

José Guilherme Leite e Sá

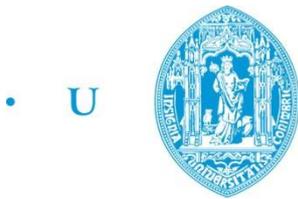
ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA PARA CLIMATIZAÇÃO DE UM HOTEL

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica
na Especialidade de Energia e Ambiente

Coimbra, setembro, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise técnico-económica de soluções de produção de energia térmica para climatização de um hotel

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Technical-economic analysis of thermal energy production solutions for a hotel air conditioning

Autor

José Guilherme Leite e Sá

Orientadores

**Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar
Engenheiro Manuel Norberto Presa**

Júri

Presidente	Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo Professor da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Francisco José Craveiro Bispo Pocinho Lamas Professor Convidado da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar Professor da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**Climacom, Assistência Técnica de Climatização,
Lda.**

Coimbra, setembro, 2017

“O êxito da vida não se mede pelo que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.”

Abraham Lincoln

Agradecimentos

A realização do presente documento só foi possível graças à colaboração, direta ou indireta, de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento e gratidão.

Aos professores Adélio Rodrigues Gaspar e Francisco Lamas, pelos conselhos e conhecimentos transmitidos ao longo de todo o percurso académico e nos momentos cruciais deste trabalho.

Ao engenheiro Norberto Presa, pela partilha de todo um conhecimento inigualável acerca da temática em estudo, quer a nível teórico, quer a nível prático. Aos engenheiros Miguel Assunção, Nuno Dias, e restante equipa/família Climacom, pelo companheirismo, revisão do documento e apoio na minha integração na empresa.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo desta etapa da minha vida, pelos bons momentos partilhados.

Um especial agradecimento à Andreia, pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis, sempre com palavras de incentivo e motivação.

Por último, não podia deixar de agradecer às pessoas que todos os dias da sua vida têm batalhado para me dar um futuro próspero, acreditando sempre em mim e depositando todo o seu amor. Aos meus pais e ao meu irmão, pois sem eles nada disto seria possível. À restante família que me ajudou na revisão do documento, um muito obrigado pela paciência.

José Guilherme Sá

Resumo

A atual conjuntura mundial assenta numa matriz de consumo de recursos energéticos convencionais e renováveis que urge racionalizar. Face a um crescimento exponencial, é do senso comum que, mais do que apostar nas fontes de energia primária, a grande aposta estará numa gestão racional e eficiente dos recursos, apostando-se na eficiência energética.

Sendo assim, o trabalho aqui apresentado teve, como principal objetivo, estudar medidas de racionalização energética de um edifício com elevados consumos de combustíveis fósseis.

Para o efeito, a presente dissertação decorreu em ambiente laboral, tendo estado o estagiário integrado nos quadros da empresa Climacom, Assistência Técnica de Climatização, Lda., de acordo com uma parceria estabelecida entre a Universidade de Coimbra e a empresa. O propósito desta parceria teve, como principal fundamento, a colocação do aluno no mercado de trabalho, por forma a este poder absorver práticas de excelência junto de uma equipa de trabalho competente e com relevância no segmento de mercado em causa (AVAC).

No decorrer do estágio, desenvolveram-se projetos de Ventilação, Aquecimento, Refrigeração, Ar Condicionado e Rede de Águas. No âmbito da orçamentação e adjudicação de obras, foi feito um planeamento e coordenação de obra no escritório e no campo.

Neste contexto, e para o edifício anteriormente mencionado, foram propostas alternativas mais eficientes, relativamente a equipamentos existentes, através da realização de um estudo dos consumos de energia e de uma análise energética e económica. As ferramentas informáticas utilizadas foram o CYPE Ingenieros, o Solterm, o AutoCad, o Microsoft Office e o Daikin Xpress.

O objetivo de otimização dos consumos energéticos e económicos foi atingido, com o alcance de uma previsão da redução dos custos mensais e anuais nas faturas energéticas e de uma recuperação do capital investido, em períodos regulamentares, interessantes do ponto de vista comercial.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Racionalização Energética, AVAC, Recursos Energéticos, Análise Energética, Análise Económica.

Abstract

The current world scenario is based on a matrix of consumption of conventional and renewable energy resources that needs to be rationalized. Faced with an exponential growth, it is common sense that, rather than betting on primary energy sources, the great bet will be on a rational and efficient management of resources, betting on energy efficiency.

Therefore, the main objective of the work presented here was to study energy rationalization measures of a building with high consumption of fossil fuels.

For this purpose, the present dissertation was held in a working environment, and the trainee was part of the staff of Climacom, Assistência Técnica de Climatização, Lda., According to a partnership established between the University of Coimbra and the company. The main purpose of this partnership was to place the student in the job market, so that he could absorb excellent practices from a competent work team with relevance in the relevant market segment (HVAC).

During the internship, projects were developed for Ventilation, Heating, Refrigeration, Air Conditioning and Water Network. As part of the budgeting and award of works, planning and coordination of work in the office and in the field was done.

In this context, and for the aforementioned building, more efficient alternatives to existing equipment were proposed by conducting a study of energy consumption and an energy and economic analysis. The software tools used were CYPE Ingenieros, Solterm, AutoCad, Microsoft Office and Daikin Xpress.

The objective of optimizing energy and economic consumptions was achieved, with a forecast of the reduction of monthly and annual costs in energy bills and a recovery of invested capital, in regulatory periods, interesting from a commercial point of view.

Keywords Energy Efficiency, HVAC, Energy Resources, Energy Analysis, Economic Analysis.

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Simbologia e Siglas	ix
Simbologia.....	ix
Siglas	x
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Estrutura da Dissertação	3
2. Estágio	4
2.1. Apresentação da empresa.....	4
2.2. Objetivos do Estágio	4
2.3. Estado da Arte/Revisão Tecnológica.....	6
2.3.1. Sistemas a água.....	6
2.3.2. Sistemas de expansão direta	6
2.3.3. Tecnologias emergentes	12
2.3.4. Ferramentas informáticas	15
2.3.5. Trabalhos realizados durante o estágio.....	16
3. Descrição do caso de estudo e Metodologias de análise	18
3.1. Descrição do Edifício.....	18
3.1.1. Informação climática	18
3.1.2. Estrutura e arquitetura	19
3.1.3. Cargas Internas	20
3.2. Instalação Existente	22
3.2.1. Descrição dos equipamentos e das suas redes.....	22
3.2.2. Análise dos equipamentos	24
3.2.3. Caracterização Energética	26
4. Proposta de melhoria	32
4.1. Resultado da Análise do Cálculo das Cargas Térmicas.....	32
4.2. Resultado da Avaliação dos Caudais de Ar Novo	33
4.3. Resultado da Avaliação das Necessidades das AQS	34
4.3.1. Proposta de melhoria da instalação	34
4.3.2. Análise Energética.....	37
4.3.3. Análise Económica	39
5. Conclusão	44
5.1. Recomendações para trabalho futuro.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO A – Fotografias da central térmica e chiller do motel	48
ANEXO B – Esquema de princípio do motel, instalação atual.....	49

ANEXO C – Dados técnicos dos Coletores Solares	50
ANEXO D – Dados técnicos do Chiller B. Calor	51
ANEXO E – Dados técnicos do Altherma Alta Temperatura	53
APÊNDICE A – Cargas térmicas calculadas na ferramenta informática CYPE de um Hotel	54
APÊNDICE B – Esquema VRF de um Hotel com o software Daikin Xpress	57
APÊNDICE C – Projeto de ventilação elaborado por CYPE.....	58
APÊNDICE D – Caudais de ventilação para PassivHaus	59
APÊNDICE E – Esquema de princípio de uma instalação de Arrefecimento	60
APÊNDICE F – Esquema de distribuição de água sanitária de um piso de um edifício	61
APÊNDICE G – Relatório de cargas térmicas do motel, com isolamento, realizado em CYPE.....	62
APÊNDICE H – Relatório de cargas térmicas do motel, sem isolamento, realizado em CYPE	67
APÊNDICE I – Esquema de princípio do Motel com instalação proposta	72
APÊNDICE J – Tabela de custos anuais com instalação solar	73
APÊNDICE K – Tabela de custos anuais com instalação de B. Calor e Chiller.....	74
APÊNDICE L – Tabela de custos anuais com solar, Chiller e B. Calor	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo ideal de compressão a vapor e Diagrama de Mollier.	9
Figura 2 - Ciclo real de compressão a vapor.	10
Figura 3 - Compressor <i>On-off</i> de 2 escalões versus Compressor <i>Inverter</i>	11
Figura 4 - Compressor <i>On-off</i> de 1 escalão versus Compressor <i>Inverter</i>	12
Figura 5 - Bomba de Calor <i>Aquatermic HT</i>	13
Figura 6 - Diagrama p-h mostrando: (a) Ciclo subcrítico e (b) ciclo transcrito, (Austin, 2011).....	14
Figura 7 - Evolução do COP em função da temperatura exterior e da temperatura de saída da água.....	14
Figura 8 - Evolução do COP com a diminuição da amplitude térmica da água.....	15
Figura 9 – Temperaturas médias ao longo do ano no concelho de Matosinhos (IPMA,2017)	19
Figura 10 -Modelo estrutural do Motel realizado em <i>CYPE</i>	20
Figura 11 - Perfil de ocupação do motel ao longo da semana.....	21
Figura 12 - Consumo de GN e de água [m ³] ao longo do ano e no período 2011-2016	26
Figura 13 - Consumo de GN e de eletricidade [kWh] ao longo do ano e no período 2011-2016.....	27
Figura 14 - Consumo de eletricidade [kWh] entre 2011-2016.....	28
Figura 15 - Consumo de água [m ³] entre 2011-2016	28
Figura 16 - Consumo Total de GN [kWh] para AQS e Climatização, com uma relação igual para todos os meses do ano.	31
Figura 17 - Cargas Térmicas com soluções construtivas diferentes, simuladas em <i>CYPE</i> . 32	
Figura 18 - Comparação do consumo de GN [kWh] e das necessidades energéticas de GN para o ano de 2015.....	37
Figura 19 - Comparação do consumo de GN [kWh] e do consumo de eletricidade [kWh] para as mesmas necessidades de calor.	38
Figura 20 - Comparação entre as necessidades energéticas úteis [kWh] e necessidades energéticas úteis [kWh] com instalação solar.	39
Figura 21 - Poupança mensal [€] devido à instalação solar no período de 2011-2016.	40
Figura 22 - Custo mensal [€] do GN e da eletricidade, caso a instalação seja constituída só por Bombas de Calor, no período 2011-2016.	41
Figura 23 - Comparação anual de custos [€] energéticos entre as várias soluções.	42
Figura 24 – Central Térmica.....	48

Figura 25 - Grupo de circulação	48
Figura 26 - Dados técnicos das caldeiras	48
Figura 27 - Dados Técnicos do Chiller.....	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Temáticas, Datas e Locais das formações realizadas.	5
Tabela 2 - Potência luminosa em cada compartimento de um edifício (dados da ASHRAE).	22
Tabela 3 -Relação do material existente na central térmica e principais características.....	23
Tabela 4 - Relação do material existente na cobertura e principais características.....	24
Tabela 5 - Soluções construtivas com e sem isolamento e caixas-de-ar (para cargas térmicas).....	29
Tabela 6 - Relação de material e principais características para a proposta de melhoria....	35
Tabela 7 - Consumo fornecido [kWh] anualmente pelo sol através de simulação em <i>Solterm</i>	38

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

A – Área [m^2]

C – Custo do investimento [€]

c_p – Calor específico [kJ/Kg K]

cp_{H2O} – Calor específico da água [kJ/Kg K]

\dot{m}_{AN} – Caudal mássico de ar novo [m^3/h]

\dot{m}_{ar} – Caudal mássico de ar [m^3/h]

P – Poupança anual [€]

Pot – Potência térmica [kW]

Q_{evap} – Transferência de calor no evaporador [kJ/kg]

\dot{Q}_s – Taxa de transferência de calor sensível [kW]

$Reph$ – Renovações por hora [adimensional]

T_{ext} – Temperatura exterior [°C]

T_{int} – Temperatura interior [°C]

U – Coeficiente Global de Transmissão Térmica [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

V – Volume [m^3]

\dot{V} – Caudal volúmico [m^3 / h]

W_{comp} – Trabalho realizado pela compressão [kJ/kg]

ρ – Massa volúmica [kg / m^3]

ρ_{H2O} – Massa volúmica da água [kg / m^3]

ΔT – Diferencial de Temperatura [°C ou K]

Δt – Diferencial de tempo [s]

Siglas

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

AVAC&R – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado e Refrigeração

BIM – *Building Information Model*

CAD – *Computer Aided Desing*

COP – *Coefficient of Performance*

GWP – *Global Warming Potential*

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

RECS – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento dos Edifícios de Habitação

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

VC – Ventiloinvector

VRF – *Variable Refrigerant Fluid*, ou VRV

1. INTRODUÇÃO

Numa era pautada pela aceleração do aquecimento global e pelo declínio económico e ambiental, a eficiência energética apresenta-se como um vetor estratégico para a sustentabilidade. Esta realidade tem vindo, cada vez mais, a ser alterada com a introdução/integração de soluções mais eficientes e de sistemas renováveis na produção de energia eléctrica e térmica, reduzindo assim a nossa dependência da utilização de combustíveis fósseis.

O setor dos edifícios é responsável por cerca de 40 % do consumo total de energia e por cerca de 36 % das emissões de CO₂ na Europa, onde as previsões apontam para um aumento do consumo neste mesmo setor (Sousa, 2017). É, portanto, urgente, criar uma política de racionalização energética, de acordo com a Diretiva nº 2002/91/CE, posteriormente revista pela Diretiva nº 2010/31/EU, onde se estabelece que todos os Estados-Membros devem adotar uma utilização prudente, racional e eficiente da energia, nomeadamente ao nível dos produtos petrolíferos, do gás natural e dos combustíveis sólidos. O Conselho Europeu de Março de 2007 sublinhou a necessidade de se aumentar a eficiência energética na União Europeia, a fim de se alcançar o objetivo de redução de 20 % do consumo de energia até 2020, e apelou para a aplicação rápida e completa das prioridades estabelecidas na Comunicação da Comissão (“Plano de Ação para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial”).

O conceito de eficiência energética define-se como sendo a otimização que realizamos no consumo de energia. Não é de fácil interpretação e não se define como sendo uma tecnologia aplicável. É sobretudo um estado de espírito que se reflete no comportamento humano relacionado com a utilização de energia. À medida que uma sociedade se torna mais desenvolvida, é natural que as necessidades de conforto e de consumo aumentem. No entanto, é possível fazer uma utilização responsável, ou seja, consumir menos energia em cada produto ou serviço que utilizamos, sem alterar substancialmente, o nosso estilo de vida ou sem abdicar do nosso conforto.

A eficiência energética assenta em três pilares fundamentais de aplicação e suporte:

- Comportamental;
- Tecnológico;
- Gestão.

Sendo assim, os efeitos e a sustentabilidade das medidas de eficiência energética que se venham a implementar só serão eficazes se estes três pilares estiverem presentes e atuarem em simultâneo (Ferreira, 2017).

A eficiência energética traduz-se na redução do consumo de energia nas suas utilizações finais, mantendo ou aumentando o nível das respetivas prestações. Assim, o impacto da eficiência energética é avaliado pelos consumos específicos afetos a uma atividade. É o caso da produção das Águas Quentes Sanitárias (AQS) ou da Climatização.

A política de apoio à eficiência energética tem, como base, a orientação para dois universos fundamentais:

- O do consumidor em geral, em termos comportamentais;
- O das atividades e setores, onde o impacto das medidas de redução do consumo de energia final é significativo e economicamente viável.

No entanto, mudar o comportamento e instruir as pessoas, no sentido da adoção de rotinas às quais não estejam habituadas no seu quotidiano, torna-se difícil e demorado. Logo, deve apostar-se fortemente no segundo ponto, fornecendo equipamentos que garantam o mesmo conforto e bem-estar com menores consumos energéticos. Isto conseguir-se-á com equipamentos de elevado rendimento e, conseqüentemente, com uma utilização racional da energia.

1.1. Objetivos

O presente trabalho teve, como objetivo principal, o estudo de medidas de melhoria de uma instalação de produção de energia térmica e de climatização através da implementação de sistemas alternativos mais eficientes. A referida instalação localiza-se num motel na região Norte de Portugal, concelho de Perafita – Matosinhos.

Tal estudo foi realizado com recurso aos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico e do estágio, bem como a dados técnicos de equipamentos do mercado e a ferramentas informáticas, visando uma melhoria no consumo total energético do edifício.

Posteriormente, foram realizadas análises económicas para aferir a viabilidade do investimento.

1.2. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é constituída por cinco capítulos.

O capítulo 1 dá uma noção introdutória do caso em estudo neste documento. É constituído pela introdução, pelos objetivos propostos e pela estrutura da dissertação em si.

No capítulo 2 é apresentada a empresa onde o estágio da dissertação decorreu, fazendo-se uma breve apresentação da firma. São também apresentados alguns objetivos a que o estagiário se propôs no contexto da parceria. O capítulo contempla ainda uma revisão tecnológica e o estado da arte quanto aos sistemas de produção e distribuição de energia, bem como tecnologias emergentes no mercado, as ferramentas informáticas utilizadas para a realização da dissertação e alguns projetos realizados no âmbito do estágio.

Posteriormente, o capítulo 3 faz a descrição do caso de estudo e das metodologias de análise usadas, realçando dados climatológicos, geográficos e arquitetónicos, os sistemas implementados atualmente e a caracterização energética e análise da instalação e das redes de distribuição de energia.

O capítulo 4 é composto pela proposta de melhoria da instalação, com a análise das cargas térmicas do edifício e dos caudais de ar novo. É feita uma avaliação das necessidades de Água Quente Sanitária com a apresentação de uma proposta de melhoria e sua análise energética e económica.

No capítulo final, são expostas as conclusões retiradas deste estudo e relativas aos objetivos propostos, fazendo-se ainda uma reflexão sobre o trabalho realizado.

2. ESTÁGIO

2.1. Apresentação da empresa

A Climacom, Assistência Técnica de Climatização, Lda. é uma empresa de serviços, sediada em Aveiro. Foi constituída em fevereiro de 1992 com o intuito de prestar serviços de assistência técnica e de manutenção de sistemas de climatização. Pretende, deste modo, ir ao encontro das solicitações dos seus clientes, não defendendo marcas ou sistemas, procurando sempre a melhor solução em função dos requisitos de conforto e das condições económico-financeiras. Devido às exigências do mercado, em 2001, alargou os seus serviços, começando também a executar algumas obras de instalação de sistemas de climatização.

Em abril de 2009 a atual gerência adquiriu a empresa, reestruturando-a. Estabeleceu novos objetivos a médio e longo prazo, apostando na implementação de um Sistema de Gestão de Qualidade, como forma de diferenciação das restantes empresas do setor.

2.2. Objetivos do Estágio

A criação de uma parceria entre a Climacom, Assistência Técnica de Climatização, Lda. e a Universidade de Coimbra promoveu a inserção do estagiário no Departamento de Engenharia, com vista à execução do planeamento, estudo, orçamentação e apresentação de soluções aos seus clientes, sempre numa lógica de compromisso entre conforto e a viabilidade económica. Sendo assim, tal experiência em contexto laboral ofereceu, desde logo, ao estagiário a oportunidade de absorver as melhores práticas junto de uma equipa competente e de relevância no referido setor, fornecendo ao estagiário vantagem competitiva num mercado de trabalho exigente.

No que se refere ao funcionamento do Departamento de Engenharia, cabe à equipa de engenheiros receber o pedido do cliente e apresentar uma solução que vá ao encontro do pretendido. Para o efeito, é realizado um levantamento de informação no local, discutido em detalhe com o cliente. Posteriormente, procede-se a sucessivos *brainstormings*

com a restante equipa de engenharia e com a equipa técnica, com vista à obtenção da melhor solução e respetiva implementação. Finalmente, a solução é orçamentada, sendo depois apresentada ao cliente. Em caso de adjudicação, é organizada uma pasta de obra pelos engenheiros de modo a transmitir, aos técnicos, a ordem de trabalhos em termos de planeamento e coordenação da obra.

Em sintonia com a sequência descrita, o estagiário foi desafiado a realizar pesquisa de informação relevante para futuros projetos e a adquirir conhecimentos sobre algumas ferramentas informáticas. Após estar familiarizado com as metodologias de trabalho da empresa, iniciou então a sua participação na elaboração de projeto, orçamentação e planeamento de obra.

Como apoio ao desenvolvimento dos seus engenheiros e restantes técnicos, a Climacom tem vindo a desenvolver um plano de ação que enquadra a participação em formações realizadas na empresa vizinha, *Bosch Vulcano*, e na *Daikin Portugal*, delegação Norte. As temáticas de algumas destas formações foram pertinentes para o desenrolar do presente trabalho, como se pode constatar na Tabela 1.

Tabela 1 - Temáticas, Datas e Locais das formações realizadas.

Temática	Data	Local
Águas Quentes Sanitárias – Esquentadores e Termoacumuladores	6 e 7 de março de 2017	<i>Bosch – Vulcano, Aveiro</i>
Soluções Solares Térmicas Unifamiliares	20 e 21 de março de 2017	<i>Bosch – Vulcano, Aveiro</i>
Bombas de calor para AQS	10 de abril de 2017	<i>Bosch – Vulcano, Aveiro</i>
Ar Condicionado	20 e 21 de abril de 2017	<i>Bosch – Vulcano, Aveiro</i>
Bomba de calor <i>Altherma</i> Alta Temperatura	1 e 2 de junho de 2017	<i>Daikin Portugal, Delegação Norte, Vila do Conde</i>
Soluções Solares Térmicas Coletivas	19 de junho de 2017	<i>Bosch – Vulcano, Aveiro</i>

2.3. Estado da Arte/Revisão Tecnológica

Atualmente, os sistemas de Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração (AVAC&R) dividem-se em dois grandes setores de produção e distribuição de energia: os sistemas a água e os sistemas de expansão direta (ou de fluido frigorigéneo).

2.3.1. Sistemas a água

No setor dos sistemas de produção e distribuição a água estes podem ser feitos com recurso a:

- Caldeiras: São equipamentos de produção de energia térmica somente para aquecimento; são alimentadas por um combustível fóssil (petróleo, gás natural, lenha ou *pellets*); ao realizar a combustão, a energia é libertada para um fluido circulante, neste caso, a água, de modo a permitir a libertação desse calor pelos emissores térmicos; normalmente, têm rendimentos abaixo dos 100 % e necessitam de uma chaminé para a libertação dos gases de combustão.
- Fan-coil's: termo conhecido em português como Ventiloinconvectores; são emissores térmicos com um permutador que permite a libertação da energia, proveniente do fluido circulante - água, para produção de aquecimento ou arrefecimento.
- Unidades de Tratamento de Ar (UTA): são equipamentos de grande dimensão com ventiladores, filtros, humidificadores, com possibilidade de ter recuperador de energia e com baterias a água ou de expansão direta; transferem o calor, proveniente do fluido, pela serpentina do permutador para o ar de passagem; no caso de arrefecimento, a energia do ar de passagem, transfere-se para o fluido circulante no permutador, contendo algum teor de condensados.

2.3.2. Sistemas de expansão direta

Alguns dos exemplos de sistemas de produção e distribuição de fluido frigorigéneo são os seguintes:

- Bombas de Calor: é um equipamento de produção de energia, através do ciclo de refrigeração, podendo ser reversível e estando associado a elevado rendimento de funcionamento; com um Coeficiente de performance (COP) e uma tecnologia *Inverter*, promove trocas de energia entre o ar e um fluido frigorigéneo, podendo aquecer ou arrefecer uma determinada massa ou volume de ar ou água.
- Variable Refrigerant Flow (VRF): termo conhecido, em português, como Fluido Refrigerante Variável, ou conhecido pela denominação VRV (Volume de Refrigerante Variável); são sistemas de expansão direta, associados a uma bomba de calor reversível no exterior, com ligação a um comprimento máximo de tubagem em cobre, permitem alimentar outras unidades interiores de Ar Condicionado para a produção de aquecimento ou arrefecimento; no caso de serem a 3 tubos, o equipamento exterior pode funcionar, simultaneamente, em aquecimento e arrefecimento; atualmente o fluido circulante que promove as transferências de energia é o R410A.
- Split: são sistemas de climatização associados por um conjunto de dois equipamentos, uma unidade exterior e uma unidade interior, ligados por tubagem em cobre e por um fluido frigorigéneo, permitindo fazer o aquecimento ou arrefecimento do espaço onde se encontra a unidade interior; o fluido frigorigéneo muito usado, ainda, nestes equipamentos é o R410A, mas começa agora a surgir o R32, sendo um fluido mais eficiente e mais benéfico para o ambiente.
- Multi-splits: dentro do mesmo conceito de funcionamento dos *splits*, mas a diferença é que aqui existe uma unidade exterior a fornecer várias unidades interiores (num máximo de 6 unidades interiores); a unidade exterior trabalha com um fluido frigorigéneo R410A ou R32, sendo que apenas pode trabalhar em regime de aquecimento ou em regime de arrefecimento.

2.3.2.1. Ciclo de Refrigeração

O ciclo de refrigeração é o processo através do qual se transfere continuamente a energia térmica de uma região de baixa temperatura para uma de maior temperatura, à custa de fornecimento de trabalho (Salvador, 1999).

Hoje em dia, temos à nossa disposição vários sistemas de produção de frio, que vão desde elementos puramente elétricos, como o elemento de Peltier, até sistemas químicos de adsorção e absorção. No entanto, o ciclo de compressão a vapor é o mais usual no nosso dia-a-dia, estando presente na grande maioria dos dispositivos de Ar Condicionado.

2.3.2.1.1. Ciclo de compressão a vapor

O referido ciclo é constituído pelos seguintes dispositivos (ver Figura 1):

- Compressor;
- Condensador;
- Evaporador;
- Dispositivo de expansão.

Estes dispositivos, por si só, não têm qualquer utilidade sem um fluido frigorigéneo. O fenómeno da refrigeração é o resultado das transformações físicas sofridas pelo fluido refrigerante ao longo do ciclo. Este ciclo é operado em máquinas de Ar Condicionado ou em Bombas de Calor.

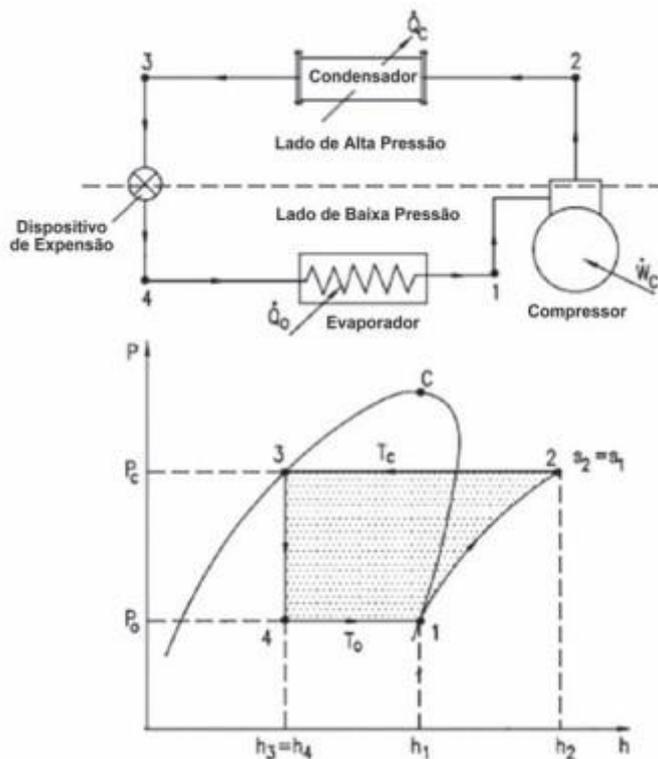


Figura 1 - Ciclo ideal de compressão a vapor e Diagrama de Mollier.

A Figura 1 mostra a forma do ciclo ideal de compressão de vapor de forma simplificada, assim como a sua representação num diagrama p-h (pressão versus entalpia). No entanto, em termos práticos, tal não se verifica. Na realidade, o que tem de se verificar é a necessidade de um sobreaquecimento do vapor e de um subarrefecimento do líquido após a condensação, em virtude de salvaguardar os componentes mecânicos, como se pode visualizar na Figura 2. Na situação do ciclo ideal de compressão a vapor, há um risco enorme do compressor se danificar, com a entrada de líquido, assim como na válvula expansora é conveniente que entre sempre líquido subarrefecido, caso contrário dar-se-á um fenómeno denominado “*flash-gas*” (evaporação instantânea do líquido) na linha de líquido.

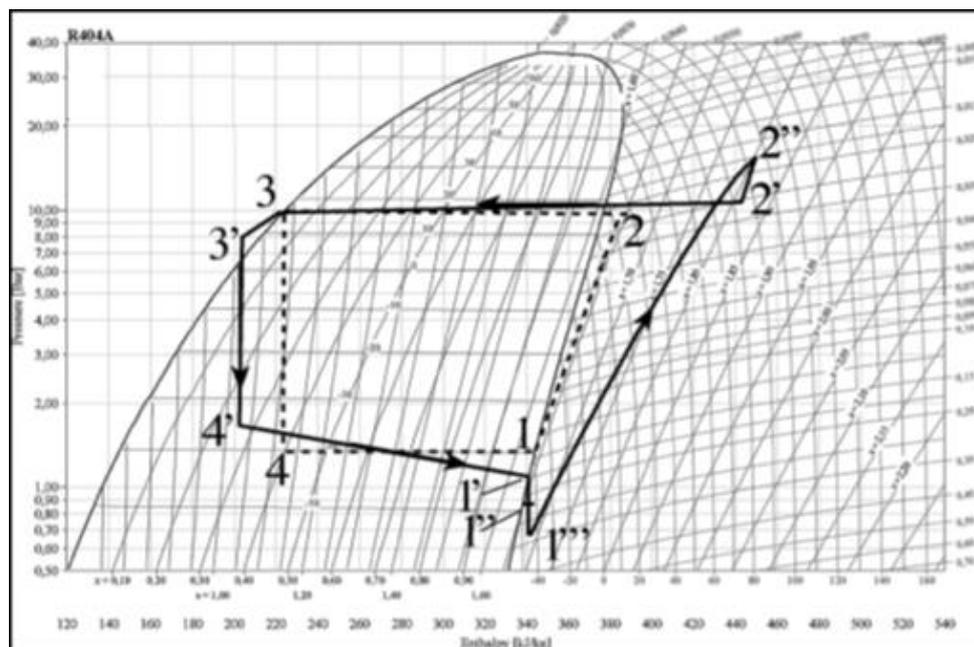


Figura 2 - Ciclo real de compressão a vapor.

Este ciclo pode ser dividido em duas secções: uma secção de alta pressão e uma de baixa pressão. O compressor receberá o gás proveniente do evaporador, elevando-lhe a temperatura e a pressão. Após a passagem pelo compressor, o fluido perderá a sua energia no condensador, baixando a sua temperatura e mudando de estado físico. A válvula de expansão, sendo um tubo capilar, ao aumentar o diâmetro da tubagem à saída do capilar, vai criar uma expansão repentina que baixará, drasticamente, a pressão e a temperatura do fluido. Este, com baixa pressão e baixa temperatura, entrará no evaporador para dar início ao processo de mudança de estado físico e de elevação de temperatura. No caso das Bombas de calor para aquecimento, estas possuem uma válvula de quatro vias, invertendo o ciclo, passando o evaporador a funcionar como condensador, e o condensador como evaporador. A Bomba de calor “furta” o calor do ar exterior, mesmo em temperaturas baixas, para promover a libertação da energia para uma determinada massa ou volume pretendido para o aquecimento. No entanto, caso a temperatura exterior seja mais baixa que a temperatura de evaporação do fluido, este irá ter um trabalho deficiente, entrando sempre em processos consecutivos de descongelação.

Quanto mais eficiente for o ciclo de refrigeração, melhor será o seu rendimento e, conseqüentemente, o seu COP, ou COP_h, quando usado para aquecimento.

$$COP_h = \frac{Q_{evap} + W_{Comp}}{W_{Comp}} = \frac{(h_1 - h_4) + (h_2 - h_1)}{h_2 - h_1}$$

2.3.2.1.2. Tecnologia *Inverter*

A tecnologia *Inverter* é uma tecnologia que permite uma poupança significativa no consumo, em cerca de 30 %, face a um equipamento de tecnologia convencional (*On-Off*). Esta tecnologia regula o fluxo de energia do sistema, alterando a velocidade do compressor. O compressor irá ser ajustado conforme a necessidade de refrigerar ou aquecer, reduzindo os picos de energia e flutuação, sem nunca desligar, e funcionando num regime bastante baixo, somente para manter a temperatura estável.

Na Figura 3 compara-se o funcionamento de um compressor *On-off* de dois escalões de funcionamento, por exemplo, um *Chiller*, com o funcionamento de um compressor com tecnologia *Inverter* em função da carga térmica requerente. No caso do compressor *On-off*, este apenas consegue funcionar ou a 50 % ou a 100 %, podendo exigir em demasia relativamente ao que a carga térmica possa requer, resultando em elevados consumos de energia. No caso do compressor com tecnologia *Inverter*, este avalia a carga térmica e qual a potência necessária para suprimir as condições impostas pelo ambiente, trabalhando num regime apenas necessário para remover a carga térmica requerente, sem arranques consecutivos.

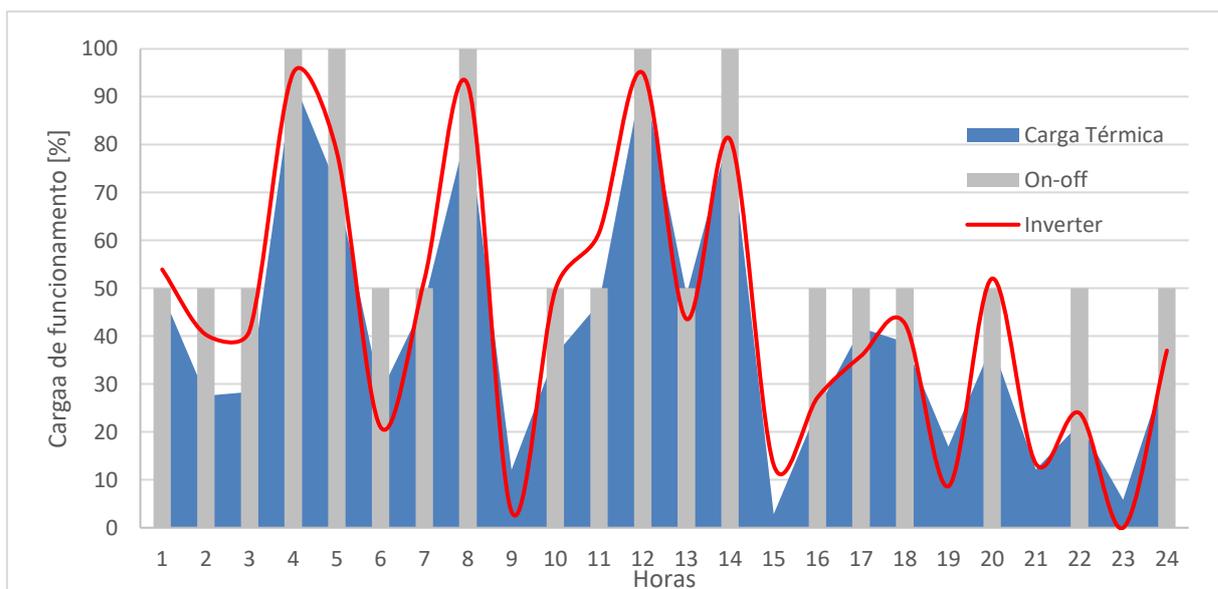


Figura 3 - Compressor *On-off* de 2 escalões versus Compressor *Inverter*

A Figura 4 faz a comparação entre o funcionamento de um compressor *On-off*, com um escalão de potência, e o funcionamento de um compressor *Inverter*. Neste caso, o compressor *On-off* não consegue funcionar a meio regime, sendo que este, ou dá a carga máxima quando ligado, ou simplesmente não entra em funcionamento. A carga que se encontra fora da área da carga térmica traduz-se num consumo excessivo, sem qualquer aproveitamento ou racionalização.

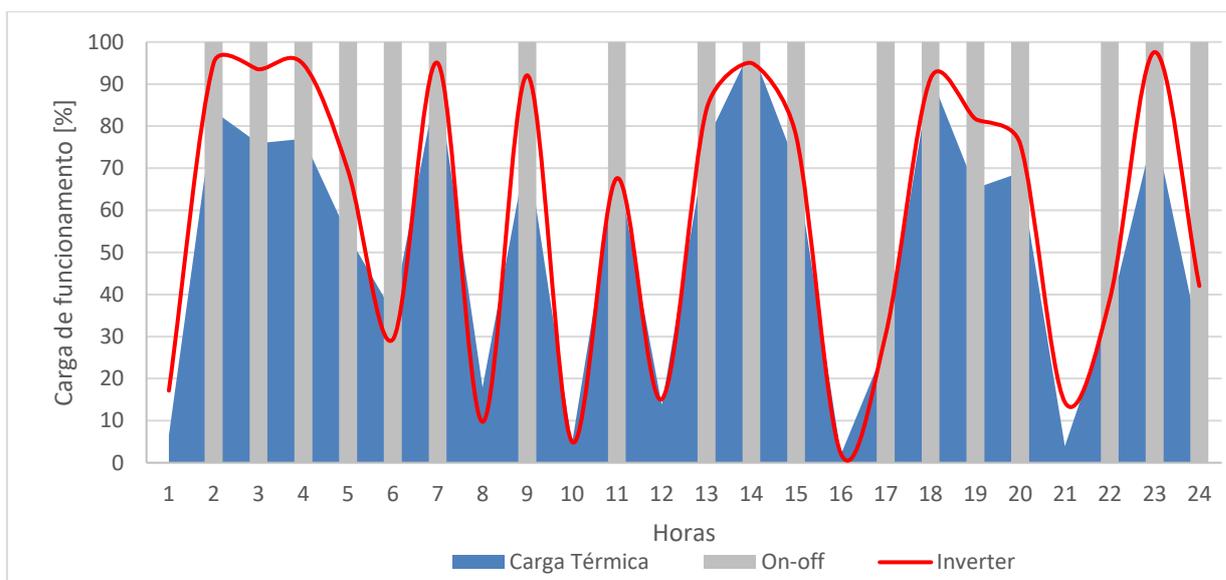


Figura 4 - Compressor *On-off* de 1 escalão versus Compressor *Inverter*

2.3.3. Tecnologias emergentes

No mercado das Bombas de Calor é certo que já existem equipamentos bastante eficientes, mas nunca é demais os equipamentos evoluírem para equipamentos ainda mais eficientes. O planeta encaminha-se para uma evolução tecnológica cada vez mais significativa, implicando uma utilização adequada dos recursos disponíveis por forma a garantir não só a rentabilidade como também a sustentabilidade.

Um dos problemas associados às atuais Bombas de Calor é o gás frigorigéneo que contém um *Global Warming Potential* (GWP) ou Potencial de Aquecimento Global, medida esta que relaciona o dióxido de carbono e o aquecimento global do planeta Terra em termos de impacto. Sendo assim, começam a chegar ao mercado Bombas de Calor que revogam o uso do gás frigorigéneo R410A, passando a trabalhar com um gás mais eficiente e sustentável: o gás refrigerante R-744 (CO₂). Este minimiza o impacto na camada de ozono e, em simultâneo, proporciona elevada eficiência energética, contribuindo tanto para a

poupança de energia, como para a poupança de uso dos recursos naturais. Um exemplo de uma Bomba de Calor com gás CO₂ é a bomba de calor *AQUATERMIC HT* da marca *EuroFred*.



Figura 5 - Bomba de Calor *Aquatermic HT*

O funcionamento desta bomba de calor, à semelhança de outras bombas de calor, baseia-se no princípio do ciclo de refrigeração, mencionado no capítulo 2.3.2.1.

A energia calorífica do ar ambiente é absorvida pela unidade exterior. O gás refrigerante CO₂, transfere-a para a água do acumulador para que esta alcance a temperatura pretendida, sendo depois distribuída para cobrir grandes necessidades de Águas Quentes Sanitárias (AQS). Quanto maior for a amplitude térmica da temperatura da água, mais eficiente será a bomba, revelando um COP de 4, para condições exteriores de 10 ° C e diferencial de temperatura da água de 55 ° C.

Esta bomba de calor é maioritariamente concebida para as seguintes situações:

- Aplicações Industriais de água quente;
- Consumos de AQS de 5.000 a 15.000 l/dia;
- Produção de água até 90 °C;
- Instalações tipo Hotéis, Hospitais, Residências, Ginásios, entre outras.

2.3.3.1. Princípio de funcionamento

O gás frigorigéneo CO₂, funcionando no regime transcrito do ciclo de refrigeração do Diagrama de Mollier (ver Figura 6), trabalhará igualmente com elevadas pressões, na ordem dos 30 a 130 bar, sem nunca ocorrer a condensação no condensador, ou por outras palavras, sem nunca ocorrer a mudança de fase, continuando, contudo, a libertar

energia para um volume ou para uma massa, produzindo o seu aquecimento. No processo de libertação de energia, há trocas de calor sensível (variação da temperatura) entre fluido frigorigéneo e o volume ou massa pretendida, o que pressupõe que tenha de existir um diferencial de temperatura para promover a redução da temperatura do CO₂ e consequente aquecimento da massa.

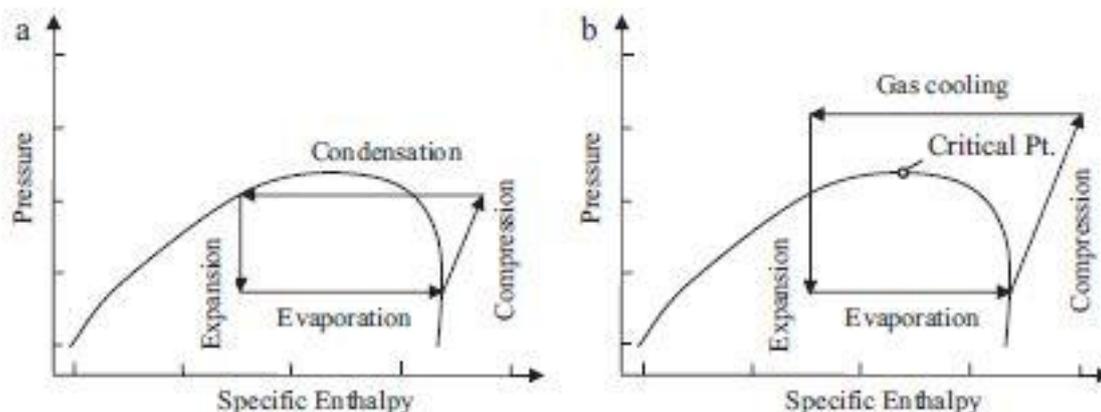


Figura 6 - Diagrama p-h mostrando: (a) Ciclo subcrítico e (b) ciclo transcrito, (Austin, 2011)

No gráfico da Figura 7 pode observar-se a eficiência da Bomba de Calor de CO₂ que será tanto maior quanto for a temperatura ambiente exterior. E para as mesmas condições exteriores, o COP do equipamento é maior se se considerar que a água, à saída do equipamento, tem uma temperatura de 65 °C.

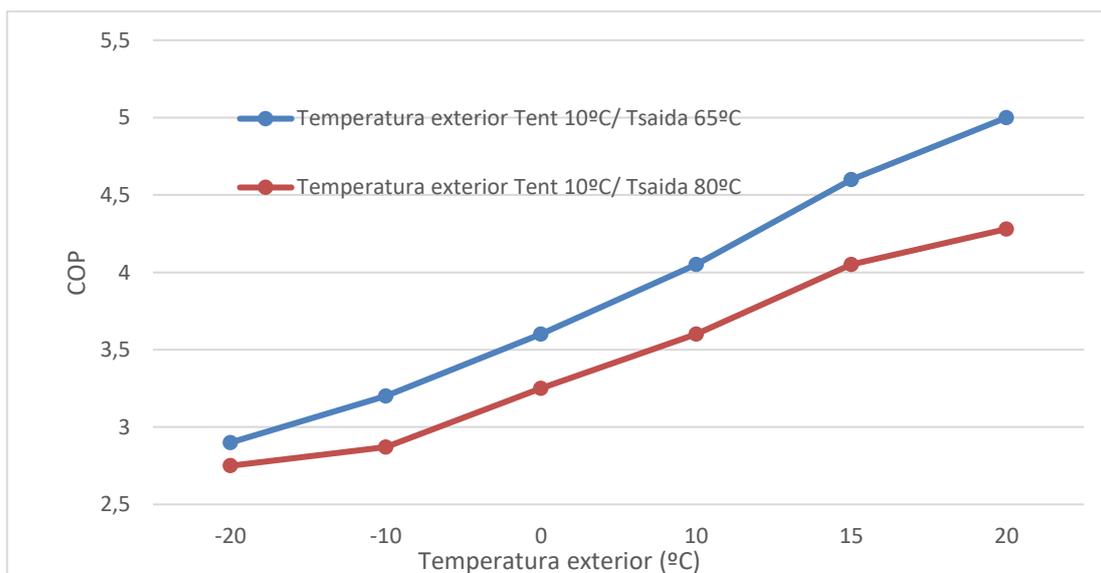


Figura 7 - Evolução do COP em função da temperatura exterior e da temperatura de saída da água

Como referido anteriormente, quanto maior for a amplitude térmica entre a água que entra na Bomba de Calor e a água que sai da mesma, maior é a sua eficiência. No gráfico da Figura 8 observa-se que há uma diminuição do COP do equipamento com o aumento da temperatura da entrada da água, considerando uma temperatura ambiente exterior de 7 °C e a temperatura de saída da água a 65 °C.

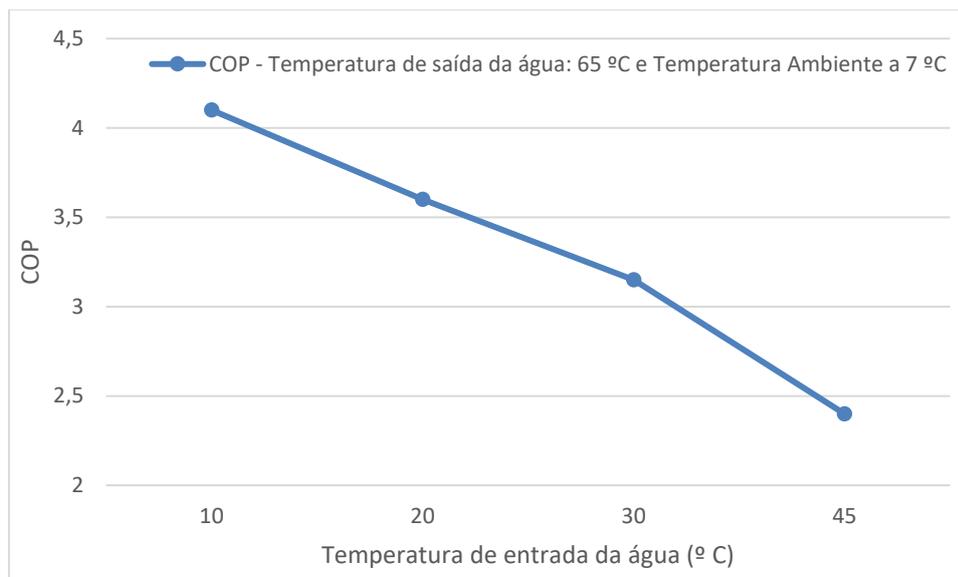


Figura 8 - Evolução do COP com a diminuição da amplitude térmica da água

2.3.4. Ferramentas informáticas

2.3.4.1. *CYPE Ingenieros*

O *CYPE Ingenieros* é um *software* de origem espanhola, vocacionado para o projeto de estruturas, conforto, redes e orçamentação automatizada. Dada a emergência do conceito BIM (*Building Information Model*) no mercado de dimensionamento e projeto, a ferramenta *CYPE Ingenieros* insere-se nesta mesma família de *softwares*, permitindo, de forma integrada, a realização de projetos de todas as especialidades da engenharia, com informação partilhada. É o caso do cálculo de estruturas, de cargas térmicas, do dimensionamento de tubagens e condutas, da regulamentação de habitações, entre outros. Foi neste contexto que esta ferramenta informática foi utilizada na presente dissertação.

2.3.4.2. *AutoCad*

O *AutoCad* é um *software* do tipo *Computer Aided Design* (CAD), ou desenho auxiliado por computador, sendo também um *software* pertencente ao grupo *Autodesk, Inc.*

que permite a elaboração do desenho de estruturas ou peças em duas dimensões. Foi usado na presente dissertação com o intuito de apoiar o desenho de esquemas de princípio e a visualização de plantas de edificação de projetos de arquitetura.

2.3.4.3. Solterm

O *Solterm*, especialmente concebido para as condições climáticas e técnicas de Portugal, é um programa de análise do desempenho de sistemas solares realizada através da simulação numérica de balanços energéticos ao longo de um ano de referência. É um programa desenvolvido e distribuído pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Foi usado nesta dissertação para o dimensionamento de sistemas solares, de modo a retratar a produção de energia anual para uma instalação solar de preparação de AQS.

2.3.4.4. Daikin Xpress

O *Daikin Xpress* é um *software* informático comercializado pela empresa *Daikin* que permite o dimensionamento de um sistema de climatização por unidades de VRF. Foi utilizado para o dimensionamento de uma instalação de unidades de expansão direta VRF de uma unidade hoteleira.

2.3.5. Trabalhos realizados durante o estágio

Durante o estágio curricular foram realizados alguns projetos sobre variadas temáticas de AVAC&R e outros sistemas. Passo a citar alguns desses trabalhos:

- Dimensionamento de uma instalação de climatização VRF para um pequeno hotel, com recurso a ferramentas informáticas para o cálculo de cargas térmicas e para o dimensionamento da instalação de VRF. Consultar APÊNDICE A e APÊNDICE B;
- Dimensionamento de um sistema de ventilação de um ginásio, cumprindo os requisitos regulamentares do caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação. Uso de ferramentas informáticas para dimensionamento das condutas de ventilação e grelhas, e para elaboração do desenho. Consultar APÊNDICE C;
- Dimensionamento de um sistema de ventilação de uma moradia, cumprindo os requisitos regulamentares para o valor mínimo da taxa de

renovação de ar com o conceito de *PassivHaus* sempre presente. Uso de folhas de cálculo para dimensionamento dos caudais de ventilação. Consultar APÊNDICE D;

- Dimensionamento de um sistema de arrefecimento de equipamentos de um complexo industrial, com o cumprimento dos requisitos regulamentares para o diâmetro das tubagens e seu isolamento, assim como para a seleção de equipamentos adequados à instalação. Elaboração de um esquema de princípio com recurso a ferramentas informáticas. Consultar APÊNDICE E;

- Dimensionamento de uma instalação de distribuição de águas para AQS, com o cumprimento dos requisitos regulamentares para o diâmetro das tubagens e seu isolamento. Através do uso de ferramentas informáticas foi feito um dimensionamento da tubagem e a elaboração dos desenhos. Consultar APÊNDICE F;

- Dimensionamento de uma instalação solar e de preparação das AQS, com recurso a ferramentas informáticas para o cálculo das cargas térmicas e dimensionamento de tubagem e para a elaboração de desenho e do esquema de princípio. Este trabalho diz respeito ao caso de estudo desenvolvido na presente dissertação.

3. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO E METODOLOGIAS DE ANÁLISE

O presente caso de estudo assenta num motel, da região Norte do país, com elevados consumos energéticos ao nível da climatização e produção de AQS. Foi solicitado, ao Departamento de Engenharia da Climacom, a apresentação de uma solução que visasse uma redução na fatura energética mensal do edifício.

Tal otimização requereu a análise da instalação existente, responsável pela fatura energética de então, de modo a dimensionar uma nova instalação o mais racionalizada possível. Para o efeito, foi necessário fazer, entre outros, uma avaliação da taxa de ocupação do motel e das tarifas horárias de energia.

3.1. Descrição do Edifício

Situado na freguesia de Perafita, concelho de Matosinhos, distrito do Porto, trata-se de um edifício destinado ao Comércio e Serviços. Considerado na categoria de motel, é um estabelecimento de hospedagem que se diferencia dos demais, uma vez que, geralmente, os clientes surgem com o objetivo de manter relações ocasionais, e não necessariamente para conseguir alojamento num regime mais prolongado ou contínuo. Sendo assim, na grande maioria deste tipo de edifícios, o valor da ocupação não é cobrado diariamente, mas sim em função do período de permanência (número de horas).

3.1.1. Informação climática

Atendendo à zona climática, e com recurso às informações fornecidas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), apresentadas na Figura 9, pode constatar-se que os meses de julho e agosto são os mais quentes, com uma temperatura média de 19,4 °C, enquanto que em janeiro e dezembro a média da temperatura ronda os 9,7 °C.

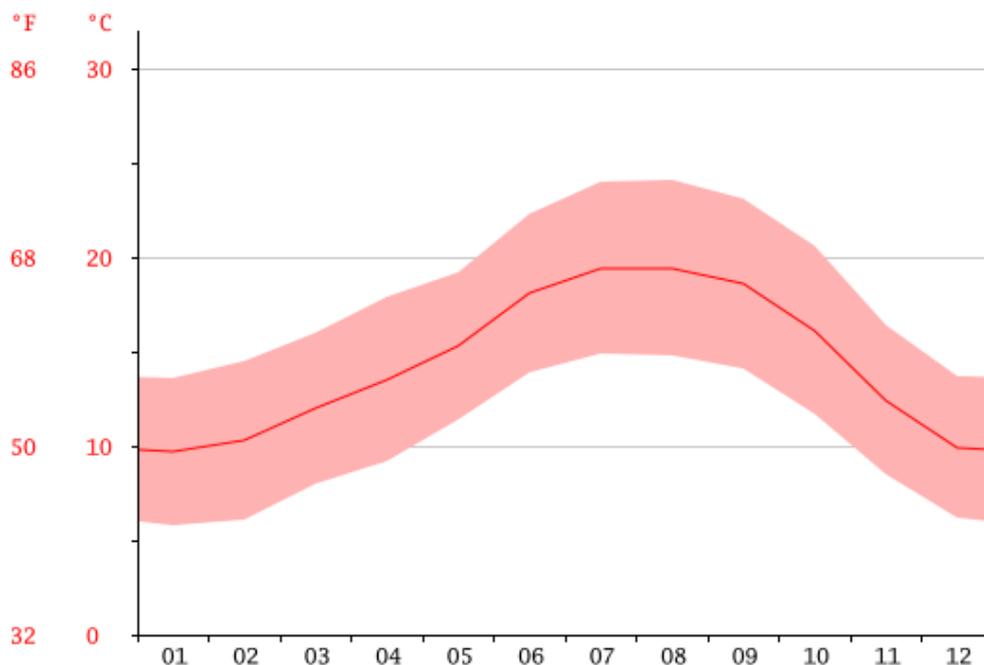


Figura 9 – Temperaturas médias ao longo do ano no concelho de Matosinhos (IPMA,2017)

O local de implantação do edifício é caracterizado por:

- Altitude: 30 m;
- Temperatura mínima histórica: $-4,1^{\circ}\text{C}$;
- Zona climática de inverno: I2;
- Zona climática de verão: V1;
- Nº de Graus Dias: $\text{GD} = 1580^{\circ}\text{C}$;
- Duração da estação de aquecimento: 6,7 meses;
- Número médio anual de horas ao sol: 2500 horas.

3.1.2. Estrutura e arquitetura

Em termos de construção e estrutura arquitetónica, o edifício é composto por três pisos (piso -2, piso -1 e rés-do-chão) e por uma cobertura. O edifício é repartido por duas alas, como se pode ver na Figura 10. Na ala esquerda, ao nível do rés-do-chão, situam-se 39 quartos equipados com cama de casal, sanitários e banheira de hidromassagem (com cerca de 1 metro da cota do rés-do-chão). No piso -1, localizam-se 39 garagens que dão acesso direto aos quartos através de uma escada. O piso -2 é uma zona de passagem e de localização

de instalações com equipamentos técnicos. Na ala direita, ao nível do rés-do-chão, situam-se a secretaria e as salas de reuniões. O piso -1 contempla uma sala de refeições, um bar, um quarto para pessoas incapacitadas, despensas e uma garagem. O piso -2 encontra-se ligado à ala esquerda, servindo de zona de passagem e de localização de alguns equipamentos técnicos. Na cobertura, encontram-se as unidades de ventilação e o *Chiller*.



Figura 10 -Modelo estrutural do Motel realizado em CYPE

3.1.3. Cargas Internas

3.1.3.1. Ocupação

Um motel, sendo uma unidade hoteleira com permanências bastante curtas, tem uma taxa de ocupação que tende a variar ao longo do dia e da semana. Com recurso a um registo de ocupação fornecido pelo proprietário, ocorrido entre 02-10-2016 e 09-10-2016, criou-se um perfil de ocupação semanal do edifício (ver Figura 11), perfil esse considerado representativo do regime habitual.

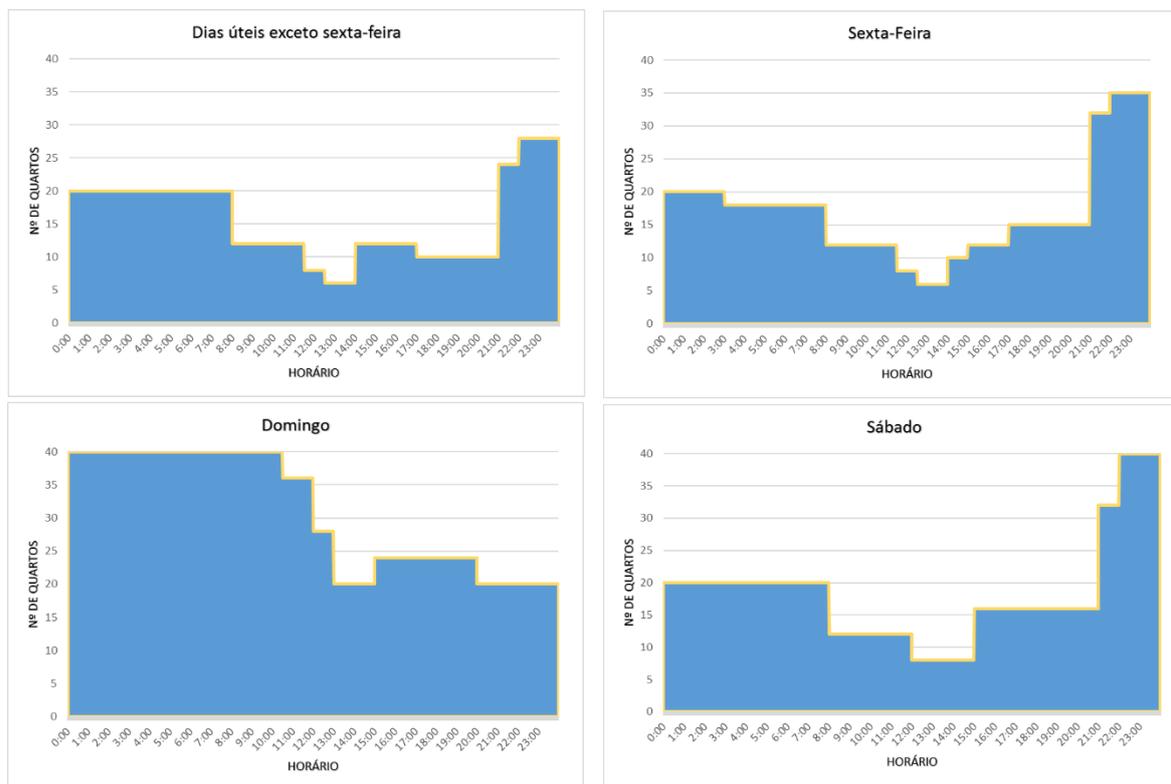


Figura 11 - Perfil de ocupação do motel ao longo da semana

3.1.3.2. Iluminação

Os ganhos internos associados à iluminação são a primeira fonte de calor do espaço em que se encontram. No caso, por exemplo, da área da receção de uma unidade hoteleira, as cargas luminárias são elevadas devido à intensa laboração e necessidade de luz (7h/dia durante 365 dias/ano). Já nos quartos, as cargas luminárias são substancialmente mais reduzidas, sendo, portanto, locais com menor carga térmica produzida, uma vez que o funcionamento apenas se dá nos períodos de ocupação.

Na impossibilidade de aceder ao projeto de iluminação do edifício, o valor da carga térmica associado às luminárias é estimado através da consulta dos dados técnicos fornecidos pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Potência luminosa em cada compartimento de um edifício (dados da ASHRAE).

Tipo de compartimento do edifício	Densidade luminosa [W / m²]
Motel	22
Dormitório	10
Cafetaria	13
Cozinha	23
Quartos de banho	11
Instalações sanitárias públicas	11
Receção e sala de reuniões	14

3.1.3.3. Equipamentos

As cargas térmicas associadas aos equipamentos encontram-se, maioritariamente, nas áreas comuns e nos espaços com atividade laboral, sendo os locais de confeção de refeições e de trabalho administrativo os que contêm maior número de equipamentos, gerando-se aqui uma maior quantidade de calor. Em cada quarto, apenas se contabiliza um televisor LCD, sendo que a geração de calor, neste caso, se considera desprezável.

3.2. Instalação Existente

3.2.1. Descrição dos equipamentos e das suas redes

O motel é constituído por um conjunto de equipamentos que perfazem a parte aeráulica – Unidades de Tratamento de Ar (UTA's), Ventiladores, Ventiloincutores (VC's), e, ainda, por um conjunto de equipamentos alusivos à parte hidráulica. A hidráulica existente no motel é composta por uma central térmica e pelas suas redes de distribuição. O ANEXO A mostra um conjunto de fotografias dos equipamentos existentes no local.

A central térmica tem como funções alimentar as baterias de aquecimento e de arrefecimento das Unidades de Tratamento de Ar e dos Ventiloincutores, e preparar, indiretamente, as Águas Quentes Sanitárias de consumo.

A central é composta pelos seguintes equipamentos principais:

- Caldeiras;
- Depósitos de acumulação de água;

- Grupos de eletrobombas duplas de circulação de água;
- Vasos de expansão e permutadores de placas.

A Tabela 3 mostra uma relação de material existente na central térmica, apresentando as respetivas marcas, modelos e características de funcionamento.

Tabela 3 -Relação do material existente na central térmica e principais características

Equipamento	Quant.	Marca e modelo	Principais características
Caldeira Gás Natural	2	ROCA, CPA 200	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potência: 232,6kW ➤ Rendimento: 92 % ➤ 2 Escalões ➤ Câmara de combustão de tripla passagem de fumos ➤ Chapa de aço
Bombas de Circulação	10	GRUNDFOS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Velocidade variável ➤ Regulação automática
Depósitos de Acumulação AQS	6	THERCA, VS 1500 DIL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidade: 1500 litros ➤ Tipo: vertical ➤ Aço inox AISI 316L, isolado e forrado a chapa de alumínio
Permutador de Placas	6	ARSOPI THERMAL, FH00-HJ-48 e FH00-HJ-36	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potências: 48kW e 36kW ➤ Aço inoxidável
Vaso de expansão	2	Enertrês	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidades: 150 litros e 300 litros ➤ Absorção das variações de pressão no circuito primário e no circuito das AQS

Na cobertura do motel existem dois *Chillers* só frio orientados para a produção do circuito hidráulico de arrefecimento das baterias das UTAN's e dos VC's. Os *Chillers* são da marca WESPER, modelo VLS 904 ELN, com uma potência unitária de arrefecimento de 210 kW, e com quatro escalões de potência. Apenas se encontra em funcionamento um dos *Chillers*, sendo que o outro foi inicialmente instalado para dar garantias de segurança. Até ao dia do levantamento de informação no local, o mesmo nunca havia entrado em funcionamento.

Aquando da observação da instalação, que foi levada a cabo pelos engenheiros e técnicos da Climacom, verificou-se que três dos depósitos acumuladores, assim como uma das caldeiras, estavam desativados. Tal decisão havia sido tomada em função das potências

das caldeiras instaladas e, ainda, pelo facto de o volume dos acumuladores ser muito superior às necessidades térmicas reais e de consumo das AQS.

A rede aerúlica é composta por Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN's), que promovem a renovação do ar dos quartos e dos espaços comuns do motel, com o auxílio de Ventiladores de Extração, cujo objetivo é a remoção do ar viciado dos compartimentos de uso esporádico (como sendo, quartos de banho, instalações sanitárias públicas, arrumos e despensas), e pelos Ventiloconvectores de condutas, colocados, em cada um dos quartos, por cima do teto falso.

A Tabela 4 mostra uma relação dos equipamentos existentes na cobertura do motel referentes à rede aerúlica, indicando as principais características de funcionamento.

Tabela 4 - Relação do material existente na cobertura e principais características.

Equipamento	Quant.	Marca e modelo	Principais características
Unidade de Tratamento de Ar Novo	5	Sem informação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 100 % Ar novo ($\dot{m}_{AN} = 4500 \text{ m}^3/h$) ➤ Sem recuperação de energia ➤ 4 Tubos ➤ Potência Arrefecimento: 23,26 kW ➤ Potência Aquecimento: 31,92 kW
Unidade de Tratamento de Ar	1	Sem informação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ar Novo e Ar de Recirculação ➤ Com recuperação de energia ➤ 4 Tubos ➤ Potência Arrefecimento: 5,82 kW ➤ Potência Aquecimento: 6,65 kW
Ventiladores de Extração	9	Sem informação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoção de Ar viciado ➤ \dot{m}_{ar} desde 75 a 4500 m^3/h
Ventiloconvector	39	Sem informação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Unidade de climatização por condutas ➤ 4 Tubos ➤ Potência Aquecimento: 4,5 kW ➤ Potência Arrefecimento: 2,5 kW

3.2.2. Análise dos equipamentos

Atendendo ao esquema de princípio da instalação hidráulica do motel, como se pode ver no ANEXO B, é possível determinar qual a potência disponível para a climatização e para a produção das AQS.

De modo a determinar a potência térmica, ou a quantidade de calor que a instalação fornece durante um determinado período de tempo aos depósitos ou aos

permutadores, esta calcula-se com base no caudal volumétrico (\dot{V}), conforme a equação (3.1):

$$Pot = \frac{\dot{V} \times cp_{H2O} \times \rho_{H2O} \times \Delta T}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Se se considerar que o fluido é a água com as seguintes especificações:

$$T_{H2O} = 80 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \rho_{H2O} = 971,8 \text{ kg/m}^3$$

$$T_{H2O} = 80 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow cp_{H2O} = 4,196 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

E se na equação (3.1) considerarmos um $\Delta t = 3600 \text{ s}$, esta simplifica, originando:

$$Pot = \dot{V} \times 1,133 \times \Delta T \quad (3.2)$$

Atendendo a que o caudal da bomba para o circuito de aquecimento debita um $\dot{V} = 10,35 \text{ m}^3/\text{h}$, e considerando um $\Delta T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, a potência térmica fornecida será de:

$$Pot = 10,35 \times 1,133 \times 20 = 275,31 \text{ kW} \quad (3.3)$$

No caso da potência térmica fornecida pelas caldeiras para a produção das AQS, esta calcula-se em função do caudal enviado pelas bombas, sendo que estas têm:

$$\dot{V}_{B.AQS1} = 20,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{V}_{B.AQS2} = 27 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando, igualmente, um $\Delta T = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ para a caldeira, as potências térmicas fornecidas para os depósitos das AQS são:

$$Pot_{AQS1} = 20,25 \times 1,133 \times 20 = 538,65 \text{ kW} \quad (3.4)$$

$$Pot_{AQS2} = 27,00 \times 1,133 \times 20 = 718,2 \text{ kW} \quad (3.5)$$

$$Pot_{TOTAL} = Pot_{AQS1} + Pot_{AQS2} = 538,65 + 718,2 = 1256,85 \text{ kW} \quad (3.6)$$

Para a produção das AQS dos seis depósitos acumuladores existentes, as bombas, funcionando no seu regime máximo, debitam uma potência térmica de 1256,85 kW.

Relacionando a potência térmica anteriormente calculada com a potência disponibilizada pelas duas caldeiras, cuja potência unitária é de 232,6 kW, antevê-se que a instalação, no grupo de circulação, esteja sobredimensionada.

3.2.3. Caracterização Energética

Para possibilitar a realização de um estudo energético, o proprietário do edifício, foi realizando uma folha de cálculo onde foi inserido os custos energéticos presentes nas faturas da eletricidade, do gás natural e da água ocorridos entre janeiro de 2011 e maio de 2016. Essa folha de cálculo foi facultada para estudo e análise comparativa de resultados.

Atendendo aos gráficos da Figura 12 e Figura 13, realizados no âmbito das variáveis da folha de cálculo disponibilizada, pretende-se, ao revelar os consumos energéticos das instalações, avaliar e definir uma forma de intervenção que resulte na diminuição dos mesmos.

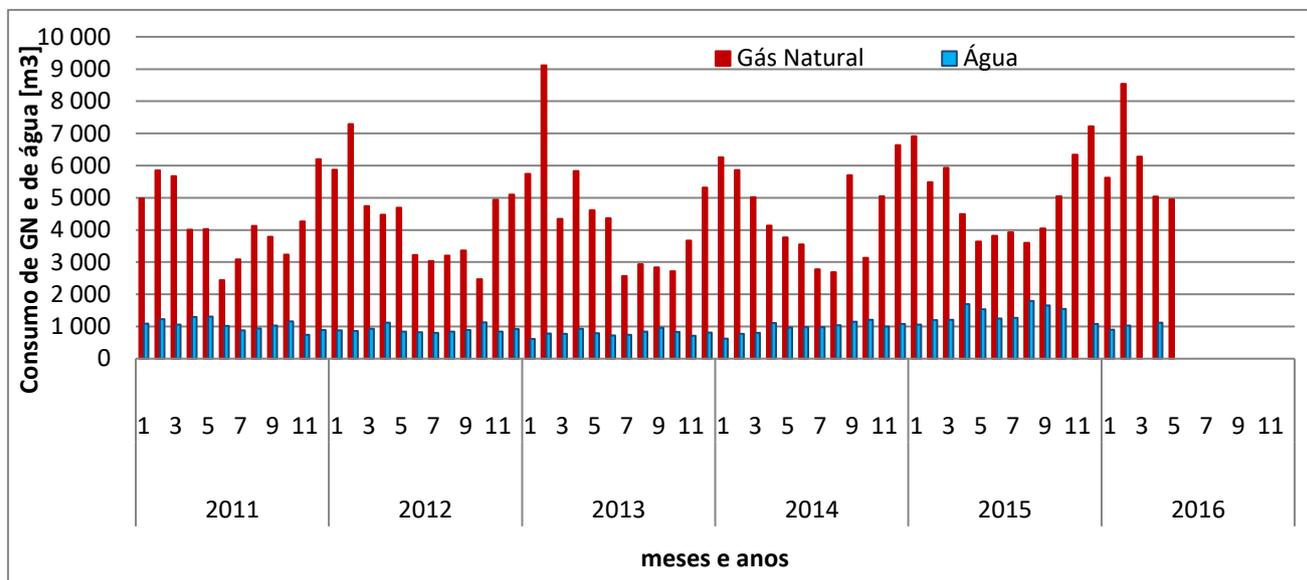


Figura 12 - Consumo de GN e de água [m³] ao longo do ano e no período 2011-2016

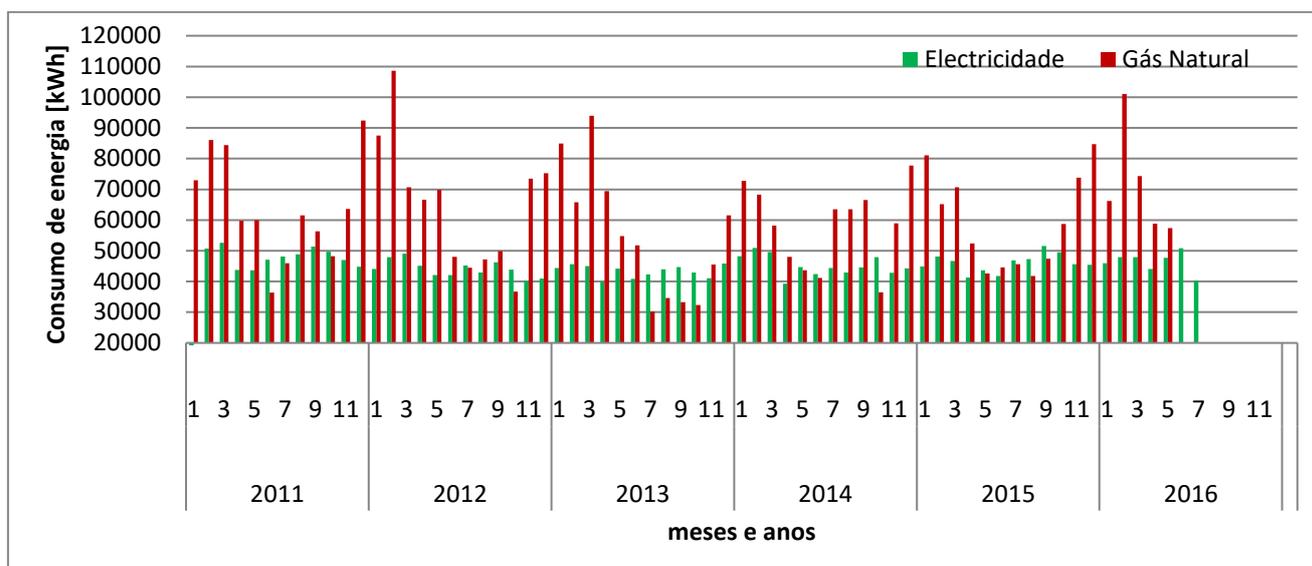


Figura 13 - Consumo de GN e de eletricidade [kWh] ao longo do ano e no período 2011-2016

Como se pode constatar, no decorrer do período de funcionamento considerado, existe um consumo muito elevado dos recursos disponíveis, sendo o gás natural o recurso energético com maior utilização. Na Figura 12, o consumo de água mantém-se mais ou menos constante ao longo do tempo, sendo que o consumo de gás natural tem uma grande variação sazonal. Este padrão de consumo explica-se pelo facto de, no inverno, haver consumo de gás natural para a produção de aquecimento, logo, climatização. Na Figura 13 é feita uma comparação entre o uso de gás natural e o uso de eletricidade observando-se que, em alguns momentos, como sendo o período de verão, a utilização de eletricidade supera a de gás natural. No entanto, a diferença encontrada não é tão significativa quanto a que se regista durante os meses de inverno, nos quais o consumo de gás natural é cerca de 2,5 vezes maior que o consumo de eletricidade.

Nos gráficos da Figura 14 e Figura 15, entre 2011 e 2015, denotam-se oscilações ao nível do uso dos recursos. A explicação para este fenómeno pode estar no surgimento da crise económica em Portugal, justificando-se assim a contenção manifestada pelos clientes na utilização do serviço em causa durante o conseqüente período de austeridade. Finalmente, no ano de 2015, os dados começam a revelar um aumento ao nível do consumo dos recursos.

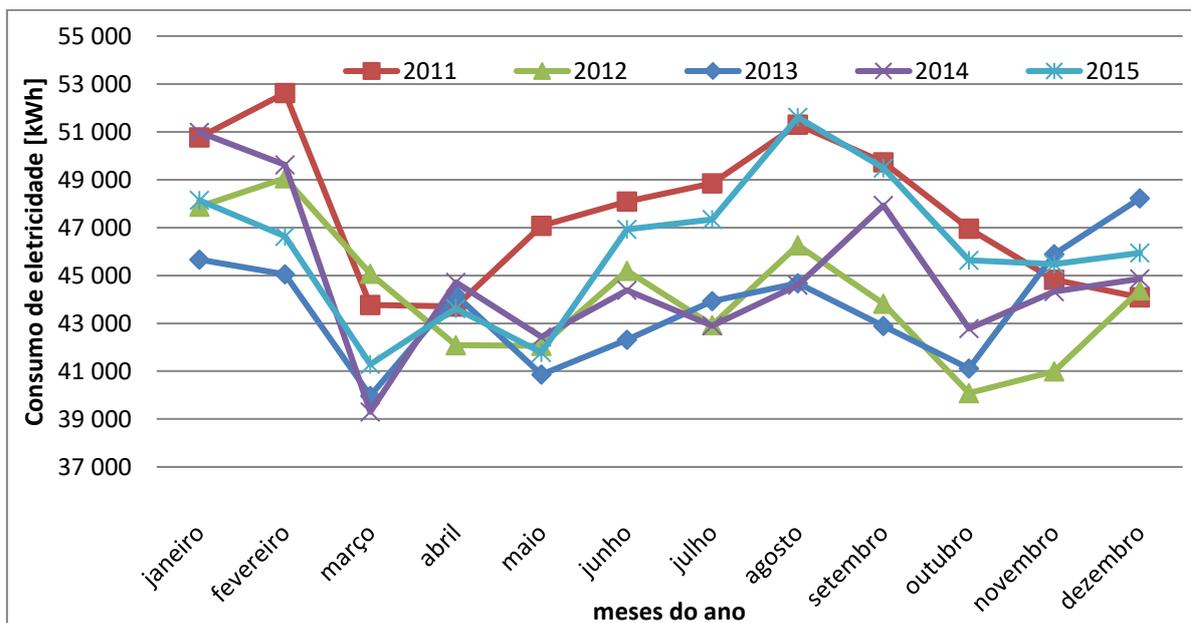


Figura 14 - Consumo de eletricidade [kWh] entre 2011-2016

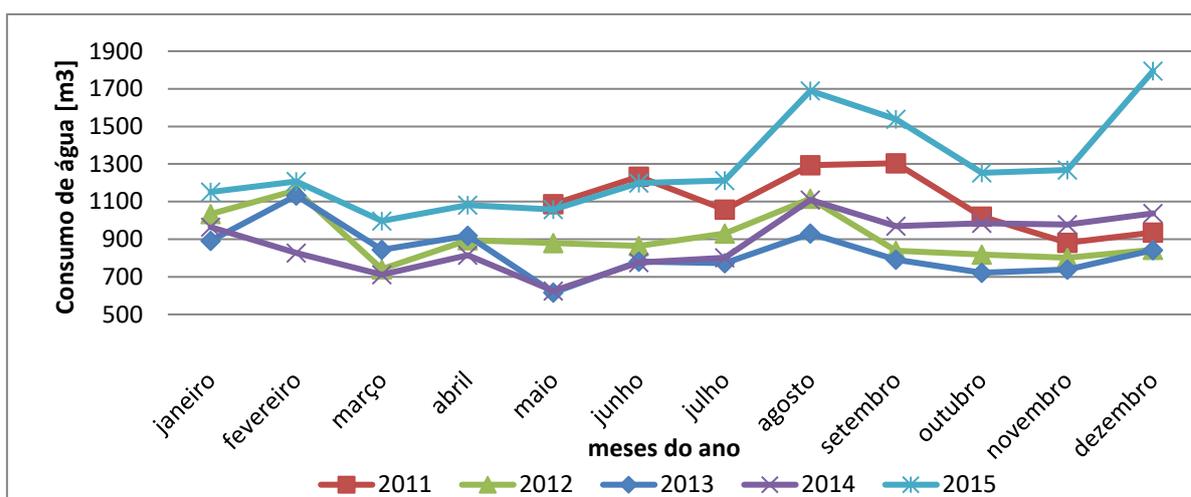


Figura 15 - Consumo de água [m³] entre 2011-2016

3.2.3.1. Cálculo das Cargas Térmicas

Para o cálculo das cargas térmicas recorreu-se à plataforma informática *CYPE*. Com a inserção dos dados do projeto de ventilação, de cargas internas e de soluções construtivas, o programa simulou as cargas térmicas existentes no edifício destinadas quer ao aquecimento, quer ao arrefecimento.

Uma vez que não foi fornecida qualquer informação acerca das soluções construtivas, o dimensionamento inicial das cargas baseou-se no cumprimento dos requisitos regulamentares imposto pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de

Comércio e Serviços (RECS), presente na Portaria nº 17-A/2016, no Diário da República, 1.ª série – N.º 24 – 4 de fevereiro.

Como tal, procedeu-se ao cálculo das cargas térmicas de arrefecimento e de aquecimento conforme os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente do edifício apresentados na Tabela 5. Numa perspetiva menos otimista da solução construtiva do edifício, procedeu-se a um novo cálculo das cargas térmicas, alterando-se as envolventes com a remoção do isolamento e das caixas-de-ar.

Tabela 5 - Soluções construtivas com e sem isolamento e caixas-de-ar (para cargas térmicas)

Solução construtiva	Com isolamento e caixa-de-ar	Sem isolamento e sem caixa-de-ar
	U [W/m ² .°C]	U [W/m ² .°C]
Parede Exterior	0,40	1,35
Parede Interior	0,35	1,20
Cobertura	Arrefecimento: 0,26 Aquecimento: 0,27	Arrefecimento: 0,61 Aquecimento: 0,64
Envidraçados	2,4	3,30
Pavimento entre pisos	<p>Laje superior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arrefecimento: 0,31 - Aquecimento: 0,33 <p>Laje inferior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arrefecimento: 0,33 - Aquecimento: 0,31 <p>Laje inferior exposta à intempérie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Arrefecimento: 0,33 - Aquecimento: 0,32 	<p>Laje superior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arrefecimento: 0,95 - Aquecimento: 1,09 <p>Laje inferior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arrefecimento: 1,09 - Aquecimento: 0,95 <p>Laje inferior exposta à intempérie:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Arrefecimento: 1,17 - Aquecimento: 1,08

3.2.3.2. Avaliação dos caudais de Ar Novo

Como referido no capítulo 3.1.2, existem Unidades de Tratamento de Ar Novo colocadas na cobertura de modo a fornecer 100 % de ar novo aos quartos. Cada UTAN admite 4500 m³/h de ar novo, sendo este devidamente filtrado e aquecido, ou arrefecido, pelas baterias. Cada quarto conta com uma área de 26,5 m² e um pé direito de 2,7 m. O volume deste compartimento e as renovações horárias de ar no seu interior calculam-se com base nas expressões (3.7) e (3.8):

$$V = \text{área} \times \text{altura} \tag{3.7}$$

$$reph = \frac{\dot{m}_{ar}}{V} \quad (3.8)$$

$$V_{quarto} = 26,5 \times 2,7 = 71,55 \text{ m}^3 \quad (3.9)$$

$$reph_{quarto} = \frac{450}{71,55} = 6,29 \quad (3.10)$$

Para um compartimento que admite Ar Novo devidamente tratado e climatizado, e que conta ainda com um aparelho de climatização que funciona através de circulação forçada, as 6 renovações por hora realizadas pela UTAN, em cada quarto são um complemento bastante razoável de climatização.

Com base no RECS e nos requisitos de ventilação e qualidade do ar interior, é possível observar, na Portaria, que o caudal mínimo de Ar Novo, determinado em função da carga poluente do edifício, no caso dos quartos (sem atividades que envolvam a emissão de poluentes), tem de ser, no mínimo, $3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$.

Atendendo ao caudal debitado em cada quarto e à área do mesmo, o caudal mássico de Ar Novo determina-se com base na equação (3.11):

$$\dot{m}_{AN} = \frac{450}{26,5} = 16,98 \frac{\text{m}^3}{\text{h.m}^2} \quad (3.11)$$

Este valor é 5,66 vezes maior do que o valor imposto pelo regulamento. Trata-se, portanto, de um caudal de Ar Novo excessivo para o espaço em causa, uma vez que este apenas necessita de ter renovação de ar, pois a climatização é realizada pelo aparelho instalado.

3.2.3.3. Avaliação das necessidades das AQS

De modo a perceber qual o consumo de gás natural no setor das AQS e da Climatização, fez-se uma média dos consumos mensais (a 30 dias) desde março de 2013 a fevereiro de 2016, para se saber qual a quantidade de GN que ia para o setor de aquecimento das AQS e qual a quantidade que ia para o setor de aquecimento dos Ventiloinvectores e UTAN's. Esta desagregação partiu do pressuposto de que com a informação do consumo total de gás natural de cada mês, e do consumo total de água mensal, estima-se que durante os meses de verão (junho, julho e agosto) não há produção de aquecimento para a Climatização, e fazendo uma média das necessidades de gás natural desses meses de verão

para produção de aquecimento para AQS, obtém-se um fator que multiplicará pelo consumo de água a 30 dias. A diferença entre o consumo total de gás nos diversos meses pelo consumo de gás natural a 30 dias para AQS dará o valor de produção de consumo de GN para o setor da Climatização.

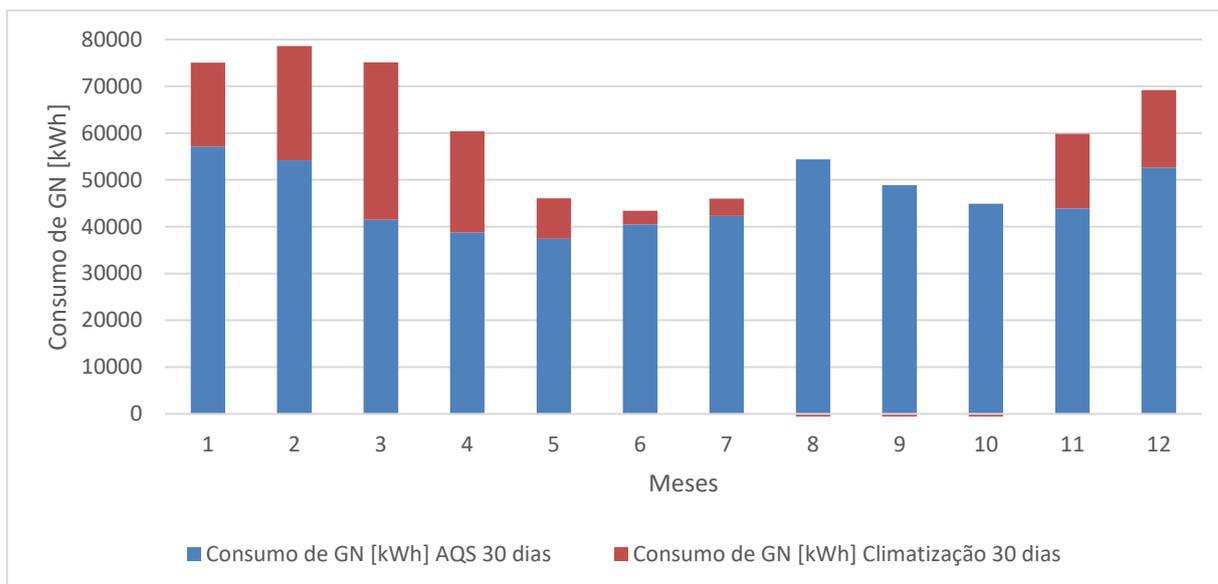


Figura 16 - Consumo Total de GN [kWh] para AQS e Climatização, com uma relação igual para todos os meses do ano.

Atendendo ao gráfico da Figura 16, denota-se uma elevada quantidade de gás natural para a produção das AQS ao longo do ano, cerca de 75 %, se considerarmos os meses de inverno onde há produção de aquecimento para AQS e Climatização. Nos meses de agosto, setembro e outubro não houve queima de gás natural para a Climatização, estando as caldeiras a funcionar, exclusivamente, para a produção de AQS. Conclui-se, portanto, que o campo de ação e de intervenção na instalação terá que incidir, maioritariamente, na produção das AQS.

4. PROPOSTA DE MELHORIA

4.1. Resultado da Análise do Cálculo das Cargas Térmicas

Com o programa informático *CYPE* a proceder à simulação das cargas térmicas, para uma envolvente otimista em termos de soluções construtivas, e para uma envolvente já mais próxima do que é comum nos projetos de edifício de serviços existentes, obteve-se os valores apresentados no gráfico da Figura 17, retirados da informação apresentada nos APÊNDICE G e APÊNDICE H.

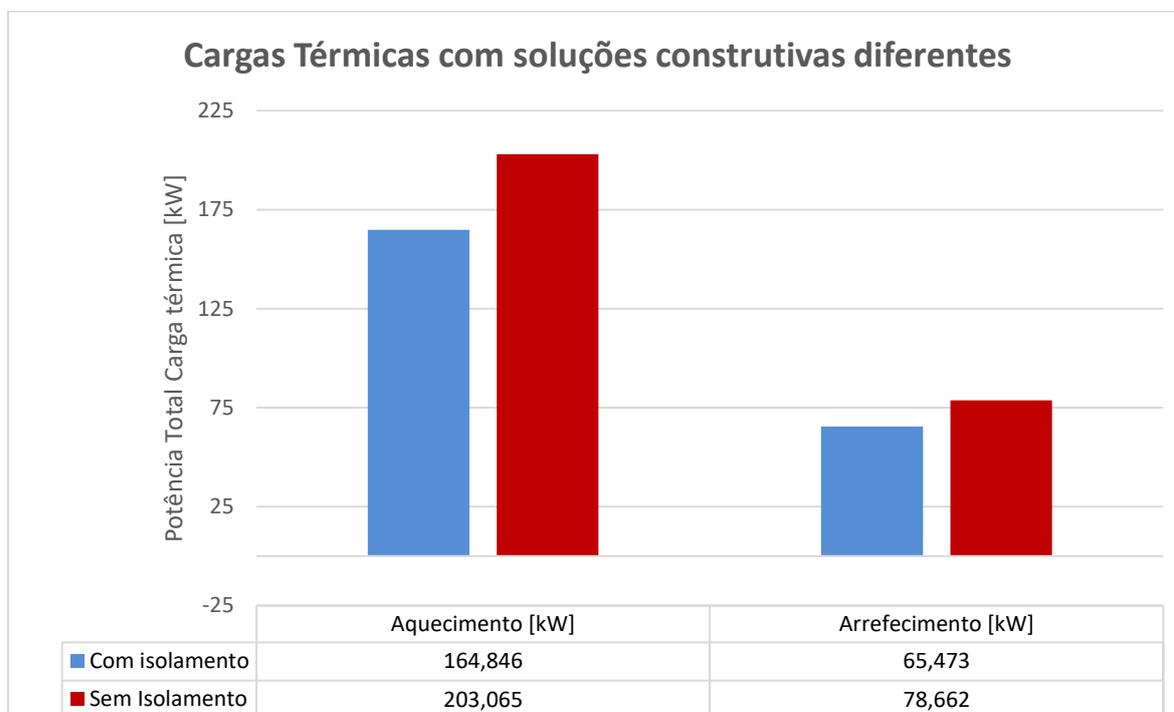


Figura 17 - Cargas Térmicas com soluções construtivas diferentes, simuladas em CYPE.

Nas necessidades de aquecimento, retirando-se o isolamento das soluções construtivas, verificar-se-ia um aumento de 23 %, face a um edifício otimista no que se refere a implementação da sua construção. Em arrefecimento, o aumento de potência requerida seria de cerca de 20 %, semelhante, portanto, à situação anterior. Em termos de necessidades de aquecimento, o valor mais alto registado seria 203 kW e, para arrefecimento, 78,7 kW. Poderá constatar-se, novamente, que a solução atualmente implementada está sobredimensionada.

Daqui se depreende que a medida de melhoria mais evidente seria a implementação de uma solução construtiva com isolamento em todas as paredes interiores e exteriores do edifício, assim como ao nível da sua cobertura, reduzindo-se, desta forma, os cerca de 20 % de consumo de energia que se registam a mais.

4.2. Resultado da Avaliação dos Caudais de Ar Novo

No subcapítulo: Avaliação dos caudais de Ar Novo, foi determinado que, para cada quarto, existem 6,29 renovações por hora do caudal de ar novo. Tal facto deve-se ao excessivo caudal depositado no compartimento, o qual vem anteriormente tratado. Se atendermos a que cada UTAN admite 4500 m³/h de Ar Novo, torna-se necessária uma potência também elevada para climatizar o ar de passagem, como se pode verificar nas equações (4.1) e (4.2).

Para um cálculo simples da potência sensível necessária para climatizar o ar, tem-se:

$$\dot{Q}_s = \frac{\rho \times V \times c_p \times \Delta T}{3600} = 0,34 \times \dot{m} \times (T_{ext} - T_{int}) \quad (4.1)$$

Em que:

- ρ : Massa volúmica do ar [kg/m³];
- \dot{m} : Caudal de Ar Novo [m³/h];
- c_p : Calor específico do ar [J/kg.°C];
- T_{ext} : Temperatura do ar exterior [°C];
- T_{int} : Temperatura do ar interior [°C].

A potência necessária para climatizar o ar, para arrefecimento, em condições extremas exteriores, define-se por:

$$\dot{Q}_s = 0,34 \times 4500 \times (35 - 22) = 19,89 \text{ kW} \quad (4.2)$$

Conclui-se que, para uma bateria de uma UTAN, seriam necessários cerca de 20 kW para climatizar o ar de passagem.

A sugestão de melhoria passaria por reduzir o caudal em cada UTAN, assim como o caudal de ar que chega a cada quarto, uma vez que existem unidades de climatização para aquecer ou arrefecer os espaços.

Por exemplo, se diminuíssemos o caudal de ar de passagem nas UTAN's de acordo com o cumprimento do regulamento RECS com o caudal mínimo de Ar Novo em função da carga poluente devida ao edifício ($\dot{m}_{AN} = 3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$), e sendo que cada UTAN fornece 10 quartos, a potência necessária para a climatização seria de:

$$\dot{Q}_s = 0,34 \times (10 \times 26,5 \times 3) \times (35 - 22) = 3,514 \text{ kW} \quad (4.3)$$

O resultado obtido implica uma redução de 82 % da potência necessária, relativamente à potência atual utilizada na para climatização do ar.

4.3. Resultado da Avaliação das Necessidades das AQS

Após a análise dos resultados, presentes no subcapítulo: Caracterização Energética, no que se refere a produção das AQS procedeu-se a uma proposta de melhoria, procurando uma alternativa ao uso de gás natural, com recurso a equipamentos de maior eficiência energética. Para tal, elaborou-se um estudo para os referidos consumos de energia, necessários ao longo do período em análise (2011-2016), para se verificar a possibilidade de se obter uma poupança.

4.3.1. Proposta de melhoria da instalação

Para apoiar a leitura que se segue sobre a proposta de melhoria da instalação de produção das AQS, propõe-se, agora, a observação do esquema de princípio presente no APÊNDICE I.

Sendo assim, para a produção das AQS. Sugere-se uma ligação em série dos seis acumuladores com quatro níveis de fornecimento de energia. Juntamente com uma instalação solar, um *Chiller*/Bomba de Calor, seis Althermas *Daikin* Alta Temperatura e as caldeiras existentes, que serão mantidas para *Backup*, perfaz-se um total de 350,99 kW de potência disponível para a produção das AQS e do Aquecimento, ao que se junta os 400 kW de potência das caldeiras.

Num primeiro nível, o fornecimento de energia à instalação irá ser feito com recurso a dois grupos de 15 coletores solares ligados em paralelo, estando os coletores solares de cada grupo ligados em série e com retorno invertido, e situados na cobertura do edifício. Associado a esta instalação estará um grupo de circulação, constituído por bomba circuladora, manómetros, sondas de temperatura e vaso de expansão solar. O fluido irá

circular através dos coletores, com a finalidade de fornecer energia, através de um permutador de placas, ao Depósito de AQS_1.

O segundo nível de fornecimento de energia será realizado através de um *Chiller* Bomba de Calor. Este estará ligado a um depósito de inércia, o qual irá fornecer água quente para a produção das AQS no permutador de placas, que estará ligado ao depósito das AQS_2, e que também será responsável pelo fornecimento de água quente para o sistema de aquecimento (UTA's e VC's).

No terceiro nível de fornecimento de energia, já no depósito de acumulação AQS_5, e sendo que os depósitos AQS_3 e AQS_4 estarão ligados em série para servir de acumulação dos anteriores, iremos ter um conjunto de seis *Althermas* de Alta Temperatura (80°C). Estes *Althermas* estarão diretamente a funcionar para um coletor de inércia que, posteriormente, será para fornecimento de água quente para o permutador de placas alusivo ao depósito das AQS_5.

Como quarto nível de energia, aproveita-se a existência das caldeiras para manter a segurança, no caso dos restantes equipamentos não conseguirem satisfazer as necessidades energéticas. As duas caldeiras existentes estariam, assim, a fornecer água quente a um permutador de placas no depósito das AQS_6.

Na Tabela 6, podemos constatar a relação dos equipamentos e as principais características dos mesmos.

Tabela 6 - Relação de material e principais características para a proposta de melhoria

Equipamento	Quant.	Marca e modelo	Principais características
Coletor Solar	30	VULCANO, FCC-2S	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Área útil: 1,936 m² ➤ Tipo: vertical ➤ Caudal nominal: 50 l/h ➤ Rendimento ótico: 0,761 ➤ Circuito hidráulico: Grelha de tubos
Chiller Bomba de Calor	1	TRANE, CXAM080	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potência aquecimento: 215,54 kW ➤ COP_h: 2,53 à temperatura amb. 7 °C ➤ Baixa Temperatura (45 – 50 °C) ➤ Arranadores Suaves e <i>Inverter</i>
Altherma Alta Temperatura	6	Daikin, ERSQ016AY1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potência aquecimento: 16 kW ➤ COP aquecimento: 2,4 à temperatura amb. 7 °C ➤ Alta Temperatura (70 – 80 °C) ➤ Tecnologia <i>Inverter</i>

4.3.1.1. Metodologia de análise

Para o dimensionamento de uma nova proposta, visando a redução de custos e, conseqüentemente, a não utilização das caldeiras, procedeu-se, então, a alterações na instalação, de acordo com o uso de equipamentos mais eficientes, capazes de manter as mesmas condições de conforto dos ocupantes da unidade hoteleira em questão. Para este efeito, a metodologia que se segue pretende demonstrar tal projeção, observável no esquema de princípio do APÊNDICE I.

Como primeiro nível de fornecimento de energia às AQS, o conjunto solar térmico será feito através de circulação forçada. Esta instalação conseguirá fornecer uma potência térmica bastante aceitável, funcionando nas condições ideais, como poderemos ver nas seguintes expressões:

$$\dot{V}_{nom/coletor} = 50 \text{ l/h}$$

Como teremos uma instalação com 30 coletores solares, o caudal total será:

$$\dot{V}_{nom\ Total} = 30 \times 50 = 1500 \text{ l/h} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4.4)$$

Para determinar a potência térmica, ou a quantidade de calor que esta instalação fornece durante um determinado período de tempo, recorreremos novamente à equação (3.2), no subcapítulo 3.2.2.

Na instalação solar dimensionada, admitindo um $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, a potência térmica fornecida para o depósito de AQS, será:

$$Pot = 1,5 \times 1,33 \times 20 = 39,99 \text{ kW} \quad (4.5)$$

A par do cálculo da potência disponível fornecida ao permutador de placas, foi também tido em conta o espaço acessível à colocação dos coletores solares, por forma a que estes ficassem subdimensionados, para que se obtivesse um melhor rendimento ao nível do seu funcionamento.

Como terceiro nível de fornecimento de energia, teremos um conjunto de seis *Althermas* de Alta Temperatura (80 °C cada), cada um, com uma potência unitária de 16 kW, que irão fornecer energia para o aquecimento das AQS.

Neste nível, a potência fornecida para um depósito acumulador será de:

$$Pot = 6 \times 16 = 96 \text{ kW} \quad (4.6)$$

Perfazendo o total das todas as potências disponíveis com os novos equipamentos, e considerando que estes estão a funcionar nas suas condições ideais e de máximo rendimento, teremos então uma potência total disponível de:

$$Pot_{TOTAL} = 39,99 + 215 + 96 = 350,99 \text{ kW} \quad (4.7)$$

Uma vez que a instalação atual possui uma potência térmica disponível de 400 kW, e que, ainda assim, se encontra sobredimensionada para as necessidades atuais de energia do edifício, a potência térmica disponível proposta tem um valor próximo, conseguindo suprir as necessidades energéticas do mesmo.

4.3.2. Análise Energética

Nas análises energética e económica ter-se-á em conta uma comparação entre o gás natural consumido e a quantidade de eletricidade necessária para produzir a mesma quantidade de energia produzida pelo GN.

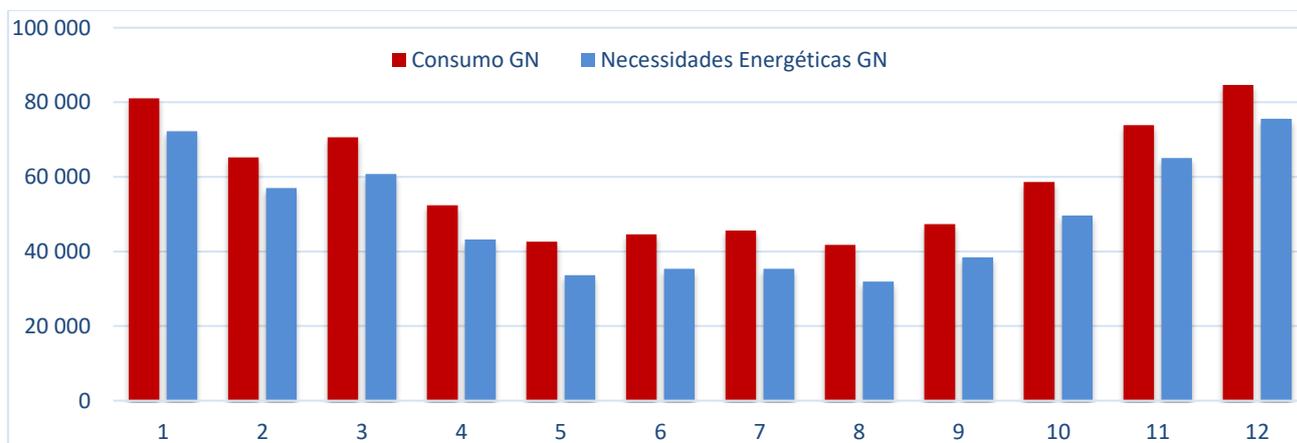


Figura 18 - Comparação do consumo de GN [kWh] e das necessidades energéticas de GN para o ano de 2015.

No gráfico da Figura 18, observamos que, para o ano de 2015, que a diferença entre o consumo de GN e as necessidades reais de energia correspondem aos 8 % de rendimento que falta à caldeira para converter todo o consumo de GN em necessidades energéticas à produção das AQS e Climatização.

Considerando que as Bombas de Calor têm um COP nominal de 2,53 e de 2,4, no gráfico da Figura 19 pode observar-se, que no caso do uso de Bombas de Calor, o consumo de energia final é muito inferior no caso da eletricidade quando comparado com o GN.

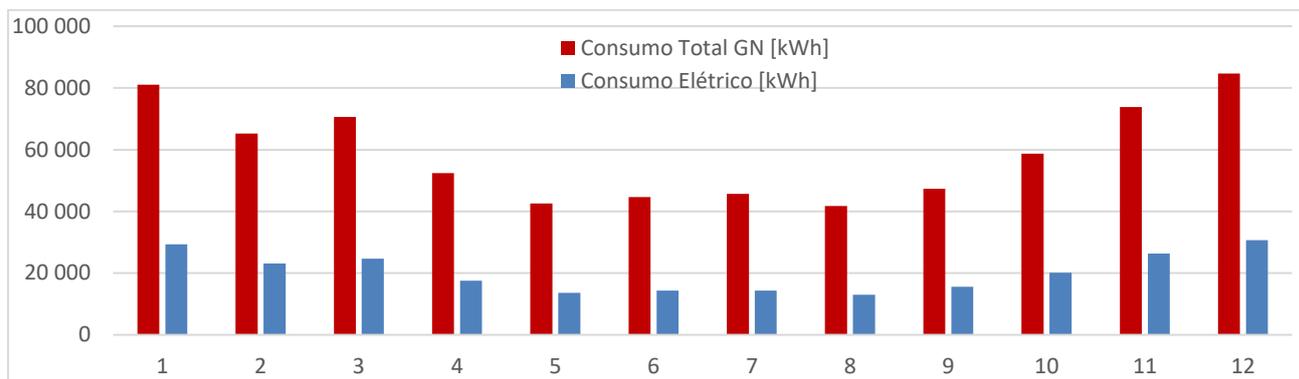


Figura 19 - Comparação do consumo de GN [kWh] e do consumo de eletricidade [kWh] para as mesmas necessidades de calor.

Como referido anteriormente, um dos parâmetros tido em conta para a melhoria do sistema foi a colocação de um nível de fornecimento de energia térmica concretizado pela instalação de 30 coletores solares. Com recurso à ferramenta de *software Solterm*, foi feito um dimensionamento, para a região indicada, com o objetivo de se saber qual a produção anual de energia solar térmica. Tratam-se de ganhos de energia grátis que será convertida para o aquecimento do depósito acumulador das AQS_1, tal como é apresentado na Tabela 7. A Figura 20 revela uma comparação entre as necessidades energéticas úteis com e sem a instalação solar. O cálculo foi efetuado através da subtração realizada entre as necessidades energéticas úteis promovidas pelo GN e os ganhos de energia mensais proporcionados pela radiação solar.

Tabela 7 - Consumo fornecido [kWh] anualmente pelo sol através de simulação em *Solterm*.

Desempenho térmico do sistema solar			
Meses	Fornecido [kWh]	Meses	Fornecido kWh]
Janeiro	2386	Julho	6650
Fevereiro	3024	Agosto	6491
Março	4179	Setembro	5107
Abril	4964	Outubro	4370
Maió	5530	Novembro	2885
Junho	5663	Dezembro	2315
TOTAL Fornecido [kWh]		53563	

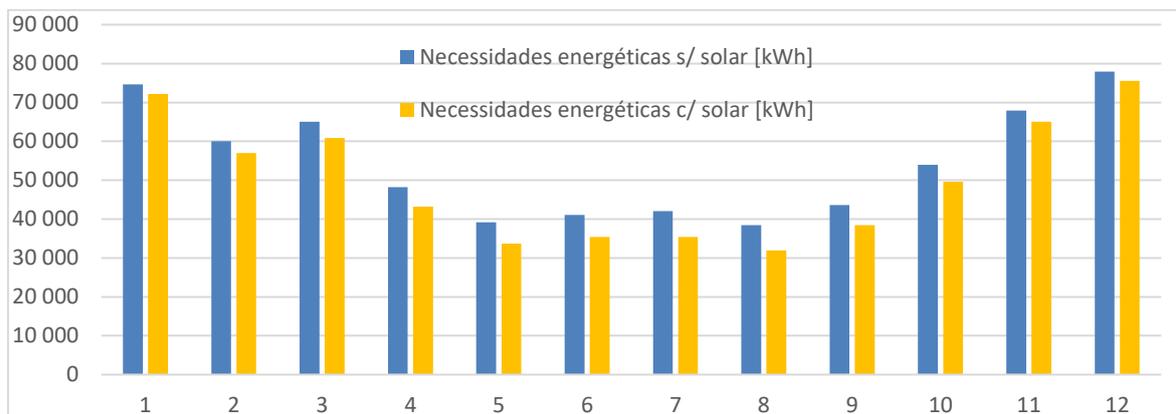


Figura 20 - Comparação entre as necessidades energéticas úteis [kWh] e necessidades energéticas úteis [kWh] com instalação solar.

4.3.3. Análise Económica

Para a realização da análise económica dos sistemas, teve-se em conta os valores dos custos unitários do gás natural e da eletricidade.

Na presente secção é feita uma abordagem comparativa, integrando custos mensais e anuais de eletricidade e de gás natural, e pretendendo-se demonstrar qual seria a poupança económica obtida em virtude da instalação de equipamentos mais eficientes, como os que constam da proposta apresentada no capítulo 4.3.1.

Para finalizar esta análise económica, a discussão focar-se-á no ano de 2015, uma vez que este foi o último ano a fornecer registos detalhados, efetuados pelo proprietário do edifício, ao nível do consumo e dos custos de energia.

Assim, a colocação de coletores solares para o aquecimento das AQS, constituindo-se aqueles como instrumentos de obtenção de energia renovável, é uma solução que surge aqui como altamente rentável para a referida produção, já que apresenta apenas custos de instalação, de funcionamento das bombas de circulação e de manutenção, sendo o consumo energético gratuito. Os gráficos das Figura 21, Figura 22 e Figura 23 mostram a poupança verificada, face ao consumo de GN.

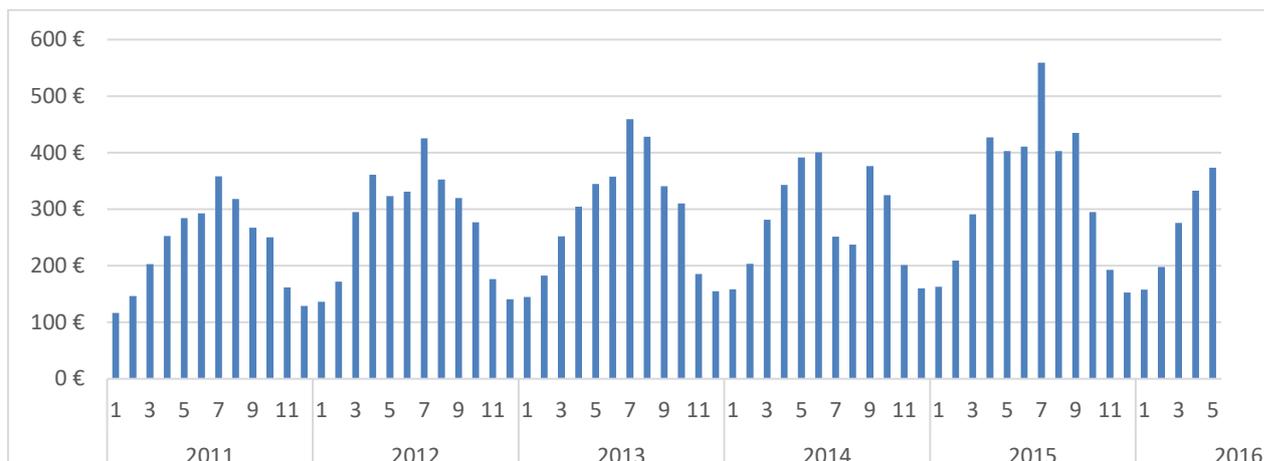


Figura 21 - Poupança mensal [€] devido à instalação solar no período de 2011-2016.

O gráfico da Figura 21 mostra a poupança mensal obtida devida à presença da instalação solar, comparativamente ao custo do GN (e ao longo do período de tempo assinalado). Consegue-se observar a alternância entre as épocas sazonais, ao longo do ano, sendo que os picos correspondem à época de verão.

Conforme a tabela presente no APÊNDICE J, a poupança total, no final do período de tempo em estudo, caso o cliente optasse só pela colocação de uma instalação solar, estaria avaliada em 18.163,45 €.

Se a solução se apresentar sem a instalação solar, e somente com a colocação de Bombas de Calor, podemos constatar, como no gráfico da Figura 22, que existe uma poupança significativa nas faturas mensal e anual, em detrimento da utilização de caldeiras.

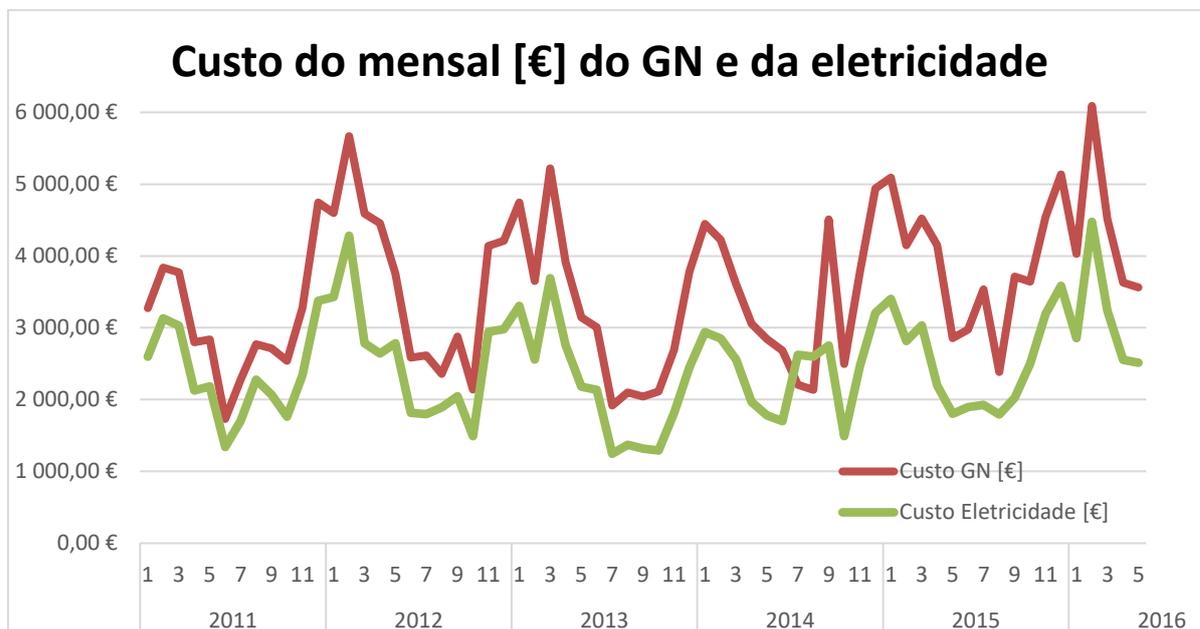


Figura 22 - Custo mensal [€] do GN e da eletricidade, caso a instalação seja constituída só por Bombas de Calor, no período 2011-2016.

No APÊNDICE K, a tabela mostra que a poupança efetiva, após o somatório das poupanças anuais, perfaz um valor de 68.657,76 €, de acordo com a implementação de um sistema com seis Bombas de Calor de Alta Temperatura e com um Chiller Bomba de Calor. Só no ano de 2016, considerando-se somente cerca de 5 meses, poder-se-ia alcançar uma poupança na ordem dos 6.180,55 €, no que se refere a fatura energética.

Se a solução integrar o sistema solar dimensionado, o Chiller Bomba de Calor e as seis Bombas de Calor de Alta Temperatura, obter-se-á uma poupança ainda mais significativa do que as anteriores, como podemos observar na Figura 23 e na tabela do APÊNDICE L. Portanto, se, na presente unidade hoteleira, a implementação inicial da instalação tivesse sido a preconizada pela Climacom, a poupança energética teria sido de 86.821,21 €.

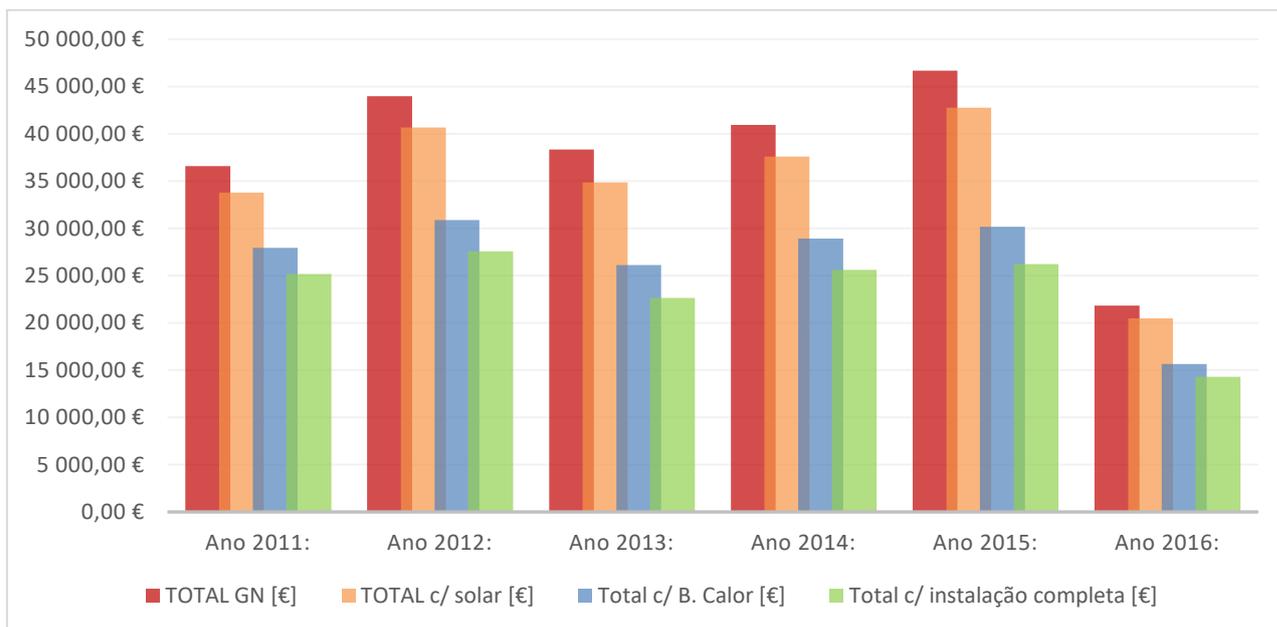


Figura 23 - Comparação anual de custos [€] energéticos entre as várias soluções.

4.3.3.1. Período de Retorno

No Despacho nº 15793-L/2013 (extrato), do *Diário da República*, 2ª série – Nº 234 – 3 de dezembro de 2013, procede-se à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética, como demonstra a equação:

$$PRS = \frac{C}{P} \quad (4.8)$$

Na qual:

C – Corresponde à totalidade dos custos de investimento;

P – Corresponde à poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo, sendo determinada com base em simulações anuais detalhadas do funcionamento do edifício e seus sistemas técnicos, ou por cálculo anual simples.

Uma vez que a Climacom apresentou um orçamento ao cliente para a realização de trabalhos na instalação hoteleira, e considerando a poupança anual referente ao ano de 2015, por ser o ano que mais se assemelha aos custos praticados no atual ano civil, passo a seguinte resolução da equação do Período de Retorno Simples (PRS):

$$\begin{aligned}C_{B.calor} &= 135.861,21 \text{ €} + IVA \\C_{Solar} &= 34.108,41 \text{ €} + IVA \\P_{2015} &= 20.463,10 \text{ €} + IVA \\PRS &= \frac{135.861,21 \text{ €} + 34.108,41 \text{ €}}{20.463,10 \text{ €}} = 8,31\end{aligned}\tag{4.9}$$

Logo, o Período de Retorno do investimento na instalação composta por Bombas de Calor de Alta Temperatura, *Chiller* Bomba de Calor e Coletores Solares, face à poupança em gás natural no ano de 2015, seria de cerca de 8 anos e 3 meses.

Note-se que a expressão tem, ainda, em conta dois aspetos relevantes:

- a) Os custos de energia são constantes e iguais aos do momento do investimento;
- b) Não se consideram os custos financeiros, nem os efeitos da inflação.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho centrou-se nos procedimentos habituais de um engenheiro mecânico, inserido numa empresa de AVAC, de acordo com a execução de um planeamento, estudo, orçamentação e subsequente apresentação de uma solução capaz de integrar tanto o aspeto do conforto, como o lado económico, por forma a garantir a satisfação do cliente, não descurando a utilização racional dos recursos naturais.

Durante o percurso de cinco meses de estágio, foi-me possível aplicar muitos dos conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso académico, conhecer novas ferramentas e metodologias da área e ter, também, contacto direto com o mercado de trabalho, incorporando uma equipa de excelência.

Houve ainda a participação em algumas formações técnicas que me ajudaram a obter um melhor conhecimento sobre os produtos e sobre a forma mais adequada de os aplicar em situações industriais e comerciais.

Com o término desta dissertação, pode dizer-se que os objetivos foram sendo atingidos e que houve, ainda, a oportunidade de adquirir conhecimentos interessantes sobre equipamentos que poderão vir a ser o futuro da eficiência energética.

De seguida, apresento um conjunto de conclusões, de foro amplo, que entendo poder retirar desta dissertação:

- Com as mudanças constantes nas diretivas do REH (Regulamento dos Edifícios de Habitação) e do RECS, no sentido do alcance de um planeta mais verde através da implementação de um uso mais racional dos recursos naturais, os tempos encaminham-se para um aperfeiçoamento dos equipamentos, melhorando-se a eficiência energética, conduzindo-a a elevados rendimentos, a par com uma gestão inteligente dos recursos disponíveis.
- O *CYPE Ingenieros* é uma ferramenta bastante completa, em constante evolução, permitindo a execução de projetos com algum rigor e com elevado brio na sua estética, viabilizando, assim, a sua apresentação a coordenadores de obra.

- É possível, portanto, substituir equipamentos de baixa eficiência energética, implementando a aquisição de equipamentos mais eficientes que não comprometam o conforto dos utentes ou aspetos ecológicos.
- Com a adesão a equipamentos com elevada eficiência energética, os edifícios conseguirão uma redução significativa nas suas faturas energéticas e económicas, em comparação com equipamentos de baixo rendimento. É possível garantir, com o investimento inicial em equipamentos eficientes, um período de retorno de cerca de oito anos.

Para terminar, sendo que o mercado está em constante atualização, a cada ano que passa aparece um equipamento ainda mais eficiente do que o do ano anterior. Orientamo-nos, claramente, para uma evolução tecnológica cada vez mais galopante, sendo urgente o acompanhamento sistemático de tal processo, o que se tentou também cumprir com este trabalho.

5.1. Recomendações para trabalho futuro

Com a resolução da presente dissertação, e como aparecimento de algumas dúvidas, podem sugerir-se novos trabalhos:

- O funcionamento de Bombas de Calor com fluido frigorigéneo CO₂;
- A análise energética e económica de uma solução com Bombas de Calor com fluido frigorigéneo CO₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE (2017), Eficiência energética. Acedido a 3 de julho de 2017, em: <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>
- Ascenso, Rita (2017), Energia e edifícios: O futuro já chegou! Acedido a 3 de julho de 2017, em: http://www.edificioseenergia.pt/media/25436/temacapa_67.pdf
- Engineers, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning (1967), ASHRAE Handbook of Fundamentals, ASHRAE, Michigan University
- Austin, Brian T., K. Sumathy (2011), “Transcritical carbon dioxide heat pump systems: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: pp. 4013-4029
- Boletim da Engenharia (2017), Medição e Regulagem do Superaquecimento e Sub-resfriamento. Acedido a 3 de julho de 2017, em: http://www.rrefrigeracao.com.br/upload/arq_arquivo/367.pdf
- Çengel, Y., A. (2009), Transferência de Calor e Massa – Uma Abordagem Prática”, 3ª Ed., Mc Graw Hill.
- Clito, F.A. Afonso (2006), “Recent advances in building air conditioning systems”, *Applied Thermal Engineering* 26: pp. 1961-1971
- Daikin Portugal (2017), Qual a diferença entre calor sensível e calor latente?. Acedido a 3 de julho de 2017, em: <http://www.daikin.pt/support-and-manuals/faq/general/faq13.jsp>.
- Daikin Portugal (2017), Tecnologia de Inverter, O controlo por inverter optimiza a eficiência. Acedido a 3 de julho de 2017, em: <http://www.daikin.pt/about-daikin/leading-technologies/inverter-technology/index.jsp>
- Despacho (extrato) nº 15793-H/2013. “Diário da República, 2ª série – nº 234 - 3 de dezembro de 2013”.
- Despacho (extrato) nº 15793-L/2013. “Diário da República, 2ª série – nº 234 – 3 de dezembro de 2013”.
- Diretiva 2010/31/UE (2010). Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).
- Ferreira, João de Jesus (2017), Economia da Energia: A Importância da Eficiência Energética 1ª Parte, *o instalador* nº252: pp. 84-87.
- Ferreira, João de Jesus (2017), Economia da Energia: A Importância da Eficiência Energética 2ª Parte, *o instalador* nº253: pp. 84-87.
- Gandra, António F. V. (2013), Projeto de instalação Solar Térmica num Motel: Optimização da Produção de Água Quente Sanitária. Trabalho para Unidade Curricular de Projecto do Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Politécnico Gaya, Vila Nova de Gaia.

- Garcia, José J. A. S. V. (2014), Melhoria do desempenho de sistemas frigoríficos destinados a bebidas de pressão. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Jutglar, Luis, Miranda, Ángel Luis, Villarrubia, Miguel (2011), Manual de calefacción. 1ª Edição, MARCOMBO, Barcelona.
- Lovins, Amory B. (1990), The Negawatt Revolution, *Across the Board* Vol. XXVII No. 9: pp. 18-23.
- Monteiro, Victor (2016). Ventilação na Restauração e Hotelaria, 2ª Edição. ETEP, Lisboa.
- Pereira, Serviços técnicos da FNAC c/ colaboração do Eng.º Oliveira (1985), Elementos Básicos sobre Ar Condicionado. PROENÇA, CRL, Lisboa.
- Resolução do Conselho de Ministros nº20/2013 (2013). “Diário da República, 1ª série – nº70 – 10 de abril de 2013”.
- Ribeiro, Vítor B. M. (2014), Dimensionamento de Instalações Solares Térmicas em Edifícios: Projeto e análise de viabilidade económica. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções civis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Salvador, Francisco (1999), Projeto de um Sistema de refrigeração industrial com ‘set-point’ variável. Tese de Mestrado em Engenharia, Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Santos, Susana (2017), Manual do Sistema de Gestão Integrado Versão 20/01/2017. Acedido a 3 de julho de 2017, em: http://www.climacom.pt/files/manual_sgi.pdf
- Solar Quotes (2017), kW, kWh and kilowatt/hour: What do they stand for?. Acedido a 3 de julho de 2017, em: <https://www.solarquotes.com.au/blog/kw-and-kwh-what-is-the-difference/>
- Sousa, João (2017), Edifícios e Energia: O paradigma da eficiência energética dos edifícios. Acedido a 3 de julho de 2017, em: <http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/o-paradigma-da-eficiencia-energetica-dos-edificios>
- Wulfinghoff, Donald R. (1999). Energy Efficiency Manual. Energy Institute Press, Wheaton, Maryland (U.S.A.)

ANEXO A – FOTOGRAFIAS DA CENTRAL TÉRMICA E CHILLER DO MOTEL



Figura 24 – Central Térmica



Figura 25 - Grupo de circulação



Figura 26 - Dados técnicos das caldeiras

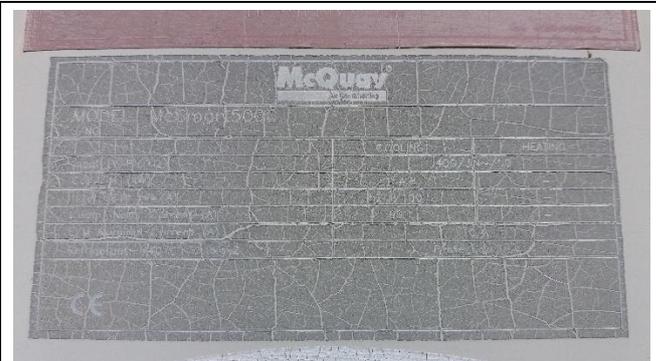
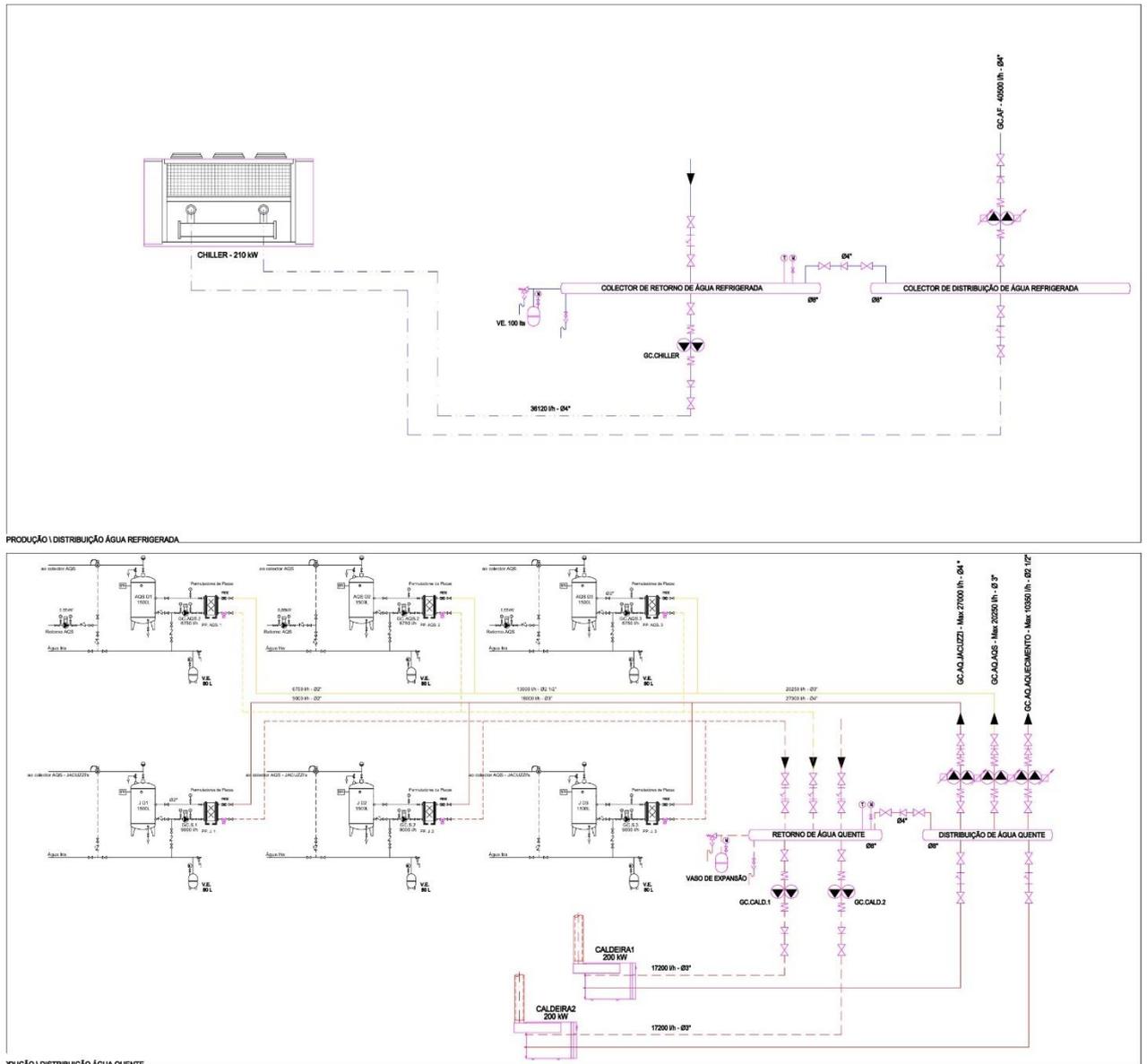


Figura 27 - Dados Técnicos do Chiller

ANEXO B – ESQUEMA DE PRINCÍPIO DO MOTEL, INSTALAÇÃO ATUAL



ANEXO C – DADOS TÉCNICOS DOS COLETORES SOLARES

DADOS TÉCNICOS Coletores Solares

CARACTERÍSTICAS	PREMIUMSUN	PREMIUMSUN	WARMSUN	WARMSUN	COMPACTO
MODELO	FKT-2S	FKT-2W	FKC-2S	FKC-2W	FCC-2S
					
Montagem	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
Dimensões A x L x P (mm)	2170 x 1175 x 87	1175 x 2170 x 87	2017 x 1175 x 87	1175 x 2017 x 87	2026 x 1032 x 67
Área total (m ²)	2.55	2.55	2.37	2.37	2.09
Área útil abertura (m ²)	2.426	2.426	2.25	2.25	1.936
Área do absorvedor (m ²)	2.350	2.370	2.18	2.18	1.921
Volume do coletor (l)	1.61	1.96	0.94	1.35	0.80
Peso em vazio (kg)	45	45	40	40	30
Pressão máxima trabalho (bar)	10	10	6	6	6
Caudal nominal (l/h)	50	50	50	50	50
Material da caixa	Fibra de vidro numa só peça (SMC)		Fibra de vidro numa só peça (SMC)		Alumínio
Isolamento* (mm)	La mineral (55)	La mineral (55)	La mineral (55)	La mineral (55)	La mineral (25)
Espessura de vidro (mm)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Coletor	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo
Tratamento Coletor	PVD	PVD	PVD	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Dupla serpentina	Dupla serpentina	Grelha de tubos	Grelha de tubos	Grelha de tubos

*Isolamento para gamas PremiumSun e WarmSun de 55 mm de espessura e isolamento para gama Compacto de 25 mm.
Nota: Todos os coletores possuem certificado CE/Solar Keymark.

CURVA DE RENDIMENTO INSTANTÂNEO SEGUNDO EN 12975-2 (baseada na área de abertura)						
MODELO	PREMIUMSUN		WARMSUN		COMPACTO	
	FKT-2S	FKT-2W	FKC-2S	FKC-2W	FCC-2S	
Rendimento ótico - Fator de eficiência	0.794	0.802	0.766	0.770	0.761	
Coef. perda linear	W/m ² K	3.863	3.833	3.216	3.871	4.008
Coef. perda secundário	W/m ² K ²	0.013	0.015	0.015	0.012	0.013

ANEXO D – DADOS TÉCNICOS DO CHILLER B. CALOR



PROPOSTA

18-10-2016

V/ref.:

N/ref.:

001-00-244841 - A1

Informação geral

Tonelagem nominal	80 tons nominais	Tipo de fluido	Água
Tipo de unidade	Eficiência standard	Concentração do fluido	
Atenuação de ruído	Compacto	Ponto de congelação do fluido	0.0 C
Refrigerante	R410A	Factor de sujidade	0.017615 m2-deg C/kW
Nível de potência sonora	94 dBA	Nível de pressão sonora (10m)	62 dBA
Versão TOPSS	192		

Informações Arrefecimento

Capacidade de arrefecimento	223.30 kW	Aplicação do evaporador	Standard (5,5 a 18C)
EER nas condições de projecto	2.91	Caudal	10.65 L/s
ESEER nas condições Eurovent	3.96	Perda de carga	57.5 kPa
Potência absorvida	76.78 kW	Queda de pressão total no evaporador - filtro	57.5 kPa
Temperatura ambiente	35.0 C	Caudal mínimo	5.20 L/s
Temperatura de entrada de água	12.0 C	Perda de carga no caudal mínimo	9.4 kPa
Temperatura de saída de água	7.0 C	Caudal máximo	15.50 L/s
A perda de pressão no evaporador inclui o filtro de água.		Perda de carga no caudal máximo	73.6 kPa

Informações Aquecimento

Capacidade de aquecimento - BC	215.54 kW	Temperatura de saída do fluido - BC	45.1 C
Eficiência em aquecimento - BC	2.53	Temperatura de entrada do fluido - BC	50.0 C
Potência absorvida - BC	85.31 kW	Caudal do fluido - BC	10.65 L/s
Temperatura ambiente em aquecimento - BC	7.0 C	Queda de pressão - BC	36.1 kPa

Informação da bateria exterior

Aplicação da unidade	Temperaturas standard BC (7 até 46°C)	FLA total nos ventiladores	20.40 A
Elevação	0.0 m	Pressão estática disponível	0.0 kPa
Número de ventiladores	6	Caudal de ar total	27.08 m3/s
Potência do motor dos ventiladores	8.39 kW	Material das alhetas do condensador	Alhetas de Alumínio com revestimento "black epoxy"



PROPOSTA

V/ref.: 18-10-2018
N/ref.: 001-00-244841 - A1

Informações Compressor

Número de compressores	4		RLA	LRA
Número de circuitos	2	Compressor A	39.70 A	215.00 A
Escalões de funcionamento	4	Compressor B	39.70 A	215.00 A
Potência absorvida pelo compressor	68.01 kW	Compressor D	39.70 A	215.00 A
		Compressor E	39.70 A	215.00 A

Informação eléctrica

Voltagem	400 volt 3 fases	Corrente nominal da unidade em htq	130.54 A
Frequência	50 hertz	Corrente máxima **	180.80 A
Potência absorvida	76.78 kW	Corrente de arranque	356.10 A
Tipo de arrancador	Dispositivo de arranque ao longo da linha/correccã	Factor de potência *	0.85

Notas: * Nas condições de obra.
** Para determinação da secção mínima dos cabos de cobre é utilizado o I MAX (a resistência a curto-circuito do nosso dispositivo de protecção principal é 16kA).
* A informação eléctrica exclui os dados da bomba.

Informação do módulo hidráulico

Tipo de bomba	Bomba dupla - Standard	Tamanho da bomba	5.50 kW
Pressão disponível	96.8 kPa	Corrente nominal da bomba	10.60 A
Volume do vaso de expansão	25.00 L	Corrente de arranque da bomba	85.00 A
Depósito de inércia	Com depósito	Controlo de caudal das bombas	Sem controlo de caudal
Volume do depósito de inércia	515.00 L		

Informações Físicas

Comprimento	4330 mm	Ligações hidráulicas	88.00
Largura	2266 mm	Carga de refrigerante circuito 1	32 kg
Altura	2185 mm	Carga de refrigerante circuito 2	32 kg
Peso em operação	3338 kg	Carga de óleo circuito 1	13.40 L
Peso de transporte	2769 kg		

Eficiência Acústico

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Nível de potência sonora	88 dB	90 dB	89 dB	92 dB	90 dB	86 dB	83 dB	76 dB
Nível de pressão sonora	56 dB	58 dB	57 dB	60 dB	58 dB	54 dB	51 dB	44 dB

(10m)

Nota: Informação sonora basead na ISO 3744.
Notas: Os níveis de potência sonora são em campo aberto segundo a ISO 3746-1996. Ponto de referência 1pW.
Os nível de pressão sonora são calculados apartir dos níveis de potência sonora segundo a expressão: $L_p = L_w - 10\log S$.
A potência sonora por banda de oitava é apenas informativa.



ANEXO E – DADOS TÉCNICOS DO ALTHERMA ALTA TEMPERATURA

EKHBRD-ADV1/Y1 + ER(R/S)Q-AV1/Y1



Daikin Altherma de alta temperatura

Bomba de calor ar-água só aquecimento, combinável com os radiadores existentes

- › Sistema energeticamente eficiente só aquecimento, baseado na tecnologia bomba de calor ar-água
- › Aplicação de alta temperatura: até 80 °C sem resistência elétrica
- › Solução indicada para a substituição direta de caldeiras, mantendo a restante instalação existente
- › Associação perfeita com radiadores de alta temperatura
- › Custos de exploração reduzidos e baixas emissões de CO₂
- › Compressor scroll com controlo inverter
- › A unidade exterior extrai calor mesmo a -20 °C



Dados de eficiência		EKHBRD + ERSQ/ERRQ		011ADV1 + 011AV1	014ADV1 + 014AV1	016ADV1 + 016AV1	011ADY1 + 011AY1	014ADY1 + 014AY1	016ADY1 + 016AY1	
Potência de aquecimento	Nom.	kW		11,00 (1) / 11,00 (2) / 11,00 (3) / 11,20 (3)	14,00 (1) / 14,00 (2) / 14,00 (3) / 14,40 (3)	16,00 (1) / 16,00 (2) / 16,00 (3)	11,00 (1) / 11,00 (2) / 11,00 (3) / 11,20 (3)	14,00 (1) / 14,00 (2) / 14,00 (3) / 14,40 (3)	16,00 (1) / 16,00 (2) / 16,00 (3)	
Alimentação	Aquecimento	Nom.	kW		3,57 (1) / 4,40 (2) / 2,61 (3) / 2,67 (3)	4,66 (1) / 5,65 (2) / 3,55 (3) / 3,87 (3)	5,57 (1) / 6,65 (2) / 4,31 (3)	3,57 (1) / 4,40 (2) / 2,61 (3) / 2,67 (3)	4,66 (1) / 5,65 (2) / 3,55 (3) / 3,87 (3)	5,57 (1) / 6,65 (2) / 4,31 (3)
Produção de água quente sanitária	Geral	Perfil de carga declarado	Clima moderado	nwh (eficiência)	-					
					Classe de eficiência energética	-				
Aquecimento ambiente	Saída de água a 55 °C com clima moderado	Geral	SCOP n _s (Eficiência sazonal)	2,65		2,66	2,61	2,65	2,66	2,61
				Classe de eficiência sazonal	A+					
Aquecimento ambiente	Saída de água a 35 °C com clima moderado	Geral	SCOP n _s (Eficiência sazonal)		2,70	2,68	2,68	2,70	2,68	2,68
				Classe de eficiência sazonal	B					

Unidade interior		EKHBRD		011ADV1	014ADV1	016ADV1	011ADY1	014ADY1	016ADY1
Estrutura	Cor	Cinzento metálico							
	Material	Chapa metálica pintada pré-revestida							
Dimensões	Unidade	Atura x largura x Profundidade	mm						
	Peso	Unidade	kg						
Limites de funcionamento	Aquecimento	Temp. Exterior	Min. - Máx.	°C					
		Lado de água	Min. - Máx.	°C					
	Água quente sanitária	Temp. Exterior	Min. - Máx.	°CBs					
		Lado de água	Min. - Máx.	°C					
Fluido refrigerante	Tipo	R-134a							
		Carga	kg						
	GWP		TCO _{eq}						
		1,430							
Nível de pressão sonora	Nom.	dBA	43 / 46	45 / 46	46 / 46	43 / 46	45 / 46	46 / 46	
	Modo silêncio noturno	Nível 1	dBA	40	43	45	40	43	45

Unidade exterior		ERSQ/ERRQ		011AV1	014AV1	016AV1	011AY1	014AY1	016AY1
Dimensões	Unidade	Atura x largura x Profundidade	mm						
	Peso	Unidade	kg						
Compressor	Quantidade	1							
		Compressor scroll hermeticamente selado							
Limites de funcionamento	Aquecimento	Min. - Máx.	°CBh						
		Água quente sanitária	Min. - Máx.	°CBs					
Fluido refrigerante	Tipo	R-610A							
		Carga	kg						
	GWP		TCO _{es}						
		2,087,5							
Nível de potência sonora	Aquecimento	Nom.	dBA	68	69	71	68	69	71
		Nível de pressão sonora	Aquecimento	Nom.	dBA	52	53	55	52
Alimentação elétrica	Tipo/Fase/Frequência/Tensão	Hz/V				Y1/3~/50/220-240			
		Corrente	Disjuntor recomendado	A		25		16	

(1) AE 35 °C; AS 35 °C; D1 30 °C; condições ambiente: 7 °CBu/6 °CBh (2) AE 30 °C; AS 30 °C; D1 20 °C; condições ambiente: 7 °CBu/6 °CBh (3) AE 35 °C; AS 35 °C; D1 30 °C; condições ambiente: 7 °CBu/6 °CBh (4) AE 35 °C; AS 35 °C; D1 30 °C; condições ambiente: 7 °CBu/6 °CBh (5) AE 35 °C; AS 35 °C; D1 30 °C; condições ambiente: 7 °CBu/6 °CBh (6) Contém gases fluorados com efeito de estufa

APÊNDICE A – CARGAS TÉRMICAS CALCULADAS NA FERRAMENTA INFORMÁTICA CYPE DE UM HOTEL

Relatório de cargas térmicas

1.- ARREFECIMENTO

1.1.- Zona 1

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Zona 1														
	Externas					Internas		Ventilação			Totais			
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. Sens. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. Sens. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Quarto 1	25.8	344	189	0	0	83	137	8	8	52	90	723	31	813
Quarto 2	12.8	257	189	0	0	83	124	8	8	52	90	622	56	712
Quarto 3	13.2	194	603	0	0	28	105	3	-6	10	22	911	71	933
Quarto 4	18.5	318	135	0	0	83	130	8	14	53	97	635	40	732
Hall Quarto 3	9.7	363	135	0	0	83	122	8	14	53	97	672	79	769
WC Quarto 1	7.5	159	0	0	0	14	25	3	4	16	18	200	29	218
Retrete Quarto 2	0.9	12	0	0	0	2	3	0	1	2	2	17	21	19
WC Quarto 2	1.0	24	0	0	0	2	3	0	1	2	2	30	31	33
WC Quarto 3	1.1	22	0	0	0	2	4	0	1	2	3	28	27	31
WC Quarto 4	2.9	24	0	0	0	5	10	1	2	6	7	40	16	47
WC Comum Piso 1	1.7	92	0	0	0	3	6	1	1	4	4	101	63	105
Recepção	16.1	254	0	0	0	266	626	17	38	116	305	995	81	1300
Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Julho às 18h (16 hora solar aparente)														
Zona 1	111.4							63			815	4774	50.18	5589

2.- AQUECIMENTO

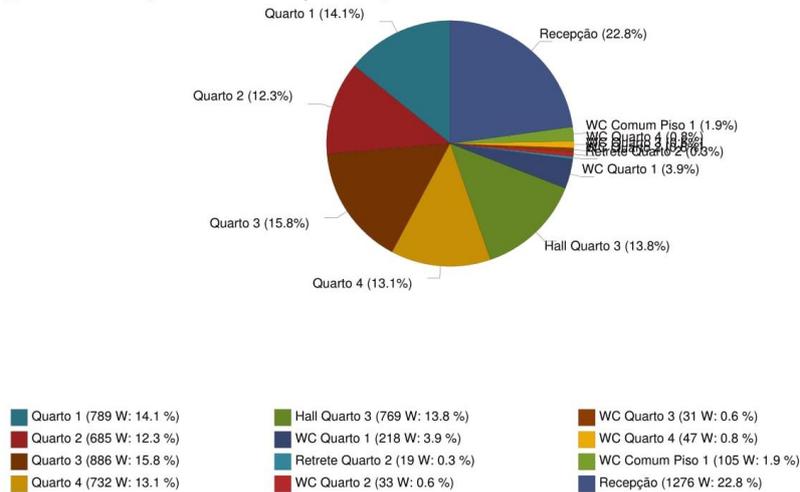
2.1.- Zona 1

Resumo das cargas de aquecimento da zona: Zona 1													
	Externas					Ventilação			Totais				
	A (m ²)	Condução (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. Sens. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)	
Carga máxima de aquecimento por compartimento													
Quarto 1	25.8	1308	0	0	28	74	628	74	1937	77.86	2011		
Quarto 2	12.8	961	0	0	28	74	628	74	1589	130.13	1664		
Quarto 3	13.2	1300	0	0	28	74	628	74	1928	151.83	2002		
Quarto 4	18.5	1227	0	0	28	74	628	74	1855	104.10	1929		
Hall Quarto 3	9.7	1199	0	0	28	74	628	74	1827	195.41	1901		
WC Quarto 1	7.5	549	0	0	6	17	146	17	695	94.81	713		
Retrete Quarto 2	0.9	42	0	0	1	2	18	2	60	67.91	62		
WC Quarto 2	1.0	78	0	0	1	2	20	2	98	97.31	101		
WC Quarto 3	1.1	69	0	0	1	3	22	3	91	83.25	93		
WC Quarto 4	2.9	88	0	0	3	7	57	7	145	51.54	152		
WC Comum Piso 1	1.7	301	0	0	1	4	32	4	333	202.11	337		
Recepção	16.1	944	0	0	17	46	387	46	1331	85.29	1377		
Carga máxima simultânea de aquecimento para o conjunto de compartimentos													
Zona 1	111.4					167			451	11890	110.78	12340	

3.- GRÁFICOS

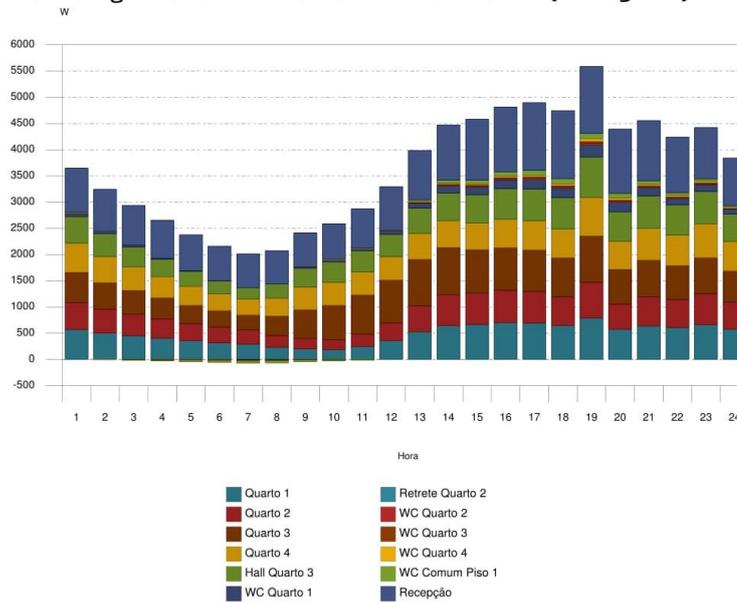
3.1.- Zona 1

Carga máxima simultânea de arrefecimento (5589 W)
21 de Julho às 18h (16 hora solar aparente)

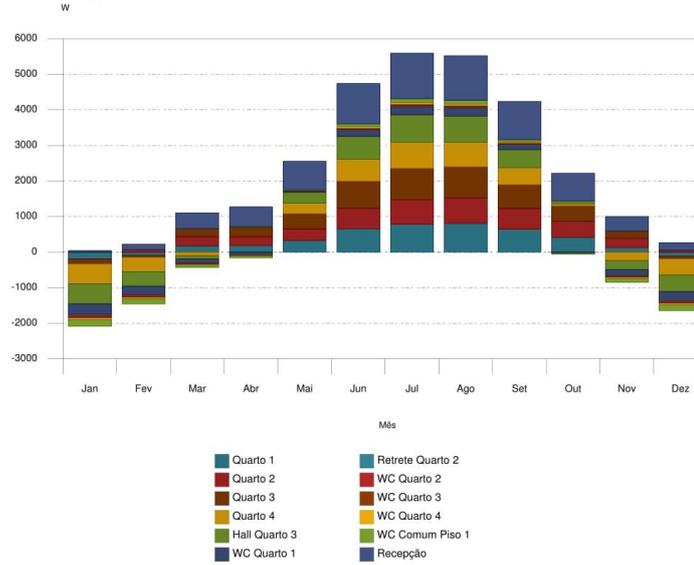


Relatório de cargas térmicas

Evolução horária da carga máxima simultânea de arrefecimento (21 de Julho)

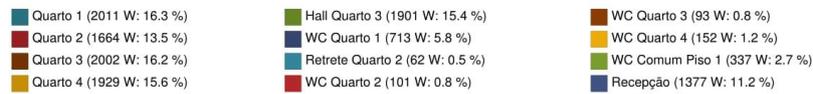
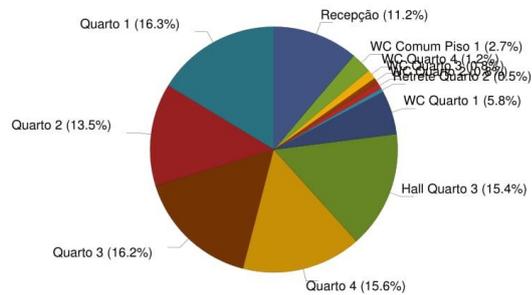


Evolução anual da carga máxima simultânea de arrefecimento



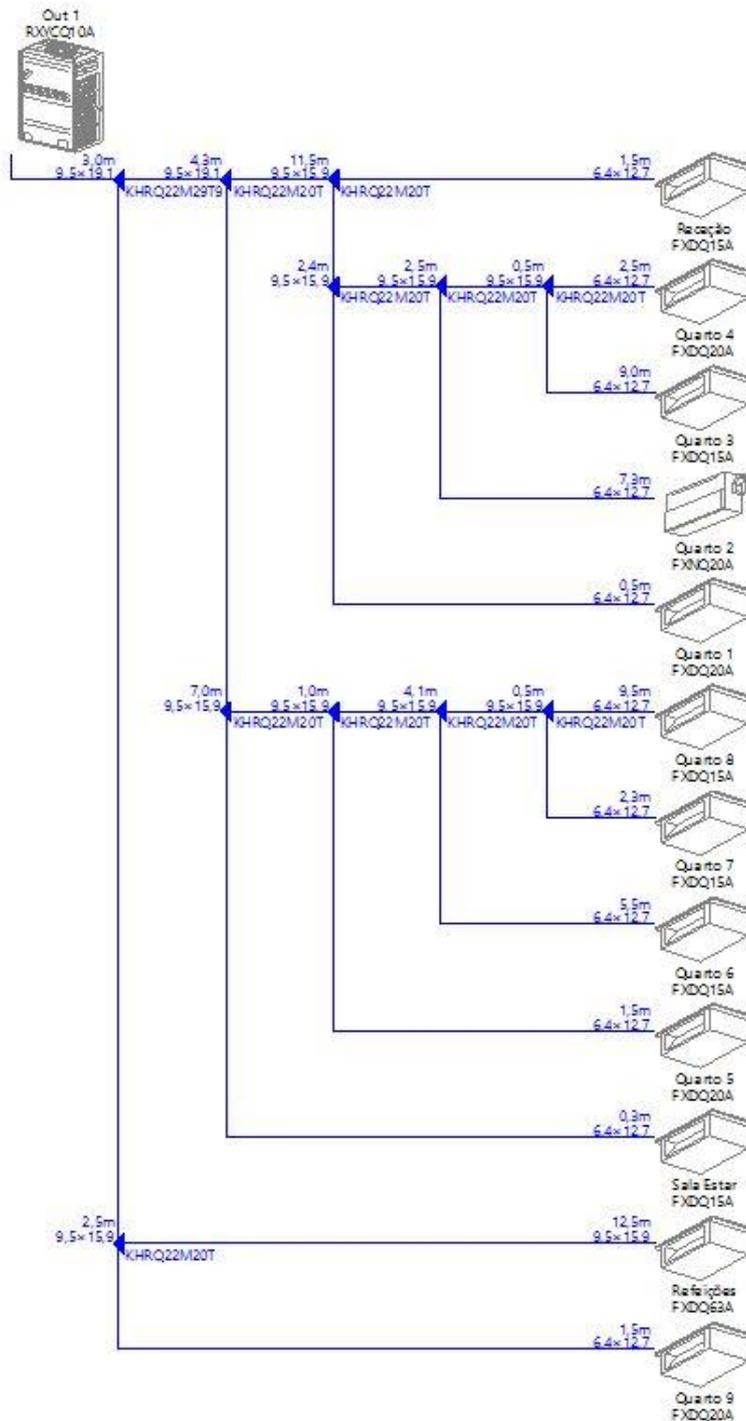
Carga máxima de aquecimento (12340 W)

Relatório de cargas térmicas

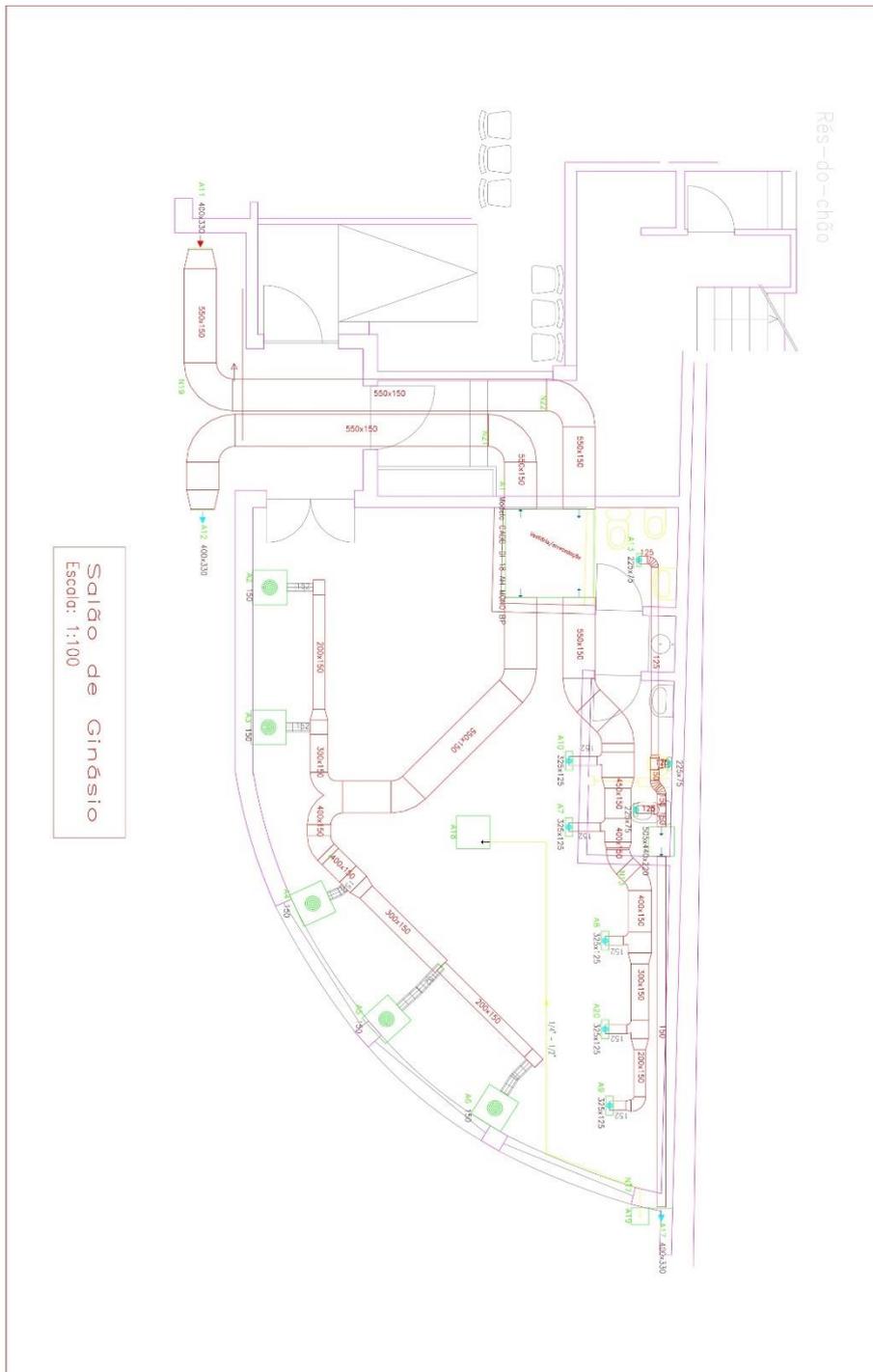


APÊNDICE B – ESQUEMA VRF DE UM HOTEL COM O SOFTWARE DAIKIN XPRESS

X. Piping Out 1



APÊNDICE C – PROJETO DE VENTILAÇÃO ELABORADO POR CYPE



APÊNDICE D – CAUDAIS DE VENTILAÇÃO PARA PASSIVHAUS

Cálculos de ventilação recomendada Zehnder:

Estância	Planta	Alt.	m ²	m ³	renh	Ventilación recomendada vel 2 (m3/h)		Caudal (v = 2m/s):
						Impulsiones	Extracciones	
Sala de Estar	Rés-do-chão	2,70	34,55	93,29	0,64	60		Tubo 90 30
Hall Entrada	Rés-do-chão	2,70	4,01	10,83	0,00			
Circulação	Rés-do-chão	2,70	2,00	5,40	0,00			
Arrumos	Rés-do-chão	2,70	1,22	3,29	0,00		30	
Cozinha 1	Rés-do-chão	2,70	2,75	7,44	4,03		30	
Cozinha 2	Rés-do-chão	5,46	7,49	48,37	0,00			
Cozinha 3	Rés-do-chão	2,70	5,15	13,90	2,16		30	
Circulação 2	Rés-do-chão	2,70	2,18	5,89	0,00			
Escritório	Rés-do-chão	2,70	17,31	46,74	0,64	30		
I.S.	Rés-do-chão	2,70	2,05	5,54	5,42		30	
Sala de Jantar	Rés-do-chão	2,70	19,00	51,30	0,58	30		
Quarto West	Piso 1	2,19	24,24	77,33	0,00	30		
I.S. Quarto West	Piso 1	2,19	5,77	18,41	1,63		30	
Quarto Central West	Piso 1	2,19	12,33	39,33	0,00	30		
I.S. Central	Piso 1	2,19	3,81	12,15	2,47		30	
Circulação	Piso 1	2,19	26,63	84,95	0,35	30	30	
Quarto Central East	Piso 1	2,19	11,01	35,12	0,00	30		
Quarto East	Piso 1	2,19	11,44	36,49	0,00	30		
I.S. East	Piso 1	2,19	4,57	14,58	4,12		60	
Total			197,51	610,34		270	270	

Nº de Tubos	9	9
-------------	---	---

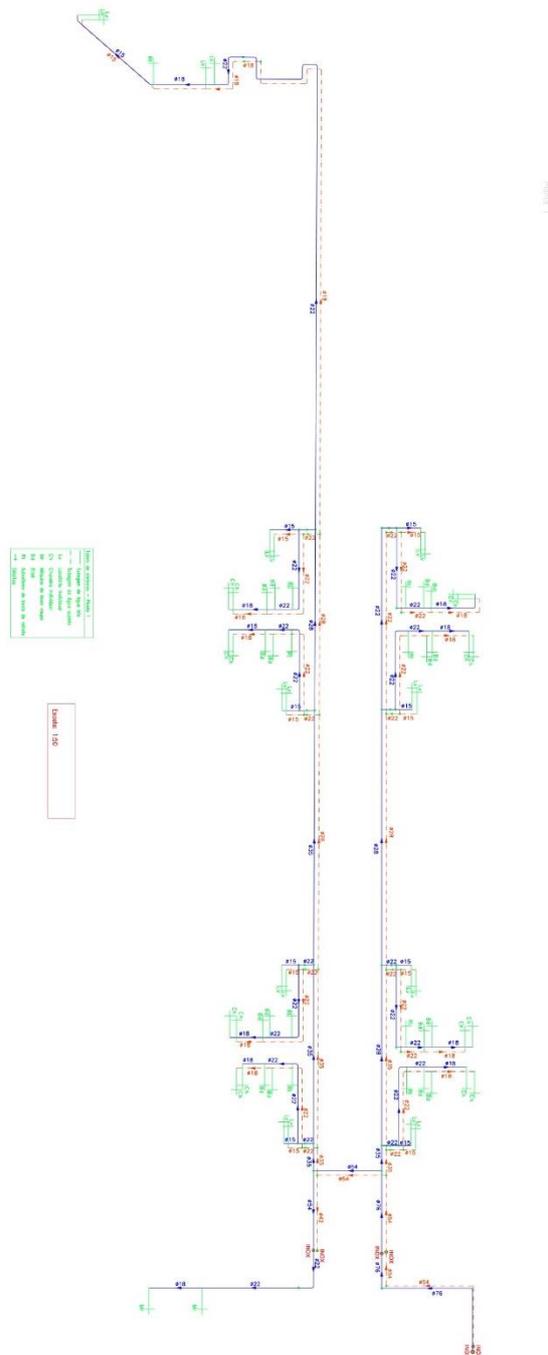
Ren/h	0,4424
-------	--------

Estância	Planta	Alt.	m ²	m ³	renh	Ventilación recomendada vel. 3 (m3/h)		Caudal (v = 3,5m/s):
						Impulsiones	Extracciones	
Sala de Estar	Rés-do-chão	2,70	34,55	93,29	1,18	110		Tubo 90 55
Hall Entrada	Rés-do-chão	2,70	4,01	10,83	0,00			
Circulação	Rés-do-chão	2,70	2,00	5,40	0,00			
Arrumos	Rés-do-chão	2,70	1,22	3,29	0,00		55	
Cozinha 1	Rés-do-chão	2,70	2,75	7,44	7,40		55	
Cozinha 2	Rés-do-chão	5,46	7,49	48,37	0,00			
Cozinha 3	Rés-do-chão	2,70	5,15	13,90	3,96		55	
Circulação 2	Rés-do-chão	2,70	2,18	5,89	0,00			
Escritório	Rés-do-chão	2,70	17,31	46,74	0,00	55		
I.S.	Rés-do-chão	2,70	2,05	5,54	9,94		55	
Sala de Jantar	Rés-do-chão	2,70	19,00	51,30	1,07	55		
Quarto West	Piso 1	2,19	24,24	77,33	0,00	55		
I.S. Quarto West	Piso 1	2,19	5,77	18,41	2,99		55	
Quarto Central West	Piso 1	2,19	12,33	39,33	1,40	55		
I.S. Central	Piso 1	2,19	3,81	12,15	4,53		55	
Circulação	Piso 1	2,19	26,63	84,95	0,65	55	55	
Quarto Central East	Piso 1	2,19	11,01	35,12	1,57	55		
Quarto East	Piso 1	2,19	11,44	36,49	0,00	55		
I.S. East	Piso 1	2,19	4,57	14,58	7,55		110	
Total			197,51	610,34		495	495	

Nº de Tubos	9	9
-------------	---	---

Ren/h	0,8110
-------	--------

APÊNDICE F – ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SANITÁRIA DE UM PISO DE UM EDIFÍCIO



APÊNDICE G – RELATÓRIO DE CARGAS TÉRMICAS DO MOTEL, COM ISOLAMENTO, REALIZADO EM CYPE

Relatório de cargas térmicas

1.- RESUMO DOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGAS

1.1.- Arrefecimento

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Zona 1

	Externas					Internas		Ventilação			Totais			
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Quarto 1	26.1	202	107	0	0	192	217	75	129	480	321	1006	51	1327
Quarto 2	25.8	168	109	0	0	192	216	75	129	480	321	972	50	1293
Quarto 3	25.6	166	111	0	0	192	215	75	129	480	321	972	51	1293
Quarto 4	25.8	168	109	0	0	192	216	75	129	480	321	972	50	1293
Quarto 5	25.8	166	99	0	0	192	216	75	129	480	321	961	50	1282
Quarto 6	25.7	167	107	0	0	192	216	75	129	480	321	969	50	1290
Quarto 7	26.4	170	110	0	0	192	218	75	129	480	321	978	49	1299
Quarto 8	26.1	169	104	0	0	192	217	75	129	480	321	971	49	1292
Quarto 9	25.7	167	113	0	0	192	216	75	129	480	321	975	50	1296
Quarto10	25.8	167	107	0	0	192	216	75	129	480	321	969	50	1290
Quarto11	25.5	182	107	0	0	192	215	75	129	480	321	983	51	1304
Quarto12	26.2	194	108	0	0	192	218	75	129	480	321	1000	50	1321
Quarto13	26.4	170	102	0	0	192	219	75	129	480	321	970	49	1291
Quarto14	25.6	165	109	0	0	192	215	75	129	480	321	969	50	1290
Quarto15	25.8	167	108	0	0	192	216	75	129	480	321	971	50	1292
Quarto16	25.7	166	105	0	0	192	216	75	129	480	321	967	50	1288
Quarto17	25.6	167	111	0	0	192	215	75	129	480	321	973	51	1294
Quarto18	25.9	167	107	0	0	192	216	75	129	480	321	970	50	1291
Quarto19	26.1	205	103	0	0	192	217	75	129	480	321	1005	51	1326
Quarto20	26.1	202	55	0	0	192	217	75	129	480	321	954	49	1275
Quarto21	25.9	169	70	0	0	192	216	75	129	480	321	935	49	1256
Quarto22	25.7	168	60	0	0	192	216	75	129	480	321	924	48	1245
Quarto23	25.9	169	72	0	0	192	216	75	129	480	321	937	49	1258
Quarto24	25.9	169	62	0	0	192	216	75	129	480	321	927	48	1248
Quarto25	25.8	169	72	0	0	192	216	75	129	480	321	937	49	1258
Quarto26	26.4	172	63	0	0	192	219	75	129	480	321	933	47	1254
Quarto27	26.3	172	72	0	0	192	218	75	129	480	321	942	48	1263
Quarto28	25.9	169	68	0	0	192	216	75	129	480	321	933	48	1254
Quarto29	25.9	169	71	0	0	192	216	75	129	480	321	936	49	1258
Quarto30	25.7	169	68	0	0	192	216	75	129	480	321	932	49	1253
Quarto31	25.9	170	76	0	0	192	217	75	129	480	321	942	49	1263
Quarto32	26.3	172	69	0	0	192	218	75	129	480	321	939	48	1260
Quarto33	26.5	173	73	0	0	192	219	75	129	480	321	944	48	1266
Quarto34	25.8	169	69	0	0	192	216	75	129	480	321	933	49	1254
Quarto35	25.9	171	84	0	0	192	216	75	129	480	321	951	49	1272
Quarto36	25.8	169	60	0	0	192	216	75	129	480	321	925	48	1246
Quarto37	25.7	168	72	0	0	192	216	75	129	480	321	935	49	1256
Quarto38	26.1	170	61	0	0	192	217	75	129	480	321	928	48	1249
Quarto39	26.3	209	70	0	0	192	218	75	129	480	321	977	49	1298
WC 1	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC 2	5.3	16	0	0	0	110	155	0	0	0	110	171	53	281
WC 3	5.3	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	170	53	280
WC 4	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC 5	5.3	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	171	53	281
WC 6	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281

Relatório de cargas térmicas

WC 7	5.6	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	173	51	283
WC 8	5.6	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	173	51	283
WC 9	5.3	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	171	53	281
WC10	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC11	5.5	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	172	52	282
WC12	5.7	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	174	50	284
WC13	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC14	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	52	281
WC15	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC16	5.3	16	0	0	0	110	155	0	0	0	110	171	53	281
WC17	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC18	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC19	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC20	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	172	52	282
WC21	5.3	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	171	53	281
WC22	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	172	52	282
WC23	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC24	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	52	281
WC25	5.7	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	174	50	284
WC26	5.6	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	173	51	283
WC27	5.3	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	171	53	281
WC28	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	52	281
WC29	5.2	16	0	0	0	110	154	0	0	0	110	170	54	280
WC30	5.4	20	0	0	0	110	152	0	0	0	110	172	52	282
WC31	5.5	20	0	0	0	110	153	0	0	0	110	173	51	283
WC32	5.7	21	0	0	0	110	154	0	0	0	110	174	50	284
WC33	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC34	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	172	52	282
WC35	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC36	5.4	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	52	281
WC37	5.3	16	0	0	0	110	155	0	0	0	110	171	53	281
WC38	5.3	19	0	0	0	110	152	0	0	0	110	171	53	281
WC39	5.3	24	0	0	0	110	152	0	0	0	110	175	54	285
Recepção	9.2	83	0	0	0	387	379	11	25	75	412	537	103	949
Sala Reuniões	5.9	65	0	0	0	7	61	11	24	72	30	198	39	229
WC Recepção 1	6.6	70	0	0	0	15	44	0	0	0	15	114	20	129
WC Recepção 2	6.7	76	0	0	0	15	45	0	0	0	15	121	20	137
Cafetaria	27.7	132	0	0	0	761	1382	124	280	339	1042	1853	105	2895
Vestiaros 1	7.6	39	0	0	0	17	51	0	0	0	17	90	14	107
Vestiaros 2	7.3	49	0	0	0	16	49	0	0	0	16	98	16	114
Quarto Deficientes	37.7	197	139	0	0	192	264	75	129	480	321	1079	37	1400
Sala Refeições	9.8	84	0	0	0	154	334	47	105	318	259	736	102	995
Cozinha	14.6	57	0	0	0	80	281	70	157	475	237	813	72	1051

Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Julho às 18h (16 hora solar aparente)

Zona 1	1354.5			3262		17320	48153	48.34	65473
--------	--------	--	--	------	--	-------	-------	-------	-------

Abreviaturas

A	Superfície
Condução	Cargas devidas aos ganhos de calor por condução
Solar	Cargas devidas aos ganhos de calor por radiação solar

Inf. lat.	Infiltração latente
Inf. sens.	Infiltração sensível
Lat.	Latente
Sens.	Sensível

1.2.- Aquecimento

Resumo das cargas de aquecimento da zona: Zona 1

	Externas				Ventilação			Totais			
	A (m ²)	Condução (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de aquecimento por compartimento											
Quarto 1	26.1	652	0	0	125	337	2856	337	3508	147.57	3844
Quarto 2	25.8	508	0	0	125	337	2856	337	3364	143.29	3701
Quarto 3	25.6	506	0	0	125	337	2856	337	3361	144.58	3698
Quarto 4	25.8	508	0	0	125	337	2856	337	3364	143.41	3700
Quarto 5	25.8	504	0	0	125	337	2856	337	3360	143.50	3697
Quarto 6	25.7	506	0	0	125	337	2856	337	3362	143.84	3698
Quarto 7	26.4	516	0	0	125	337	2856	337	3372	140.74	3709
Quarto 8	26.1	512	0	0	125	337	2856	337	3368	141.80	3705
Quarto 9	25.7	510	0	0	125	337	2856	337	3365	143.81	3702
Quarto10	25.8	509	0	0	125	337	2856	337	3364	143.21	3701
Quarto11	25.5	581	0	0	125	337	2856	337	3437	147.77	3773
Quarto12	26.2	628	0	0	125	337	2856	337	3483	145.69	3820
Quarto13	26.4	516	0	0	125	337	2856	337	3372	140.22	3708
Quarto14	25.6	506	0	0	125	337	2856	337	3361	144.29	3698
Quarto15	25.8	507	0	0	125	337	2856	337	3363	143.66	3700
Quarto16	25.7	506	0	0	125	337	2856	337	3361	143.84	3698
Quarto17	25.6	507	0	0	125	337	2856	337	3362	144.46	3699
Quarto18	25.9	509	0	0	125	337	2856	337	3365	143.02	3701
Quarto19	26.1	664	0	0	125	337	2856	337	3520	147.63	3856
Quarto20	26.1	656	0	0	125	337	2856	337	3512	147.38	3849
Quarto21	25.9	507	0	0	125	337	2856	337	3363	142.95	3699
Quarto22	25.7	504	0	0	125	337	2856	337	3360	143.74	3697
Quarto23	25.9	508	0	0	125	337	2856	337	3364	142.78	3700
Quarto24	25.9	507	0	0	125	337	2856	337	3363	142.96	3700
Quarto25	25.8	507	0	0	125	337	2856	337	3363	143.32	3700
Quarto26	26.4	516	0	0	125	337	2856	337	3372	140.35	3709
Quarto27	26.3	515	0	0	125	337	2856	337	3371	141.12	3707
Quarto28	25.9	509	0	0	125	337	2856	337	3365	142.97	3701
Quarto29	25.9	509	0	0	125	337	2856	337	3365	142.78	3701
Quarto30	25.7	506	0	0	125	337	2856	337	3362	143.81	3699
Quarto31	25.9	510	0	0	125	337	2856	337	3366	142.74	3702
Quarto32	26.3	515	0	0	125	337	2856	337	3371	140.75	3707
Quarto33	26.5	518	0	0	125	337	2856	337	3374	139.90	3710
Quarto34	25.8	507	0	0	125	337	2856	337	3363	143.63	3699
Quarto35	25.9	513	0	0	125	337	2856	337	3369	143.17	3706
Quarto36	25.8	506	0	0	125	337	2856	337	3362	143.09	3698

Quarto37	25.7	505	0	0	125	337	2856	337	3361	143.85	3697
Quarto38	26.1	510	0	0	125	337	2856	337	3365	141.92	3702
Quarto39	26.3	666	0	0	125	337	2856	337	3522	146.73	3858
WC 1	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.98	53
WC 2	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.97	53
WC 3	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC 4	5.4	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC 5	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC 6	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC 7	5.6	56	0	0	0	0	0	0	56	9.96	56
WC 8	5.6	56	0	0	0	0	0	0	56	10.02	56
WC 9	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	10.02	53
WC10	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	10.02	53
WC11	5.5	55	0	0	0	0	0	0	55	9.96	55
WC12	5.7	56	0	0	0	0	0	0	56	9.96	56
WC13	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC14	5.4	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC15	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC16	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.97	53
WC17	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC18	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.98	53
WC19	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.98	53
WC20	5.4	54	0	0	0	0	0	0	54	9.96	54
WC21	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC22	5.4	54	0	0	0	0	0	0	54	9.96	54
WC23	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC24	5.4	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC25	5.7	56	0	0	0	0	0	0	56	9.95	56
WC26	5.6	56	0	0	0	0	0	0	56	10.01	56
WC27	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	10.01	53
WC28	5.4	54	0	0	0	0	0	0	54	10.01	54
WC29	5.2	52	0	0	0	0	0	0	52	10.01	52
WC30	5.4	54	0	0	0	0	0	0	54	9.96	54
WC31	5.5	55	0	0	0	0	0	0	55	9.95	55
WC32	5.7	57	0	0	0	0	0	0	57	9.95	57
WC33	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC34	5.4	54	0	0	0	0	0	0	54	9.95	54
WC35	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC36	5.4	53	0	0	0	0	0	0	53	9.96	53
WC37	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.95	53
WC38	5.3	53	0	0	0	0	0	0	53	9.97	53
WC39	5.3	99	0	0	0	0	0	0	99	18.77	99
Recepção	9.2	355	0	0	11	30	252	30	606	69.06	636
Sala Reuniões	5.9	253	0	0	21	57	482	57	735	134.53	792
WC Recepção 1	6.6	280	0	0	0	0	0	0	280	42.64	280
WC Recepção 2	6.7	290	0	0	0	0	0	0	290	43.14	290
Cafeteria	27.7	859	0	0	248	669	2269	669	3127	137.11	3796
Vestiaros 1	7.6	230	0	0	0	0	0	0	230	30.06	230
Vestiaros 2	7.3	273	0	0	0	0	0	0	273	37.17	273

Relatório de cargas térmicas

Quarto Deficientes	37.7	1296	0	0	125	337	2856	337	4152	119.08	4489
Sala Refeições	9.8	445	0	0	93	251	2131	251	2576	289.93	2827
Cozinha	14.6	385	0	0	139	375	3182	375	3567	270.70	3943
Carga máxima simultânea de aquecimento para o conjunto de compartimentos											
Zona 1	1354.5				5513			14851 149995 121.70 164846			

Abreviaturas

A	Superfície
Condução	Cargas devidas aos ganhos de calor por condução
Inf. lat.	Infiltração latente
Inf. sens.	Infiltração sensível
Lat.	Latente
Sens.	Sensível

APÊNDICE H – RELATÓRIO DE CARGAS TÉRMICAS DO MOTEL, SEM ISOLAMENTO, REALIZADO EM CYPE

Relatório de cargas térmicas

1.- RESUMO DOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGAS

1.1.- Arrefecimento

Resumo das cargas de arrefecimento da zona: Zona 1

	Externas					Internas		Ventilação			Totais			
	A (m ²)	Condução (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de arrefecimento por compartimento														
Quarto 1	26.1	519	108	0	0	192	215	75	129	480	321	1321	63	1642
Quarto 2	25.8	412	110	0	0	192	214	75	129	480	321	1216	60	1537
Quarto 3	25.6	405	113	0	0	192	213	75	129	480	321	1210	60	1531
Quarto 4	25.8	412	110	0	0	192	214	75	129	480	321	1216	60	1537
Quarto 5	25.8	406	101	0	0	192	213	75	129	480	321	1200	59	1521
Quarto 6	25.7	410	108	0	0	192	213	75	129	480	321	1211	60	1532
Quarto 7	26.4	415	112	0	0	192	216	75	129	480	321	1223	59	1544
Quarto 8	26.1	422	105	0	0	192	215	75	129	480	321	1222	59	1543
Quarto 9	25.7	412	114	0	0	192	213	75	129	480	321	1219	60	1540
Quarto10	25.8	415	108	0	0	192	214	75	129	480	321	1217	60	1538
Quarto11	25.5	461	108	0	0	192	213	75	129	480	321	1261	62	1582
Quarto12	26.2	482	110	0	0	192	215	75	129	480	321	1287	61	1608
Quarto13	26.4	419	104	0	0	192	216	75	129	480	321	1219	58	1540
Quarto14	25.6	404	110	0	0	192	213	75	129	480	321	1207	60	1528
Quarto15	25.8	411	109	0	0	192	213	75	129	480	321	1214	60	1535
Quarto16	25.7	406	107	0	0	192	213	75	129	480	321	1206	59	1527
Quarto17	25.6	410	113	0	0	192	213	75	129	480	321	1215	60	1536
Quarto18	25.9	408	108	0	0	192	214	75	129	480	321	1210	59	1531
Quarto19	26.1	565	104	0	0	192	215	75	129	480	321	1364	64	1685
Quarto20	26.1	533	58	0	0	192	215	75	129	480	321	1286	62	1607
Quarto21	25.9	428	73	0	0	192	214	75	129	480	321	1195	59	1516
Quarto22	25.7	423	64	0	0	192	213	75	129	480	321	1180	58	1501
Quarto23	25.9	428	75	0	0	192	214	75	129	480	321	1197	59	1518
Quarto24	25.9	426	65	0	0	192	214	75	129	480	321	1185	58	1506
Quarto25	25.8	427	76	0	0	192	214	75	129	480	321	1196	59	1518
Quarto26	26.4	435	66	0	0	192	216	75	129	480	321	1197	57	1518
Quarto27	26.3	440	76	0	0	192	216	75	129	480	321	1211	58	1532
Quarto28	25.9	432	71	0	0	192	214	75	129	480	321	1197	59	1518
Quarto29	25.9	434	74	0	0	192	214	75	129	480	321	1202	59	1523
Quarto30	25.7	429	71	0	0	192	213	75	129	480	321	1193	59	1514
Quarto31	25.9	429	79	0	0	192	214	75	129	480	321	1202	59	1523
Quarto32	26.3	433	73	0	0	192	216	75	129	480	321	1202	58	1523
Quarto33	26.5	438	77	0	0	192	217	75	129	480	321	1211	58	1532
Quarto34	25.8	424	72	0	0	192	213	75	129	480	321	1189	59	1510
Quarto35	25.9	429	88	0	0	192	214	75	129	480	321	1211	59	1532
Quarto36	25.8	425	64	0	0	192	214	75	129	480	321	1182	58	1504
Quarto37	25.7	425	75	0	0	192	213	75	129	480	321	1193	59	1514
Quarto38	26.1	429	65	0	0	192	215	75	129	480	321	1188	58	1509
Quarto39	26.3	591	73	0	0	192	216	75	129	480	321	1360	64	1681
WC 1	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC 2	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC 3	5.3	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	198	58	308
WC 4	5.4	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC 5	5.3	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	198	58	308
WC 6	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309

Relatório de cargas térmicas

WC 7	5.6	49	0	0	0	110	153	0	0	0	110	202	56	312
WC 8	5.6	50	0	0	0	110	153	0	0	0	110	203	56	313
WC 9	5.3	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	199	59	309
WC10	5.3	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC11	5.5	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	201	57	311
WC12	5.7	50	0	0	0	110	153	0	0	0	110	203	55	313
WC13	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC14	5.4	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC15	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC16	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC17	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC18	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC19	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC20	5.4	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	200	57	310
WC21	5.3	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	198	58	308
WC22	5.4	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	200	57	310
WC23	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC24	5.4	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC25	5.7	50	0	0	0	110	153	0	0	0	110	203	55	313
WC26	5.6	50	0	0	0	110	153	0	0	0	110	203	56	313
WC27	5.3	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	199	58	309
WC28	5.4	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	200	58	310
WC29	5.2	47	0	0	0	110	151	0	0	0	110	198	59	308
WC30	5.4	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	200	57	310
WC31	5.5	49	0	0	0	110	153	0	0	0	110	202	56	312
WC32	5.7	51	0	0	0	110	154	0	0	0	110	204	55	314
WC33	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC34	5.4	48	0	0	0	110	152	0	0	0	110	200	57	310
WC35	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC36	5.4	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC37	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	198	58	308
WC38	5.3	47	0	0	0	110	152	0	0	0	110	199	58	309
WC39	5.3	61	0	0	0	110	151	0	0	0	110	212	61	322
Recepção	9.2	227	0	0	0	387	379	11	19	70	406	676	117	1082
Sala Reuniões	5.9	155	0	0	0	7	61	11	24	72	30	288	54	319
WC Recepção 1	6.6	182	0	0	0	15	44	0	0	0	15	226	37	241
WC Recepção 2	6.7	219	0	0	0	15	45	0	0	0	15	264	41	279
Cafetaria	27.7	389	0	0	0	761	1382	139	314	379	1075	2149	116	3224
Vestiaros 1	7.6	104	0	0	0	17	51	0	0	0	17	155	23	172
Vestiaros 2	7.3	128	0	0	0	16	49	0	0	0	16	177	26	193
Quarto Deficientes	37.7	499	142	0	0	192	261	75	129	480	321	1383	45	1704
Sala Refeições	9.8	171	0	0	0	154	334	111	251	757	404	1262	171	1667
Cozinha	14.6	183	0	0	0	80	281	0	0	0	80	464	37	544
Carga máxima simultânea de arrefecimento para o conjunto de compartimentos: 21 de Julho às 18h (16 hora solar aparente)														
Zona 1	1354.5							3271			17336	61326	58.08	78662

Abreviaturas

A	Superfície
Condução	Cargas devidas aos ganhos de calor por condução
Solar	Cargas devidas aos ganhos de calor por radiação solar

Relatório de cargas térmicas

Inf. lat.	Infiltração latente
Inf. sens.	Infiltração sensível
Lat.	Latente
Sens.	Sensível

1.2.- Aquecimento

Resumo das cargas de aquecimento da zona: Zona 1

	Externas				Ventilação			Totais			
	A (m ²)	Condução (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de aquecimento por compartimento											
Quarto 1	26.1	1689	0	0	125	337	2856	337	4545	187.38	4882
Quarto 2	25.8	1199	0	0	125	337	2856	337	4055	170.03	4391
Quarto 3	25.6	1190	0	0	125	337	2856	337	4046	171.36	4383
Quarto 4	25.8	1198	0	0	125	337	2856	337	4054	170.17	4391
Quarto 5	25.8	1194	0	0	125	337	2856	337	4050	170.27	4386
Quarto 6	25.7	1195	0	0	125	337	2856	337	4050	170.62	4387
Quarto 7	26.4	1221	0	0	125	337	2856	337	4077	167.50	4414
Quarto 8	26.1	1234	0	0	125	337	2856	337	4089	169.41	4426
Quarto 9	25.7	1222	0	0	125	337	2856	337	4077	171.46	4414
Quarto10	25.8	1223	0	0	125	337	2856	337	4078	170.84	4415
Quarto11	25.5	1435	0	0	125	337	2856	337	4291	181.22	4628
Quarto12	26.2	1516	0	0	125	337	2856	337	4372	179.57	4708
Quarto13	26.4	1224	0	0	125	337	2856	337	4080	167.00	4416
Quarto14	25.6	1192	0	0	125	337	2856	337	4048	171.07	4385
Quarto15	25.8	1197	0	0	125	337	2856	337	4053	170.45	4389
Quarto16	25.7	1194	0	0	125	337	2856	337	4050	170.62	4386
Quarto17	25.6	1194	0	0	125	337	2856	337	4050	171.31	4387
Quarto18	25.9	1202	0	0	125	337	2856	337	4058	169.82	4395
Quarto19	26.1	1734	0	0	125	337	2856	337	4590	188.60	4927
Quarto20	26.1	1696	0	0	125	337	2856	337	4551	187.18	4888
Quarto21	25.9	1198	0	0	125	337	2856	337	4053	169.64	4390
Quarto22	25.7	1191	0	0	125	337	2856	337	4046	170.43	4383
Quarto23	25.9	1199	0	0	125	337	2856	337	4055	169.44	4391
Quarto24	25.9	1198	0	0	125	337	2856	337	4053	169.63	4390
Quarto25	25.8	1197	0	0	125	337	2856	337	4052	170.01	4389
Quarto26	26.4	1223	0	0	125	337	2856	337	4079	167.09	4415
Quarto27	26.3	1238	0	0	125	337	2856	337	4094	168.66	4431
Quarto28	25.9	1223	0	0	125	337	2856	337	4079	170.55	4416
Quarto29	25.9	1223	0	0	125	337	2856	337	4079	170.33	4415
Quarto30	25.7	1215	0	0	125	337	2856	337	4071	171.37	4408
Quarto31	25.9	1201	0	0	125	337	2856	337	4057	169.38	4394
Quarto32	26.3	1217	0	0	125	337	2856	337	4072	167.40	4409
Quarto33	26.5	1226	0	0	125	337	2856	337	4081	166.58	4418
Quarto34	25.8	1196	0	0	125	337	2856	337	4052	170.38	4388
Quarto35	25.9	1202	0	0	125	337	2856	337	4058	169.79	4395
Quarto36	25.8	1195	0	0	125	337	2856	337	4051	169.76	4388

Relatório de cargas térmicas

Quarto37	25.7	1191	0	0	125	337	2856	337	4046	170.53	4383
Quarto38	26.1	1204	0	0	125	337	2856	337	4060	168.54	4396
Quarto39	26.3	1738	0	0	125	337	2856	337	4593	187.48	4930
WC 1	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.73	136
WC 2	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.61	136
WC 3	5.3	135	0	0	0	0	0	0	135	25.61	135
WC 4	5.4	137	0	0	0	0	0	0	137	25.59	137
WC 5	5.3	135	0	0	0	0	0	0	135	25.59	135
WC 6	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.61	136
WC 7	5.6	143	0	0	0	0	0	0	143	25.57	143
WC 8	5.6	149	0	0	0	0	0	0	149	26.72	149
WC 9	5.3	141	0	0	0	0	0	0	141	26.78	141
WC10	5.3	142	0	0	0	0	0	0	142	26.77	142
WC11	5.5	140	0	0	0	0	0	0	140	25.59	140
WC12	5.7	145	0	0	0	0	0	0	145	25.58	145
WC13	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.60	136
WC14	5.4	137	0	0	0	0	0	0	137	25.58	137
WC15	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.60	136
WC16	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.62	136
WC17	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.57	136
WC18	5.3	137	0	0	0	0	0	0	137	25.73	137
WC19	5.3	137	0	0	0	0	0	0	137	25.68	137
WC20	5.4	138	0	0	0	0	0	0	138	25.56	138
WC21	5.3	135	0	0	0	0	0	0	135	25.56	135
WC22	5.4	138	0	0	0	0	0	0	138	25.54	138
WC23	5.3	135	0	0	0	0	0	0	135	25.54	135
WC24	5.4	137	0	0	0	0	0	0	137	25.56	137
WC25	5.7	144	0	0	0	0	0	0	144	25.52	144
WC26	5.6	149	0	0	0	0	0	0	149	26.66	149
WC27	5.3	141	0	0	0	0	0	0	141	26.73	141
WC28	5.4	144	0	0	0	0	0	0	144	26.72	144
WC29	5.2	139	0	0	0	0	0	0	139	26.73	139
WC30	5.4	139	0	0	0	0	0	0	139	25.56	139
WC31	5.5	141	0	0	0	0	0	0	141	25.53	141
WC32	5.7	146	0	0	0	0	0	0	146	25.52	146
WC33	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.56	136
WC34	5.4	138	0	0	0	0	0	0	138	25.53	138
WC35	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.55	136
WC36	5.4	137	0	0	0	0	0	0	137	25.56	137
WC37	5.3	135	0	0	0	0	0	0	135	25.52	135
WC38	5.3	136	0	0	0	0	0	0	136	25.67	136
WC39	5.3	272	0	0	0	0	0	0	272	51.79	272
Recepção	9.2	959	0	0	11	30	252	30	1211	134.68	1240
Sala Reuniões	5.9	624	0	0	21	57	482	57	1106	197.69	1163
WC Recepção 1	6.6	708	0	0	0	0	0	0	708	107.83	708
WC Recepção 2	6.7	739	0	0	0	0	0	0	739	109.96	739
Cafeteria	27.7	2028	0	0	278	748	2538	748	4565	191.91	5313
Vestiaros 1	7.6	468	0	0	0	0	0	0	468	61.31	468
Vestiaros 2	7.3	572	0	0	0	0	0	0	572	77.97	572

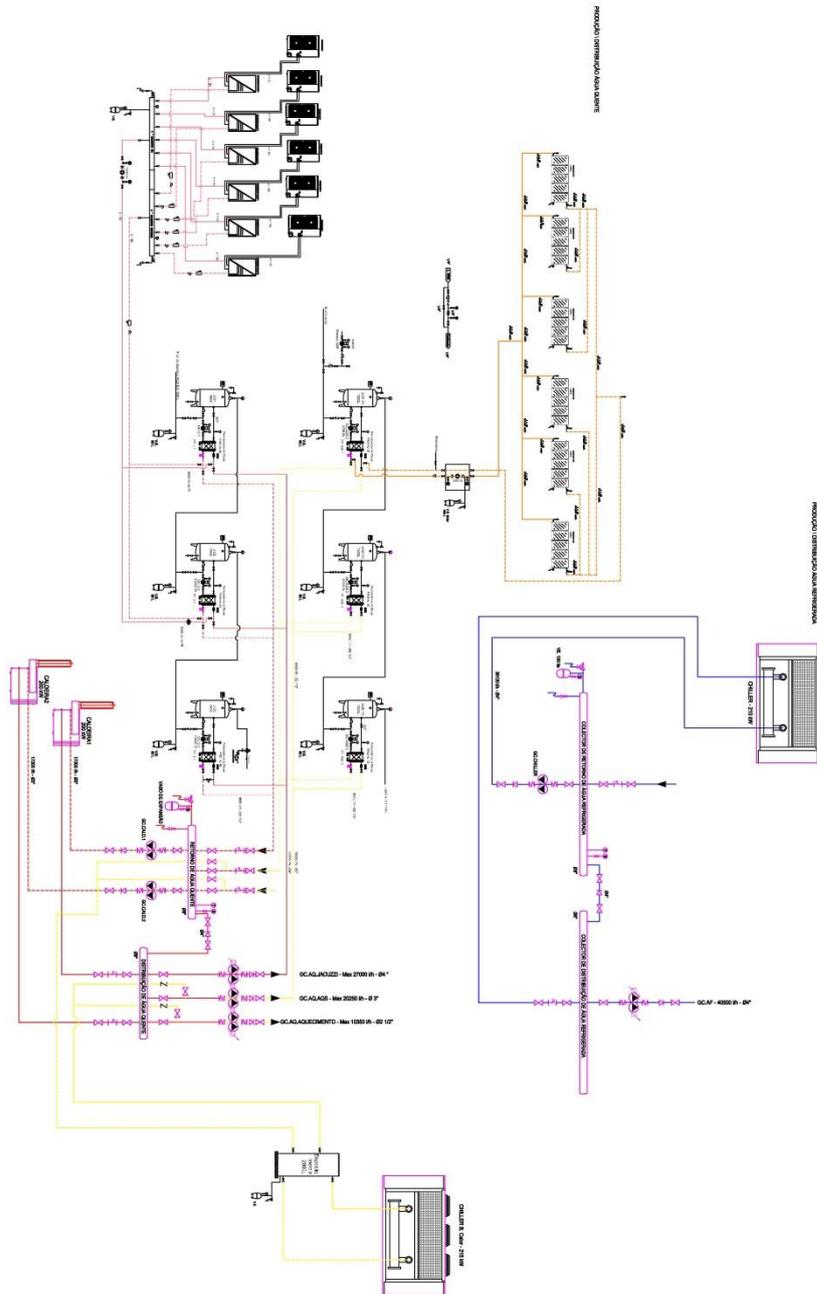
Relatório de cargas térmicas

Quarto Deficientes	37.7	2686	0	0	125	337	2856	337	5542	155.95	5878
Sala Refeições	9.8	797	0	0	222	598	5072	598	5869	663.16	6467
Cozinha	14.6	840	0	0	0	0	0	0	840	57.70	840
Carga máxima simultânea de aquecimento para o conjunto de compartimentos											
Zona 1	1354.5				5532			14902	188163	149.92	203065

Abreviaturas

A	Superfície
Condução	Cargas devidas aos ganhos de calor por condução
Inf. lat.	Infiltração latente
Inf. sens.	Infiltração sensível
Lat.	Latente
Sens.	Sensível

APÊNDICE I – ESQUEMA DE PRINCÍPIO DO MOTEL COM INSTALAÇÃO PROPOSTA



APÊNDICE J – TABELA DE CUSTOS ANUAIS COM INSTALAÇÃO SOLAR

Ano 2011:	362	767 710	36 580,14 €	2 780,04 €	33 800,10 €	2 780,04 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]
Ano 2012:	365	778 178	43 989,16 €	3 310,11 €	40 679,05 €	3 310,11 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]
Ano 2013:	353	658 154	38 331,48 €	3 465,09 €	34 866,39 €	3 465,09 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]
Ano 2014:	391	698 867	40 927,49 €	3 329,30 €	37 598,19 €	3 329,30 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]
Ano 2015:	365	708 507	46 694,97 €	3 941,28 €	42 753,69 €	3 941,28 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]
Ano 2016:	151	357 754	21 820,72 €	1 337,62 €	20 483,10 €	1 337,62 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL solar[€]	Custo GN c/solar	Poupança ano [€]

APÊNDICE K – TABELA DE CUSTOS ANUAIS COM INSTALAÇÃO DE B. CALOR E CHILLER

Ano 2011:	362	767 710	286 529	36 580,14 €	27 940,38	8 639,76 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]
Ano 2012:	365	778 178	290 436	43 989,16 €	30 887,44	13 101,72 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]
Ano 2013:	353	658 154	245 640	38 331,48 €	26 110,33	12 221,15 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]
Ano 2014:	391	698 867	260 835	40 927,49 €	28 934,72	11 992,77 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]
Ano 2015:	365	708 507	264 433	46 694,97 €	30 173,16	16 521,81 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]
Ano 2016:	151	357 754	133 523	21 820,72 €	15 640,17	6 180,55 €
Consumo total GN em kWh:			Consumo total em kWh Elec útil:	TOTAL GN [€]	TOTAL Elec [€]	Poupança ano [€]

APÊNDICE L – TABELA DE CUSTOS ANUAIS COM SOLAR, CHILLER E B. CALOR

Ano 2011:	362	767 710	36 580,14 €	25 160,35 €	11 419,79 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]
Ano 2012:	365	778 178	43 989,16 €	27 577,33 €	16 411,83 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]
Ano 2013:	353	658 154	38 331,48 €	22 645,24 €	15 686,24 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]
Ano 2014:	391	698 867	40 927,49 €	25 605,42 €	15 322,07 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]
Ano 2015:	365	708 507	46 694,97 €	26 231,87 €	20 463,10 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]
Ano 2016:	151	357 754	21 820,72 €	14 302,55 €	7 518,17 €
Consumo total GN em kWh:			TOTAL GN [€]	TOTAL B. Calor & solar [€]	Poupança ano [€]