------

Área Tratada	1679.02 m ²
--------------	------------------------

Asentor	2027.54 m ²
r'Anterior	204.32 m ²
Pó distão	3.18 m
Volume	4222.63 m ³
CF	0.38

RCOTE	1379	58.62 kWh/m ² .ano
Nº Referência (GD _{1000h})	1000	44.06 kWh/m ² .ano
Fcl		0.75

RCOTE	Nº Local	22.06 kWh/m ² .ano
	Nº Referência (GD _{1000h})	16.06 kWh/m ² .ano
	r'cv	0.75

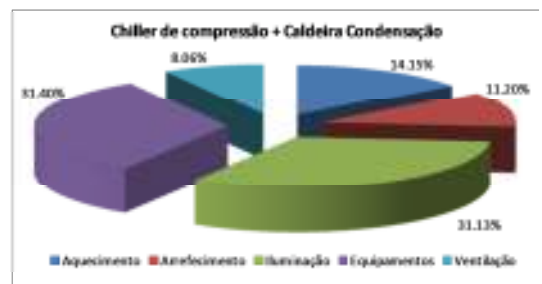
RSECE	IEE Nominal		kgep/(m ² .ano)
	IEE ponderado	37.83	kgep/(m ² .ano)

Chiller de compressão + Caldeira Condensação		[kWh/ano]	
AVAC	Aquecimento	13640	6.95%
		48896	24.92%
	Arrefecimento	22997	11.72%
Outros	Iluminação	46480	23.68%
	Equipamentos	46882	23.89%
	Ventilação e Bombas	12036	6.13%
Energia Total		190931 kWh/ano	
		90.70 kWh/m ² .ano	

Classe Energética

IEE Nominal	25.59	[kgep/m ² .ano]
IEE ponderado	37.83	[kgep/m ² .ano]
Emissões de GEE	64.63	Toneladas CO ₂ equivalentes por ano

Tipologia	IEE [kgep/m ² .ano]	S [kgep/m ² .ano]	Aquecimento + Arrefecimento
Clube Desportivo Sem Piscina	20	16	sim
Clube Desportivo Com Piscina	25	17	sim
Restaurante	120	33	sim
Pequenas Lojas	35	26	sim
Escritórios	35	15	sim
Bingos e Clubes Sociais	15	11	sim
Ponderado	37.83	17.59	



Factor conversão	[kgep/ano]	[kgep/m ² .ano]	
0.29	2969.24	1.77	14.15%
0.086	3156.57	1.88	
0.29	4850.29	2.89	11.20%
0.086	0.00	0.00	
0.29	13479.20	8.03	31.13%
0.29	13595.78	8.10	31.40%
0.29	3490.45	2.08	8.06%

41541.54 25.59
64.63 ton.CO₂

Classe E.	IEE nom [kgep/m ² .ano]		
A+	24.64	25.59	24.64
A	24.64	25.59	29.04
B	29.04	25.59	33.43
B-	33.43	25.59	37.83
C	37.83	25.59	46.62
D	46.62	25.59	55.42
E	55.42	25.59	64.21
F	64.21	25.59	73.01
G	73.01	25.59	

Anexo F - Envolvente Térmica

Coeficiente de Transmissão Térmica (U)

Parede Exterior Enterrada					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)	U max
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	0.8	0.03	0.57	1.8
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0.11		0.27		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Parede de Betão	0.18	1.65	0.11		
Reboco interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Parede Exterior Tipo I					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)	U max
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	0.8	0.03	0.45	1.8
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0.11		0.27		
Caixa de ar	0.02		0.17		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Alvenaria de tijolo furado normal 15	0.15		0.39		
Reboco interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Parede Exterior Tipo II					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)	U max
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	0.8	0.03	0.59	1.8
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07		0.19		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Parede de Betão	0.2	1.65	0.12		
Reboco interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Ponte Térmica Plana					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)	U max
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	0.8	0.03	0.59	1.8
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07		0.19		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Parede em betão	0.21	1.65	0.13		
Reboco interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Ponte Térmica Plana Piscina					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²C/W)	U (W/m²C)	U max
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	0.72	0.03	0.59	1.8
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07		0.19		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Parede em betão	0.2	1.65	0.12		
Reboco interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Cobertura Inclinada					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Telha Nacional Canudo	0.07	0.41	0.17	0.50	1.25
Subtelha do tipo "onduline"	0.01	110	0.00		
Placas de Isolante Térmico Painel Sandwich	0.06	0.037	1.62		
Masseira - MDF	0.015	0.25	0.06		
Resistencia de Superficiais Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Laje de Cobertura					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Tijoleira tipo "Fojo Rústico"	0.02	0.6	0.03	0.69	1.25
Betonilha de Regularização	0.04	2	0.02		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Camada de Forma	0.07	2	0.04		
Betão Armado	0.26	2	0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Cobertura Piscina					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Godo lavado	0.08	1.3	0.06	0.42	1.25
Geotextil	0.01	0.22	0.05		
Lâ de Rocha	0.08	0.042	1.90		
Chapa lacada	0.01	7	0.00		
Caixa de ar			0.16		
Placa de Gesso Cartonado	0.013	0.25	0.05		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Parede Interior Tipo I					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	1.33	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11		0.27		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Tipo II					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	1.15	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.15		0.39		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Tipo III					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	1.00	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.2		0.52		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Tipo IV					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	0.96	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.25		0.56		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Tipo V					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	1.49	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.07		0.19		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Dupla I					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	0.79	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.15		0.39		
Caixa de Ar	0.05		0.11		
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11		0.28		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Dupla II					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	0.82	1.8
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11		0.28		
Caixa de Ar	0.03		0.18		
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11		0.28		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Betão Tipo I					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	0.68	1.8
Lã de Rocha	0.04	0.04	1.00		
Parede em Betão	0.18	1.65	0.11		
Resistencia de Superficiais Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Parede Interior Betão Tipo II					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11	0.67	1.8
Lã de Rocha	0.04	0.04	1.00		
Parede em Betão	0.2	1.65	0.12		
Resistencia de Superficiais Interior			0.13		
Resistencia Superficial Interior			0.13		

Laje de Pavimento Tipo I					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Revestimento Cerâmico	0.02	0.5	0.04	0.57	1.25
Camada de Assentamento	0.02	1.8	0.01		
Betonilha de Regularização	0.05	2	0.03		
Massame Armado	0.1	2	0.05		
XPS	0.05	0.037	1.35		
Betonilha de Regularização	0.05	2	0.03		
Enrocamento	0.2	2	0.10		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Laje de Pavimento Tipo II					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Revestimento Cerâmico	0.02	0.5	0.04	0.55	1.25
Camada de Assentamento	0.02	1.8	0.01		
Betonilha de Regularização	0.08	2	0.04		
Massame Armado	0.1	2	0.05		
XPS	0.05	0.037	1.35		
Betonilha de Regularização	0.05	2	0.03		
Enrocamento	0.3	2	0.15		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Pavimento Interior					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Revestimento Cerâmico	0.02	0.5	0.04	0.82	1.25
Camada de Assentamento	0.023	1.8	0.01		
Betonilha de Regularização	0.08	2	0.04		
Laje Betão	0.24	0.85	0.28		
XPS	0.02	0.037	0.54		
Reboco Interior	0.02	0.18	0.11		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.1		

Pavimento Piscina					
Material	Espessura (m)	λ(W/m°C)	R (m²°C/W)	U (W/m²°C)	U max
Material Cerâmico	0.02	0.5	0.04	0.65	1.25
Camada de Assentamento	0.02	1.8	0.01		
XPS	0.04	0.037	1.08		
Betonilha de Regularização	0.08	2	0.04		
Betão Armado	0.2	0.85	0.24		
Resistencia Superficial Interior			0.1		
Resistencia Superficial Exterior			0.04		

Massa Superficial Útil (Msi):

Parede Exterior Enterrada				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	1600	32.00	537.60
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0.11	1200	132.00	372.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Parede de Betão	0.18	2000	360.00	
Reboco interior	0.02	600	12.00	
		Total	537.60	

Parede Exterior Tipo I				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	1600	32.00	357.60
Alvenaria de tijolo furado normal 11	0.11	1200	132.00	192.00
Caixa de ar	0.02			150.00
XPS	0.04	40	1.60	
Alvenaria de tijolo furado normal 15	0.15	1200	180.00	
Reboco interior	0.02	600	12.00	
		Total	357.60	

Parede Exterior Tipo II				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	1600	32.00	529.60
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07	1200	84.00	412.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Parede de Betão	0.2	2000	400.00	
Reboco interior	0.02	600	12.00	
		Total	529.60	

Ponte Térmica Plana				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	1600	32.00	549.60
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07	1200	84.00	432.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Parede em betão	0.21	2000	420.00	
Reboco interior	0.02	600	12.00	
		Total	549.60	

Ponte Térmica Plana Piscina				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
reboco argamassa bastarda exterior	0.02	1600	32.00	529.60
Alvenaria de tijolo furado normal 7	0.07	1200	84.00	412.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Parede em betão	0.2	2000	400.00	
Reboco interior	0.02	600	12.00	
		Total	529.60	

Cobertura Inclinada				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Telha Nacional Canudo	0.07	1200	84.00	169.65
Subtelha do tipo "onduline"	0.01	7200	72.00	11.25
Placas de Isolante Térmico Painel Sandwich	0.06	40	2.40	150.00
Masseira - MDF	0.015	750	11.25	
		Total	169.65	

Laje de Cobertura				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Tijoleira tipo "Fojo Rústico"	0.02	1400	28.00	884.60
Betonilha de Regularização	0.04	2400	96.00	759.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Camada de Forma	0.07	2300	161.00	
Betão Armado	0.26	2300	598.00	
		Total	884.60	

Cobertura Piscina				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Godol lavado	0.08	120	9.60	99.60
Geotextil	0.01	2000	20.00	70.00
Lã de Rocha	0.08		0.00	150.00
Chapa lacada	0.01	7000	70.00	
Caixa de ar	0	800	0.00	
		Total	99.60	

Parede Interior Tipo I				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	156.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11	1200	132.00	300.00
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	156.00	

Parede Interior Tipo II				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	204.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.15	1200	180.00	300.00
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	204.00	

Parede Interior Tipo III				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	264.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.2	1200	240.00	300.00
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	264.00	

Parede Interior Tipo IV				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	324.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.25	1200	300.00	300.00
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	324.00	

Parede Interior Tipo V				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	108.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.07	1200	84.00	300.00
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	108.00	

Parede Interior Dupla I				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	336.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.15	1200	180.00	144.00
Caixa de Ar	0.05		0.00	300.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11	1200	132.00	
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	336.00	

Parede Interior Dupla II				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	288.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11	1200	132.00	144.00
Caixa de Ar	0.03		0.00	300.00
Pano de alvenaria de tijolo furado normal	0.11	1200	132.00	
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	288.00	

Parede Interior Betão Tipo I				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	374.80
Lã de Rocha	0.04	70	2.80	360.00
Parede em Betão	0.18	2000	360.00	300.00
		Total	374.80	

Parede Interior Betão Tipo II				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Reboco Interior	0.02	600	12.00	414.80
Lã de Rocha	0.04	70	2.80	400.00
Parede em Betão	0.2	2000	400.00	300.00
		Total	414.80	

Laje de Pavimento Tipo I				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Revestimento Cerâmico	0.02	1400	28.00	1000.00
Camada de Assentamento	0.02	2000	40.00	580.00
Betonilha de Regularização	0.05	2400	120.00	150.00
Massame Armado	0.1	2300	230.00	
XPS	0.05	40	2.00	
Betonilha de Regularização	0.05	2400	120.00	
Enrocamento	0.2	2300	460.00	
		Total	1000.00	

Laje de Pavimento Tipo II				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Revestimento Cerâmico	0.02	1400	28.00	1302.00
Camada de Assentamento	0.02	2000	40.00	810.00
Betonilha de Regularização	0.08	2400	192.00	150.00
Massame Armado	0.1	2300	230.00	
XPS	0.05	40	2.00	
Betonilha de Regularização	0.05	2400	120.00	
Enrocamento	0.3	2300	690.00	
		Total	1302.00	

Pavimento Interior				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Revestimento Cerâmico	0.02	1400	28.00	638.80
Camada de Assentamento	0.023	2000	46.00	300.00
Betonilha de Regularização	0.08	2400	192.00	150.00
Laje Betão	0.24	1500	360.00	
XPS	0.02	40	0.80	
Reboco Interior	0.02	600	12.00	
		Total	638.80	

Pavimento Piscina				
Material	Espessura (m)	ρ (kg/m³)	(kg/m²)	(kg/m²)
Material Cerâmico	0.02	1400	28.00	569.60
Camada de Assentamento	0.02	2400	48.00	492.00
XPS	0.04	40	1.60	150.00
Betonilha de Regularização	0.08	2400	192.00	
Betão Armado	0.2	1500	300.00	
		Total	569.60	

Anexo G - Ar Novo segundo o RSECE

Compartimento	Área	RSECE	Ocupação	Critério 1 RSECE	Critério 2 RSECE	Ar Novo			
				m ³ /h.ocup	m ³ /h.m ²	Caudal A.N.	Caudal A.N.	m ³ /h	m ³ /h
	Caudal A.N.	Caudal A.N.	Caudal A.N.	Caudal A.N.	m ³ /h				
	[m ²]	[m ² /ocup]	real	[m ³ /h.ocup]	m ³ /h	m ³ /h.m2	m ³ /h	80%	FINAL
Recepção Spa	38,28		10	30	300	15	574	718	890
Corredor Gabinetes	29,32					5	147	183	220
Gabinete 1	14,53	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 2	14,55	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 3	14,53	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 4	14,54	7	2	35	70	5	73	91	90
Gabinete 5	22,11	7	3	35	105	5	111	138	140
Gabinete 6	22,11	7	3	35	105	5	111	138	140
Gabinete 7	14,21	7	2	35	70	5	71	89	90
Refeitório	14,79	5	4	35	140	0	0	175	175
Spa	173,71	7	18	35	630	0	0	788	930
Ginásio	39,15	7	5	35	175	0	0	219	350
Corredor Balneários/Piscina	74,74					5	374	467	500
Corredor Balneários	20,69					5	103	129	100
Loja 1	21,85	5	3			5	109	137	90
Loja 2	22,25	5	3			5	111	139	90
Loja 3	22,25	5	3			5	111	139	135
Gabinete Administração	14,29		5	35	175	5	71	219	220
Back Office	28,98	7	4	35	140	5	145	181	185
Corredor (Piso 0)	24,33					5	122	152	500
Sala de Informática	14,01		4	30	120	0	0	150	150
Salão de Jogos	73,59		26	30	780	0	0	975	975
Piscina	152,13					10	1521	1902	2500
Recepção	20,69		2	30	60	15	310	388	390
Foyer	81,04		16	35	560	5	405	700	700
Bar	17,64		9	35	315	35	618	772	775
Restaurante	142,87	5	60	35	2100	0	0	2625	2625
Cozinha	61,33		4	35	140	35	2147	2683	8200
Sala de Eventos	124,26		96	30	2880	20	2485	3600	3600

25 030

Anexo H - Inércia Térmica do Edifício

	Elemento de construção	Msi elemento [kg/m ²]	Msi [kg/m ²]	r	Si [m ²]	Msi*Si*r [kg]
EL1	Parede Exterior Tipo I	357,60	150,00	1	570,77	85 616,07
	Parede Exterior Tipo II	529,60	150,00	1	45,80	6 869,70
	Ponte Térmica Plana	549,60	150,00	1	46,81	7 021,50
	Ponte Térmica Plana Piscina	529,60	150,00	1	4,94	740,25
	Cobertura Inclinada	169,65	11,25	0,5	735,56	4 137,53
	Laje de Cobertura	884,60	150,00	1	298,91	44 836,35
	Cobertura Piscina	99,60	70,00	1	159,93	11 195,42
	Parede Interior Tipo I	156,00	78,00	1	17,83	1 390,93
	Parede Interior Tipo II	204,00	102,00	1	18,98	1 935,50
	Parede Interior Tipo III	264,00	132,00	1	14,45	1 907,14
	Parede Interior Dupla I	144,00	144,00	1	29,68	4 273,42
	Parede Interior Dupla II	144,00	144,00	1	24,69	3 554,93
	Parede Interior Betão Tipo I	374,80	150,00	1	30,56	4 584,08
	Parede Interior Betão Tipo II	414,80	150,00	1	23,85	3 577,65
	Pavimento Interior	638,80	150,00	1	116,89	17 532,77
EL2	Parede Exterior Enterrada	537,60	150,00	1	287,60	43 140,49
	Laje de Pavimento Tipo I	1000,00	150,00	1	871,69	130 753,20
	Laje de Pavimento Tipo II	1302,00	150,00	1	90,89	13 632,90
	Pavimento Piscina	492,00	150,00	1	59,97	8 995,50
EL3	Parede Interior Tipo I	156,00	156,00	1	602,51	53 284,67
	Parede Interior Tipo II	204,00	204,00	1	84,46	17 229,31
	Parede Interior Tipo III	264,00	264,00	1	73,36	19 366,05
	Parede Interior Tipo IV	324,00	300,00	1	13,22	3 967,20
	Parede Interior Tipo V	108,00	108,00	1	19,05	2 057,40
	Pavimento Interior	638,80	300,00	0,75	447,41	102 370,77
						593 970,70
						/
Área útil do pavimento, Ap [m ²]						1 679,02
						=
Massa superficial útil por m ² de área de pavimento, I _t [kg/m ²]						353,76

Anexo I - Levantamento Dimensional

Piso	Compartimento	Área	Pé
		[m ²]	Direito [m]
Piso - 1	Área Técnica 1	51,45	3,15
	Elevador 1	2,98	3
	Escadas Acesso Spa P-1	13,20	3,05
	Recepção Spa	38,28	2,8
	Corredor Gabinetes	29,32	2,6
	Gabinete 1	14,53	2,75
	Gabinete 2	14,55	2,75
	Gabinete 3	14,53	2,75
	Gabinete 4	14,54	2,75
	Gabinete 5	22,11	2,75
	Gabinete 6	22,11	2,75
	Gabinete 7	14,21	2,75
	Balneários Func. Masculino	12,04	2,8
	Balneários Func. Feminino	11,94	2,8
	Antecâmara Distribuição	7,51	2,575
	Refeitório	14,79	3,15
	Despensa	67,65	3,15
	Entrada Serviço	29,61	2,45
	Escadas Serviço P-1	6,75	3,05
	Área Técnica 2	136,64	2,75
	Acesso Área Técnica	29,18	2,8
	Spa	173,71	3,05
	Ginásio	39,15	3,05
	Corredor Balneários/Piscina	74,74	2,6
	Corredor Balneários	20,69	2,6
	Balneários Masculino Spa	32,08	2,8
	Balneários Feminino Spa	32,08	2,8
	Balneários Deficientes Spa	8,75	2,8
	Balneários Masculino	22,86	2,8
	Balneários Feminino Piscina	24,17	2,8
	Balneários Deficientes	6,47	2,8
	Corredor Piscina	25,29	2,6
	Área Técnica Piscina	165,00	2,5
Área Técnica 3	14,87	3,15	
		1207,76	2,81

Piso	Compartimento	Área	Pé
		[m ²]	Direito [m]
Piso 0	Loja 1	21,85	3,48
	Loja 2	22,25	3,48
	Loja 3	22,25	3,48
	Gabinete Administração	14,29	3,48
	Back Office	28,98	3,48
	I.S. Serviço	3,94	2,4
	I.S. Femininas	10,56	2,4
	I.S. Masculinas	13,30	2,4
	I.S. Deficientes	5,06	2,4
	Corredor (Piso 0)	24,33	2,9
	Sala de Informática	14,01	3,48
	Salão de Jogos	73,59	3,48
	Piscina	152,13	3,1
	Bagagem	9,58	3,15
	Recepção	20,69	3,65
	Foyer	81,04	3,65
	Bar	17,64	3,65
	Restaurante	142,87	3,65
	Escadas Ac. Spa P0	14,92	3,65
	Cozinha	61,33	3,65
	Antecâmara de Serviço	11,64	2,6
	Escadas Serviço P0	6,75	3,1
	Sala de Eventos	124,26	3,65
		897,27	3,43

Diâmetro interno: 19.0 mm
 Espessura do tubo metálico: 1.5 mm
 Espessura do isolamento: 30.0 mm
 Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
 Condutividade térmica do isolamento: 0.030 W/m/K

 #1: Carga térmica prioritária: segunda a sexta

RCCTE - Serviços (313 dias)

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l)
 hora

Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18		86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
19	86										
20											
21											
22											
23											
24											
diário		86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
86	86										

 #1: Carga térmica prioritária: fim-de-semana

RCCTE - Serviços (313 dias)

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (1)

hora	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86

#2: Carga térmica de segunda prioridade: segunda a sexta

300 l água da rede 45C

Temperatura nominal de consumo: 45°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
14	13	13	13	14	15	16	17	18	18	18	17

Perfis de consumo (1)

hora	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Simulação Térmica Dinâmica Detalhada de diferentes Sistemas convencionais de Climatização; Caso de estudo:
Country Club

09		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40										
10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10										
11											
12		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40										
13		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
41	41										
14		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
41	41										
15		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
21	21										
16											
17											
18											
19		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7										
20		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	30										
21		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
17	17										
22		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13										
23		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10										
24											
diário		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
300	300										

#2: Carga térmica de segunda prioridade: fim-de-semana

300 l água da rede 45C

Temperatura nominal de consumo: 45°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Nov	Dez										
		13	13	14	15	16	17	18	18	18	17
14	13										

Perfis de consumo (l)

hora		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Nov	Dez										
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	30										
09		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40										
10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10										
11											
12		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40										

13		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
41	41										
14		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
41	41										
15		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
21	21										
16											
17											
18											
19		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7										
20		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	30										
21		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
17	17										
22		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
13	13										
23		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10										
24											
diário		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
300	300										

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Óbidos
Coordenadas nominais: 39.4°N, 9.2°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 34° - azimute 0°

Balanço energético mensal e anual

Apoio	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh
kWh					
Janeiro	59	96	.	263	483
220					
Fevereiro	79	112	.	255	433
178					
Março	113	137	.	309	473
163					
Abril	153	164	.	343	450
107					
Maio	189	184	.	372	453
81					
Junho	195	182	.	354	426
72					
Julho	212	202	.	374	430
56					
Agosto	196	203	.	393	429
36					
Setembro	142	167	.	352	419
67					
Outubro	104	141	.	334	447
113					

Novembro	69	111	.	265	454
189					
Dezembro	57	97	.	250	482
232					

Anual	1567	1796	.	3864	5378
1514					

Fracção solar: 71.8%
 Rendimento global anual do sistema: 19% Produtividade: 341
 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos
 (DLs 78,79,80/06)

Atendimento a cada carga térmica:

Consumo #1: RCCTE - Serviços (313 dias) / RCCTE - Serviços (313 dias)
 Consumo #2: 300 l água da rede 45C / 300 l água da rede 45C
 (segunda a sexta / fim de semana)

	Consumo #1		Consumo #2	
	Fornecido kWh	Carga kWh	Fornecido kWh	Carga kWh
Janeiro	56	139	207	344
Fevereiro	56	126	199	308
Março	70	139	239	333
Abril	80	135	262	315
Maio	91	139	281	314
Junho	90	135	263	291
Julho	101	139	273	291
Agosto	110	139	283	290
Setembro	93	135	260	285
Outubro	82	139	252	308
Novembro	60	135	205	319
Dezembro	54	139	196	343
Anual	944	1638	2920	3741
Fracção solar	57.6%		78.1%	

