



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Gonçalo Nuno de Castro Ferreira

**PROJETO ENERGETICAMENTE EFICIENTE DAS
ZONAS DE RECEÇÃO, RESTAURAÇÃO, BAR E
APOIO AO PESSOAL DE UM APARTHOTEL**

**Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na
especialidade de Energia e Ambiente, orientada pelo Professor Doutor António
Manuel Mendes Raimundo e apresentada ao Departamento de Engenharia
Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra**

Outubro de 2021

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Projeto energeticamente eficiente das zonas de receção, restauração, bar e apoio ao pessoal de um Aparthotel

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

Autor

Gonçalo Nuno de Castro Ferreira

Orientadores

António Manuel Mendes Raimundo

José Vaz Afonso

Júri

Presidente Professor Doutor José Carlos Miranda Góis
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**Engiprior – Projetos de Engenharia,
Certificação Energética de Edifícios**

Coimbra, outubro, 2021

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo, especialmente pela disponibilidade, paciência e aconselhamento constante. O presente trabalho não se teria realizado sem a sua incansável ajuda e por essa razão expresso-lhe neste parágrafo, toda a minha gratidão pelo que fez por mim.

Em segundo lugar, agradeço à empresa Engiprior, não só pelo tema proposto e materiais fornecidos, mas principalmente pela experiência que me proporcionou. Um agradecimento especial ao engenheiro José Afonso por me ter aceitado, integrado e orientado na empresa e por ter feito destes meses de estágio os mais frutíferos do meu percurso académico. Finalmente, dedico uma palavra de apreço à equipa de engenheiros André Brito, Emanuel Pires e Mário Santos, pelo tempo que me prestaram para clarificar inúmeras dúvidas que fui tendo ao longo deste projeto.

Todavia, não só da aquisição de conhecimentos e das numerosas correções foi o presente trabalho possível de conceber. A base sólida de apoio e educação que sempre recebi da minha família, em especial da minha mãe Fernanda, do meu pai Joaquim e da minha irmã Beatriz, foi o que me permitiu obter o meu grau de mestre e por isso esta dissertação, dedico-a a vocês. Agradeço ainda, à minha madrinha Celeste, ao meu tio Manuel, ao meu padrinho José, ao meu avô Hilário e avós Arminda e Olinda, pelo amor, inspiração e humildade que sempre me souberam transmitir.

A todos os meus amigos, de Miranda do Corvo ao Avelar, de Coimbra a Brno, que me acompanharam durante todos estes anos, pelas aventuras que vivemos e sobretudo por se encarregarem de me darem força e coragem em circunstâncias menos felizes, a todos vocês, o meu muito, sincero e insuficiente obrigado. Agradeço em particular ao meu padrinho de praxe Miguel Folques, que me ofereceu a sua amizade, os seus apontamentos, partilhou comigo conselhos e opiniões quase sempre contrárias às minhas. Um obrigado aos “Galáticos” que além de serem a melhor equipa de futsal com quem já tive o prazer de partilhar campo, são também o exemplo de como a amizade e o trabalho coletivo podem funcionar em sintonia. Um agradecimento muito especial aos meus amigos André, Daniel, Francisco, João Correia, João Reganha, João Robalo, Jorge, José, Lucia, Rodrigo e Rui pelo vosso companheirismo único e por estarem sempre presentes quando foi preciso uma palavra amiga.

Resumo

O desmedido consumo por parte dos edifícios de serviços até ao fim do séc. XX, associado a uma imprudente indiferença quanto às suas consequências, motiva o dever atual de obter balanços energéticos praticamente nulos neste setor. A implementação de diretivas, cada vez mais intransigentes, espelha a preocupação global em desenvolver edifícios com uma pegada ecológica mínima, aproveitando ao máximo as fontes de energia renováveis ao dispor. Todavia, a adoção de medidas e soluções que traduzem o melhor desempenho para o edifício, sem comprometer a sustentabilidade do planeta, impelem custos acrescidos e gera-se relutância quanto ao seu uso, dada a maior dificuldade de elaborar projetos energéticos economicamente viáveis.

A presente dissertação, vai ao encontro das conclusões anteriores ao apresentar um conjunto de melhorias de quatro zonas térmicas de um aparthotel, mais especificamente, as zonas afetas ao restaurante, ao bar, à receção e ao apoio ao pessoal. Para o efeito foi testada a aplicação de três isolamentos térmicos diferentes em quatro tipos de paredes exteriores e avaliou-se a aplicação de várias tipologias de vãos envidraçados, alterando os materiais e espessuras dos vidros, tipos de caixilharias e proteções interiores. Por fim, propuseram-se quatro hipóteses de equipamentos produtores de energia térmica, todos eles capazes de suprir as necessidades do edifício, mas com performances distintas.

Com recurso ao *software* HAP simularam-se as várias soluções e compararam-se os impactos que cada uma tem no desempenho energético anual do edifício. Para obter uma estimativa do custo das opções testadas da componente passiva recorreu-se ao Gerador de Preços CYPE. O gasto de investimento em equipamentos foi obtido a partir de orçamentos fornecidos pelos respetivos fornecedores, os quais incluíam o custo dos equipamentos, da instalação e da manutenção anual. Com vista a conferir ao trabalho uma perspetiva económica, avaliou-se o projeto de investimento correspondente a opção testada através do seu custo anual equivalente (*CAE*). Por conseguinte, foi possível averiguar o custo anual que cada opção acarreta e inferir qual a mais viável. Por último, estando na posse de todas informações relativas às medidas de melhoria testadas, é possível selecionar uma solução energeticamente eficiente que não requer um esforço económico excessivo para a realizar.

Palavras-chave: Aparthotel, Melhoria da eficiência energética, Paredes exteriores, Vãos envidraçados, Sistemas de produção de energia, Custo Anual Equivalente

Abstract

The excessive consumption by the service buildings until the end of the century. XX, associated with a reckless indifference to its consequences, motivates the current duty to obtain near zero energy balances in this sector. The implementation of increasingly strict directives reflects the global concern to develop buildings with a minimal ecological footprint, making the most of the available renewable energy sources. However, the adoption of measures and solutions with the best performance outcome for the building, without compromising the sustainability of the planet, leads to bigger costs and generates reluctance regarding its use, given the greater difficulty of preparing economically viable energy projects.

This dissertation meets the previous conclusions by presenting a set of improvements to four thermal zones of an aparthotel, more specifically, the areas related to the restaurant, bar, reception and staff support. For this purpose, three different thermal insulations in four types of exterior walls were tested and various types of glazed spans were evaluated by changing the materials and thickness of the glass, types of window frames and interior protections. Finally, four hypotheses of thermal energy producing equipment were proposed, all of them capable of meeting the building's needs, but with different performances.

The various solutions were simulated using the HAP software and the impacts that each one has on the building's annual energy performance were compared. To obtain the estimate cost of the tested options of the passive component, the Gerador de Preços CYPE was used. Equipment investment expenditure was found from budgets provided by the respective suppliers, which included the cost of equipment, installation and annual maintenance. In order to give this work an economic perspective, the investment project corresponding to the option tested was evaluated through its equivalent annual cost (EAC). Therefore, it was possible to determine the annual cost that each option entails and infer the most viable one. Finally, carrying all the information regarding the tested improvement measures, it is possible to select an energy efficient solution that does not require an excessive economic effort to carry it out.

Keywords Aparthotel, Energy efficiency improved, Exterior walls, Glazed systems, Energy production systems, Equivalent annual cost

Índice

| | |
|---|-----|
| Índice de Figuras | x |
| Índice de Tabelas..... | xii |
| Simbologia e Siglas | xv |
| Simbologia | xv |
| Siglas..... | xvi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1. Enquadramento | 1 |
| 1.2. Estágio na Engiprior..... | 2 |
| 1.3. Estado da Arte..... | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 6 |
| 2. FERRAMENTAS DE CÁLCULO..... | 9 |
| 2.1. Folha de Cálculo “Levantamento_RECS” | 9 |
| 2.2. Folha de Cálculo “CalProTerm” | 12 |
| 2.3. Folha de Cálculo “SCE.ER” | 13 |
| 2.4. Gerador de Preços CYPE..... | 13 |
| 2.5. HAP - Hourly Analysis Program | 14 |
| 3. CASO DE ESTUDO..... | 18 |
| 3.1. Clima | 18 |
| 3.2. Edifício | 20 |
| 3.3. Zonas Térmicas em Estudo..... | 23 |
| 3.3.1. Zona associada ao restaurante..... | 25 |
| 3.3.2. Zona associada ao bar | 29 |
| 3.3.3. Zona associada à receção..... | 31 |
| 3.3.4. Zona de apoio ao pessoal..... | 36 |
| 3.4. Soluções Construtivas Opacas | 40 |
| 3.5. Envidraçados..... | 45 |
| 3.5. Sistemas de Preparação de AQS..... | 49 |
| 3.6. Sistemas de AVAC | 54 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 61 |
| 4.1. Comportamento Energético da “Solução de Referência” | 61 |
| 4.2. Melhoria da Eficiência Energética das Soluções Construtivas Opacas | 67 |
| 4.3. Melhoria da Eficiência Energética dos Vãos Envidraçados | 70 |
| 4.4. Análise de Sistemas de AVAC Alternativos | 72 |
| 4.5. Discussão | 76 |
| 5. CONCLUSÕES | 82 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |
| ANEXO A..... | 87 |
| ANEXO B..... | 88 |

| | |
|-----------------|----|
| ANEXO C | 89 |
| APÊNDICE A..... | 90 |
| APÊNDICE B..... | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Áreas de atuação da Engiprior [https://www.engiprior.pt/pt] | 2 |
| Figura 2.1. Esquema das etapas de criação de um projeto no HAP [16]..... | 15 |
| Figura 2.2. Separador do HAP para a definição dos sistemas de AVAC de um projeto | 16 |
| Figura 3.1. Interface do programa “SCE.CLIMA” | 20 |
| Figura 3.2. Alçado Sul do Aparthotel a construir em Alfragide | 20 |
| Figura 3.3. Planta exemplar dos pisos de habitação do Aparthotel..... | 22 |
| Figura 3.4. Planta do piso 0 do Aparthotel | 22 |
| Figura 3.5. Planta do piso -1 do Aparthotel | 23 |
| Figura 3.6. Separador <i>Misc. Energy</i> do programa HAP | 24 |
| Figura 3.7. Marcação da envolvente da zona do restaurante | 25 |
| Figura 3.8. HAP: Perfil de ocupação da zona do restaurante..... | 27 |
| Figura 3.9. HAP: Perfil de utilização dos equipamentos elétricos na zona do restaurante. 28 | |
| Figura 3.10. Marcação da envolvente da zona do bar | 29 |
| Figura 3.11. HAP: Perfil de ocupação da zona do bar..... | 30 |
| Figura 3.12. HAP: Perfil de iluminação da zona do bar | 31 |
| Figura 3.13. Marcação da envolvente da zona associada à receção | 32 |
| Figura 3.14. HAP: Perfil de ocupação da zona de estar..... | 33 |
| Figura 3.15. HAP: Perfil de iluminação da zona de estar associada à receção | 34 |
| Figura 3.16. HAP: Perfil de utilização de equipamentos elétricos na zona associada à receção | 35 |
| Figura 3.17. Marcação da envolvente da zona de staff..... | 37 |
| Figura 3.18. HAP: Perfil de ocupação da zona de staff..... | 38 |
| Figura 3.19. HAP: Perfil de iluminação da zona de staff | 38 |
| Figura 3.20. HAP: Perfil de utilização de equipamentos elétricos na zona de apoio ao pessoal..... | 39 |
| Figura 3.21. Planta do piso 0 do Aparthotel com destaque para os sombreamentos existentes | 46 |
| Figura 3.22. Separador do HAP para a definição dos vãos envidraçados | 47 |
| Figura 3.23. Perfil de utilização de águas quentes sanitárias | 52 |
| Figura 3.24. Distribuição dos coletores solares pela cobertura do Aparthotel..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.25. Disposição das unidades de tratamento de ar e equipamento de produção de energia localizados no piso -1..... | 55 |
| Figura 3.26. Disposição dos sistemas de AVAC na zona de staff no piso -1..... | 56 |
| Figura 4.1. Gráfico representativo das necessidades anuais de energia do edifício com o aumento de espessura de EPS, quando aplicado pelo lado interior das paredes. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 63 |
| Figura 4.2. Comparação gráfica entre as necessidades de energia e os consumos anuais da “Solução de Referência” com a utilização da bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1)..... | 64 |
| Figura 4.3. Evolução das necessidades de energia do edifício com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha para os quatro tipos de paredes exteriores. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 68 |
| Figura 4.4. Evolução das necessidades de energia do edifício para aquecimento e para arrefecimento com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha para o caso da fachada ventilada. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 70 |
| Figura 4.5. Necessidades de energia para o AVAC do edifício em função das soluções testadas para os vãos envidraçados. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 72 |
| Figura 4.6. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia para arrefecimento da “Solução de Referência” (Solução 1) e as alternativas (Solução 2, 3 e 4)..... | 74 |
| Figura 4.7. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia para aquecimento da “Solução de Referência” (Solução 1) e as alternativas (Solução 2, 3 e 4)..... | 74 |
| Figura 4.8. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia da “Solução de Referência” (Solução 1) e das alternativas (Solução 2, 3 e 4)..... | 74 |
| Figura 4.9. Comparação gráfica entre as necessidades de energia da “Solução de Referência” e as necessidades de energia com as melhorias da componente passiva | 78 |
| Figura 4.10. Representação gráfica do consumo elétrico das 4 zonas térmicas em apreço e da sua relação com o perfil de ocupação, com a envolvente do edifício melhorada e o sistema VRV da solução 4 instalado..... | 80 |
| Figura 4.11. Representação percentual dos setores responsáveis pelo consumo de energia elétrica nas 4 zonas térmicas em apreço, com a envolvente do edifício melhorada e o sistema VRV da solução 4 instalado..... | 80 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1. Separador da folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Levantamento dos elementos opacos da envolvente..... | 10 |
| Tabela 2.2. Separador da folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de levantamento dos espaços não climatizados e de cálculo dos respetivos coeficientes de redução de perdas..... | 10 |
| Tabela 2.3. Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [m ³ /(hora.m ²)]. Tabela 12 da Portaria n.º 138-I/2021 [12]..... | 11 |
| Tabela 2.4. Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [m ³ /(hora.ocupante)]. Tabela 11 da Portaria n.º 138-I/2021 [12]..... | 11 |
| Tabela 2.5. Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [m ³ /h]. Tabela 13 da Portaria n.º 138-I/2021 [12] | 11 |
| Tabela 2.6. Separador da folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Dados gerais a introduzir no HAP..... | 12 |
| Tabela 3.1. Enumeração dos espaços existentes em cada piso | 21 |
| Tabela 3.2. Legenda para a marcação da envolvente de cada “zona térmica” (espaço climatizado)..... | 24 |
| Tabela 3.3. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona associada ao restaurante | 26 |
| Tabela 3.4. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Densidade luminosa e quantidades de lâmpadas na zona do restaurante..... | 27 |
| Tabela 3.5. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de insuflação para a zona do restaurante | 28 |
| Tabela 3.6. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona associada ao bar | 30 |
| Tabela 3.7. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas dos espaços complementares que confrontam com a zona associada à receção | 33 |
| Tabela 3.8. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Densidade luminosa e quantidades de lâmpadas na zona associada à receção | 34 |
| Tabela 3.9. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de insuflação para a zona associada à receção..... | 36 |
| Tabela 3.10. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de extração para a zona associada à receção..... | 36 |
| Tabela 3.11. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona de staff..... | 37 |

| | |
|---|----|
| Tabela 3.12. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de extração para a zona de staff..... | 39 |
| Tabela 3.13. Descrição (do interior para o exterior) dos elementos construtivos da envolvente opaca..... | 41 |
| Tabela 3.14. Descrição (do interior para o exterior) dos quatro tipos de paredes exteriores testadas | 42 |
| Tabela 3.15. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento térmico pelo interior. | 43 |
| Tabela 3.16. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento térmico pelo meio (localizado na caixa de ar)..... | 43 |
| Tabela 3.17. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento pelo exterior..... | 44 |
| Tabela 3.18. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com fachada ventilada com o aumento de espessura de isolamento térmico..... | 45 |
| Tabela 3.19. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas claras e caixilharias em alumínio com corte térmico..... | 48 |
| Tabela 3.20. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas claras e caixilharias em vinil..... | 49 |
| Tabela 3.21. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas escuras e caixilharias em vinil | 49 |
| Tabela 3.22. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas de rolo claras e caixilharias em vinil | 49 |
| Tabela 3.23. Enumeração dos equipamentos por espaço cujo uso das AQS é provável e estimativa do caudal a debitar por hora..... | 51 |
| Tabela 3.24. Folha de cálculo “SCE.ER”: dimensionamento e seleção dos equipamentos para a instalação do sistema de preparação de AQS | 53 |
| Tabela 3.25. Resultados do relatório após a simulação realizada com a folha de cálculo “SCE.ER” | 53 |
| Tabela 3.26. HAP: Requisitos mínimos da bomba de calor..... | 57 |
| Tabela 3.27. HAP: Requisitos mínimos dos sistemas de AVAC para cada zona térmica alimentados pela bomba de calor | 57 |
| Tabela 3.28. HAP: Dimensionamento da unidade exterior do sistema VRV..... | 58 |
| Tabela 3.29. HAP: Dimensionamento das unidades interiores para cada zona térmica alimentados pela unidade exterior..... | 58 |
| Tabela 3.30. Descrição das soluções propostas pelos fabricantes para a bomba de calor e a unidade exterior..... | 59 |
| Tabela 4.1. Descrição dos elementos construtivos da componente passiva da “Solução de Referência” | 62 |

| | |
|---|----|
| Tabela 4.2. Necessidades e consumos mensais de energia para a “Solução de Referência”, com a climatização a ser suportada por uma bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1) | 64 |
| Tabela 4.3. Tabela de organização dos dados e das etapas de cálculo do custo anual equivalente associado ao sistema de AVAC com a bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1) | 67 |
| Tabela 4.4. Necessidades de energia do edifício com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha nos quatro tipos de paredes exteriores. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 69 |
| Tabela 4.5. Necessidades de energia para o AVAC do edifício em função das soluções testadas para os vãos envidraçados. Valores por m ² de área de pavimento dos espaços climatizados | 71 |
| Tabela 4.6. Consumos mensais de energia para as várias soluções testadas de sistemas de AVAC | 73 |
| Tabela 4.7. Resumo do cálculo do custo anual equivalente associado aos sistemas de AVAC alternativos à solução 1 | 75 |
| Tabela 4.8 Comparação entre as necessidades de energia da “Solução de Referência” e as necessidades de energia com as melhorias da componente passiva adotadas..... | 77 |

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

A_i – Área do elemento que separa o espaço útil do espaço complementar [m²]

A_u – Área do elemento que separa o exterior do espaço complementar [m²]

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas

CAE – Custo Anual Equivalente [€/ano]

GD – Número de graus-dias [°C/(dia. ano)]

g_{\perp} – Fator solar

M_{si} – Massa superficial Útil [kg/m²]

R – Resistência térmica [m². K/W]

RPH – Renovações de ar por hora

R_{se} – Resistência térmica superficial do exterior [m². K/W]

R_{si} – Resistência térmica superficial do interior [m². K/W]

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial [W/m². K]

ρ – Massa Volúmica [kg/m³]

$\theta_{ext,i}$ – Temperatura média exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento [°C]

$\theta_{ext,v}$ – Temperatura exterior média da estação de arrefecimento [°C]

θ_i – Temperatura interior de referência [°C]

Siglas

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

COP – Coeficiente de Desempenho (*Coefficient Of Performance*)

COVID-19 – *Coronavirus Disease 2019*

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EER – Rácio de Eficiência Energética (*Energy Efficiency Ratio*)

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*

ETICS – *External Thermal Insulation Composite System*

HAP – *Hourly Analysis Program*

IEE – Indicador de Eficiência Energética

ISO – Organização Internacional de Padronização

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos

nZEB – *near Zero Energy Building*

QAI – Qualidade do Ar Interior

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos

Edifícios

RECS – Regulamento de Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios

SCE – Sistema de Certificação Energética

SCOP – Coeficiente de Performance Sazonal em Aquecimento

SEER – Relação de Eficiência Energética Sazonal em Arrefecimento

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VRV – Volume Refrigerante Variável

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Desde o irromper da Revolução Industrial, na Inglaterra do séc. XVIII, que o processo de produção sofreu a conseqüente transição do trabalho manual para a maquinofatura com recurso a máquinas térmicas. A partir desta data um novo impulso civilizacional entra em vigor, através da produção em massa, qualidade e variedade, alterando definitivamente a vida das populações. Contudo, a partir deste marco espoletam as emissões de CO₂ para a atmosfera que se registam até aos dias de hoje, de forma agravada e provocam o aumento da temperatura do planeta.

Na Europa, segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) o consumo dos edifícios ronda os 40% da energia total [1], tornando este setor num dos principais responsáveis pelo crescimento desmesurado do aquecimento global ao lado do setor dos transportes. A assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997, veio impor um novo peso na responsabilidade dos países signatários, os quais se comprometeram, de até 2012 e tendo como base o ano 1990, a atingir a redução da emissão de 6 tipos de gases que provocam o efeito estufa em 5% [2].

Como tal, a consciencialização ecológica na conceção de edifícios de habitação ou de serviços é atualmente um requisito preponderante nas decisões quanto à envolvente e sistemas técnicos. A forma de contrariar a evolução das emissões de CO₂ passa por implementar medidas que fomentem práticas sustentáveis por parte dos projetistas. Por exemplo, planos de melhoria do desempenho energético aplicados a edifícios com classes energéticas baixas, levam a um aumento da sua eficiência energética, a uma redução dos seus consumos de energia e a uma diminuição do seu impacto ambiental.

Para além do consumo energético, o recente fenómeno pandémico COVID-19 força o projetista a melhorar em especial os sistemas de ventilação e ar condicionado. A qualidade do ar interior é de extrema importância na redução da concentração de aerossóis no ar e, como resposta, atualmente são tomadas medidas de combate à propagação do vírus sobretudo em espaços fechados de utilização coletiva [3].

O equilíbrio entre a execução de um projeto energético economicamente viável e que assegure as condições de saúde e de conforto térmico, contribuindo ao mesmo tempo para um desenvolvimento sustentável do Planeta, é uma tarefa difícil com que os

engenheiros se defrontam no dia a dia. As principais formas de atuação no sentido da redução do consumo de energia pelos edifícios residem na otimização energética dos elementos passivos e ativos dos mesmos.

1.2. Estágio na Engiprior

Os materiais desenvolvidos neste trabalho são fruto do estágio que realizei na empresa Engiprior, localizada em Lisboa. A Engiprior é especializada na conceção de projetos de sistemas energéticos, na certificação energética de edifícios no âmbito do Sistema nacional de Certificação energética de Edifícios (SCE) e fornece medidas de melhoria que contribuam para o melhor desempenho possível. Apesar de um maior enfoque nos serviços anteriormente referidos, a atividade da Engiprior abrange também outras áreas da engenharia, as quais se identificam na Figura 1.1.



Figura 1.1. Áreas de atuação da Engiprior [<https://www.engiprior.pt/pt>].

As primeiras semanas do meu estágio na Engiprior foram dedicadas à minha integração na equipa, durante as quais colaborei no projeto de climatização de um edifício de habitação, o que me foi bastante útil para perceber os procedimentos, metodologias e programas usados. Acompanhei as várias etapas de estudo prévio dos projetos e a correta análise dos mesmos, nomeadamente os de arquitetura e das especialidades técnicas. Após o

período de adaptação, o meu estágio foi dedicado essencialmente aos trabalhos apresentados neste Relatório de Dissertação de MiEM (Mestrado integrado em Engenharia Mecânica).

O caso de estudo foi-me proposto pela Engiprior, a qual me forneceu as ferramentas e os documentos imprescindíveis à sua execução. Entre os quais destaco a folha de cálculo “Levantamento_RECS”, concebida por membros desta empresa com o intuito de facilitar a inserção ulterior dos dados no *software* HAP - *Hourly Analysis Program*.

O conhecimento básico do Regulamento de desempenho energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) foi também uma absoluta necessidade para que o projeto pudesse adquirir características realistas e estivesse de acordo com a legislação em vigor.

1.3. Estado da Arte

A procura incessante do Homem pela perfeição tem como meio de locomoção a sua capacidade de análise e de resolução de erros, mas sobretudo a sua criatividade de tornar eficiente o que outrora era meramente uma solução básica. Esta idiossincrasia acompanha-nos desde os primórdios da humanidade, que através do trabalho contínuo nos vários ramos da Ciência, permite-nos evoluir e cronologicamente redefinir o conceito de qualidade de vida. Esta premissa fundamenta todo o desenvolvimento conseguido à volta dos edifícios, o que anteriormente era apenas uma área fechada que servia de proteção contra o inimigo e o clima, mais tarde adquire um novo relevo. Uma das formas adotadas pelas grandes civilizações da história mundial para afirmarem o seu poderio, passava pelo levantamento de arquiteturas grandiosas e robustas que propagassem a imagem de um estado forte.

Até há 3 décadas atrás as preocupações com a construção de edifícios focavam-se na integrante estética, construtiva e energética, deixando ingenuamente a componente ecológica de parte. Os alarmes climáticos não tardaram a soar e na década de 70 já se procuravam alternativas ao petróleo, carvão e gás natural para as fontes produtoras de energia face à exploração excessiva dos recursos da Terra [4]. As atitudes em prol do meio ambiente foram-se estabelecendo gradualmente na União Europeia, nomeadamente com a introdução das diretivas EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive* em 2010 e a *Energy Efficiency Directive* em 2012). Estas políticas têm promovido a performance energética de edifícios novos e têm melhorado qualitativamente a dos existentes, prevendo-se a total descarbonização neste setor até 2050 [5]. Por consequência da diretiva EPBD, Portugal, em 2013, impõe na sua legislação (através do Decreto-Lei 118/2013) que a

construção de todos os edifícios será feita à luz do conceito nZEB (*near Zero Energy Building*) a partir de 2020 [6]. nZEB é a definição dada a edifícios cuja produção de energia é equivalente aos baixos valores das necessidades, resultando num balanço de utilização de energia quase nulo [7]. Dado que a produção de energia tende a abandonar a origem fóssil, substituindo-as por fontes de energias renováveis ou outras desprovidas de carbono, ambiciona-se que as emissões de CO₂ para a atmosfera sejam praticamente inexistentes [4].

O sucesso da execução de um edifício nZEB passa pela redução das necessidades energéticas ao máximo e para isso é necessário optar por práticas construtivas fora do domínio convencional que permitam um melhor comportamento do edifício face ao clima onde está inserido. O desenvolvimento de tecnologias cada vez mais sensíveis e novas técnicas de construção permitiram o progresso dos nZEB e a sua integração na engenharia atual.

Neste momento já, existem *softwares* como o *Hourly Analysis Program* (HAP) ou o *EnergyPlus*, capazes de testar inúmeras soluções para a envolvente, a partir da inserção de dados que permitem a simulação do edifício. Posteriormente, determinam-se as necessidades de arrefecimento e aquecimento de cada zona térmica de acordo com a envolvente, ocupação, iluminação, equipamentos e clima local. Este conjunto de ferramentas ajudam o projetista a ter uma visão prévia da performance do edifício e facilitam tarefas de dimensionamento de equipamentos e análises económico-financeiras para soluções de produção de energia distintas.

Em 1990 a utilização de isolamento nos edifícios em Portugal era praticamente inexistente. Nessa época a satisfação das condições de conforto térmico e qualidade do ar interior implicava esforços económicos e de construção muito elevados. O desenvolvimento das técnicas de isolamento térmico nas soluções construtivas opacas veio aliviar esse fardo, visto que reduzem uma grande fração das perdas de calor que ocorrem pelas paredes e coberturas [8]. Por sua vez, as janelas têm igualmente um papel de alta relevância na componente passiva, pois oferecem iluminação e ventilação natural ao ambiente interior sendo por isso, outro responsável direto na garantia do conforto ocupacional [6]. Traçar uma estratégia que combine a otimização do isolamento da fachada de uma habitação, dos seus envidraçados e sombreamentos pode conduzir a uma redução das necessidades do edifício de até 25,92% [9]. Como tal, neste trabalho será dada especial atenção a esta componente. Neste estudo, a componente ativa terá também o seu espaço dedicado, porque integra uma das áreas a tirar proveito para obter uma maior eficiência energética do edifício.

A diretiva EPBD introduziu requisitos que têm em vista encontrar a correspondência mais apropriada entre a otimização da envolvente e a correta seleção de sistemas AVAC em função das condições de clima estabelecidas. Os sistemas técnicos são um dos principais consumidores de energia no edifício, o seu consumo dependerá das cargas térmicas internas, tipos de sistemas de ventilação e da qualidade térmica dos sistemas passivos. A instalação de equipamentos energeticamente eficientes aliada à escolha dos materiais das paredes exteriores com valores de coeficiente de transmissão térmica superficial (U) muito baixos, propiciam a minimização do consumo de energia por parte do edifício. A grande mais-valia dos nZEB assenta no facto de suprirem as suas necessidades energéticas com recurso a fontes renováveis. Dado o baixo consumo do edifício nZEB, a produção da energia necessária terá um valor que facilmente pode ser assegurado por painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos. Todavia, a prática da engenharia tem demonstrado que esta é uma realidade mais facilmente concebida para edifícios de habitação (REH) do que para os de comércio e serviços (RECS). Este tipo de edifícios (hotéis, escritórios e lojas) requerem uma quantidade de energia e recursos bastante superior de forma a fornecer aos clientes uma boa qualidade do ambiente interior (qualidade do ar e confortos térmico, acústico e luminoso). Por outro lado, em muitas ocasiões os edifícios não residenciais apresentam poucos espaços disponíveis à instalação de sistemas AVAC, o que leva a que a produção de energias renováveis seja insuficiente em suprir as necessidades apresentadas. Mesmo com a devida otimização da parte passiva, o edifício pode, ao ser cabalmente analisado, apresentar uma fraca performance térmica [10].

Os edifícios abrangidos pelo regulamento RECS (que abrange os edifícios de comércio e os de serviços) representam 7% do consumo da energia mundial devido, maioritariamente, à iluminação e aos sistemas de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). Em 2010 este tipo de edifícios ocupava mais de 20 biliões de metros quadrados, mas com o aumento da população e a conseqüente subida dos padrões de qualidade de vida, estima-se que a área abrangida pelos mesmos seja de 80 biliões de metros quadrados em 2050 [11]. São atualmente alvo de constantes reavaliações também pela influência que a COVID-19 tem nos sistemas de ventilação. Neste sentido, Portugal estabeleceu, através do Decreto-Lei nº 101-D/2020, limiares de proteção e condições de referência relacionados com a qualidade do ar interior, a serem cumpridos por todos os edifícios de comércio e serviços em funcionamento. O inevitável crescimento dos edifícios comerciais e de serviços traz repercussões a nível ambiental que não são comportáveis nos dias de hoje.

Por isso, é imperativa a adoção de medidas energéticas e económicas conscientes que suavizem o consumo total das edificações, sem afetar a qualidade do ambiente interior.

1.4. Objetivos

O presente trabalho tem como intuito encontrar o ponto de eficiência ótimo entre a envolvente e os sistemas técnicos das zonas afetas ao restaurante, ao bar, à receção e ao apoio ao pessoal de um Aparthotel, a construir em Alfragide, concelho de Amadora. O que se propõe é a reavaliação do projeto atual, experimentar diversas soluções para a envolvente opaca e transparente, e identificar as que correspondem a melhorias significativas nas necessidades energéticas destas quatro “zonas térmicas”. Embora não representando a totalidade do edifício a construir, no desenvolvimento deste relatório chama-se “edifício” ao conjunto formado pelas zonas de restauração, receção e staff. Utiliza-se a designação “edifício completo” quando nos estamos a referir à totalidade dos espaços do Aparthotel.

Com recurso ao *software* HAP, o edifício será alvo de um estudo prévio, onde se procede ao seu levantamento, definição de perfis de iluminação, de ocupação e de equipamentos elétricos assim como a definição inicial das suas componentes passiva e ativa. Seguidamente serão executadas simulações com vista ao dimensionamento dos sistemas técnicos e simulações para avaliar os consumos energéticos.

O primeiro objetivo é averiguar opções de isolamento térmico, com espessuras e posições diferentes que minimizem, em particular, as necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento. Com esta meta em mira, as janelas serão também alvo de melhorias ao experimentar caixilharias, proteções interiores, espessuras, cores e tipos de vidro energeticamente mais eficientes. Em adição, pretende-se ainda encontrar o ponto ótimo da componente ativa, tendo em conta a eficácia das fontes produtoras de energia e a sua rentabilidade económica. Por outras palavras, o trabalho visa equiparar soluções de produção de energia térmica, particularmente comparar uma bomba de calor com um sistema com volume de refrigerante variável (VRV) alimentado pelo fluido frigorigéneo R410a.

Por fim, analisa-se o desempenho energético de ambas as seleções, estudando a sua influência no consumo final do edifício e compararam-se os projetos de investimentos dos respetivos sistemas técnicos previstos, recorrendo para o efeito ao valor do seu custo anual equivalente (CAE).

Este estudo económico poderá apenas ser levado a cabo com colaboração de fornecedores da Engiprior, os quais possuem informação mais atualizada sobre os equipamentos que melhor se ajustam às exigências. Consumo dos sistemas produtores, aquisição de equipamentos, custos de eletricidade, manutenção e instalação são alguns dos principais dados que também vão influenciar os valores do *CAE* de cada opção.

2. FERRAMENTAS DE CÁLCULO

A progressão deste trabalho foi somente possível devido à utilização de um conjunto adequado de ferramentas. Dada a quantidade e diversidade de dados que precedem qualquer simulação dinâmica, recorreu-se a vários documentos e programas capazes de fundamentar as decisões tomadas para cada zona térmica. Exemplo disso são os vários perfis de utilização, a densidade luminosa e os equipamentos elétricos existentes por espaço.

O desempenho energético do edifício foi estimado por simulação dinâmica recorrendo ao *software* HAP (*Hourly Analysis Program*). Recorreu-se ainda a outras ferramentas, as quais se revelaram bastante úteis na correta conceção do edifício e no cálculo dos custos associados às soluções testadas.

2.1. Folha de Cálculo “Levantamento_RECS”

O modelo usado pela Engiprior para a caracterização da envolvente e sistemas técnicos de edifícios de comércio e serviços, foi desenvolvida pela própria empresa. Tem como finalidade a avaliação da classe energética em função do consumo específico do edifício e a verificação regulamentar com o SCE do mesmo. O edifício encontra-se regulamentar quando o seu indicador de eficiência energética (IEE) nominal for inferior ao seu IEE de referência para edifícios novos.

Contudo, o objetivo deste trabalho não passa pela emissão de um certificado energético nem pela determinação da sua classe energética, mas sim pela otimização da componente passiva e ativa do edifício. Portanto, a folha de cálculo em Excel “Levantamento_RECS” será usada sobretudo, como instrumento de auxílio ao levantamento dos dados a introduzir no HAP. Esta folha de cálculo é composta por um conjunto de separadores iniciais que servem para identificar as soluções construtivas (opacas e transparentes) que definem a envolvente de cada espaço. A Tabela 2.1 ilustra a forma como são introduzidas as paredes exteriores na folha de cálculo segundo a orientação, pé direito área útil do espaço e comprimento. Ainda neste separador são definidos os contactos que os espaços climatizados estabelecem com os espaços não climatizados, seja por paredes, pavimentos ou coberturas. Calculam-se ainda os sombreamentos existentes devido às palas, as cargas internas derivadas da iluminação, dos equipamentos elétricos e da ocupação.

Tabela 2.3. Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [$\text{m}^3/(\text{hora} \cdot \text{m}^2)$].
Tabela 12 da Portaria n.º 138-I/2021 [12].

| Situação do edifício | Caudal de ar novo [$\text{m}^3/(\text{hora} \cdot \text{m}^2)$] |
|--|---|
| Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos | 3 |
| Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos ⁽¹⁾ | 5 |
| Com espaços em que a existência predominante (superior a 75 %) de materiais de baixa emissão poluente ⁽²⁾ | 2 |
| Piscinas (em que a área de referência é a área do plano de água) | 20 |

Tabela 2.4. Caudal mínimo de ar novo determinado em função da carga poluente devida à ocupação [$\text{m}^3/(\text{hora} \cdot \text{ocupante})$]. Tabela 11 da Portaria n.º 138-I/2021 [12].

| Tipo de espaço | Tipo de atividade | Caudal de ar novo [$\text{m}^3/(\text{hora} \cdot \text{ocupante})$] |
|---|-----------------------------|--|
| Quartos, dormitórios e similares | Sono | 16 |
| Salas de repouso, salas de espera, salas de conferências, auditórios e similares, bibliotecas. | Descanso | 20 |
| Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas e similares, museus e galerias, salas de convívio, salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares. | Sedentária | 24 |
| Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche | | 28 |
| Laboratórios, <i>ateliers</i> , salas de desenho e trabalhos oficiais, cafés, bares, salas de jogos e similares. | Moderada | 35 |
| Pista de dança, salas de ginásios, salas de <i>ballet</i> e similares | Ligeiramente alta | 49 |
| Salas de musculação, salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares. | Alta | 98 |

Espaços que não são climatizados, mas que se encontrem em funcionamento e sujeitos a higienização contínua, como é o caso das copas, são também considerados para efeitos de renovação de ar [12]. No caso de instalações sanitárias e balneários, os caudais mínimos de extração de ar são assegurados de acordo com a Tabela 2.5 presente na Portaria n.º 138-I/2021 do RECS [12].

Tabela 2.5. Caudais mínimos de extração de ar a assegurar para locais e instalações específicas [m^3/h].
Tabela 13 da Portaria n.º 138-I/2021 [12].

| Tipo de espaço | Sistema de extração | Caudal de extração (m^3/h) |
|---|---|---|
| Instalação Sanitária privada ⁽¹⁾ | Com funcionamento contínuo ⁽³⁾ | Máx (45; $10 \times A_{\text{pav}}$) |
| | Sem funcionamento contínuo | Máx (90; $10 \times A_{\text{pav}}$) |
| Instalação Sanitária pública ⁽²⁾ | Funcionamento normal | Máx (90 x (número de urinóis + número de sanitas + número de duches); $10 \times A_{\text{pav}}$) |
| | Funcionamento intensivo ⁽⁴⁾ | Máx (125 x (número de urinóis + número de sanitas + número de duches); $10 \times A_{\text{pav}}$) |

A seleção e a organização dos dados, devidamente ponderados, constitui a grande utilidade desta ferramenta para uma correta execução do trabalho. Ao dar-se por concluído o preenchimento dos diversos separadores, o separador “HAP Dados” (Tabela

2.6) é preenchido de modo automático o que facilita a introdução dos dados de projeto no HAP.

Tabela 2.6. Separador da folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Dados gerais a introduzir no HAP.

| GENERAL | | | | | INTERNALS | | | | | |
|---------|----------------|-----------|------------------------|--------|----------------|------------|-------------|---------------------|----------|-----------------|
| ZONA | Designação HAP | Tipologia | Área [m ²] | PD [m] | Caudal Solução | Iluminação | Equipamento | | Ocupação | Tipo Actividade |
| | | | | | [L/s] | [w] | [w] | [w/m ²] | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

2.2. Folha de Cálculo “CalProTerm”

A folha de cálculo CalProTerm, da autoria do Professor Doutor António Raimundo (do DEM-FCTUC), faz o cálculo de propriedades das soluções construtivas de edifícios com recurso a um leque de materiais de construção nele inseridos. As informações termofísicas dos materiais que constam na base de dados deste *software* foram extraídas de diversas fontes [8]. O cálculo das propriedades das soluções construtivas de edifícios é efetuado seguindo a metodologia definida no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), o que confere a esta folha de cálculo a garantia do cumprimento dos regulamentos do Sistema de Certificação Energética (SCE).

Ao introduzir os dados da envolvente no *software*, é imperativo que tanto a disposição dos elementos constituintes como a sua espessura estejam em total conformidade com o modelo previsto. De outra forma, obtêm-se valores de coeficientes de transmissão térmica (U) e de massa superficial útil (M_{si}) que não correspondem à realidade.

A ferramenta CalProTerm foi bastante proveitosa, em particular na definição das paredes exteriores, devido à sua capacidade de determinar os valores de massa volúmica (ρ) de cada material e a respetiva resistência térmica (R). Serviu ainda para garantir que a M_{si} é a correta para cada opção da envolvente opaca a testar no HAP. Isto é relevante porque a M_{si} de cada elemento opaco depende muito da posição relativa do seu isolamento térmico. Por sua vez, a M_{si} dos elementos de cada “zona térmica” tem grande influência sobre o comportamento térmico da mesma [13].

2.3. Folha de Cálculo “SCE.ER”

O SCE.ER é um *software* criado pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) que serve para calcular a contribuição dos sistemas de energia renovável para o desempenho energético dos edifícios. As metodologias de cálculo estão de acordo com o SCE, podendo definir, por conseguinte, o tipo de edifício (de habitação ou de comércio e serviços), o local, a tecnologia renovável em causa e os parâmetros deste sistema com influência sobre a energia que ele consegue disponibilizar ao edifício em causa [14].

O programa permite ao utilizador adicionar os equipamentos pretendidos à base de dados, desde que não transgrida exigências legais. Todavia, a folha de cálculo SCE.ER não é uma ferramenta de pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de energias renováveis, tampouco de apoio a projeto. Somente determina a contribuição energética do sistema de energia renovável em questão e verifica o cumprimento pelo mesmo dos requisitos definidos para esse edifício pelo Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios (SCE) [14].

O SCE.ER é capaz de calcular a contribuição que o sistema solar térmico tem no suprimento das necessidades das águas quentes sanitárias (AQS), para o perfil de utilização imposto. No relatório que esta folha de cálculo produz é também discriminada a energia útil solicitada ao sistema de apoio, permitindo a contabilização deste setor na energia total consumida pelas fontes produtoras.

2.4. Gerador de Preços CYPE

O *site* “Gerador de Preços CYPE” providencia ao projetista estimativas de orçamento para as soluções de construção preconizadas, por intermédio de uma extensa base de dados, relativo a custos de material e mão-de-obra de fabricantes [15].

O recurso a esta base de dados permitiu obter os valores de gastos de investimento em soluções construtivas que não foi viável obter através de orçamentos, nomeadamente os relacionados com a componente passiva do edifício, e assim ter a informação necessária para poder efetuar uma análise económica das alternativas consideradas.

O que se pretende com a utilização do Gerador de Preços CYPE é atribuir um custo a cada opção testada, dando, desta forma, uma ótica económica ao trabalho. A informação deste banco de preços constitui mais um argumento na tomada decisão final.

2.5. HAP - Hourly Analysis Program

O *Hourly Analysis Program* é um *software* criado pela *Carrier* que pré-dimensiona sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) em conformidade com o edifício introduzido e com o clima da sua localização. Aliada às ferramentas de *design*, o programa é também capaz de simular a performance energética anual do edifício face ao sistema AVAC escolhido [16].

A Figura 2.1 mostra a filosofia organizacional deste programa. Em termos muito genéricos, a introdução de dados no HAP começa com a definição das características gerais do edifício. Cada espaço (*Spaces*) é relacionado com os elementos construtivos da sua envolvente (*Elements*) e com os ganhos térmicos internos de cada espaço. Tais como a densidade, eficiência e perfil de funcionamento da iluminação e dos equipamentos não-AVAC; o número de ocupantes, o seu nível de atividade e respetivo perfil de ocupação; e outras fontes de calor. Por conseguinte, agrupam-se os espaços que partilhem o mesmo sistema de AVAC e definem-se então as zonas (*Zones*). Posteriormente, designam-se os sistemas que fornecem aquecimento, arrefecimento e ventilação do ar (*Air systems*) às várias zonas. Por fim, são concatenados a esses sistemas, os equipamentos de produção de calor, frio e AQS (*Plant equipment*) que os alimentam. Concluída a introdução de dados, o estudo do comportamento energético do edifício por via de simulações dinâmicas é levado a cabo pela função *Building*.

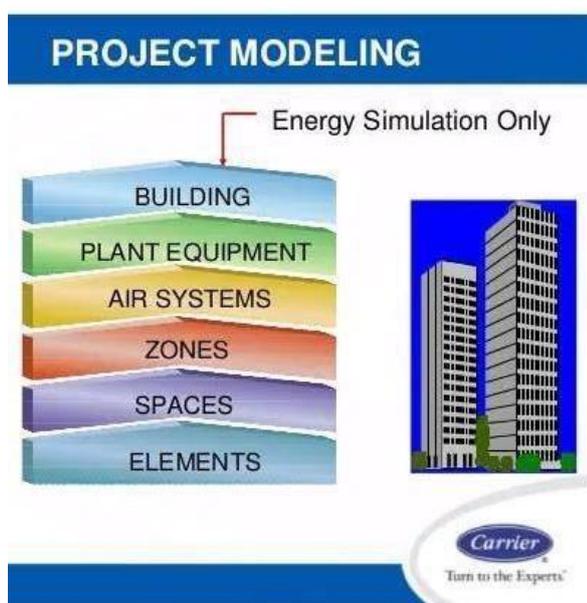


Figura 2.1. Esquema das etapas de criação de um projeto no HAP [16].

O utilizador tem ao seu dispor uma análise energética em cada hora do ano e para o ano todo, que lhe permite comparar alternativas de sistemas técnicos e fontes de produção a ponderar para o projeto. Por via de simulações, o HAP fornece os consumos e custos de energia inerentes a cada solução. Da mesma forma, é possível equiparar inúmeras opções de envidraçados e de isolamento térmico da componente opaca, com vista a determinar as soluções que apresentam consumos menores.

Após o levantamento dimensional do edifício, é necessário elaborar a simulação dinâmica, constituída por duas etapas, a fim da determinação da potência dos equipamentos de climatização. A simulação real serve para calcular as cargas térmicas presentes, através da seleção do local e clima que orlam o edifício, a criação dos compartimentos com os referentes perfis de funcionamento e tipologia de cada espaço. Ainda nesta primeira etapa, a definição dos sistemas AVAC previstos e os espaços são associados aos respetivos sistemas, tal como é apresentada na Figura 2.2. Deste modo, é possível gerar o relatório das cargas térmicas globais dos espaços agregados a cada sistema técnico. Identificadas as potências máximas de aquecimento e de arrefecimento dos espaços é, igualmente essencial, a obtenção dos consumos energéticos do edifício, para tal recorre-se à simulação nominal. A presente etapa é responsável por integrar os sistemas às fontes produtoras devidas, com exceção de ventiladores que não tratam o ar termicamente. Ao simular nominalmente o projeto, são discriminados os valores de consumo anual de energia, o qual pode ser utilizado para determinar o Indicador de Eficiência Energética (IEE), que, por sua vez, define a classe energética do edifício e serve para verificar a sua conformidade com os regulamentos do SCE.

Projeto energeticamente eficiente das zonas de receção, restauração, bar e apoio ao pessoal de um Aparthotel

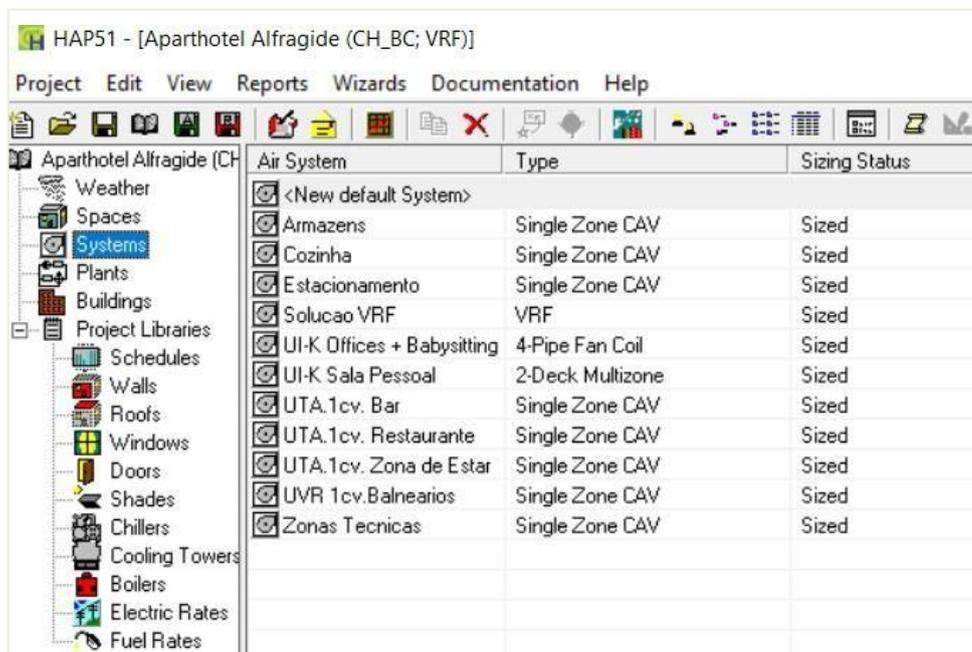


Figura 2.2. Separador do HAP para a definição dos sistemas de AVAC de um projeto.

3. CASO DE ESTUDO

O prelúdio de qualquer simulação dinâmica do comportamento térmico e energético de um edifício baseia-se na inserção de todos os dados que permitem a completa visualização computacional do mesmo. Dados climáticos tendo em conta a localização e a orientação, a definição dos vários espaços, densidades elétricas e perfis de utilização associados, espaços complementares e a ventilação a considerar.

O correto levantamento do edifício representa uma absoluta necessidade a fim de obter resultados finais realistas. Os sistemas técnicos preconizados terão também espaço de referência neste capítulo para que seja possível mais tarde, comparar os valores de consumo com as soluções alternativas.

3.1. Clima

O Aparthotel em apreço é um edifício em fase de projeto, a implantar a uma altitude de 146 metros (referência *Google Earth*) na freguesia de Alfragide, concelho de Amadora. Como tal, é necessário conhecer a informação climática desta localização.

Com base no tratamento estatístico das variáveis relacionadas com o clima, o Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios (SCE) atribui a cada concelho de Portugal uma classificação em termos das características do seu clima no inverno (estação de aquecimento) e do seu clima no verão (estação de arrefecimento) [17].

Para o inverno, a escala atribui I1 aos municípios com invernos suaves, I2 aos moderados e I3 aos mais intensos. O mesmo acontece para o verão, com as classes V1, V2 e V3, representando V1 um verão suave, V2 um verão moderado e V3 um verão intenso.

Atualmente a atribuição dos indicadores climáticos a uma localização é efetuada recorrendo ao Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 [17], no qual a atribuição do indicador climático de verão é feita com base na temperatura exterior média da estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$) e a atribuição do indicador climático de inverno é feita através do número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento (GD). A determinação dos valores específicos de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$) e de GD é efetuada a partir dos correspondentes valores de referência para o concelho em questão

e da diferença entre a altitude do local e a altitude de referência desse concelho. Tendo em consideração o concelho (Amadora) e a altitude do local (146 m) obteve-se, para a localização do edifício, uma classificação climática I1 (inverno suave) e V2 (verão moderado).

Ao serem reconhecidas as zonas climáticas para ambas as estações, é possível determinar os valores de coeficiente de transmissão térmica (U) máximos admissíveis para a envolvente em contacto com o exterior ou com espaços complementares com valores de b_{tr} acima de 0.7. A Tabela I.11 da Portaria 17-A/2016 [18], faz referência aos valores de U máximos em edifícios de serviços na zona I1. Os limites para elementos opacos verticais, horizontais e vãos envidraçados são respetivamente 0.70, 0.50 e 4.30 W/(m². K).

O fator solar global vai também ser limitado para a zona de verão definida (V2) e segundo a Tabela I.12 da Portaria 17-A/2016 [18], o seu valor não deve ultrapassar 0.56 em nenhuma solução envidraçada.

Para gerar o ficheiro climático relativo a esta localização recorreu-se à folha de cálculo em Excel SCE.CLIMA [19]. Este *software* gera ficheiros climáticos conforme o SCE e consoante a altitude do edifício, de forma a explicitar as estatísticas climatológicas do local [17]. Com auxílio desta ferramenta a caracterização climática da área no *software* HAP está assegurada, por meio do ficheiro gerado. A Figura 3.1 apresenta as opções a tomar na folha de cálculo SCE.CLIMA para gerar o ficheiro climático para um local específico do município da Amadora.

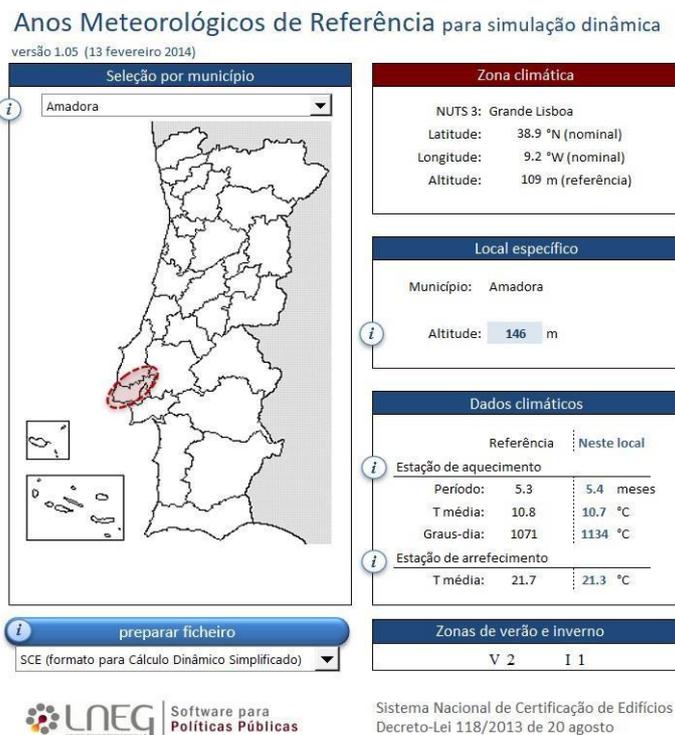


Figura 3.1. Interface do programa “SCE.CLIMA”.

3.2. Edifício

O Aparthotel em questão, representado na Figura 3.2, é um edifício novo constituído por 19 pisos com a entrada orientada para oeste e localizado a uma altitude de 146 metros (referência *Google Earth*), na freguesia de Alfragide, concelho de Amadora.



Figura 3.2. Alçado Sul do Aparthotel a construir em Alfragide.

Na Tabela 3.1 é possível verificar os espaços dedicados a cada piso. A Figura 3.3 representa a planta da maioria dos andares de habitação e mostra ainda como são compostos os apartamentos, entre os pisos 1 e 12. Estas frações estão abrangidas pelo REH e têm um pé-direito de 2.60 m. Embora o número de quartos dependa da tipologia, qualquer apartamento terá também uma cozinha, uma sala e pelo menos uma instalação sanitária.

A componente da edificação enquadrada no regulamento de comércio e serviços (RECS) engloba os pisos -2, -1 e 0, com 3.70 m de pé-direito, valor que coincide com a altura dos envidraçados no piso 0. A Figura 3.4 mostra o rés-do-chão, onde se situam as zonas de restauração e receção. Por sua vez, a Figura 3.5 ilustra o piso -1, que acolhe as salas de *coworking*, balneários, zona de apoio ao pessoal, cozinha e respetivos anexos. Está ainda previsto que os dispositivos de produção de energia sejam instalados na zona do estacionamento do referido andar.

Tabela 3.1. Enumeração dos espaços existentes em cada piso.

| | |
|--------------------------|---|
| Pisos -5 a -3 | Estacionamentos, áreas técnicas, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Piso -2 | Zona de Spa, piscinas, balneários, estacionamentos, áreas técnicas, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Piso -1 | Zona de Spa, bar, instalações sanitárias, balneários, lavandaria zonas de <i>coworking</i> , sala de pessoal, zona de cozinha e espaços de apoio, estacionamentos, áreas técnicas, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Piso 0 | Centro de estética, gabinetes, escritórios, salas de reunião, receção, zonas de estar, restaurante, bar, espaço infantil, instalações sanitárias, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Pisos 1 a 11 | Apartamentos de tipologia T0, T1, T2 e T3, espaços de apoio, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Piso 12 | Apartamentos de tipologia T0, T1, T2 e T3, espaços de apoio, piscina exterior, instalações sanitárias, arrumos, zonas técnicas, circulações, antecâmaras, escadas e elevadores |
| Coberturas (Piso 8 a 13) | Zonas técnicas |



Figura 3.3. Planta exemplar dos pisos de habitação do Aparthotel.

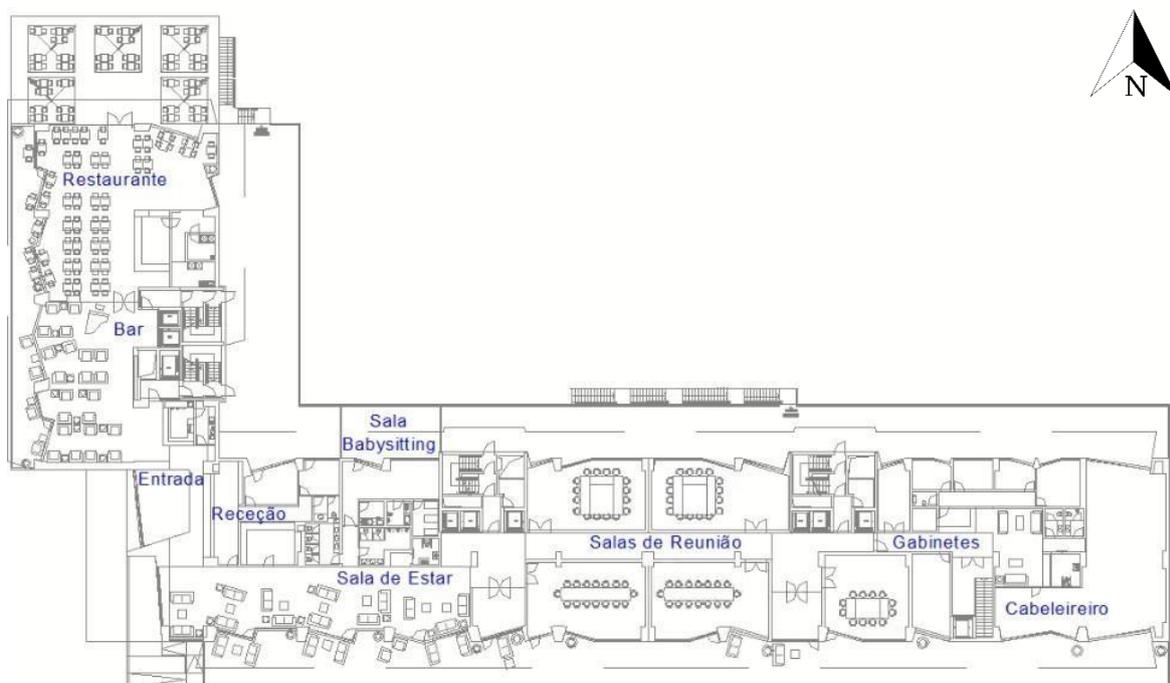


Figura 3.4. Planta do piso 0 do Aparthotel.

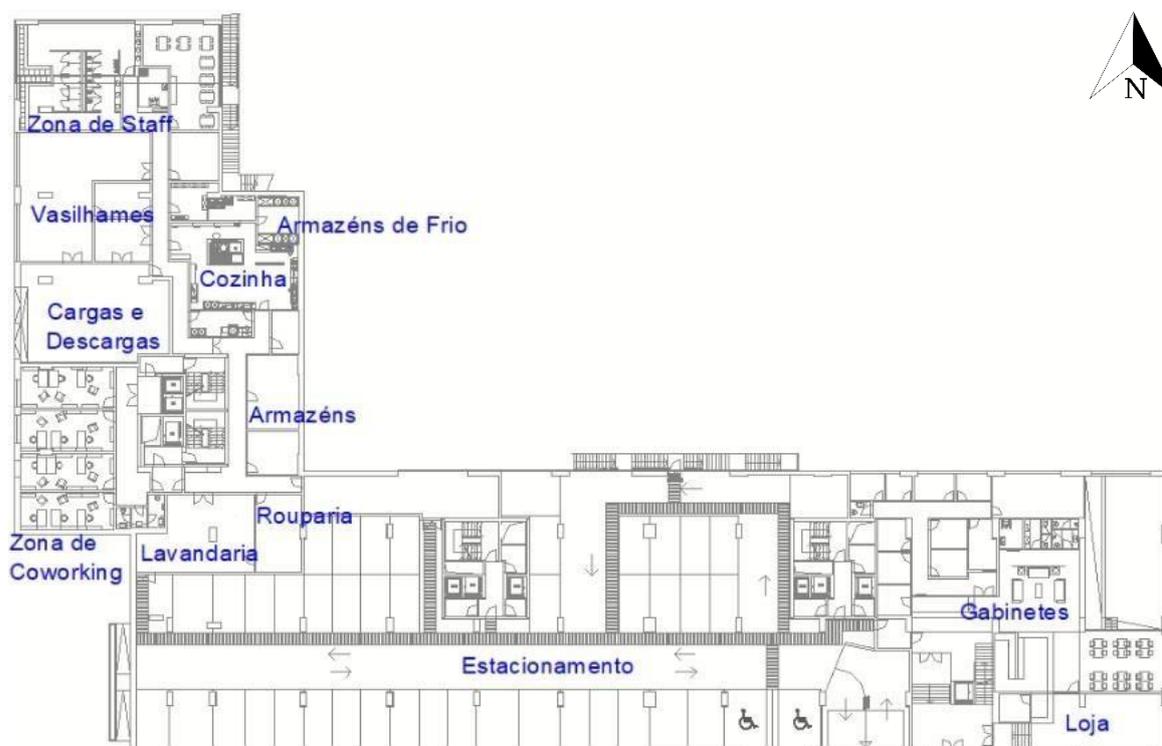


Figura 3.5. Planta do piso -1 do Aparthotel.

Pretende-se que o edifício no seu todo, cumpra com os requisitos de conforto estipulados nos Regulamentos do Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios (SCE) [20]:

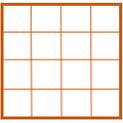
- Temperatura do ambiente interior de 20 °C, na estação de aquecimento;
- Temperatura do ambiente interior de 25 °C, na estação de arrefecimento;
- Humidade relativa de 50%, na estação de arrefecimento;
- Taxa mínima de renovação de ar 0.6 renovações por hora.

3.3. Zonas Térmicas em Estudo

No presente caso de estudo analisar-se-ão apenas a zona de receção, o restaurante e o bar no piso 0, assim como a zona de apoio ao pessoal (zona do staff) localizada no piso -1. Todas estas “zonas térmicas” são formadas por mais do que um espaço.

Visando definir os elementos construtivos (paredes, coberturas e pavimentos) responsáveis por separar os espaços interiores climatizados de espaços complementares, do exterior e do solo [20], procedeu-se à marcação da envolvente das zonas térmicas anteriormente especificadas com recurso à notação presente na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Legenda para a marcação da envolvente de cada “zona térmica” (espaço climatizado).

| | |
|---|--|
|  | Pavimento Interior (de separação de espaços não climatizados) |
|  | Cobertura Interior (de separação de espaços não climatizados) |
|  | Envolvente Interior (de separação de espaços não climatizados) |
|  | Envolvente Exterior (de separação com o exterior) |
|  | Envolvente de separação com espaços climatizados |
| EC | Espaço Complementar (espaço não climatizado) |
| Env. | Vão Envidraçado |

As densidades elétricas do aparthotel, em particular dos equipamentos elétricos e da iluminação, serão previstas através da consulta de catálogos de equipamentos e tabelas que impõem limitações à intensidade luminosa para cada espaço.

Os equipamentos elétricos não previstos diretamente nas zonas, mas que porém, estão inerentes no consumo elétrico do edifício foram descritos no separador “*Misc. Energy*” existente na opção “*Buildings*” do *software* HAP. Exemplo disso são os ventiladores de ar novo e de extração, e os elevadores que estão presentes em quase todas as zonas. Na Figura 3.6 apresenta-se a contabilização deste tipo de dispositivos, com um pico de uso e um perfil de funcionamento associado a cada equipamento.

| Plants | | Systems | | Misc. Energy | | Meters | |
|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------|-------------------|--|--------|--|
| Name | Process Load | Energy or Fuel Type | Peak Use | Schedule | | | |
| Ventiladores de Extracao | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 0.3 kW | Perfil VEX | | Edit | |
| Elevador 6P (Bar) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.3 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Elevador 8P (Bar) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.8 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Elevador 6P (Bar) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.3 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Elevador 6P (Lounge) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.3 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Elevador 8P (Lounge) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.8 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Elevador 8P (Lounge) | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 1.8 kW | Perfil Elevador | | Edit | |
| Iluminacao Exterior | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 3.4 kW | Illumin. Exterior | | Edit | |
| Ventiladores de Ar Novo | <input checked="" type="checkbox"/> | Electric | 0.3 kW | Perfil VEX | | Edit | |

Figura 3.6. Separador *Misc. Energy* do programa HAP.

3.3.1. Zona associada ao restaurante

A zona do restaurante inclui, para além da sala principal, uma área de *buffet self-service*, um espaço de circulação e duas copas (suja e limpa). A sua envolvente inclui 9 envidraçados situados a norte, este e oeste, que dão acesso a uma esplanada que se estende ao longo do restaurante, tal como mostra a Figura 3.7.

O restaurante tem 206 m² de área de pavimento e um pé-direito de 3.70 m e os seus vãos envidraçados têm larguras compreendidas entre 0.40 m e 7.40 m. Destina-se a servir as 3 refeições do dia. A comida vem da cozinha (localizada no piso -1) para a copa limpa através de elevadores dedicados, a partir da qual é distribuída às mesas. Concluída a refeição, a louça utilizada é encaminhada para a copa suja onde é lavada, voltando parte para a cozinha (através de elevadores dedicados), sendo a restante transferida para a copa limpa.

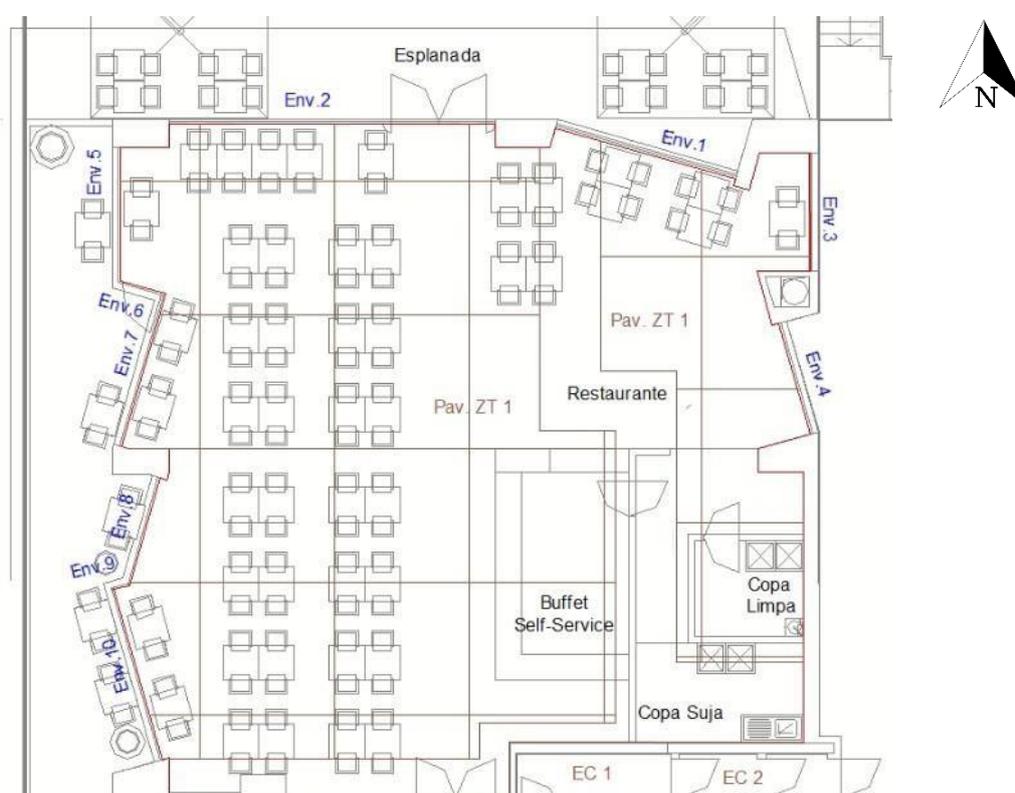


Figura 3.7. Marcação da envolvente da zona do restaurante.

Os espaços complementares não climatizados em contacto com o restaurante devem ser tidos em consideração, contabilizando os seus coeficientes de redução de perdas (b_{tr}). Desta forma é possível determinar se a temperatura do espaço complementar é mais próxima da temperatura do exterior ou do espaço climatizado [12]. Dado que o aparthotel ainda se encontra em fase de projeto, não é possível avaliar a relação de temperaturas dos

espaços. O b_{tr} é, por isso, conseguido atendendo à relação entre a área do elemento que separa o espaço útil do espaço complementar (A_i) e a área de separação entre o espaço complementar e o exterior (A_u). Bem como averiguar se o espaço em questão tem ventilação forte ou fraca, por outras palavras, se possui, ou não, aberturas para a renovação de ar [12].

Por cima da zona térmica, encontram-se espaços habitacionais, localizados no primeiro andar. Enquanto que por baixo existem armazéns, vasilhames, cozinha e um corredor que é considerado climatizado por não possuir uma barreira física de separação de espaços climatizados. A zona associada ao restaurante partilha também paredes com uma antecâmara e a coluna de escadas dos hóspedes.

Através da folha “Levantamento_RECS” é possível efetuar os cálculos de determinação dos referidos coeficientes automaticamente, tal como é indicado na Tabela 3.3:

Tabela 3.3. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona associada ao restaurante.

| Referência | Espaço | Piso | Edifício | Volume | Ai | Au | Ai/Au | Forte/ Fraca | btr |
|------------|---|------|----------|--------|-----------|----------|-------|-----------------|-----|
| | | | | [m3] | [m2] | [m2] | | | |
| 1 | 0.09 Antecâmara 1 | 0 | 0 | 17.9 | 24.9935 | 0 | 5.00 | Forte | 0.5 |
| 2 | 0.10 Escadas | 0 | 0 | 642.8 | 13.2 | 17.686 | 0.74 | Fraca | 0.9 |
| 16 | -1.59 Cozinha | -1 | 0 | 298.2 | 64.60715 | 68.90877 | 0.94 | Forte | 1 |
| 17 | -1.60 Copa Suja | -1 | 0 | 51.0 | 28.2949 | 5.8035 | 4.88 | Forte | 0.8 |
| 22 | -1.65 Lixos | -1 | 0 | 77.7 | 34.9375 | 0 | 5.00 | Forte | 1 |
| 24 | -1.67 Estacionamento cargas e descargas | -1 | 0 | 454.5 | 169.33672 | 57.8331 | 2.93 | Fraca | 0.8 |

A ocupação máxima foi estimada em 105 pessoas, atendendo ao número de mesas dispostas pela sala de refeições, aos hóspedes na zona de buffet, à presença de empregados de mesa e de funcionários nas copas.

Os restaurantes de hotéis, usualmente, começam a ser ocupados para o pequeno-almoço a partir das 7h até às 10h da manhã. Às 11h prepara-se o espaço para o almoço, que decorrerá do meio-dia até às 15h. Volta a estar ativo 4 horas depois para o jantar, que se prolonga até à meia-noite. A Figura 3.8 mostra a percentagem ocupacional considerada para o restaurante em época alta.

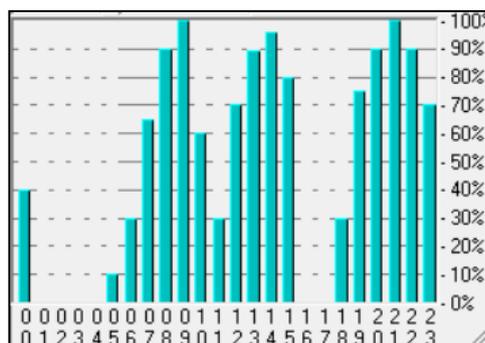


Figura 3.8. HAP: Perfil de ocupação da zona do restaurante.

A densidade luminosa foi apoiada pela tabela do documento “Iluminação LED para interiores” da *Premium Light Pro* presente no APÊNDICE A, que dá o consumo máximo de energia em W/m^2 para sistemas de iluminação novos no setor público e privado [21]. O tipo de lâmpada previsto é do tipo *light-emitting diode* (LED) e para a tipologia deste espaço, não devem ser ultrapassados os $4.9 W/m^2$. Considerou-se ainda que as luzes estão ligadas entre as 6h até às 2h da manhã. Assim sendo, na folha “Levantamento_RECS” serão contabilizadas o total de lâmpadas a usar como mostra a Tabela 3.4, em conformidade com o documento da *Premium Light Pro*.

Tabela 3.4. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Densidade luminosa e quantidades de lâmpadas na zona do restaurante.

| Tipo de lâmpada | | LED | LED | LED | LED |
|------------------------------|------|------|-----|-------|--------|
| Potência | W | 21 | 11 | 18.5 | 9.7 |
| Quantidade lâmpadas/armadura | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Potência | W | 21 | 11 | 18.5 | 9.7 |
| Fluxo | Lm | | | | |
| Eficácia | Lm/W | | | | |
| Eficácia | Lm/W | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Eficácia | Lm/W | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Quantida | - | 363 | 67 | 41 | 268 |
| Potência | W | 7623 | 737 | 758.5 | 2599.6 |

| ZONA | Designação HAP | Pi so | Tipo de espaço | Área | Quantidades | | | | Potência total | DPI |
|------|--------------------------|-------|----------------|-------|-------------|---|--|--|----------------|------|
| | | | | m2 | | | | | W | W/m2 |
| 1 | 0.01 Restaurante | 0 | Útil | 172.5 | 40 | | | | 840 | 4.9 |
| 1 | 0.02 Buffet Self-Service | 0 | Útil | 9.9 | | 4 | | | 44 | 4.4 |
| 1 | 0.03 Circulação | 0 | Útil | 9.7 | | 3 | | | 33 | 3.4 |

Os equipamentos presentes nesta zona são 3 televisões, um computador e um monitor na zona das mesas, torradeira, frigorífico, máquinas de café, de aquecimento de leite e de fabrico de gelo na zona de *buffet* e máquina de lavar louça na copa suja. Visto que este restaurante não inclui os espaços relativos à cozinha, a densidade elétrica é de $23 W/m^2$ e resultou de uma média ponderada feita entre os vários espaços. O perfil indicado na Figura 3.9. foi criado a contar com uma utilização mais acentuada à hora do pequeno-almoço devido

ao facto dos equipamentos da área do *self-service* serem maioritariamente dedicados a essa refeição. O frigorífico é o único dispositivo que fica ligado durante as horas de desocupação.

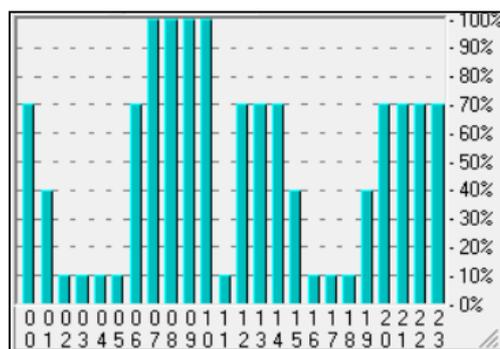


Figura 3.9. HAP: Perfil de utilização dos equipamentos elétricos na zona do restaurante.

O caudal de renovação de ar da zona de restauração foi obtido recorrendo à folha de cálculo “Levantamento_RECS” (ver Tabela 3.5), a qual determina o caudal de ar novo através do método prescritivo especificado na Portaria n.º 138-I/2021 [12]. Assumiu-se que a atividade de uma sala de refeições é do tipo sedentária.

Pressupõe-se que o funcionamento da ventilação desta zona começa a partir das 7h da manhã e cessa às 24h. Projetou-se que a insuflação, extração e retorno de ar sejam feitas pelo teto e que o ar quente esteja pelo menos 8 °C acima da temperatura do local. Serve isto para dizer que a eficácia da ventilação será de 80% [20].

Tabela 3.5. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de insuflação para a zona do restaurante.

| Designação HAP | Piso | Edifício | Tipo Actividade | | Área [m ²] | Ocupação [pessoas] | Caudais Mínimos | | Eficácia [%] | Caudal Solução [m ³ /h] |
|--------------------------|------|----------|--------------------|------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | | | | | | [m ³ /h.ocup] | [m ³ /h.m ²] | | |
| 0.01 Restaurante | 0 | 0 | Salas de refeições | Sedentária | 172,5 | 100 | 24 | 3 | 0,8 | 2 999,9 |
| 0.02 Buffet Self-Service | 0 | 0 | Salas de refeições | Sedentária | 9,9 | 5 | 24 | 3 | 0,8 | 150,1 |

Nas copas existentes pretende-se que haja extração de ar e como tal considerou-se uma renovação de ar por hora (*RPH*) de 4, resultando numa extração de 80 m³/h para a copa limpa e em 130 m³/h para a copa suja, dado o maior volume desta última.

3.3.2. Zona associada ao bar

A zona associada ao bar tem uma área útil de pavimento de 150 m² e um pé-direito de 3.70 m, e é composta por um balcão, uma copa e a zona destinada aos clientes. É separada do restaurante a norte por uma parede interior e duas portas. A envolvente no lado oeste é predominantemente formada por envidraçados com larguras compreendidas entre 1 e 4 metros, com acesso ao exterior e orientados a oeste-noroeste e oeste-sudoeste.

A marcação da envolvente da Figura 3.10 revela que esta zona térmica partilha paredes interiores com antecâmaras, escadas, elevadores e zonas técnicas, que são considerados espaços complementares não climatizados. Por baixo do bar fica uma zona climatizada de *coworking*, uma lavandaria e um vestíbulo de elevadores, sendo estes dois últimos considerados não climatizados e daí serem marcados na planta como tal. Apesar do piso ascendente pertencer à tipologia de habitação, existe uma antecâmara por cima do balcão e outra por cima da copa que foram também tidas em conta. Por conseguinte, os coeficientes de redução de perdas são os definidos na Tabela 3.6.

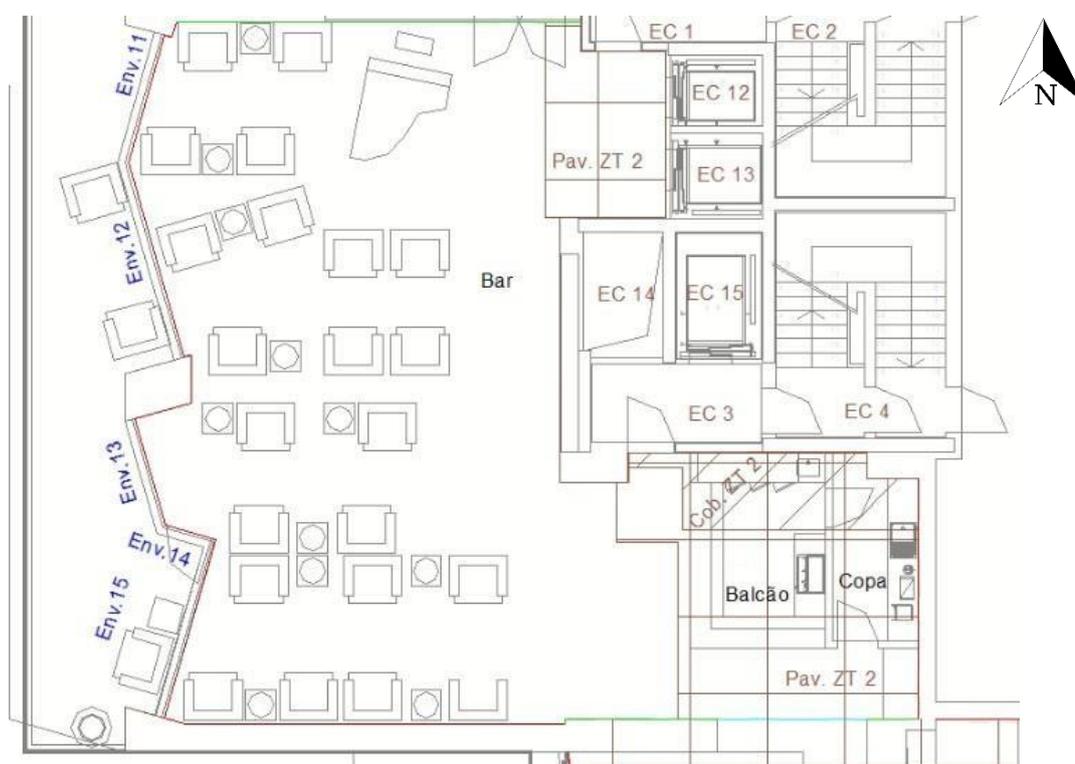


Figura 3.10. Marcação da envolvente da zona do bar.

Tabela 3.6. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona associada ao bar.

| Referência | Espaço | Piso | Edifício | Volume | Ai | Au | Ai/Au | Forte/ Fraca | btr |
|------------|--|------|----------|--------|----------|---------|-------|-----------------|-----|
| | | | | [m3] | [m2] | [m2] | | | |
| 1 | 0.09 Antecâmara 1 | 0 | 0 | 17.9 | 24.9935 | 0 | 5.00 | Forte | 0.5 |
| 3 | 0.11 Antecâmara 2 | 0 | 0 | 19.2 | 18.25284 | 0 | 5.00 | Forte | 0.5 |
| 4 | 0.12 Escadas de Serviço | 0 | 0 | 641.3 | 11.4145 | 17.686 | 0.65 | Fraca | 0.9 |
| 12 | 0.39 Elevador 6 pessoas (Zona de restauração) | 0 | 0 | 4.5 | 5.92 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 13 | 0.40 Elevador 8 pessoas (Zona de restauração) | 0 | 0 | 5.7 | 6.05394 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 14 | 0.41 Área Complementar 1 (Zona de Restauração) | 0 | 0 | 14.5 | 16.60375 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 25 | -1.68 Vestíbulos de Elevadores 1 | -1 | 0 | 28.0 | 19.7908 | 0.4812 | 41.13 | Fraca | 0.3 |
| 26 | -1.69 Lavandaria | -1 | 0 | 256.5 | 74.3378 | 25.6301 | 2.90 | Forte | 0.9 |
| 27 | -1.72 Vestíbulo de Elevadores 2 | -1 | 0 | 25.3 | 16.4646 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 28 | -1.73 Circulação | -1 | 0 | 179.6 | 6.02 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.4 |
| 32 | 1.77 Copa Suja de Piso | 1 | 0 | 11.0 | 10.767 | 3.71628 | 2.90 | Fraca | 0.4 |
| 33 | 1.78 Antecâmara Piso 1 | 1 | 0 | 25.5 | 9.694 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |

Assumiu-se, tal como clarifica a Figura 3.11, que o bar inicia funções às 13h e encerra às 3h da manhã, não obstante a esse horário, o espaço será também ocupado durante a manhã, pois os hóspedes terão de passar pelo bar de modo a chegarem ao restaurante ou para entrar e sair do hotel. Conjeturou-se ainda, pela disposição da mobília e presença de staff na copa e no balcão, que o bar tenha uma ocupação máxima de 50 pessoas.

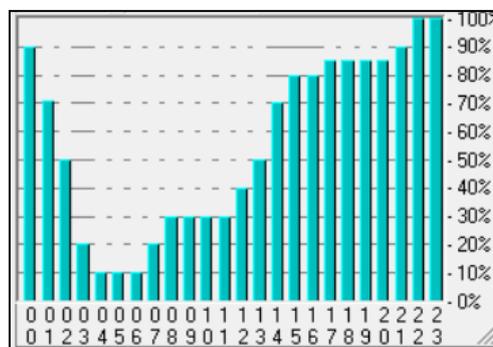


Figura 3.11. HAP: Perfil de ocupação da zona do bar.

Atendendo a que o documento “Iluminação LED para interiores” não especifica valores para a tipologia dos bares, a densidade luminosa máxima a considerar será a mesma que a do restaurante (4.9 W/m^2). Estão, por isso, projetadas 30 lâmpadas LED de 21 W para o bar, e 5 lâmpadas com uma potência 11 W para o balcão e a copa. Em consequência de ser

uma zona de acesso aos elevadores, a iluminação não pode ser totalmente desligada nas horas de inatividade, apresentando-se na Figura 3.12 o perfil de utilização considerado.

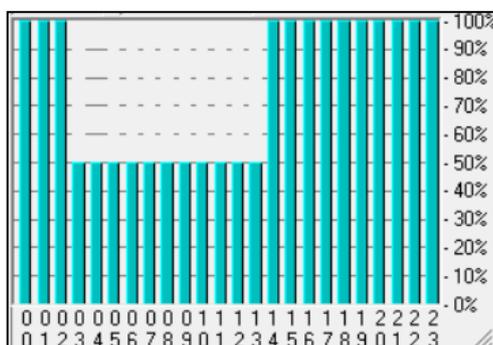


Figura 3.12. HAP: Perfil de iluminação da zona do bar.

Prevê-se para o bar, duas televisões, e uma aparelhagem sonora, por sua vez a copa terá uma máquina de lavar louça. O balcão estará equipado com micro-ondas, frigorífico, máquina de fabrico de gelo, torradeira, bancada frigorífica, máquina de café, televisão e um computador fixo. Calculando a média ponderada da densidade elétrica dos três espaços em função das respetivas áreas, o valor determinado indica 50 W/m^2 . O perfil de uso nesta zona será igual ao do restaurante (Figura 3.9), pois durante a noite é imperativo que alguns equipamentos fiquem ligados, como é o caso dos equipamentos de frio.

A ventilação desta zona funciona desde as 7h até à hora de fecho do bar, que se estabeleceu ser às 3h da manhã. O tipo de atividade associado a bares é considerado moderado e a eficácia de ventilação será de 80%. Através do método prescritivo, o caudal de ar novo a considerar é de $2190 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.3.3. Zona associada à receção

A zona associada à receção é formada pelo átrio da entrada, a receção e os respetivos anexos (*backoffices* e WC), o maleiro, a sala de *babysitting*, as instalações sanitárias, a sala de estar e a cafetaria (Figura 3.13). A sua área útil de pavimento é de 406 m^2 e tem um pé-direito igual ao das zonas anteriores (3.70 m), excluindo a fração do átrio que tem pé-direito duplo. Os envidraçados apresentam orientações a este, sul, su-sudoeste, su-sudeste, norte, nor-noroeste, nor-nordeste, possuem uma largura entre 1 e 7 m e, com exceção dos voltados a este, pertencem à envolvente da sala de estar.

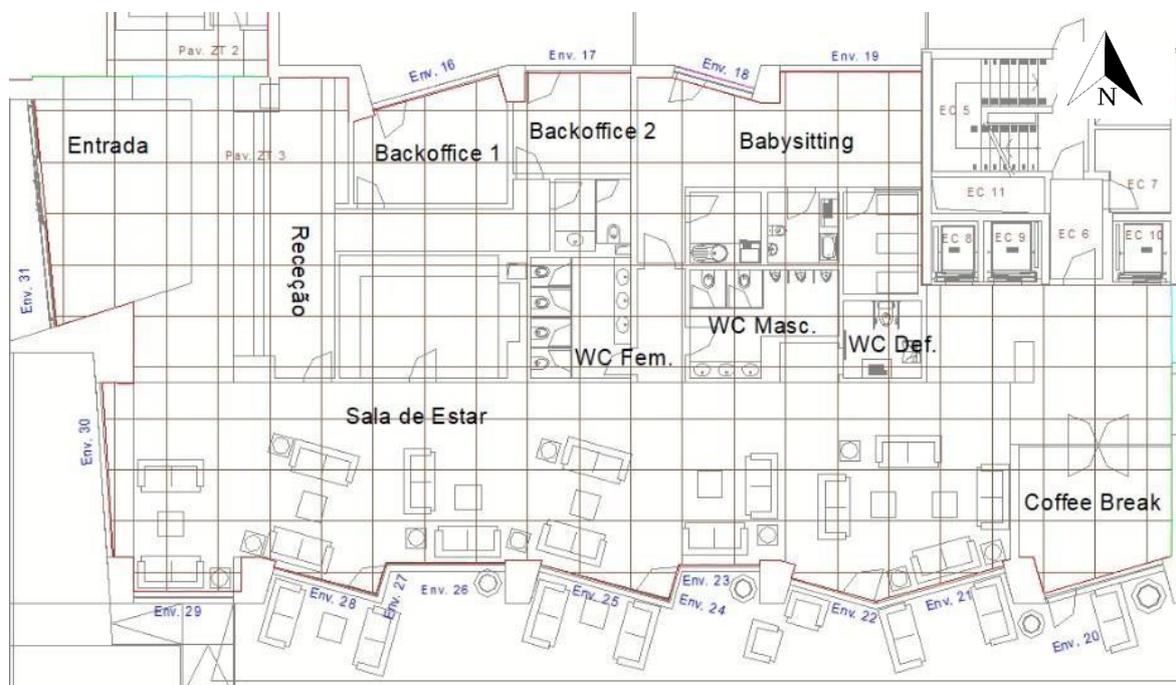


Figura 3.13. Marcação da envolvente da zona associada à receção.

A zona de *babysitting* é constituída por uma sala, um dormitório, uma copa e uma casa de banho, e confronta com 3 espaços complementares não climatizados (coluna de escadas, zona técnica e elevadores). Os *backoffices* usufruem de uma casa de banho privada, e a norte da sala de estar estão localizadas as instalações sanitárias públicas para homens, para mulheres e para deficientes. Existe ainda um vestíbulo de elevadores que, por estar aberta à zona térmica, será também considerado climatizado. Este espaço está em contacto com os elevadores e com uma antecâmara.

O piso acima, sobre a zona de estar, é totalmente climatizado, pois são áreas dedicadas a quartos. No entanto, no piso abaixo estão localizados o parque de estacionamento e a lavandaria, conforme se encontra marcado na Figura 3.13. Assim sendo, os valores dos b_{tr} para os espaços complementares (não climatizados) que confrontam com a zona associada à receção são os descritos na Tabela 3.7.

Tabela 3.7. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas dos espaços complementares que confrontam com a zona associada à receção.

| Referência | Espaço | Piso | Edifício | Volume | Ai | Au | Ai/Au | Forte/ Fraca | btr |
|------------|----------------------------|------|----------|--------|---------|-----------|-------|-----------------|-----|
| | | | | [m3] | [m2] | [m2] | | | |
| 5 | 0.30 Escadas Zona de Estar | 0 | 0 | 636.3 | 11.9695 | 18.611 | 0.64 | Fraca | 0.9 |
| 8 | 0.33 Elevador 6 pessoas | 0 | 0 | 4.5 | 13.2275 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 11 | 0.36 Área Complementar 2 | 0 | 0 | 13.4 | 4.7175 | 0 | 5.00 | Fraca | 0.3 |
| 26 | -1.69 Lavandaria | -1 | 0 | 256.5 | 74.3378 | 25.6301 | 2.90 | Forte | 0.9 |
| 30 | -1.75 Garagem | -1 | 0 | 5249.2 | 773.396 | 480.36074 | 1.61 | Fraca | 0.8 |

A zona associada à receção não tem um horário de abertura ou de encerramento, a não ser os espaços da receção e *babysitting*, pelo que foram analisados à parte. Foi, por isso, usado o perfil de ocupação presente na Figura 3.14, dado que, à semelhança do bar, a zona de estar dá acesso aos elevadores e às escadas. A receção terá sempre pelo menos uma pessoa ao balcão e durante o dia tem 3 rececionistas, porém os gabinetes anexados à receção começam a ser usados a partir das 8h e são abandonados às 19h, havendo uma pausa de almoço ao meio do dia. A sala de *babysitting* abrirá também às 8h, permanecendo em funcionamento até às 21h, tendo capacidade máxima para 10 crianças. As instalações sanitárias serão ocupadas de forma intermitente entre as 8h e as 3h da manhã.

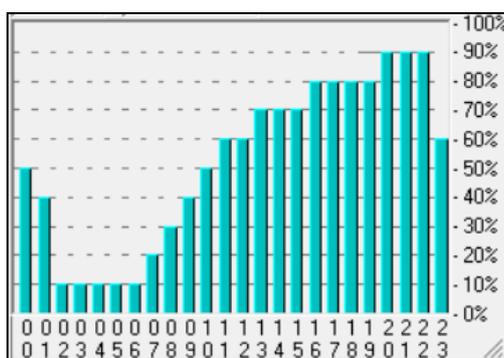


Figura 3.14. HAP: Perfil de ocupação da zona de estar.

A densidade luminosa que a Tabela 2 do documento “Iluminação LED para interiores” [21] estipula para *lobbies* é de 5.5 W/m^2 , para casas de banhos é de 8.2 W/m^2 e gabinetes individuais é de 10.3 W/m^2 . As quantidades de lâmpadas LED para cada espaço da zona associada à receção estão presentes na Tabela 3.8 e foram determinadas atendendo às restrições das respetivas densidades.

possui uma máquina de café, um dispensador de água e uma máquina de venda automática. Para as instalações sanitárias prevêm-se secadores de mãos elétricos na parte lateral dos lavatórios.

O perfil de uso de equipamentos da zona associada à receção está presente na Figura 3.16 e a densidade elétrica calculada indica 21 W/m². Teve-se especial atenção com o horário dos funcionários da receção e dos gabinetes e ao usufruto dos computadores, que ficarão em modo de suspensão quando não estão a ser utilizados.

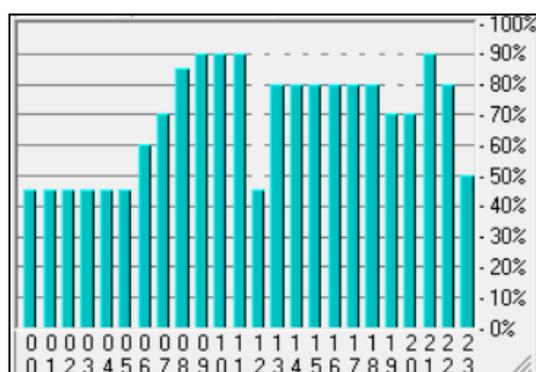


Figura 3.16. HAP: Perfil de utilização de equipamentos elétricos na zona associada à receção.

Os espaços que formam a zona associada à receção são apresentados na Tabela 3.9 onde é definido o tipo de atividade, a ocupação e eficácia de ventilação, de modo a determinar o caudal de ar novo pelo método prescritivo. Estimou-se que poderão existir nesta zona um máximo de 100 ocupantes, sendo a sua distribuição pelos vários espaços a evidenciada na Tabela 3.9.

A presente zona é constituída por uma gama de funções variada e foi, por isso, estudada a atividade mais provável a ocorrer em cada divisão. A ventilação tem uma eficácia igual à das zonas anteriores e o seu termostato está programado para funcionar a partir das 7h, pelo que os gabinetes começam a ser ocupados uma hora depois. Desligar-se-á por volta das 2h da manhã, quando todos os hóspedes já tiverem retornado aos seus quartos.

Tabela 3.9. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de insuflação para a zona associada à receção.

| Designação HAP | Piso | Edifício | Tipo Actividade | | Área | Ocupação | Caudais Mínimos | | Eficácia | Caudal Solução |
|------------------------------|------|----------|------------------|------------|-------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|----------|---------------------|
| | | | | | [m ²] | [pessoas] | [m ³ /h.ocup] | [m ³ /h.m ²] | [%] | [m ³ /h] |
| 0.13 Átrio | 0 | 0 | Salas de espera | Descanso | 26,4 | 15 | 20 | 3 | 0,8 | 375,1 |
| 0.14 Receção | 0 | 0 | Gabinets | Sedentária | 26,5 | 3 | 24 | 3 | 0,8 | 99,4 |
| 0.15 Zona de Estar | 0 | 0 | Salas de espera | Descanso | 153,6 | 30 | 20 | 3 | 0,8 | 749,9 |
| 0.16 Backoffice | 0 | 0 | Gabinets | Sedentária | 14,6 | 1 | 24 | 3 | 0,8 | 54,7 |
| 0.19 Backoffice 2 | 0 | 0 | Gabinets | Sedentária | 10,2 | 1 | 24 | 3 | 0,8 | 38,2 |
| 0.26 Sala de Babysitting | 0 | 0 | Salas de creche | Sedentária | 29,8 | 10 | 28 | 3 | 0,8 | 349,9 |
| 0.29 Dormitório | 0 | 0 | Dormitórios | Sono | 6,7 | 5 | 16 | 0 | 0,8 | 100,1 |
| 0.37 Vestibulos a Elevadores | 0 | 0 | Salas de espera | Descanso | 29,7 | 25 | 20 | 3 | 0,8 | 625,0 |
| 0.38 Coffee Break | 0 | 0 | Salas de repouso | Descanso | 17,0 | 10 | 20 | 3 | 0,8 | 249,8 |

As instalações sanitárias são sujeitas a extração de ar pelo teto, perfazendo uma eficácia de ventilação de 100%. O caudal de extração é calculado na Tabela 3.10, em função do número de sanitas e de urinóis (contabilizados no projeto de arquitetura), tipo de funcionamento e da frequência de utilização.

Tabela 3.10. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de extração para a zona associada à receção.

| ZONA | Ref. | Designação HAP | Piso | Edifício | Área | Nº urinóis/sanitas/duches | Tipo de utilização | Funcionamento | Caudais Mínimos | | Critério | Eficácia | Caudal Ref. c/ef. |
|------|------|---------------------|------|----------|-------------------|---------------------------|--------------------|---------------|---|-------------------------------------|------------|----------|-------------------|
| | | | | | [m ²] | | | | [m ³ /h.nº urinóis/sanitas/duches] | [m ³ /h.m ²] | | | |
| 3 | 1 | 0.20 IS Serv. | 0 | 0 | 4.6 | 1 | I.S._Privada | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 90 |
| 3 | 2 | 0.21 IS Fem. | 0 | 0 | 10.6 | 4 | I.S._Pública | - | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 360 |
| 3 | 3 | 0.22 IS Masc. | 0 | 0 | 11.2 | 5 | I.S._Privada | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 450 |
| 3 | 4 | 0.25 IS Def. | 0 | 0 | 5.3 | 1 | I.S._Pública | - | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 90 |
| 3 | 5 | 0.28 IS Babysitting | 0 | 0 | 4.4 | 1 | I.S._Privada | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 90 |

3.3.4. Zona de apoio ao pessoal

A zona de apoio ao pessoal (ou de staff) (ver Figura 3.17), embora pertença ao piso -1, não se encontra soterrada, tem uma área interior útil de 140 m² e um pé-direito de 4.30 m, e engloba uma sala pessoal e os balneários. Dispõe de 2 envidraçados orientados a oeste, 2 voltados a norte e mais um a este, todos com uma altura de 0.60 m e larguras a variar entre os 2.60 e os 8.30 m. Esta zona serve o propósito de oferecer aos funcionários do aparthotel um local de descanso, onde podem conviver, comer, e tomar banho no fim dos seus turnos.

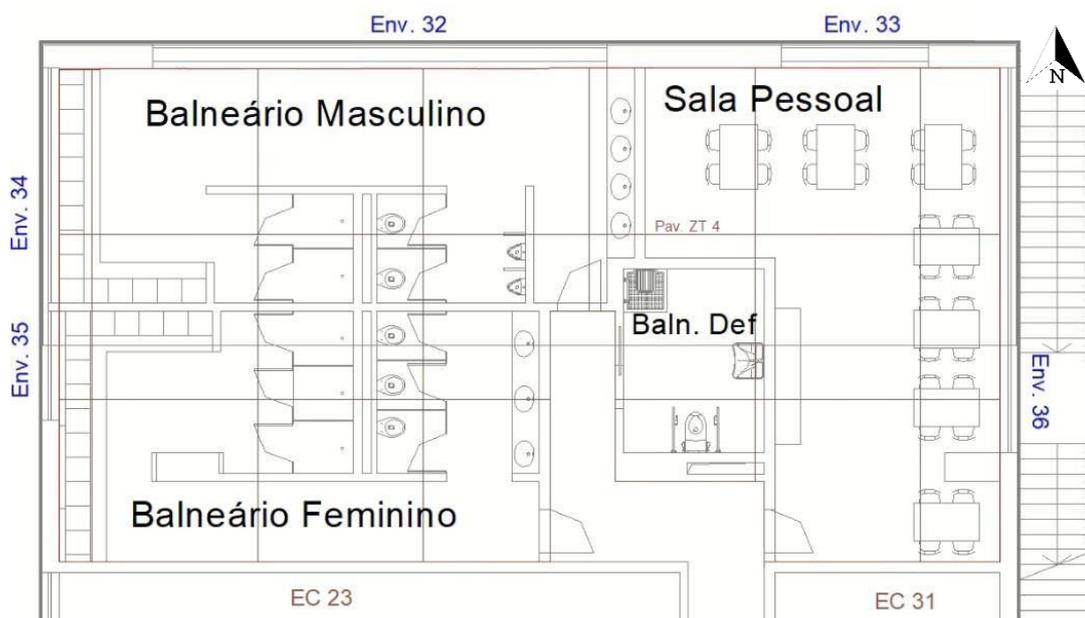


Figura 3.17. Marcação da envolvente da zona de staff.

Esta zona térmica tem paredes interiores em comum com dois armazéns fracamente ventilados. Os compartimentos abaixo (piso -2) em contacto com esta zona são também espaços complementares, tal como é descrito na Tabela 3.11 e marcado a castanho na Figura 3.17. Acima desta zona fica a esplanada do restaurante, o que significa que a cobertura desta zona térmica é exterior e horizontal.

Tabela 3.11. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Tabela de cálculo dos coeficientes de redução de perdas da zona de staff.

| Referência | Espaço | Piso | Edifício | Volume | Ai | Au | Ai/Au | Forte/ Fraca | btr |
|------------|--------------------------------|------|----------|--------|----------|-----------|-------|-----------------|-----|
| | | | | [m3] | [m2] | [m2] | | | |
| 23 | -1.66 Armazém de Abastecimento | -1 | 0 | 403.4 | 89.4657 | 119.65023 | 0.75 | Fraca | 0.9 |
| 31 | -1.76 Armazém | -1 | 0 | 74.9 | 35.89855 | 35.5627 | 1.01 | Fraca | 0.7 |
| 34 | -2.79 Posto de Transformação | -2 | 0 | 212.7 | 49.02 | 61.3893 | 0.80 | Fraca | 0.9 |
| 35 | -2.80 Grupo Gerador | -2 | 0 | 206.6 | 35.6151 | 30.5102 | 1.17 | Fraca | 0.8 |

O perfil de ocupação presente na Figura 3.18, foi delineado com base nas pausas feitas pelos funcionários para refeições e em 3 turnos diários segundo o *site* da “Hospedin” na secção “Departamentos e funções de um hotel” [22] o qual define a seguinte escala:

- 1º turno: das 7h às 15h;
- 2º turno: das 15h às 23h;
- 3º turno: das 23h às 07h.

A sala pessoal tem uma capacidade máxima para 30 pessoas, enquanto cada balneário servirá, sensivelmente, para 10 ocupantes em simultâneo, dado o número de chuveiros, sanitas e lavatórios presentes.

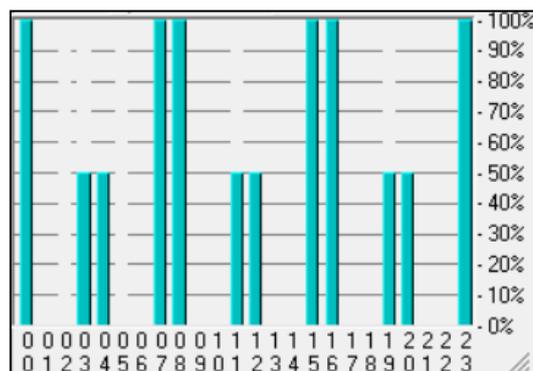


Figura 3.18. HAP: Perfil de ocupação da zona de staff.

O perfil de iluminação, apresentado na Figura 3.19, foi estipulado em função da ocupação, por outras palavras, as luzes só serão ligadas quando a zona de apoio ao staff estiver a ser ocupada. Quanto à densidade luminosa, uma vez mais consultou-se o documento *Premium Light Pro* [21], o qual limita o uso de densidades acima dos 4.7 W/m^2 para os balneários e 2.9 W/m^2 para a sala de apoio ao pessoal (tomada como sendo uma cafetaria).

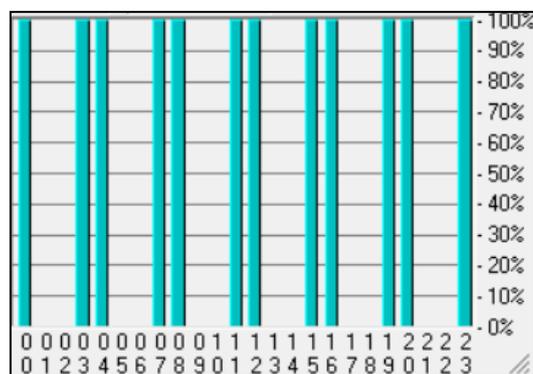


Figura 3.19. HAP: Perfil de iluminação da zona de staff.

A sala de apoio ao pessoal terá à disposição dos funcionários micro-ondas, frigorífico, máquina de café e uma televisão. Nos balneários haverá um secador de cabelo em cada ala dos lavatórios. A média perfaz um valor de densidade elétrica de 63 W/m^2 .

O perfil desenhado para os equipamentos elétricos desta zona tem em atenção o frigorífico que fica ligado durante todo o dia e foi também considerado que durante as pausas, só os utensílios da sala do pessoal estarão a ser usados. No fim dos turnos, além dos eletrodomésticos da sala, também os secadores de cabelo dos balneários vão estar a ser utilizados e por isso ocorre o pico nessas horas, tal como se mostra a Figura 3.20.

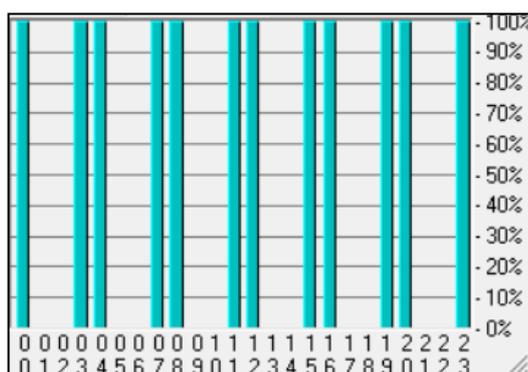


Figura 3.20. HAP: Perfil de utilização de equipamentos elétricos na zona de apoio ao pessoal.

O caudal de ar novo projetado para esta zona apenas servirá para a sala do pessoal, sendo os balneários sujeitos somente a extração de ar (ventilação por transferência de ar). A extração de ar será feita pelo teto das instalações sanitárias, com uma eficácia de 100% e com um funcionamento descontínuo. O número de urinóis, de sanitas e de duches foi contabilizado na Tabela 3.12 a fim de determinar o caudal de extração a estabelecer, o qual totaliza 1 260 m³/h.

Assumiu-se que o tipo de atividade na sala será de descanso e que a eficácia de ventilação será de 80% [20]. Assim, para os 30 ocupantes do espaço resulta um caudal mínimo de ar novo de 750.0 m³/h. Face ao tipo de ventilação preconizado para esta zona térmica, e para que as instalações sanitárias funcionem em ligeira depressão, serão insuflados 1 100 m³/h de ar novo na sala de repouso.

Tabela 3.12. Folha de cálculo “Levantamento_RECS”: Determinação dos caudais de extração para a zona de staff.

| Designação HAP | Piso | Edifício | Área [m ²] | Nº urinóis/sanita s/duches | Tipo de utilização | Funcionament o | Caudais Mínimos | | Critério | Eficácia [%] | Caudal Ref. c/ef. [m ³ /h] |
|-----------------------|------|----------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------|---|-------------------------------------|------------|-----------------|---|
| | | | | | | | [m ³ /h.nº urinóis/ sanitas/duches] | [m ³ /h.m ²] | | | |
| -1.55 Balneário Fem. | -1 | 0 | 38.0 | 6 | Balneários | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 540 |
| -1.56 Balneário Masc. | -1 | 0 | 44.7 | 6 | Balneários | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 540 |
| -1.57 Balneário Def. | -1 | 0 | 8.8 | 2 | Balneários | Não contínuo | 90 | 10 | Nº urinóis | 1 | 180 |

3.4. Soluções Construtivas Opacas

Neste subcapítulo descrever-se-ão as soluções testadas para a componente opaca do edifício. As paredes exteriores, pavimentos e coberturas a considerar são iguais nas quatro zonas térmicas em análise, porém só foram elaboradas medidas de melhoria nas paredes, dada a extensão excessiva que implicaria testar todos os elementos.

Com recurso à Folha de Cálculo “CalProTerm” foi possível extrair as características da envolvente ensaiada, mais propriamente os valores dos coeficientes de transmissão térmica (U), resistência térmica total (R) e da massa superficial útil (M_{si}).

Na Tabela 3.13 estão dispostas as informações quanto à constituição e propriedades térmicas dos elementos da envolvente interior (de separação de espaços não climatizados) e da cobertura exterior. A composição de cada solução apresentada é escrutinada do interior para o exterior e à frente de cada constituinte está o valor da respetiva espessura em milímetros. As resistências térmicas superficiais do interior e exterior (R_{si} e R_{se}) são também indicadas, dada a influência que o sentido de fluxo causa no coeficiente de transmissão térmica (U).

Tabela 3.13. Descrição (do interior para o exterior) dos elementos construtivos da envolvente opaca.

| Elemento | Composição | Espessura [mm] | U [W/m ² . K] | M_{si} [kg/m ²] | R [m ² . K/W] |
|--|---|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Parede Interior $R_{si} = 0.13$ (m ² . K/W) $R_{se} = 0.13$ (m ² . K/W) | Gesso cartonado (20); Lã de rocha (15); Caixa de ar (10); Tijolo (150); Argamassa de Acabamento (10) | 220 | 1.47 | 160.2 | 0.68 |
| Cobertura Interior $R_{si} = 0.10$ (m ² . K/W) $R_{se} = 0.10$ (m ² . K/W) | Revestimento interior (10); Betonilha de regularização (30); Laje de betão (300); Reboco (150) | 490 | 2.00 | 729.3 | 0.50 |
| Cobertura Exterior $R_{si} = 0.10$ (m ² . K/W) $R_{se} = 0.04$ (m ² . K/W) | Terra vegetal (250); Tela impermeabilizante (desprezável); Isolamento XPS (80); Camada de forma (50); Laje de betão (300); Estuque (20) | 700 | 0.50 | 578.6 | 2.63 |
| Pavimento Interior $R_{si} = 0.17$ (m ² . K/W) $R_{se} = 0.17$ (m ² . K/W) | Revestimento interior (10); Betonilha de regularização (30); Laje de betão (300); Reboco (150) | 490 | 1.56 | 729.3 | 0.64 |

Foram testados três tipos de isolamento térmico, poliestireno extrudido, moldado (XPS e EPS) e lã de rocha (MW) com espessuras compreendidas entre 0 e 120 mm. As paredes exteriores experimentadas foram paredes simples com isolamento pelo interior, pelo exterior (com e sem fachada ventilada) e ainda paredes duplas com isolamento térmico no espaço de ar.

A Tabela 3.14 apresenta a constituição das opções consideradas no estudo de otimização da componente opaca. Estão também presentes os valores de espessura que as soluções descritas adquirem em função do aumento gradual de isolamento térmico até ao valor máximo de 120 mm.

Tabela 3.14. Descrição (do interior para o exterior) dos quatro tipos de paredes exteriores testadas.

| Parede Exterior | Composição | Espessura [mm] |
|--|---|----------------|
| Isolamento pelo interior | Gesso cartonado (20); Isolamento; Tijolo (220); Reboco (20) | 260 - 380 |
| Isolamento em parede dupla (na caixa de ar) | Gesso Cartonado (20); Tijolo (110); Isolamento; Caixa de ar (80); Tijolo furado (110); Reboco (20) | 340 - 380 |
| Isolamento pelo exterior (sem fachada ventilada) | Reboco (20); Tijolo furado (150); Isolamento Etics | 260 - 380 |
| Isolamento pelo exterior (com fachada ventilada) | Gesso Cartonado (20); Tijolo furado (220); Isolamento; Espaço de ar (20); Pannel <i>Alucobond</i> (desprezável) | 240 - 360 |

As quatro tabelas que se seguem dão continuação à descrição das paredes exteriores testadas. Aliada às especificidades termodinâmicas, determinou-se ainda o custo por metro quadrado associado às respetivas soluções construtivas através do Gerador de Preços CYPE [15]. Uma vez mais, utilizou-se a Folha de Cálculo “CalProTerm” com vista a determinar as propriedades dos três tipos de isolamentos nas três posições indicadas.

A parede com isolamento térmico pelo interior, cujas características se apresentam na Tabela 3.15, tem a inércia térmica mais fraca que as outras soluções de isolamento térmico. Usa-se em casos onde, geralmente, não é possível fazer qualquer tipo de alteração à fachada exterior, seja por motivos arquitetónicos ou de preservação de património histórico. O isolamento térmico pelo interior é uma boa solução em termos de pontes térmicas (planas e lineares) e impede a conseqüente formação de fungos dentro dos espaços climatizados devido a condensações formadas habitualmente no teto [23].

Tabela 3.15. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento térmico pelo interior.

| Esp. [mm] | EPS | | | XPS | | | Lã de Rocha | | |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] |
| 0 | 1.23 | 150 | 49.65 | 1.23 | 150 | 49.65 | 1.23 | 150 | 49.65 |
| 40 | 0.58 | 18 | 52.92 | 0.54 | 18 | 53.28 | 0.56 | 18 | 54.62 |
| 60 | 0.45 | 18 | 54.55 | 0.42 | 18 | 55.1 | 0.44 | 18 | 56.76 |
| 80 | 0.37 | 18 | 56.18 | 0.34 | 18 | 56.92 | 0.36 | 18 | 59.63 |
| 120 | 0.27 | 18 | 58.79 | 0.25 | 18 | 61.26 | 0.26 | 18 | 64.59 |

Prevê-se que o isolamento térmico em parede dupla (na caixa de ar), cujas características se apresentam na Tabela 3.16, tenha uma inércia térmica média e que a caixa de ar inicialmente seja de 80 mm. Contudo, à medida que a espessura do isolamento vai aumentando, a espessura da caixa de ar diminui. Esta técnica de isolamento é a que necessita de menos mão de obra especializada. A sua obtenção a baixo custo com recurso a materiais de uso comum na construção civil tradicional, populariza a sua escolha [24]. A sua principal desvantagem reside no facto de ser a solução que menos capacidade tem de redução das trocas de calor pelas pontes térmica lineares [8].

Tabela 3.16. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento térmico pelo meio (localizado na caixa de ar).

| Esp. [mm] | EPS | | | XPS | | | Lã de Rocha | | |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] |
| 0 | 1.08 | 150 | 59.97 | 1.08 | 150 | 59.97 | 1.08 | 150 | 59.97 |
| 40 | 0.53 | 114 | 63.24 | 0.51 | 114 | 63.60 | 0.54 | 114 | 64.94 |
| 60 | 0.42 | 114 | 64.87 | 0.41 | 114 | 65.42 | 0.43 | 114 | 67.08 |
| 80 | 0.37 | 114 | 66.5 | 0.34 | 114 | 67.24 | 0.36 | 114 | 69.95 |
| 120 | 0.27 | 114 | 69.11 | 0.25 | 114 | 71.58 | 0.26 | 114 | 74.91 |

Apresentam-se na Tabela 3.17, as características das paredes exteriores com isolamento térmico pelo exterior. A inércia térmica associada a este tipo de paredes é forte, ou seja, sofrerá poucas oscilações de temperatura provocadas pelo ambiente exterior.

Aplicou-se um sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*) para cada isolamento testado, quer isto dizer que o isolamento foi colocado no exterior sob a forma de placas e revestidas com reboco reforçado com fibras de vidro. De realçar que, como com esta técnica há continuidade do isolamento térmico, o isolamento pelo exterior é o que melhor contribui para a redução das perdas de calor através das pontes térmicas lineares. Isto leva a que esta seja a melhor opção com vista à minimização do aparecimento de fungos junto das arestas e cantos [25].

Tabela 3.17. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com o aumento de espessura de isolamento pelo exterior.

| Esp. [mm] | EPS | | | XPS | | | Lã de Rocha | | |
|--------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | U [W/m ² . K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² . K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² . K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] |
| 0 | 1.27 | 150 | 31.65 | 1.27 | 150 | 31.65 | 1.27 | 150 | 31.65 |
| 40 | 0.56 | 150 | 36.93 | 0.53 | 150 | 39.59 | 0.52 | 150 | 45.98 |
| 60 | 0.44 | 150 | 39.57 | 0.41 | 150 | 41.57 | 0.43 | 150 | 53.39 |
| 80 | 0.35 | 150 | 42.41 | 0.35 | 150 | 43.55 | 0.34 | 150 | 60.62 |
| 120 | 0.26 | 150 | 47.49 | 0.26 | 150 | 49.53 | 0.25 | 150 | 75.09 |

A fachada ventilada é um método de revestimento que separa a parte exterior da envolvente do isolamento através de um espaço de ventilação. A integridade do material isolante fica, por conseguinte, protegida contra a humidade devido à constante renovação de ar que existe no espaço entre os dois elementos.

A solução apresentada na Tabela 3.14, e cujas características se apresentam na Tabela 3.18, oferece uma proteção às variações climáticas, pois o sol nunca incide na parede, funcionando como sombreamento da envolvente opaca. Em adição, a inércia térmica é considerada forte dado que a parede é isolada pelo exterior. Também apresenta a vantagem em isolar pelo exterior em termos de minimização das perdas de calor pelas pontes térmicas lineares.

Ao contrário das três soluções anteriores, onde os valores de resistência térmica superficial do interior e exterior (R_{si} e R_{se}) são respetivamente 0.13 e 0.04 m². K/W, no atual caso, o ar circula entre o painel de alumínio (*Alucobond*) e o isolamento. Por outras

palavras, forma-se uma caixa de ar fortemente ventilada e conseqüentemente, as resistências térmicas superficiais de ambos os lados serão interiores ($R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$). Todavia, é a solução que acarreta valores de mão-de-obra e materiais mais dispendiosos dada a maior complexidade da solução perante as outras três.

Tabela 3.18. Descrição e comparação dos custos (IVA não incluído) e propriedades da parede exterior com fachada ventilada com o aumento de espessura de isolamento térmico.

| Esp. [mm] | EPS | | | XPS | | | Lã de Rocha | | |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] | U [W/m ² .K] | M_{si} [kg/m ²] | Custo [€/m ²] |
| 0 | 1.16 | 150 | 80.93 | 1.16 | 150 | 80.93 | 1.16 | 150 | 80.93 |
| 40 | 0.55 | 150 | 84.2 | 0.52 | 150 | 84.56 | 0.54 | 150 | 85.9 |
| 60 | 0.44 | 150 | 85.83 | 0.40 | 150 | 86.38 | 0.42 | 150 | 88.04 |
| 80 | 0.36 | 150 | 87.46 | 0.33 | 150 | 88.2 | 0.35 | 150 | 90.91 |
| 120 | 0.27 | 150 | 90.07 | 0.25 | 150 | 92.54 | 0.26 | 150 | 95.87 |

3.5. Envidraçados

Os vãos envidraçados presentes nas zonas térmicas analisadas, representam 378 dos 723 metros quadrados totais da envolvente vertical do edifício. A entrada de luz solar é praticamente constante e pode traduzir poupanças significativas no perfil de utilização da luz artificial, visto que as janelas rodeiam todas as zonas, principalmente a norte, sul e oeste. Ademais, as trocas de calor entre o exterior e o interior por envidraçados são mais intensas do que por paredes ou coberturas exteriores devido à disparidade de valores de coeficientes de transmissão de calor entre elementos opacos e transparentes. Isto força o projetista a tomar decisões inteligentes de forma a contrariar as perdas de calor facilitadas pelos elementos envidraçados. Em suma, a fração envidraçada deste projeto abrange mais de 50% da envolvente exterior das quatro zonas, o que significa que a sua melhoria é impreterível face à influência que as janelas representam no consumo final do edifício.

O estudo efetuado para os vãos envidraçados centrou-se sobretudo na constituição da janela, na caixilharia e finalmente nos dispositivos de proteção interior. Os equipamentos de sombreamento ou de proteção exterior não foram pensados para o projeto, pois observando a Figura 3.21 verifica-se que as varandas dos pisos de cima, assinaladas a

roxo, garantem todo o sombreamento necessário. Qualquer tentativa de aperfeiçoar o sombreamento não surtiria mudanças relevantes na eficácia energética do edifício.

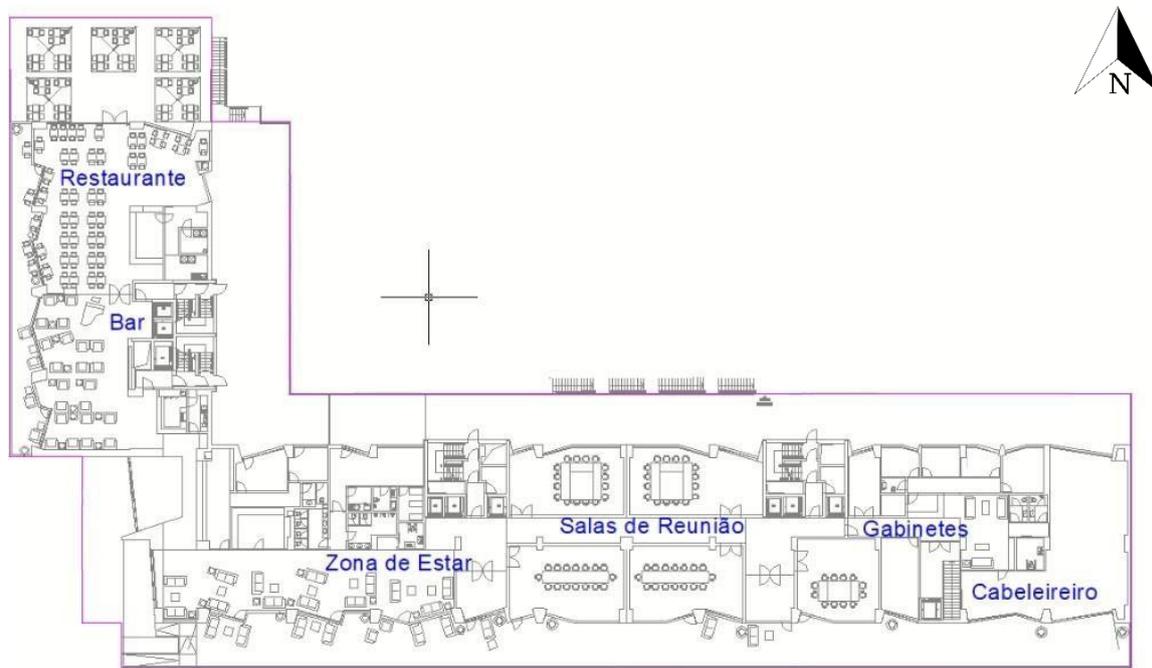


Figura 3.21. Planta do piso 0 do Aparthotel com destaque para os sombreamentos existentes.

As janelas testadas terão todas vidro duplo e entre as lâminas está localizada uma câmara que será insuflada com ar ou, alternativamente, com argon. Vão também ser ensaiadas espessuras e cores de vidro diferentes, caixilharias de alumínio com corte térmico e de vinil (PVC). A respeito da proteção interior, serão testadas cortinas interiores opacas claras e escuras e ainda cortinas claras de rolo.

Da Tabela 3.19 até à Tabela 3.22 são descritos os 15 tipos de vão envidraçados testados. Descreveu-se a composição da janela do exterior para o interior, indicando a respetiva espessura à frente de cada elemento. Os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial (U) e do fator solar (g_{\perp}) foram retirados da base de dados do *software* HAP, pois as soluções em questão estão todas presentes no programa. A Figura 3.22 demonstra um exemplo de como se processa a criação no HAP de um envidraçado.

Como a base de dados do HAP não inclui o valor dos custos das soluções construtivas, foi necessário obter os correspondentes custos por outra via. Para tal, foi necessário recorrer ao Gerador de Preços CYPE [15], que apresenta uma estimativa pormenorizada do preço provável para cada opção. Nos casos em que não foi possível

encontrar um preço concreto de alguns constituintes das soluções foram consultados catálogos com listas de preços atualizadas. Os custos associados a cada vão envidraçado incluem o valor de cada vidro, a caixilharia e as proteções usadas. Não se consideraram os gastos com a mão-de-obra por se assumir que eles têm o mesmo valor em todas as opções.

Window Details

Name:

Detailed Input:

Height: m Width: m

Frame Type:

Internal Shade Type:

Overall U-Value: W/(m²·K)

Overall Shade Coefficient:

Glass Details

| Glazing | Glass Type | Transmissivity | Reflectivity | Absorptivity |
|---------------|--|----------------|--------------|--------------|
| Outer Glazing | <input type="text" value="5mm clear"/> | 0.810 | 0.083 | 0.107 |
| Glazing #2 | <input type="text" value="3mm clear"/> | 0.841 | 0.078 | 0.081 |
| Glazing #3 | <input type="text" value="not used"/> | | | |

Gap Type:

Figura 3.22. Separador do HAP para a definição dos vãos envidraçados.

Tabela 3.19. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas claras e caixilharias em alumínio com corte térmico.

| Proteção Interior: Cortina opaca clara / Caixilharia: Alumínio com corte térmico | | | | |
|---|---|----------------------------|-------------|---------------------------|
| Solução | Composição | U [W/m ² . K] | Fator Solar | Custo [€/m ²] |
| 1 | Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.10 | 0.40 | 175.37 |
| 2 | Vidro incolor (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.09 | 0.40 | 188.90 |
| 3 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.09 | 0.27 | 331.83 |
| 4 | Vidro azul (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.09 | 0.33 | 185.12 |
| 5 | Vidro cinzento refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.09 | 0.28 | 331.83 |
| 6 | Vidro cinzento (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.09 | 0.33 | 187.31 |
| 7 | Vidro cinzento refletivo (6); Lâmina de ar (13); Vidro incolor (5) | 2.85 | 0.29 | 331.83 |
| 8 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (13); Vidro cinzento (5) | 2.85 | 0.28 | 342.93 |
| 9 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de árgon (13); Vidro incolor (3) | 2.76 | 0.27 | 339.83 |

Tabela 3.20. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas claras e caixilharias em vinil.

| Proteção Interior: Cortina opaca clara / Caixilharia: PVC | | | | |
|--|---|--------------------------|-------------|---------------------------|
| Solução | Composição | U [W/m ² . K] | Fator Solar | Custo [€/m ²] |
| 10 | Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 2.64 | 0.36 | 75.37 |
| 11 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 2.63 | 0.24 | 231.83 |
| 12 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de argon (13); Vidro incolor (3) | 2.29 | 0.23 | 239.83 |

Tabela 3.21. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas opacas escuras e caixilharias em vinil.

| Proteção Interior: Cortina opaca escura / Caixilharia: PVC | | | | |
|---|---|--------------------------|-------------|---------------------------|
| Solução | Composição | U [W/m ² . K] | Fator Solar | Custo [€/m ²] |
| 13 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 2.63 | 0.32 | 231.83 |

Tabela 3.22. Descrição da composição, propriedades e custos (IVA não incluído) dos envidraçados com cortinas de rolo claras e caixilharias em vinil.

| Proteção Interior: Cortina de rolo clara / Caixilharia: PVC | | | | |
|--|---|--------------------------|-------------|---------------------------|
| Solução | Composição | U [W/m ² . K] | Fator Solar | Custo [€/m ²] |
| 14 | Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 2.64 | 0.35 | 88.4 |
| 15 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 2.63 | 0.23 | 244.86 |

3.5. Sistemas de Preparação de AQS

Para a produção de águas quentes sanitárias prevê-se a instalação de um sistema de coletores solares na cobertura do aparthotel com uma orientação a sul e uma inclinação de 35°. O sistema de captação de energia solar, embora bastante útil, não será suficiente para

sustentar a totalidade das necessidades do edifício. Isto devido à existência de períodos em que a energia solar não está disponível ou a captação de energia simplesmente não chega para que a água atinja a temperatura desejada.

Decidiu-se que o sistema de apoio não renovável será efetuado pela bomba de calor ou pela unidade exterior do VRV, consoante a fonte de energia a utilizar. Garante-se assim, um fornecimento de águas quentes sanitárias sem tempos de espera.

A captação de energia solar é conseguida através de coletores solares planos, ocorrendo uma transferência de calor para o fluido solar que percorre as serpentinas desses mesmos painéis. O fluido, predominantemente composto por água, vai ainda conter inibidores de corrosão e anticongelante (glicol) de acordo com as temperaturas mínimas existentes no local. Considera-se ainda que cada fileira de coletores está equipada com acessórios tais como purgadores automáticos, válvulas de segurança e reguladoras de caudal que garantem o equilíbrio hidráulico e asseguram a integridade da instalação.

Nos períodos de tempo em que não ocorre captação solar, é necessário recorrer a um sistema de acumulação que preencha essas frações horárias. Em contrapartida, é também instalado um sistema de proteção contra o sobreaquecimento para situações em que a energia coletada supere a energia necessária para o aquecimento das AQS. A técnica baseia-se na atuação de uma válvula que abre em função da temperatura do depósito e do circuito de ida, que ao chegar a um determinado valor, redireciona o fluido para o dissipador de calor impedindo o sobreaquecimento do sistema.

O consumo das AQS neste tipo de edifícios é geralmente dado por um projetista de redes prediais de águas e esgotos. Como esse projeto ainda não foi elaborado, concebeu-se, alternativamente, uma aproximação com base na tabela do APÊNDICE B criada pela ASHRAE e presente no documento “*Design Considerations for Hot Water Plumbing*” [26].

Esta tabela descreve o valor de caudal provável que cada acessório, passível de fornecer água quente, utilizará, segundo a tipologia de edifício a seguir. A título de exemplo, no caso de um hotel, a referente tabela, indica a quantidade de água quente sanitária que os lavatórios, as máquinas de lavar louça, os chuveiros, as banheiras, entre outros, devem debitar, em galões por hora, a uma temperatura de 60 °C.

No caso do aparthotel a água aquecida é usada, na sua maioria, pelos hóspedes para tomar banho e na cozinha na confeção de refeições. Contudo, as zonas em estudo não se prestam a este tipo de serviços e por isso, no presente caso, foram contabilizados todos os

dispositivos prováveis de requerer água quente e foram-lhes atribuídos valores proporcionais aos da referida tabela do APÊNDICE B. O motivo pelo qual não se utilizaram os valores originais, deve-se à excessiva contabilização por parte dos equipamentos, o que implicaria um sobredimensionamento no consumo do sistema de preparação.

Como tal, em todos os casos foi feita uma redução proporcional das quantidades a serem usadas, com vista a produzir uma estimativa mais realista. Realizou-se, à vista disso, um estudo às arquiteturas das quatro zonas térmicas e foram resumidos, na Tabela 3.23 todos os dispositivos pertencentes aos vários espaços e cuja demanda de AQS é dada em litros por hora.

Tabela 3.23. Enumeração dos equipamentos por espaço cujo uso das AQS é provável e estimativa do caudal a debitar por hora.

| Zonas | Equipamentos | Caudal AQS [L/h] |
|-----------------------|---|------------------|
| Restaurante | | |
| Copa Limpa | Pia circular de lavar louça (1) | 8 |
| Copa Suja | Lavatório de serviço (1) + Máquina de lavar louça (1) | 191 |
| Bar | | |
| Copa Bar | Pia circular de lavar louça (1) | 113 |
| Balcão Bar | Lavatório de serviço (1) | 8 |
| Zona de Estar | | |
| WC Staff | Lavatório público (1) | 2 |
| WC Feminino | Lavatório público (3) | 6 |
| WC Masculino | Lavatório público (3) | 6 |
| WC Deficientes | Lavatório público (1) | 2 |
| Copa Babysitting | Pia de despensa (1) | 8 |
| WC Babysitting | Banheira pequena (1) + Lavatório público (1) | 42 |
| Zona de Staff | | |
| Balneário Feminino | Lavatório público (3) + Chuveiro (3) | 546 |
| Balneário Masculino | Lavatório público (4) + Chuveiro (2) | 372 |
| Balneário Deficientes | Lavatório público (1) + Chuveiro (1) | 183 |

A definição de um perfil de utilização de AQS plausível é fundamental na determinação do número de coletores solares térmicos e das necessidades que o sistema de apoio representa para as fontes produtoras de energia. Graças à Tabela 3.23 e aos perfis de ocupação dos vários espaços, foi possível definir um consumo de AQS para cada hora do dia, tal como apresentado na tabela do ANEXO A. Esta tabela visa perspetivar os espaços prováveis de requerer água quente e posteriormente somam-se os respetivos caudais dos equipamentos ativos nesse instante.

Os horários do staff servem para definir as horas em que serão utilizados os balneários, estimando 2 horas seguidas de uso no fim de cada turno. A água quente nas instalações sanitárias é contabilizada em todas as horas, dada a imprevisibilidade da sua

utilização. Por sua vez, nas copas do restaurante e do bar a necessidade de AQS inicia e cessa consoante os horários de atividade de ambas estas zonas. Desta forma foi possível obter um valor máximo para a necessidade diária de AQS de 1435 L/h e também definir um perfil de utilização, o qual se apresenta no gráfico da Figura 3.23.

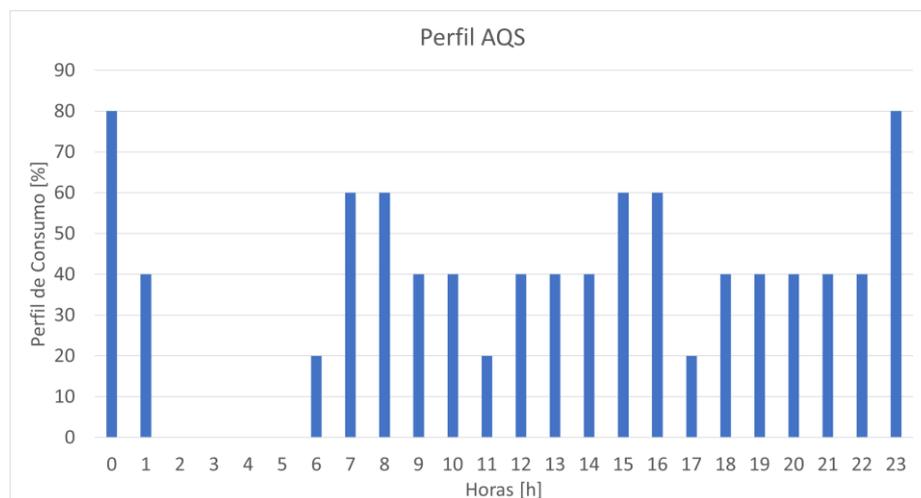


Figura 3.23. Perfil de utilização de águas quentes sanitárias.

Não obstante ao facto do gráfico da Figura 3.23 refletir um perfil de utilização admissível para a época alta, o aparthotel terá temporadas durante o ano em que este perfil será excessivo. Em consequência deste pressuposto foram elaborados mais três perfis em função de épocas de ocupação diferentes. Consultando o caso de estudo “Água quente sanitária – hotelaria” da *Renováveis Magazine* [27], os meses de menor ocupação são geralmente janeiro, outubro e novembro com 40% de ocupação, seguidos de fevereiro, março, abril e dezembro com 60%, depois maio, setembro e junho com 80% e finalmente julho e agosto com 100% de ocupação.

Na Tabela 3.24 estão discriminados os equipamentos principais selecionados, que fazem parte do sistema de coletores solares térmicos para o funcionamento básico da instalação, assim como os seus dados técnicos. O número de coletores foi o máximo aceitável pelo programa sem que ocorra subdimensionamento em relação à área de coletores.

Tabela 3.24. Folha de cálculo “SCE.ER”: dimensionamento e seleção dos equipamentos para a instalação do sistema de preparação de AQS.

| Coletores Solares | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Modelo | Baxi Mediterraneo Slim 200 |
| Área de Abertura [m ²] | 1.92 |
| Quantidade | 100 |
| Área Total [m ²] | 192 |
| Orientação | Sul |
| Inclinação [°] | 35 |
| Circuito Primário | |
| Diâmetro Nominal [mm] | 78 |
| Circulação | Forçada |
| Fluido Circulante | Água |
| Anticongelante | Glicol (25%) |
| Bomba [W] | 400 |
| Caudal da Bomba [m ³ /h] | 0,05 |
| Isolamento | Lã de Vidro (40 mm) |
| Circuito de Distribuição | |
| Diâmetro Nominal [mm] | 50 |
| Isolamento | Lã de Vidro (10 mm) |
| Depósito | |
| Modelo | Lapesa MXV6000SB/SSB |
| Capacidade [L] | 6000 |
| Posição | Vertical |

A Folha de Cálculo “SCE.ER” é agora passível de ser utilizada, visto que estão reunidos todos os dados necessários à simulação das necessidades de AQS. Com recurso aos dados da Tabela 3.24, aos consumos e perfis criados, os resultados são sumariados na Tabela 3.25, revelando as necessidades energéticas a exigir à bomba de calor ou à unidade exterior no caso do sistema VRV.

Tabela 3.25. Resultados do relatório após a simulação realizada com a folha de cálculo “SCE.ER”.

| | |
|--|------------|
| Fração Solar | 89 % |
| Energia útil solicitada | 45 356 kWh |
| Satisfeitas pelo sistema de apoio | 5 139kWh |
| Satisfeitas via solar térmico | 40 217 kWh |

O relatório completo do desempenho energético do sistema solar térmico pode ser consultado no ANEXO B. Em última análise, representa-se na Figura 3.24 uma possível disposição dos 100 coletores solares na cobertura do aparthotel.



Figura 3.24. Distribuição dos coletores solares pela cobertura do Aparthotel.

3.6. Sistemas de AVAC

No subcapítulo 3.2 fez-se alusão às condições de conforto a manter para o aparthotel. Para tal, são necessários sistemas de climatização alimentados por fontes produtoras de energia. A produção de energia térmica para as 4 zonas térmicas em consideração será garantida por um sistema baseado num *Chiller*/bomba-de-calor ar-água, a localizar no piso -1, tal como mostra a Figura 3.25. A distribuição de energia térmica será efetuada através de 2 circuitos de água, um para aquecimento e outro para arrefecimento. Ou seja, o fluido térmico será distribuído até às UTAs e até às unidades interiores através de uma rede de tubagem com ida e retorno, logo a 4 tubos. Em situações de arrefecimento a temperatura da água funcionará entre 7 e 12 °C, e em condições de aquecimento a água irá operar entre 40 e 45 °C.

Os ventilo-convectores são as unidades terminais selecionadas para suprir as necessidades dos espaços climatizados. Estão equipados com baterias de aquecimento e de arrefecimento, secção de filtragem de ar e tabuleiro de recolha de condensados com dreno.

De modo a garantir uma boa qualidade do ar interior (QAI), a ventilação das zonas climatizadas associadas ao restaurante, ao bar e à receção será assegurada por unidades

de tratamento de ar (UTAs) com recuperação de calor, por ventilo-convectores e por ventiladores de extração. Assim sendo, o ar admitido do exterior (ar novo) será filtrado e, com recurso a um permutador de calor, será pré-tratado termicamente pela transferência de energia que ocorre entre o mesmo e o ar a extrair. Este pré-aquecimento do ar a admitir no edifício é feito de forma gratuita e traz benefícios em termos de eficiência energética. As UTAs estão ainda equipadas com baterias de aquecimento e de arrefecimento, de forma a atribuir ao ar vindo do exterior uma temperatura próxima da recomendada para os espaços. A difusão de ar em cada espaço é feita através de ventilo-convectores circulares dispostos junto ao teto. A extração de ar é efetuada por grelhas no teto distanciadas dos difusores, isto para não haver curto-circuito de ar. Quando na zona em questão existem instalações sanitárias, parte do ar é extraído pelos ventiladores de extração que equipam as mesmas, garantindo assim a salubridade do ar interior.

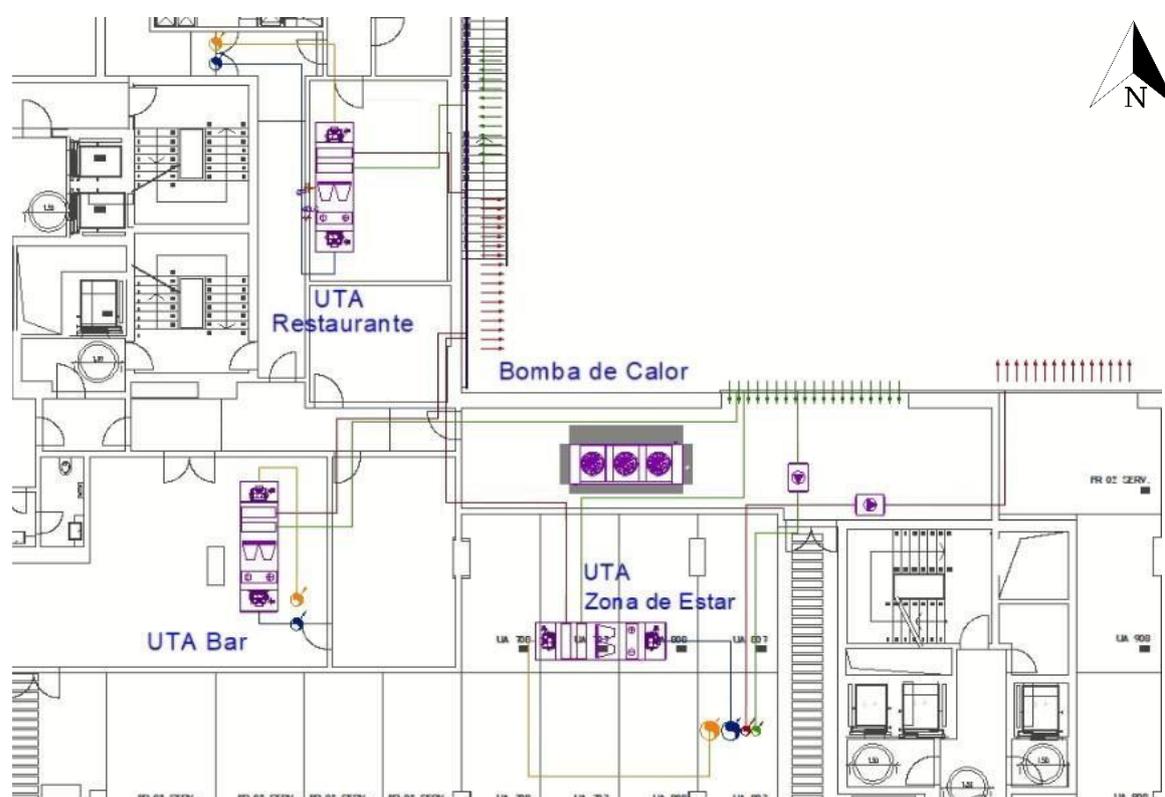


Figura 3.25. Disposição das unidades de tratamento de ar e equipamento de produção de energia localizados no piso -1.

A renovação do ar da zona de apoio ao pessoal (zona do staff) é assegurada por um sistema com recuperação de calor do tipo HVR (unidade de ventilação com recuperação) e a distribuição de ar funcionará segundo a técnica de ventilação por transferência. A insuflação de ar novo efetuar-se-á através de ventilo-convectores localizados no teto da sala

Procedeu-se à conseguinte determinação do ar de insuflação exigido a cada UTA, averiguar as quantidades de unidades interiores a considerar e finalmente, ao cálculo de potências dos equipamentos e das fontes de produção de energia a prever para cada zona. Nas Tabela 3.26 e Tabela 3.27 apresentam-se, de forma resumida, os dados obtidos graças à capacidade de dimensionamento e de simulação do *software* HAP, tendo já em consideração o calor requerido pelo sistema de apoio às águas quentes sanitárias.

Tabela 3.26. HAP: Requisitos mínimos da bomba de calor.

| Equipamento de Produção de Energia | Potência [kW] |
|---|----------------------|
| Capacidade de Arrefecimento | 92.3 |
| Capacidade de Aquecimento | 80.7 |

Tabela 3.27. HAP: Requisitos mínimos dos sistemas de AVAC para cada zona térmica alimentados pela bomba de calor.

| | Capacidade de Aquecimento [kW] | Capacidade de Arrefecimento [kW] | Caudal de ar de insuflação [m³/h] |
|----------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Zona do restaurante | 27.1 | 23.6 | 3150 |
| Zona do bar | 8.9 | 11.9 | 2190 |
| Zona da receção | 24.3 | 35.4 | 2645 |
| Zona de apoio | 13.1 | 21.7 | 750 |

Alternativamente, propôs-se uma segunda solução para a definição dos sistemas técnicos. Opta-se agora, por introduzir unidades exteriores do tipo VRV (volume refrigerante variável) que, por meio de um líquido frigorigéneo (R410a), climatizam os espaços e variam o seu fluxo conforme as exigências das diferentes zonas.

Ao invés da situação anterior, em que o fluido térmico troca calor com outro fluido climatizando indiretamente, neste caso, o sistema é de expansão direta. Serve isto para dizer que é um único fluido refrigerante que irá diretamente às unidades terminais, não necessitando de um segundo fluido para o transporte de energia.

As três UTAs e a HVR não sofrem qualquer alteração, sendo que as maiores diferenças são ao nível da produção de calor e de frio e de unidades interiores que substituem os ventilo-convectores, pois estes são alimentados a água.

Os sistemas técnicos previstos serão *multi-split*, isto é, uma unidade exterior ligada a várias unidades internas. As suas conexões serão feitas através de uma rede de ligações a dois tubos isolados termicamente e protegidos com forra mecânica.

Uma vez mais, recorrendo ao *software* HAP, procedeu-se à modulação das unidades internas e externas, que ao simular o edifício tem a capacidade de indicar os picos de arrefecimento e de aquecimento, e o mês e a hora em que ocorrem para cada zona. Posto isto, foram resumidas nas Tabela 3.28 e Tabela 3.29, as especificações mais relevantes deste sistema.

Tabela 3.28. HAP: Dimensionamento da unidade exterior do sistema VRV.

| | Capacidade de Aquecimento [kW] | Capacidade de Arrefecimento [kW] |
|---------------------|---------------------------------------|---|
| Unidade de Exterior | 100 | 105 |

Tabela 3.29. HAP: Dimensionamento das unidades interiores para cada zona térmica alimentados pela unidade exterior.

| Unidades Interiores | Potência de Aquecimento [kW] | Potência de Arrefecimento [kW] |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Zona do restaurante | 26.7 | 21.8 |
| Zona do bar | 12.8 | 10.7 |
| Zona da receção | 41.9 | 45.6 |
| Zona de apoio | 18.5 | 26.9 |

Contactaram-se ainda dois fornecedores e solicitou-se a seleção de algumas soluções que preenchessem os requisitos de dimensionamento presentes da Tabela 3.26 até à Tabela 3.29. Foi-lhes também pedido que essas seleções contivessem os dados técnicos dos equipamentos e que elaborassem, para cada opção, um orçamento que incluísse os custos das peças e os dispositivos imprescindíveis à funcionalidade da instalação, assim como os custos de instalação e os de manutenção em cada ano.

Ambos os instaladores desenvolveram uma resposta para cada tipo de sistema AVAC (VRV e *Chiller*/bomba-de-calor), totalizando um conjunto de quatro opções possíveis para definir como sistemas técnicos do edifício. Dada a similaridade dos equipamentos selecionados como UTAs, ventilo-convectores e unidades interiores, no caso do VRV, assumiu-se que estes dispositivos são iguais nas quatro situações e cujas capacidades e preços podem ser consultados no ANEXO C. Desta forma, apenas as fontes

produtoras de energia irão variar para as quatro hipóteses e na Tabela 3.30 abaixo estão descritos os seus principais dados técnicos.

Tabela 3.30. Descrição das soluções propostas pelos fabricantes para a bomba de calor e a unidade exterior.

| Bomba de Calor | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------|------|
| Solução | Modelo | Capac. de Aquecimento (kW) | Capac. de Arrefecimento (kW) | SEER | SCOP |
| 1 | EWYT135B-SSA1 | 132.23 | 120 | 3.9 | 3.36 |
| 2 | EWYQ110G-XS | 127 | 117 | 4.03 | 3.58 |
| VRV (Unidades Exteriores) | | | | | |
| Solução | Modelo | Capac. de Aquecimento (kW) | Capac. de Arrefecimento (kW) | SEER | SCOP |
| 3 | RXYQ22T + RXYQ24T8 | 149.2 | 128.2 | 5.4 | 3.75 |
| 4 | RXYQ16T (x2) + RXYQ14T | 130 | 130 | 6.15 | 4 |

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esclarecido o caso de estudo, recorreu-se à simulação com o *software* HAP para a definição do edifício, dimensionamento dos sistemas técnicos e cálculo das cargas térmicas globais.

Neste capítulo analisa-se a influência das soluções propostas para a envolvente no consumo geral das zonas térmicas. Este estudo foi possível graças à capacidade do HAP de simular nominalmente o edifício na opção “*Buildings*” e, deste modo, obter os consumos energéticos, em kWh/m², que ditam as alternativas mais eficientes ao dispor.

As fontes de produção de energia térmica criadas no HAP para a circulação de água quente e fria são do tipo “*Remote Hot Water*” e “*Remote Chilled Water*”, respetivamente. Esta opção assume que as máquinas usadas para a produção de frio e de calor tenham um rácio de eficiência energética EER e um coeficiente de desempenho COP unitários. Por outras palavras, significa que as necessidades serão iguais aos consumos do edifício. Desta forma obtêm-se para as soluções da componente passiva sem a influência da performance das máquinas de produção de energia térmica.

Pretende-se também efetuar uma melhoria nos sistemas técnicos em relação à solução de referência, confrontando as quatro opções sugeridas pelos fabricantes. A escolha dos sistemas AVAC será justificada a partir de dois pontos de vista distintos. Uma primeira perspetiva energética, com base nos dados relativos às performances sazonais das unidades de produção (SEER e SCOP) que revelam as capacidades das máquinas de introduzirem ou retirarem calor dos espaços. Numa segunda ótica será realizado um estudo económico, com o objetivo de avaliar o custo anual equivalente (CAE), que determina os gastos totais anuais associados a cada seleção. Finalmente, tenciona-se comparar os quatro projetos de investimento, averiguando a solução economicamente mais rentável, tendo por base de sustentação os orçamentos recebidos.

4.1. Comportamento Energético da “Solução de Referência”

O presente subcapítulo destina-se a verificar como as necessidades das zonas térmicas se comportam, ao serem adotadas as soluções com o pior desempenho térmico de

entre as testadas. Desta forma, é possível analisar o efeito que as medidas de melhoria implementadas, traduzem para a redução das necessidades de energia do edifício.

As características dos elementos construtivos interiores, das coberturas e pavimentos exteriores da vertente passiva são as apresentadas na anterior Tabela 3.13. Por outro lado, as características das paredes exteriores e dos vãos envidraçados da atual solução base são as apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Descrição dos elementos construtivos da componente passiva da “Solução de Referência”.

| Paredes Exteriores | | | | | |
|---|--|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Elemento | Composição | Espessura [mm] | U [W/m ² . K] | M_{si} [kg/m ²] | R [m ² . K/W] |
| Isolamento Interior $R_{si}= 0.13$ (m ² . K/W) $R_{se}= 0.04$ (m ² . K/W) | Gesso Cartonado (20); Tijolo furado (220); EPS (0 - 120); Reboco (20) | [260; 380] | [1.23; 0.27] | [150.0; 18] | [0.86; 3.76] |
| Vãos Envidraçados | | | | | |
| Proteção Interior: Cortina opaca clara / Caixilharia: Alumínio com corte térmico | | | | | |
| Composição | U [W/m ² . K] | Fator Solar (g_{\perp}) | Tipo de janela | | |
| Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 3.10 | 0.40 | Fixa | | |

Alicerçados na competência do HAP para simular os consumos anuais do edifício, ensaiaram-se espessuras desde 0 até 120 mm de EPS e as necessidades energéticas do edifício foram apontadas de modo a construir o gráfico da Figura 4.1.

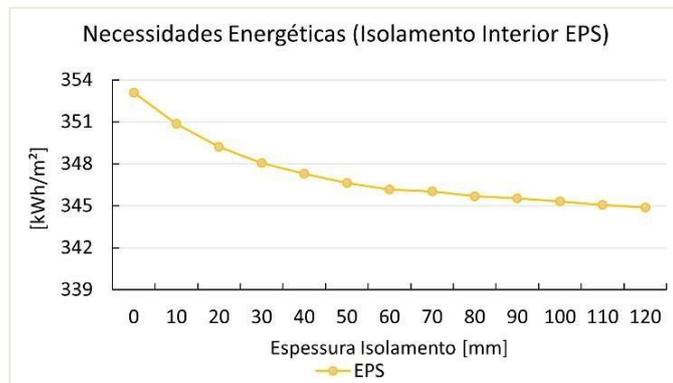


Figura 4.1. Gráfico representativo das necessidades anuais de energia do edifício com o aumento de espessura de EPS, quando aplicado pelo lado interior das paredes. Valores por m^2 de área de pavimento dos espaços climatizados.

As condições de conforto serão asseguradas por ventilo-conectores alimentados por uma bomba de calor de modelo EWYT135B-SSA1 da marca DAIKIN cujas principais características se encontram listadas na Tabela 3.30. Aplicaram-se os valores de performance sazonais para determinar a influência no consumo do aparthotel, relacionando as necessidades com o SEER e o SCOP. A razão pela qual se optou pela utilização do SEER e do SCOP, ao invés do EER e do COP, é pelo facto de estes transmitirem uma indicação mais realista do que é o consumo de energia anual e as vicissitudes da eficiência energética diária [28].

Executaram-se as simulações com o HAP e registaram-se na Tabela 4.2 os valores das necessidades anuais de energia para AVAC, bem como o consumo de energia associado à bomba de calor selecionada, isto para um isolamento de EPS interior com 60 mm de espessura. A Figura 4.2 mostra, respetivamente a vermelho, azul e verde escuro, as necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e totais (incluindo as dos sistemas de ventilação) das zonas térmicas, enquanto que, a cores claras, expõem-se os consumos de energia elétrica que existirão no edifício tendo em consideração o SEER e SCOP da bomba de calor. Finalmente, a verde destaca-se o consumo total dos sistemas AVAC durante o ano.

Tabela 4.2. Necessidades e consumos mensais de energia para a “Solução de Referência”, com a climatização a ser suportada por uma bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1).

Necessidades mensais de energia [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Mai | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 7 076 | 7 842 | 9 320 | 12 644 | 14 026 | 38 296 | 59 438 | 67 697 | 42 263 | 10 401 | 8 559 | 8 003 |
| Aquecimento | 61 694 | 53 489 | 57 719 | 37 261 | 36 784 | 23 096 | 22 157 | 21 656 | 21 448 | 38 427 | 50 028 | 58 760 |
| Total AVAC | 71 725 | 63 984 | 69 980 | 52 769 | 53 765 | 64 302 | 84 634 | 92 391 | 66 604 | 51 729 | 61 416 | 69 695 |
| Valor anual das necessidades de energia = 802 994 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

Consumos mensais de energia pelo edifício: Bomba de Calor - EWYT135B-SSA (Solução 1) [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Mai | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 1 814 | 2 011 | 2 390 | 3 242 | 3 596 | 9 819 | 15 241 | 17 358 | 10 837 | 2 667 | 2 195 | 2 052 |
| Aquecimento. | 18 361 | 15 919 | 17 178 | 11 090 | 10 948 | 6 874 | 6 594 | 6 445 | 6 383 | 11 437 | 14 889 | 17 488 |
| Total AVAC | 23 131 | 20 583 | 22 509 | 17 196 | 17 499 | 19 603 | 24 874 | 26 841 | 20 113 | 17 005 | 19 913 | 22 472 |
| Valor anual do consumo de energia = 251 739 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

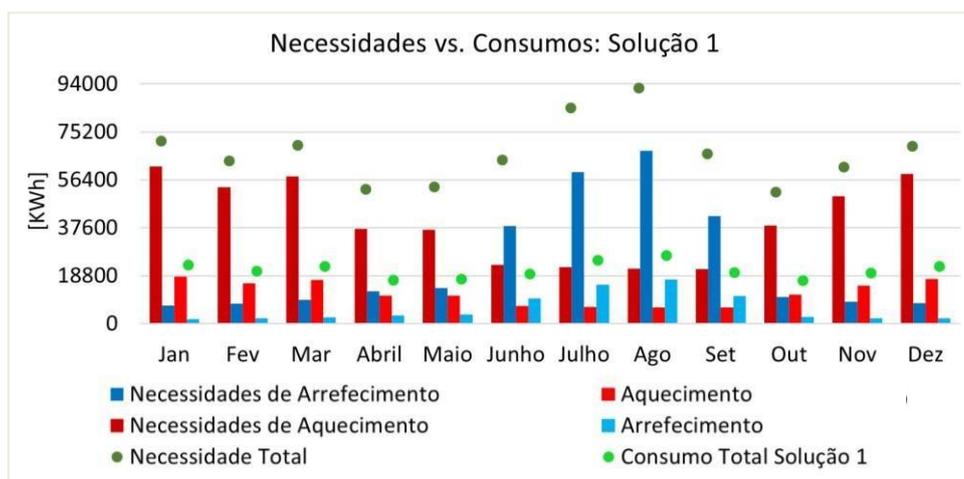


Figura 4.2. Comparação gráfica entre as necessidades de energia e os consumos anuais da “Solução de Referência” com a utilização da bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1).

Tendo como propósito, a determinação do CAE dos sistemas técnicos da solução base, é necessário calcular-se o investimento global (I_0) que a aquisição de equipamentos e custo de instalação requerem e os gastos (G) a ter com a manutenção anual e com o custo de eletricidade na climatização e ventilação dos espaços. Neste projeto de investimento, não haverá qualquer retorno e por isso os rendimentos (R) serão nulos.

Considera-se pelo *site* “*European Union energy price statistics*” [29], que o preço de eletricidade para edifícios de serviços, com o IVA incluído, é de 0.115 €/kWh. O gasto anual de eletricidade é conseguido dividindo as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício pelo SCOP e SEER da bomba de calor e multiplicar o consumo pelo preço de compra da eletricidade.

Para a determinação do *CAE* (custo anual equivalente) de cada solução testada irá recorrer-se à metodologia de cálculo presente nos elementos de apoio ao estudo da disciplina Economia e Gestão Industrial do MiEM [30]. Adicionalmente assume-se que a gestão do edifício irá ficar a cargo de uma empresa. Significa isto, que as zonas em estudo ficam em nome da empresa e o IVA sobre o investimento global é recuperado, logo, o mesmo não deve ser contabilizado na análise de viabilidade económica. Assumiu-se, ainda, que todos os gastos estão diretamente relacionados com o edifício e com os seus equipamentos e por isso, não existem tributações autónomas a imputar a este projeto.

O estudo que se pretende realizar será uma análise a preços constantes, ou seja, os gastos e rendimentos são medidos como se sucedessem ao arranque do projeto, aumentando proporcionalmente com a taxa de inflação (assumida como $i_f = 3.00\%$ /ano). Para este caso, a taxa de atualização (i) adquire a forma da equação (4.1) e o capital considera-se 100% alheio, ou seja, será integralmente pedido emprestado a um banco.

$$i = P_p i_p + P_a i_a (1 - t_a) \quad (4.1)$$

Com o intuito de determinar a taxa de atualização e a progressão da análise económica, admitem-se 3 pressupostos:

- A empresa terá mais lucros para além do presente projeto;
- A taxa de juro associada ao capital alheio (i_a) é de 10 %/ano;
- A taxa de impostos (*IRC + Derramas*) $t_i = 30\%$.

Por consequência do primeiro pressuposto, os impostos anuais máximos a pagar são os descritos na equação (4.2) e a taxa de poupança fiscal associada aos gastos com pagamento de juros (t_a) será igual à taxa de impostos (t_i).

$$IRC_{max} = (R - G) t_i \quad (4.2)$$

Prevê-se também, que ao fim de 25 anos as máquinas de AVAC, equipamentos de energias renováveis e sistema de preparação AQS vão sofrer uma grande revisão, o que consequentemente implicará a substituição de grande parte delas e representará custos na ordem dos 75% do investimento inicial. Deste modo, é considerado que a vida útil dos equipamentos, e, consequentemente, o período de análise económica (n_d) para o cálculo da

depreciação contabilística (relação entre I_0 e n_d) é de 25 anos. Em adição, tendo a empresa outros lucros, define-se que a poupança fiscal das depreciações e amortizações contabilísticas (PF) será o produto das depreciações (D_p) com a taxa de imposto (t_i).

O investimento global da Solução 1 da Tabela 3.30, encontra-se no ANEXO C e o cálculo do *Cash-Flow* (CF) é agora possível. O *cash-flow* do projeto traduz-se num efluxo, uma vez que este não gere quaisquer tipos de rendimentos. A sua determinação é dada pela diferença entre rendimentos e gastos, descontando as tributações autónomas e impostos anuais máximos imputados e somando as poupanças fiscais calculadas para o projeto.

Com vista a calcular o CAE , é ainda necessário avaliar a rentabilidade do projeto de investimento atualizado para o instante inicial, que se consegue através do valor líquido atual (VLA) apresentado na equação (4.3). O presente modelo apresentará um natural prejuízo, porque não é esperado qualquer tipo de fluxo monetário positivo, dada a natureza do projeto. O presente modelo apresentará um natural prejuízo, porque não é esperado qualquer tipo de fluxo monetário positivo, dada a natureza do projeto.

$$VLA = CF \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - \sum_{k=0}^n \frac{I_k}{(1+i)^k} + \frac{VR}{(1+i)^n} \quad (4.3)$$

Estão por fim reunidos todos os dados necessários para inferir o valor do custo anual equivalente a partir da equação (4.4), que naturalmente adquire um valor positivo nesta solução e em todas as alternativas de melhoria, pois o valor do VLA é negativo.

$$CAE = -VLA \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4.4)$$

Por último, foram resumidos e organizados na Tabela 4.3, os principais valores, e as correspondentes unidades, que descrevem todo o processo até à obtenção do custo anual equivalente.

Tabela 4.3. Tabela de organização dos dados e das etapas de cálculo do custo anual equivalente associado ao sistema de AVAC com a bomba de calor EWYT135B-SSA (Solução 1).

| Sistema de Bomba de Calor - EWYT135B-SSA (Solução 1) | | | |
|---|-------------------------|--|-------------------|
| Investimento Global (I_0) | 546, 958.16 € | Taxa de Atualização (i) | 7 %/ano |
| Aquisição de Equipamentos | 156, 273.76 € | Tributações Autónomas (TA) | 0 %/ano |
| Custo de Instalação | 390, 684.40 € | Taxa de imposto (t_i) | 30 % |
| Gastos (G) | 26, 734.89 €/ano | Impostos anuais máximos (IRC) | -8, 020.47 €/ano |
| Custo de Eletricidade | 24, 935.29 €/ano | Período de análise (n_d) | 25 anos |
| Manutenção | 1, 799.60 €/ano | Depreciações Contabilísticas (D_p) | 21, 878.33 €/ano |
| Rendimentos (R) | 0 €/ano | Poupanças Fiscais (PFD) | 6, 563.50 €/ano |
| Valor Residual (VR) | | | 0 € |
| <i>Cash-flow</i> (CF) | | | -12, 150.93 €/ano |
| Valor Líquido Atual (VLA) | | | -688, 560.01 € |
| Custo Anual Equivalente (CAE) | | | 59, 085.69 €/ano |

4.2. Melhoria da Eficiência Energética das Soluções Construtivas Opacas

Apresentam-se na Figura 4.3 os quatro gráficos que enunciam as necessidades do edifício em função dos isolamentos térmicos considerados (material e espessura) para os quatro tipos de paredes, as quais se encontram descritas na Tabela 3.14.

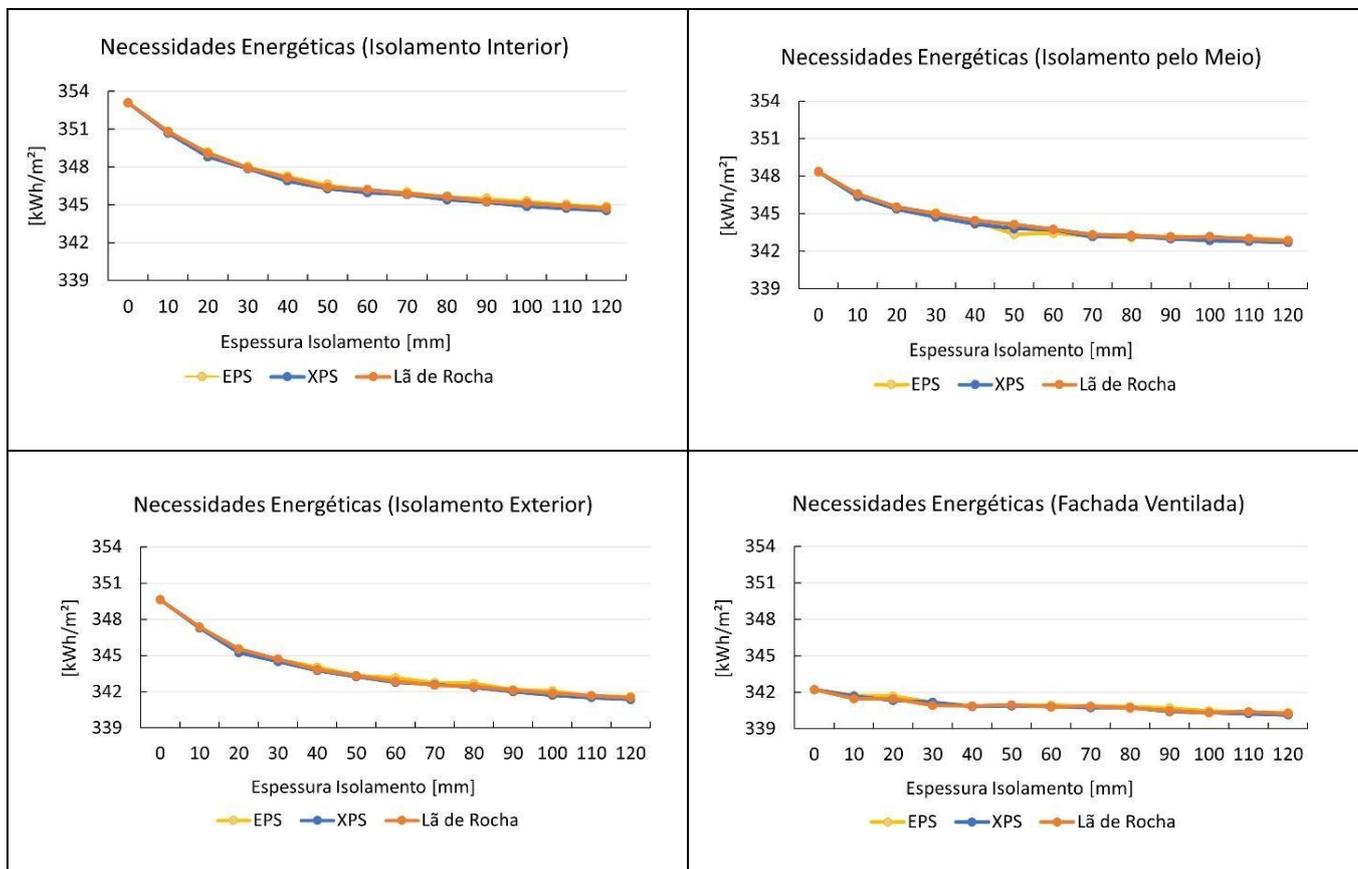


Figura 4.3. Evolução das necessidades de energia do edifício com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha para os quatro tipos de paredes exteriores. Valores por m² de área de pavimento dos espaços climatizados.

Com vista a averiguar qual o melhor material isolante a instalar, construiu-se a Tabela 4.4 de modo a detalhar o comportamento do edifício, com o aumento da espessura de cada isolamento.

Tabela 4.4. Necessidades de energia do edifício com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha nos quatro tipos de paredes exteriores. Valores por m² de área de pavimento dos espaços climatizados.

| Necessidades Totais Energéticas | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Isolamento pelo interior | | | |
| Espessura [mm] | XPS [kWh/m ²] | Lã de Rocha [kWh/m ²] | EPS [kWh/m ²] |
| 0 | 353.10 | 353.10 | 353.10 |
| 40 | 346.89 | 347.14 | 347.30 |
| 60 | 345.96 | 346.21 | 346.18 |
| 80 | 345.82 | 345.63 | 345.69 |
| 120 | 344.55 | 344.72 | 344.88 |
| Isolamento pelo meio (na caixa de ar) | | | |
| Espessura [mm] | XPS [kWh/m ²] | Lã de Rocha [kWh/m ²] | EPS [kWh/m ²] |
| 0 | 348.35 | 348.35 | 348.35 |
| 40 | 344.18 | 344.46 | 344.38 |
| 60 | 343.73 | 343.75 | 343.44 |
| 80 | 343.21 | 343.26 | 343.09 |
| 120 | 342.71 | 342.84 | 342.88 |
| Isolamento pelo exterior | | | |
| Espessura [mm] | XPS [kWh/m ²] | Lã de Rocha [kWh/m ²] | EPS [kWh/m ²] |
| 0 | 349.63 | 349.63 | 349.63 |
| 40 | 343.76 | 343.76 | 344.04 |
| 60 | 342.78 | 342.87 | 343.16 |
| 80 | 342.35 | 342.45 | 342.69 |
| 120 | 341.35 | 341.52 | 341.61 |
| Fachada Ventilada | | | |
| Espessura [mm] | XPS [kWh/m ²] | Lã de Rocha [kWh/m ²] | EPS [kWh/m ²] |
| 0 | 342.22 | 342.22 | 342.22 |
| 40 | 341.34 | 341.89 | 340.88 |
| 60 | 340.84 | 340.79 | 340.95 |
| 80 | 340.74 | 340.72 | 340.82 |
| 120 | 340.13 | 340.25 | 340.31 |

Ao analisar a Figura 4.3 e Tabela 4.4, facilmente se conclui que o tipo de parede que traduz as maiores melhorias para as necessidades energéticas do edifício é a fachada ventilada. Assim sendo, dar-se-á especial atenção a este tipo de parede.

Os gráficos da Figura 4.4 mostram como as necessidades de energia para aquecimento e para arrefecimento variam em função da espessura de isolamento térmico das paredes exteriores, no caso de fachada ventilada. A diminuição das necessidades de aquecimento por parte dos espaços a climatizar é o corolário da adição de isolamento à envolvente opaca. Todavia, ocorre o consequente aumento das necessidades de arrefecimento do edifício. Este comportamento das necessidades de energia para climatização é frequentemente reportado na bibliografia científica, inclusivamente para a situação do clima português [8].

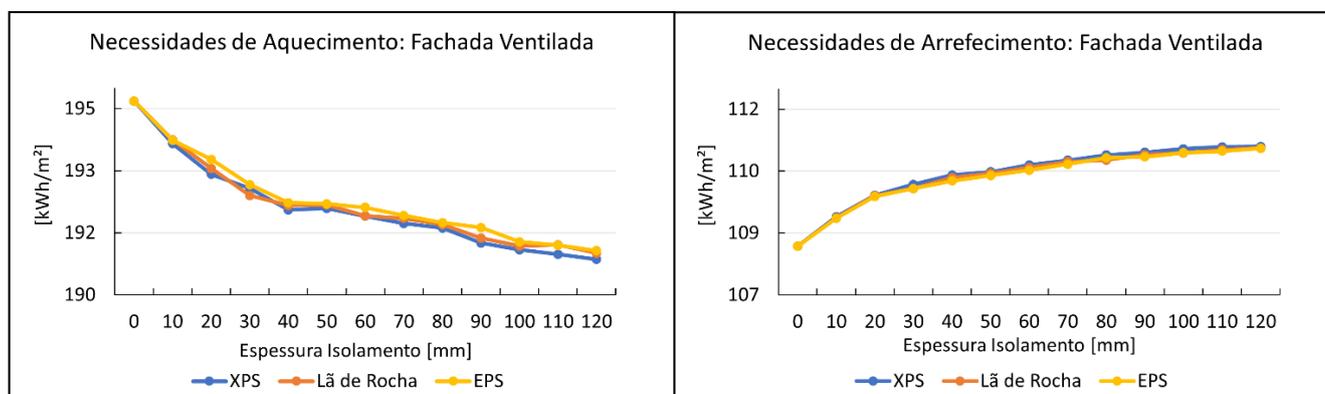


Figura 4.4. Evolução das necessidades de energia do edifício para aquecimento e para arrefecimento com o aumento de espessura do EPS, XPS e lã de rocha para o caso da fachada ventilada. Valores por m² de área de pavimento dos espaços climatizados.

4.3. Melhoria da Eficiência Energética dos Vãos Envidraçados

A análise da influência do tipo de vão envidraçado sobre as necessidades de energia do edifício foi efetuada assumindo que as paredes são do tipo fachada ventilada e que o seu isolamento térmico é em lã de rocha com 60 mm de espessura. Testaram-se 15 tipos de vão envidraçados diferente, cuja descrição e características se encontram nas Tabela 3.19, Tabela 3.20, Tabela 3.21 e Tabela 3.22. Os resultados para cada solução são apresentados na Tabela 4.5 e representados no gráfico da Figura 4.5, que distingue através de cores, as diferentes proteções interiores e caixilharias usadas.

Tabela 4.5. Necessidades de energia para o AVAC do edifício em função das soluções testadas para os vãos envidraçados. Valores por m² de área de pavimento dos espaços climatizados.

| Proteção Interior: Cortina opaca clara / Caixilharia: Alumínio com corte térmico | | | | | |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Solução | Composição | Ventilação [kWh/m ²] | Aquecimento [kWh/m ²] | Arrefecimento [kWh/m ²] | Necessidades Totais [kWh/m ²] |
| 1 | Vidro incolor (5); Lâmina. de ar (6); Vidro incolor (3) | 38.76 | 192.03 | 110.01 | 340.79 |
| 2 | Vidro incolor (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 38.23 | 191.76 | 110.09 | 340.08 |
| 3 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 32.96 | 193.99 | 82.14 | 309.08 |
| 4 | Vidro azul (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 35.78 | 192.90 | 94.73 | 323.41 |
| 5 | Vidro cinzento refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 33.29 | 193.78 | 83.47 | 310.55 |
| 6 | Vidro cinzento (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 35.59 | 192.78 | 93.96 | 322.33 |
| 7 | Vidro cinzento refletivo (6); Lâmina de ar (13); Vidro incolor (5) | 33.66 | 191.72 | 90.27 | 315.65 |
| 8 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (13); Vidro cinzento (5) | 33.16 | 191.72 | 87.64 | 312.51 |
| 9 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de árgon (13); Vidro incolor (3) | 32.46 | 191.81 | 87.02 | 311.29 |
| Proteção Interior: Cortina opaca clara / Caixilharia: PVC | | | | | |
| 10 | Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 36.43 | 189.56 | 112.57 | 338.56 |
| 11 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 30.74 | 191.30 | 85.10 | 307.13 |
| 12 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de árgon (13); Vidro incolor (3) | 30.24 | 190.08 | 90.61 | 310.92 |
| Proteção Interior: Cortina opaca escura / Caixilharia: PVC | | | | | |
| 13 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 33.84 | 190.70 | 95.12 | 319.66 |
| Proteção Interior: Cortina de rolo de cor clara / Caixilharia: PVC | | | | | |

| | | | | | |
|----|--|-------|--------|--------|--------|
| 14 | Vidro incolor (5); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 35.78 | 189.92 | 109.53 | 335.23 |
| 15 | Vidro azul refletivo (6); Lâmina de ar (6); Vidro incolor (3) | 30.55 | 191.48 | 84.32 | 306.35 |

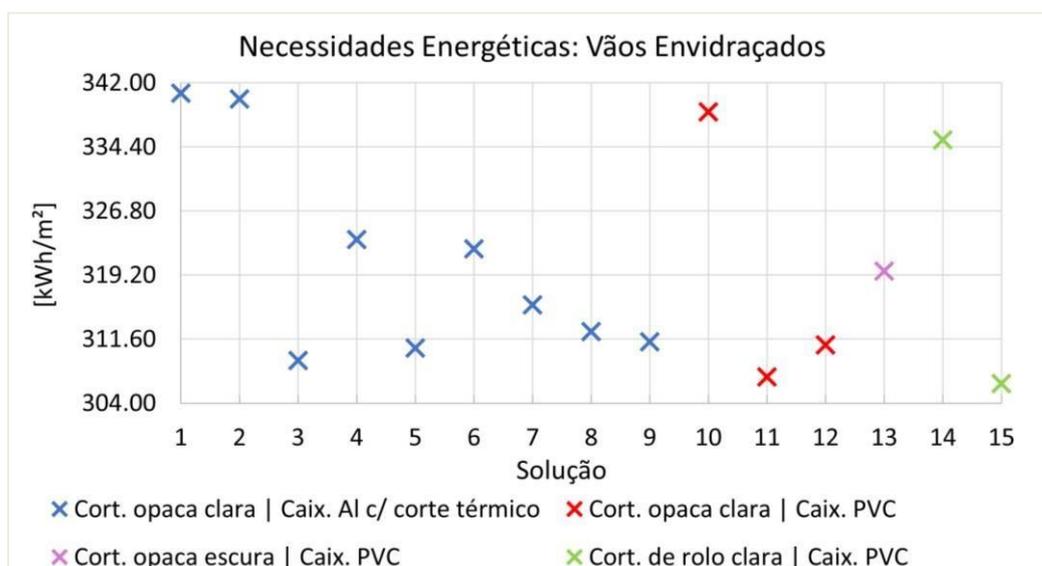


Figura 4.5. Necessidades de energia para o AVAC do edifício em função das soluções testadas para os vãos envidraçados. Valores por m² de área de pavimento dos espaços climatizados.

4.4. Análise de Sistemas de AVAC Alternativos

O subcapítulo que se segue destina-se a apresentar os resultados dos consumos energéticos e do custo anual equivalente obtidos para as alternativas 2, 3 e 4 para os sistemas de AVAC do edifício, visto que a solução 1 já foi abordada no subcapítulo 4.1. As informações quanto às especificidades das fontes de produção e outros equipamentos AVAC encontram-se na Tabela 3.30 e os orçamentos das instalações podem ser consultados no ANEXO C.

À luz do raciocínio usado para a bomba de calor EWYT135B-SSA1 (solução 1), foi elaborada a Tabela 4.6 que descreve o consumo de energia pelo edifício no caso das 4 soluções alternativas testadas para os sistemas de AVAC, posteriormente comparam-se as 4 soluções em termos de consumos de energia para arrefecimento, para aquecimento e o seu total através do recurso à Figura 4.6, Figura 4.7 e Figura 4.8.

Por último, a envolvente opaca e transparente escolhidas para a analisar o consumo dos sistemas AVAC alternativos, encontram-se na Tabela 4.1, admitindo 60 mm

de EPS para o isolamento térmico pelo interior. Desta forma é possível comparar as quatro opções, visto que todas elas têm todas por base a mesma envolvente.

Tabela 4.6. Consumos mensais de energia para as várias soluções testadas de sistemas de AVAC.

Consumos mensais de energia pelo edifício: Bomba de Calor - EWYT135B-SSA (Solução 1) [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Maio | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 1 814 | 2 011 | 2 390 | 3 242 | 3 596 | 9 819 | 15 241 | 17 358 | 10 837 | 2 667 | 2 195 | 2 052 |
| Aquecimento. | 18 361 | 15 919 | 17 178 | 11 090 | 10 948 | 6 874 | 6 594 | 6 445 | 6 383 | 11 437 | 14 889 | 17 488 |
| Total AVAC | 23 131 | 20 583 | 22 509 | 17 196 | 17 499 | 19 603 | 24 874 | 26 841 | 20 113 | 17 005 | 19 913 | 22 472 |
| Valor anual do consumo de energia = 251 739 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

Consumos mensais de energia pelo edifício: Bomba de Calor - EWYQ110G-XS (Solução 2) [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Maio | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 1 756 | 1 946 | 2 313 | 3 137 | 3 480 | 9 503 | 14 749 | 16 798 | 10 487 | 2 581 | 2 124 | 1 986 |
| Aquecimento | 17 233 | 14 941 | 16 123 | 10 408 | 10 275 | 6 451 | 6 189 | 6 049 | 5 991 | 10 734 | 13 974 | 16 413 |
| Total AVAC | 21 944 | 19 540 | 21 376 | 16 410 | 16 710 | 18 864 | 23 977 | 25 885 | 19 371 | 16 216 | 18 927 | 21 331 |
| Valor anual do consumo de energia = 240 552 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

Consumos mensais de energia pelo edifício: Sistema VRV - RXYQ22T + RXYQ24T8 (Solução 3) [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Maio | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 1 310 | 1 452 | 1 726 | 2 341 | 2 597 | 7 092 | 11 007 | 12 536 | 7 826 | 1 926 | 1 585 | 1 482 |
| Aquecimento | 16 452 | 14 264 | 15 392 | 9 936 | 9 809 | 6 159 | 5 909 | 5 775 | 5 719 | 10 247 | 13 341 | 15 669 |
| Total AVAC | 20 333 | 18 036 | 19 687 | 14 764 | 14 976 | 15 742 | 19 497 | 20 892 | 16 035 | 14 742 | 17 412 | 19 720 |
| Valor anual do consumo de energia = 211 836 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

Consumos mensais de energia pelo edifício: Sistema VRV - RXYQ16U (x2) + RXYQ14U (Solução 4) [kWh]

| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Maio | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arrefecimento | 1 151 | 1 275 | 1 515 | 2 056 | 2 281 | 6 227 | 9 665 | 1 108 | 6 872 | 1 691 | 13 92 | 1 301 |
| Aquecimento | 15 424 | 13 372 | 14 430 | 9 315 | 9 196 | 5 774 | 5 539 | 5 414 | 5 362 | 9 607 | 12 507 | 14 690 |
| Total AVAC | 19 145 | 16 967 | 18 514 | 13 857 | 14 047 | 14 492 | 17 785 | 19 003 | 14 723 | 13 867 | 16 867 | 18 560 |
| Valor anual do consumo de energia = 197 345 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

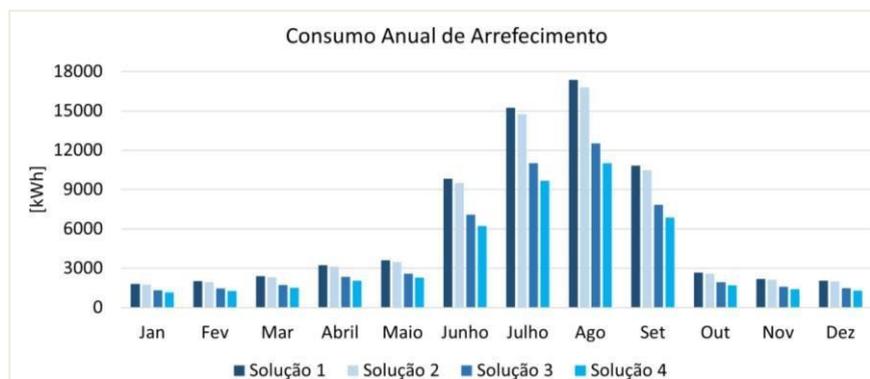


Figura 4.6. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia para arrefecimento da “Solução de Referência” (Solução 1) e as alternativas (Solução 2, 3 e 4).

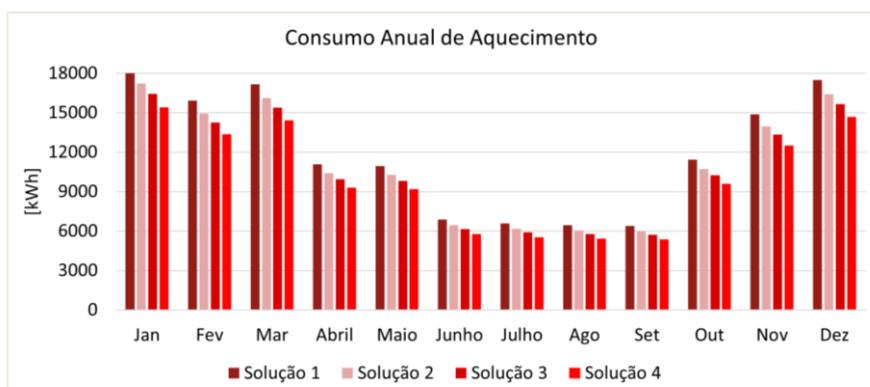


Figura 4.7. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia para aquecimento da “Solução de Referência” (Solução 1) e as alternativas (Solução 2, 3 e 4).

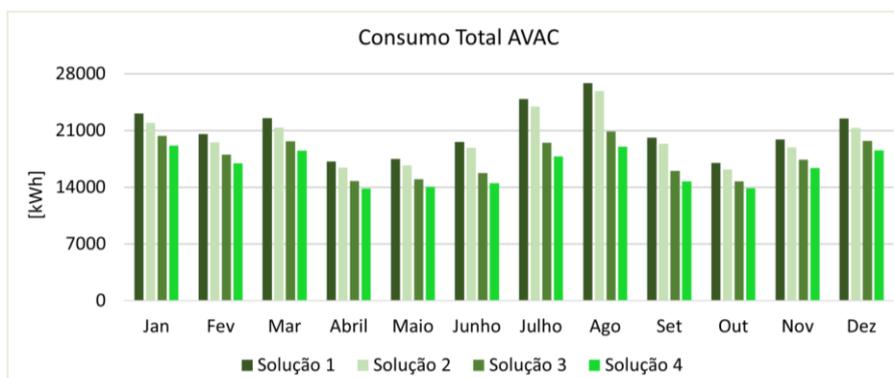


Figura 4.8. Comparação gráfica entre os consumos mensais de energia da “Solução de Referência” (Solução 1) e das alternativas (Solução 2, 3 e 4).

Concluída a apresentação dos consumos de energia pelo edifício com os 4 sistemas técnicos considerados, passa-se à determinação dos respetivos custos anuais equivalentes, da qual se apresenta um resumo na Tabela 4.7. Estes foram obtidos seguindo os mesmos passos e assumindo os mesmos pressupostos com que foi obtido o CAE da

solução 1. À semelhança dos sistemas de AVAC da solução de referência, o investimento global (I_0) das outras três soluções em análise também incluem o custo das máquinas produtoras, das UTAs e dos ventilo-convectores, e também das unidades interiores no caso dos sistemas VRV.

Tabela 4.7. Resumo do cálculo do custo anual equivalente associado aos sistemas de AVAC alternativos à solução 1.

| Sistema de AVAC com Bomba de Calor - EWYQ110G-XS (Solução 2) | | | |
|---|-------------------------|--|-------------------|
| Investimento Global (I_0) | 534, 282.21 € | Taxa de Atualização (i) | 7 %/ano |
| Aquisição de Equipamentos | 152, 652.06 € | Tributações Autónomas (TA) | 0 %/ano |
| Custo de Instalação | 381, 630.15 € | Taxa de imposto (t_i) | 30 % |
| Gastos (G) | 27, 367.42 €/ano | Impostos anuais máximos (IRC) | -8, 210.23 €/ano |
| Custo de Eletricidade | 23, 648.79 €/ano | Período de análise (n_d) | 25 anos |
| Manutenção | 3, 718.63 €/ano | Depreciações Contabilísticas (D_p) | 21, 371.29 €/ano |
| Rendimentos (R) | 0 €/ano | Poupanças Fiscais (PF) | 6, 411.39 €/ano |
| Valor Residual (VR) | | | 0 € |
| <i>Cash-flow (CF)</i> | | | -12, 745.81 €/ano |
| Valor Líquido Atual (VLA) | | | -682, 816.53 € |
| Custo Anual Equivalente (CAE) | | | 58, 592.84 €/ano |
| Sistema VRV - RXYQ22T + RXYQ24T8 (Solução 3) | | | |
| Investimento Global (I_0) | 504, 756.48 € | Taxa de Atualização (i) | 7 %/ano |
| Aquisição de Equipamentos | 168, 252.16 € | Tributações Autónomas (TA) | 0 %/ano |
| Custo de Instalação | 336, 504.32 € | Taxa de imposto (t_i) | 30 % |
| Gastos (G) | 22, 648.03 €/ano | Impostos anuais máximos (IRC) | -6, 794.41 €/ano |
| Custo de Eletricidade | 20, 878.73 €/ano | Período de análise (n_d) | 25 anos |
| Manutenção | 1, 769.30 €/ano | Depreciações Contabilísticas (D_p) | 20, 190.26 €/ano |
| Rendimentos (R) | 0 €/ano | Poupanças Fiscais (PF) | 6, 057.08 €/ano |

| | | | | |
|--|-------------------------|--|------------------|------------------|
| Valor Residual (VR) | | | | 0 € |
| <i>Cash-flow (CF)</i> | | | | -9, 796.54 €/ano |
| Valor Líquido Atual (VLA) | | | | -618, 921.28 € |
| Custo Anual Equivalente (CAE) | | | | 53, 109.96 €/ano |
| Sistema VRV - RXYQ16U(x2) + RXYQ14U (Solução 4) | | | | |
| Investimento Global (I_0) | 538, 461.90 € | Taxa de Atualização (i) | 7 %/ano | |
| Aquisição de Equipamentos | 179, 487.30 € | Tributações Autónomas (TA) | 0 %/ano | |
| Custo de Instalação | 358, 974.60 € | Taxa de imposto (t_i) | 30 % | |
| Gastos (G) | 20, 981.55 €/ano | Impostos anuais máximos (IRC) | -6, 294.47 €/ano | |
| Custo de Eletricidade | 19, 212.25 €/ano | Período de análise (n_d) | 25 anos | |
| Manutenção | 1, 769.30 €/ano | Depreciações Contabilísticas (D_p) | 21, 538.48 €/ano | |
| Rendimentos (R) | 0 €/ano | Poupanças Fiscais (PFD) | 6, 461.54 €/ano | |
| Valor Residual (VR) | | | | 0 € |
| <i>Cash-flow (CF)</i> | | | | -8, 225.55 €/ano |
| Valor Líquido Atual (VLA) | | | | -634, 318.98 € |
| Custo Anual Equivalente (CAE) | | | | 54, 431.24 €/ano |

4.5. Discussão

Ao observar as alternativas para a componente passiva (ver Figura 4.3), conclui-se que o melhor tipo de parede a considerar é a fachada ventilada, pelas vantagens que oferece a nível energético, devido ao sombreamento da envolvente e remoção de humidade. Os resultados presentes na Tabela 4.4 revelam que, para espessuras de isolamento térmico acima de 60 mm, o incremento desta espessura leva a diminuições muito pouco significativas das necessidades de energia. Como tal, afigura-se como recomendável a aplicação de uma espessura de isolamento térmico de 60 mm.

Embora os resultados dos três isolamentos demonstrem uma grande proximidade, o material isolante que traduz o melhor desempenho energético para o tipo de parede escolhido, é a lã de rocha (ver Tabela 4.4). Por outro lado, em termos económicos, este isolamento não é o mais interessante (ver Tabela 3.18). Por sua vez, os resultados

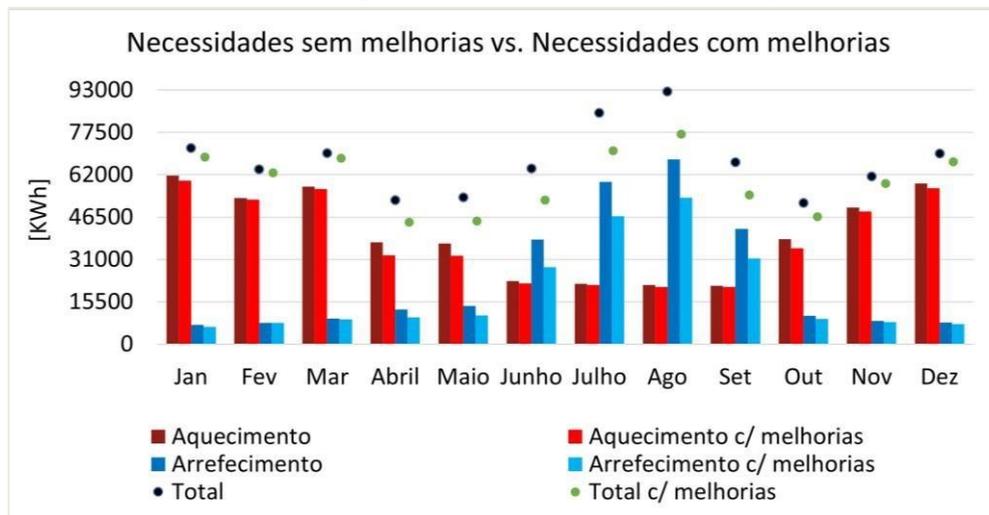
presentes na Tabela 4.4 demonstram que, para a mesma espessura, existem diferenças energéticas mínimas entre os três materiais. O que leva a concluir que não é necessário a solução mais dispendiosa para que o edifício tenha um bom desempenho energético. Assim, afigura-se como melhor opção a aplicação de EPS (poliestireno moldado).

Ainda dentro do domínio da vertente passiva, analisaram-se 15 soluções para os vãos envidraçados. Entre elas, as que reduziram as necessidades energéticas com maior acentuação (ver Tabela 4.5), foram as que estavam equipadas com o vidro azul refletivo exterior e lâmina de ar de 6 mm e vidro incolor interior de 3 mm. Quanto às caixilharias e proteções interiores, a opção que demonstrou ser energeticamente mais eficiente foi a com caixilharia em PVC e cortinas claras de rolo. Assim sendo, e com recurso à Figura 4.5, a solução que representa a maior eficiência é a nº 15 (vidro azul refletivo exterior, lâmina de ar de 6 mm, vidro incolor interior de 3 mm, caixilharia em PVC e cortinas claras de rolo). Para além das suas vantagens energéticas, ao consultar a Tabela 3.19 verifica-se que, em comparação com as outras opções, a solução nº 15 não é das mais onerosas, visto que a sua caixilharia é em PVC, e não em alumínio com corte térmico, cujo preço é muito superior. Desta forma, a solução nº 15 revela-se como a recomendada para os envidraçados das 4 zonas térmica em apreço. Foram então elaboradas a Tabela 4.8 e a Figura 4.9, que exibem a diminuição nas necessidades do edifício, com a implementação das melhorias descritas.

Tabela 4.8 Comparação entre as necessidades de energia da “Solução de Referência” e as necessidades de energia com as melhorias da componente passiva adotadas.

| Necessidades mensais de energia com as soluções construtivas de referência [kWh] | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Mai | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
| Arrefecimento | 7 076 | 7 842 | 9 320 | 12 644 | 14 026 | 38 296 | 59 438 | 67 697 | 42 263 | 10 401 | 8 559 | 8 003 |
| Aquecimento | 61 694 | 53 489 | 57 719 | 37 261 | 36 784 | 23 096 | 22 157 | 21 656 | 21 448 | 38 427 | 50 028 | 58 760 |
| Total AVAC | 71 725 | 63 984 | 69 980 | 52 769 | 53 765 | 64 302 | 84 634 | 92 391 | 66 604 | 51 729 | 61 416 | 69 695 |
| Valor anual do consumo de energia = 802 994 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |
| Necessidades mensais de energia com a envolvente melhorada [kWh] | | | | | | | | | | | | |
| Mês | Jan. | Fev. | Mar. | Abril | Mai | Junho | Julho | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
| Arrefecimento | 6 276 | 7 760 | 9 044 | 9 849 | 10 541 | 28 102 | 46 868 | 53 566 | 31 408 | 9 303 | 8 084 | 7 305 |
| Aquecimento | 59 847 | 52 870 | 56 729 | 32 531 | 32 305 | 22 306 | 21 608 | 20 964 | 20 880 | 35 096 | 48 560 | 57 101 |
| Total AVAC | 68 469 | 62 735 | 68 106 | 44 653 | 45 190 | 52 724 | 70 901 | 76 955 | 54 589 | 46 692 | 58 885 | 66 731 |
| Valor anual do consumo de energia = 716 630 kWh/ano | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.9. Comparação gráfica entre as necessidades de energia da “Solução de Referência” e as necessidades de energia com as melhorias da componente passiva.



Os resultados apresentados na Tabela 4.8 e na Figura 4.9 demonstram que a fachada ventilada, uma espessura de 60 mm de EPS e a solução nº 15 para os vãos envidraçados trazem benefícios energéticos muito significativos, especialmente para o arrefecimento do edifício no verão. Isto porque a envolvente opaca não se encontra em contacto direto com o sol e o tipo de vidros refletivos escolhido é capaz de reduzir uma grande percentagem da entrada de calor. Por conseguinte, nas épocas de verão, quando as necessidades de arrefecimento são maiores, o edifício não irá exigir das fontes de produção um consumo elétrico tão elevado como na “solução de referência”. Contudo, os vãos envidraçados selecionados não irão captar energia solar suficiente para colmatar as exigências de aquecimento. Por esta razão, as necessidades de aquecimento não são tão baixas quanto o desejado. Todavia, face à “solução de referência”, com a envolvente melhorada foi possível reduzir o total das necessidades térmicas anuais em 86 364 kWh, o que representa uma grande poupança de energia elétrica e, também, permite selecionar sistemas AVAC com menores potências.

Este trabalho debruçou-se ainda, na melhoria do conjunto de sistemas de climatização e ventilação do edifício. Com vista a simplificar os processos de comparação energético e económico, assumiu-se que todos os equipamentos de AVAC, fora as máquinas de produção de energia, são iguais. Testaram-se 4 alternativas para os sistemas de AVAC, 2 baseadas numa *Chiller*/Bomba-de-calor (Soluções 1 e 2) e outras 2 num sistema VRV de expansão direta (Solução 3 e 4).

Ao consultar a Tabela 4.6 e a Tabela 4.7, o sistema de AVAC da solução 3 representa a solução mais economicamente viável, pois exibe o menor *CAE* em comparação com todas as alternativas propostas. Não obstante o menor custo a ter com esta solução 3 ao longo do ano, em termos energéticos, a solução 4 consome 14 491 kWh a menos que esta.

Ao examinar os gráficos da Figura 4.6, Figura 4.7 e Figura 4.8 depreende-se que a opção para os sistemas de AVAC que exprime o menor consumo energético é a solução 4. Esta é a melhor solução em termos energéticos devido aos seus elevados coeficientes de performance (SEER e SCOP). Esta solução demonstrou ter a melhor performance energética, reduzindo notavelmente o consumo total pelos sistemas de AVAC em comparação com as outras alternativas. Segundo a Tabela 4.7, apesar de ser necessário um investimento inicial superior, o sistema de AVAC da Solução 4 também se mostra vantajosa a nível económico, apresentando o segundo valor mais baixo do *CAE* (custo anual equivalente) e próximo deste. Em adição, o consumo de energia da referida solução para climatizar e ventilar os espaços reflete, em relação à Solução 1, que as poupanças anuais de energia são capazes de colmatar o seu próprio *CAE*.

Não obstante os favoráveis resultados energéticos aliados a um custo anual pouco elevado, há alguns contras na adoção do sistema VRV (Solução 4) para as zonas térmicas em apreço. Primeiramente, em comparação com os *Chiller/Bomba-de-calor ar-água*, as soluções VRV têm um período de vida mais reduzido, o que pode levar a substituições prematuras e a um trabalho de manutenção mais frequente. Outro aspeto a ter em conta, é o facto de os sistemas de ar-água conseguirem remover calor de um espaço e reaproveitá-lo para uso futuro e assim reduzir custos de energia, ao invés do sistema VRV que não usufrui dessa capacidade de armazenamento. Por último, para zonas térmicas com vastas áreas de pavimento, o sistema VRV pode não ser tão benéfico como se pensa, dada a limitação no comprimento das tubagens de fluido frigorigéneo que esta opção acarreta. Neste tipo de soluções, o uso de tubos demasiado longos traduz perdas significativas na performance do sistema, por ser mais difícil o transporte do fluido frigorigéneo até às unidades interiores do que água [31].

A Figura 4.10 ilustra o consumo elétrico total do edifício, adotando o sistema de AVAC do tipo VRV da solução 4 e com a envolvente otimizada. O gráfico mostra como variam ao longo do ano os consumos relativos às instalações de AVAC, AQS, de iluminação e equipamentos elétricos existentes nos vários espaços. De modo a poderem ser relacionados, apresenta-se também na Figura 4.10 a taxa de ocupação dos espaços em cada mês do ano. Por último, complementa-se a informação da Figura 4.10 com o gráfico circular da Figura 4.11, que exhibe a distribuição percentual do consumo de energia elétrica das 4 zonas em apreço.

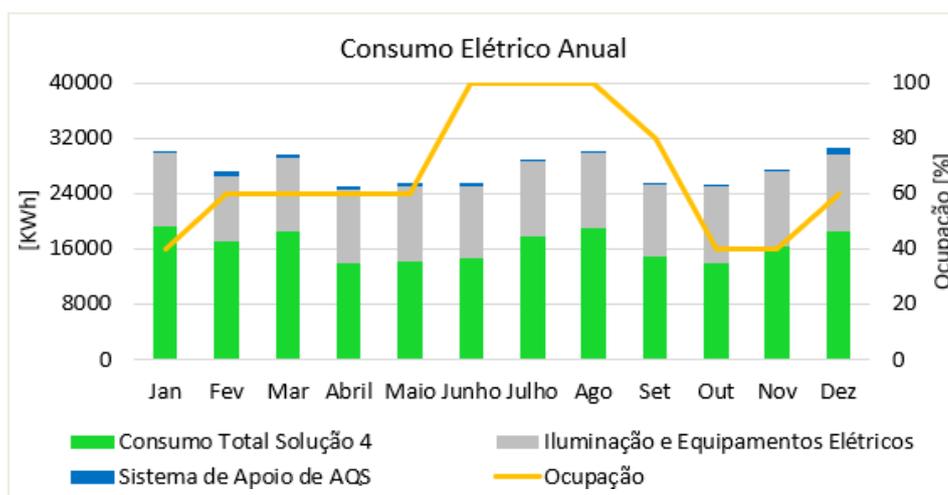


Figura 4.10. Representação gráfica do consumo elétrico das 4 zonas térmicas em apreço e da sua relação com o perfil de ocupação, com a envolvente do edifício melhorada e o sistema VRV da solução 4 instalado.

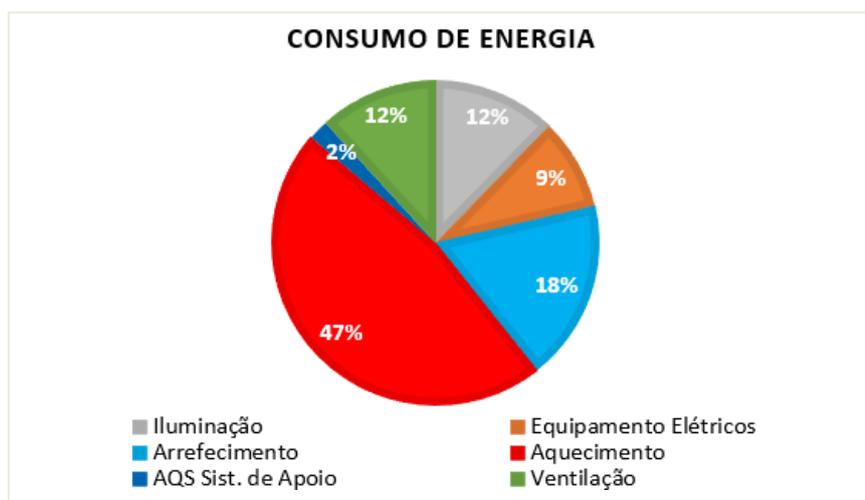


Figura 4.11. Representação percentual dos setores responsáveis pelo consumo de energia elétrica nas 4 zonas térmicas em apreço, com a envolvente do edifício melhorada e o sistema VRV da solução 4 instalado.

5. CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como principal propósito a procura das melhores soluções para as componentes passiva e ativa das zonas de restauração, bar, receção e de apoio ao staff de um aparthotel. A seleção das melhores soluções foi efetuada, em primeiro lugar, recorrendo a critérios energéticos e, em segundo lugar, tendo em consideração a viabilidade económica das mesmas.

Este estudo que assentou em três fases. Na primeira foi feito o levantamento do edifício com recurso às ferramentas de cálculo facultadas pela Engiprior, de modo a caracterizar o edifício e o clima que o abrange. Na segunda definiu-se uma “solução de referência” para a envolvente e para os sistemas de AVAC, com a intenção de traçar um limite máximo aos consumos energéticos. Na terceira, face às várias soluções propostas para ambas as vertentes passiva e ativa, obtiveram-se os respetivos resultados através do *software* HAP. Os mesmos foram comparados com a solução entre si, de forma a selecionar uma solução que além de reduzir o consumo do edifício, representa também uma opção economicamente viável.

Os testes feitos às paredes exteriores concluem que a alternativa que exhibe o melhor comportamento em termos energéticos é a fachada ventilada isolada pelo exterior (na caixa-de-ar entre a proteção exterior e o pano de tijolo).

Face ao aumento de isolamento verificou-se que a regressão das necessidades de aquecimento leva a uma conseqüente progressão das necessidades de arrefecimento. Depreende-se com isto que o balanço entre ambas é crucial na seleção da espessura recomendada de isolamento térmico. Para as zonas térmicas em apreço e para o clima considerado (Alfragide, concelho de Amadora) as necessidades de energia para aquecimento são substancialmente superiores às de arrefecimento. Assim, o aumento da espessura de isolamento térmico é benéfico. No entanto, esta vantagem vai diminuindo à medida que a espessura de isolamento aumenta, enquanto o custo associado a isto aumenta de modo linear. Assim, existe uma espessura a partir da qual deixa de ser economicamente vantajoso aumentar a mesma. Verificou-se que a diferença entre o comportamento energético dos 3 materiais testados (EPS, XPS e lã de rocha) é desprezável. Assim, afigurou-se como mais recomendável a aplicação de 60 mm de EPS (poliestireno moldado).

No âmbito da envolvente transparente, verificou-se que a melhor solução em termos energéticos é a opção por vãos envidraçados compostos por vidro azul refletivo de 6 mm pelo exterior, lâmina de ar de 6 mm, vidro incolor pelo interior de 3 mm, caixilharia em PVC e cortinas claras de rolo.

Compararam-se 4 alternativas para os sistemas de AVAC responsáveis pela climatização dos espaços em apreço. 3 das alternativas eram baseadas num *Chiller*/Bomba-de-calor (Soluções 1 e 2), com distribuição de energia térmica através de circuitos hidráulicos a 4 tubos e ventilo-convectores como unidades terminais. As outras alternativas (Solução 3 e 4) baseavam-se em sistemas do tipo VRV de expansão direta composto por unidades exteriores e unidades interiores (sistemas *multisplit*). Face ao seu melhor desempenho energético que as restantes opções e ao seu razoável custo económico (com o segundo *CAE* mais baixo e muito próximo deste), a Solução 4 afigura-se como a melhor opção para o sistema de climatização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia) (2021), Eficiência Energética - Edifícios, <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/> (acedido em 23 de junho de 2021).
- [2] B. Turner (2007), Kyoto Protocol, In: Turner B. (eds), *The Statesman's Yearbook 2008. The Statesman's Yearbook*, Palgrave Macmillan, London, pp. 75-79, doi:10.1007/978-1-349-74024-6_109.
- [3] Efriarc (2021), Covid-19 | Orientações para o sector, <https://efriarc.pt/comunicacoes-efriarc/covid-19-orientacoes-para-o-sector> (acedido em 24 de junho de 2021).
- [4] A. R. C. S. Ferreira (2012), *Estudo de Soluções de Otimização para Edifícios de Balanço Energético Nulo*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- [5] EU - European Union (2018), Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, *Offic. J. European Union L156* (2018) 75-91.
- [6] A. M. Raimundo, N.B. Saraiva, L.P. Dias, A.C. Rebelo (2021), Market-oriented cost-effectiveness and energy analysis of windows in Portugal, *Energies* 14 (2021) 3720, doi:10.3390/en14133720.
- [7] A.M. Raimundo (2012), Exequibilidade dos edifícios com necessidades quase nulas de energia em clima mediterrânico, *Revista Climatização*, Nº79, pp. 68-72.
- [8] A.M. Raimundo, N.B. Saraiva, A.V.M. Oliveira (2020), Thermal insulation cost optimality of opaque constructive solutions of buildings under Portuguese temperate climate, *Building and Environment* 182 (2020) 107107, doi:10.1016/j.buildenv.2020.107107.
- [9] R. Pacheco, J. Ordóñez, and G. Martínez (2012), Energy efficient design of building: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3559-3573, doi:10.1016/j.rser.2012.03.045.
- [10] C. Becchio, S. P. Corgnati, M. Vio, G. Crespi, L. Prendin, M. Ranieri, D. Vidotto (2017), Toward NZEB by optimizing HVAC system configuration, *Energy Procedia* 140 (2017) 115–126, doi:10.1016/j.egypro.2017.11.128.
- [11] R. Lapis, E. Bozonnet, P. Salagnac, and M. O. Abadie (2018), Optimized design of low-rise commercial buildings under various climates – Energy performance and passive cooling strategies, *Building and Environment* 132 (2018) 83–95, doi:10.1016/j.buildenv.2018.01.029.

- [12] Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho (2021), Requisitos mínimos de desempenho energético da envolvente, dos sistemas técnicos e de ventilação de edifícios, Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação, Diário da República.
- [13] A.M. Raimundo & D.A. Mateus (2011), Soluções construtivas – influência da inércia térmica nos consumos de energia, Revista Materiais de Construção, N.º 153 – Dossier Ecoeficiência, pp. 36-40.
<https://www.apcmc.pt/publicacoes/revista-materiais-de-construcao/>
- [14] DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia) (2021), Guia de utilização do software SCE.ER, <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/sce-er/>.
- [15] CYPE Ingenieros, S.A. (2021), Gerador de preços para construção civil, Portugal, <http://www.geradordeprecos.info/> (acedido em 31 de julho de 2021).
- [16] Carrier (2021), Hourly Analysis Program, Carrier Commercial North America, <https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/>(acedido em 26 de julho de 2021).
- [17] Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013 de 3 de dezembro (2013), Parâmetros para ozonamento climático de Portugal, Diário da República, 2ª série - N.º 234, pp. 35088(26)-35088(31).
- [18] Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro (2016), Alteração à Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações, Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, Diário da República, 1ª série - N.º 24, pp. 378(2)-378(56).
- [19] SCE.CLIMA (2021), Anos meteorológicos de referência para simulação dinâmica de edifícios, Folha de cálculo em Excel para geração de ficheiros climáticos no âmbito do SCE, LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia).
- [20] SCE (2021), Documentação - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, <https://www.sce.pt/documentacao/> (acedido em 22 de julho de 2021).
- [21] Energy Piano (2017), Iluminação LED para interiores - Iluminação interior no setor público e privado, Guia de orientação sobre o projeto PremiumLightPro.
- [22] Hospedin blog (2021), Departamentos, funções e rotina de trabalho na hotelaria, http://blog.hospedin.com/departamentos-funcoes-e-rotina-de-trabalho-na-hotelaria/?fbclid=IwAR0Pm0lg7GPPvmXOI3RDSelZU4tYpFfIMsxzSV3E6ibt xZ7oM_xzdJinQdg (acedido em 11 de agosto de 2021).
- [23] Acepe (2021a), Isolamento pelo interior, <https://acepe.pt/isolamento-pelo-interior/> (acedido em 17 de agosto de 2021).
- [24] Acepe (2021b), Isolamento em parede dupla, <https://acepe.pt/isolamento-em-parede-dupla/> (acedido em 17 de agosto de 2021).
- [25] Acepe (2021c), Isolamento pelo exterior, <https://acepe.pt/isolamento-pelo-exterior/> (acedido em 17 de agosto de 2021).
- [26] A. Bhatia, (1995), “Design Considerations for Hot Water Plumbing Credit: 6 PDH.”, ASHRAE Handbook for pumped recirculation systems and electric heat traced systems, pp. 8-9, <https://www.cedengineering.com/userfiles/Design%20Considerations%20for%20Hot%20Water%20Plumbing.pdf>

- [27] ENERGIE – Energia Solar Termodinâmica (2021), Água quente sanitária – hotelaria, Renováveis Magazine <https://www.energie.pt/pt/noticias/item/90-case-study-energie-hotel-melia>, (acedido em 28 de agosto de 2021)
- [28] “SEER e SCOOP o que significa ? - Blog - Octamaintenance pt.” <https://octamaintenance.pt/blog/?seer-e-scoop-o-que-significa--> (accessed Sep 05, 2021).
- [29] Eurostat (2021), Electricity prices for non-household consumers, second half 2020 (EUR per kWh), v1.png - Statistics Explained, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Electricity_prices_for_non-household_consumers,_second_half_2020_\(EUR_per_kWh\)_v1.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Electricity_prices_for_non-household_consumers,_second_half_2020_(EUR_per_kWh)_v1.png), (acedido em 7 de setembro de 2021).
- [30] António Raimundo (2020), Elementos de apoio ao estudo de Economia e Gestão Industrial, Mestrado integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [31] Plumbing and Mechanical (2021), Hydronic vs. VRF - which, when and why?, <https://www.pmmag.com/articles/100840-hydronic-vs-vrf---which-when-and-why> (acedido em 27 de setembro de 2021).

ANEXO A

Cronograma diário da utilização de AQS por espaço em litros por hora.

| Horas[h] | Utilização de AQS | Caudal AQS [L/h] |
|----------|---|------------------|
| 00h | Copa Bar; Balcão Bar; Instalações Sanitárias; Balneários; Copa Suja; Copa Limpa | 1435 |
| 01h | Copa Bar; Balcão Bar; Instalações Sanitárias; Copa Suja; Copa Limpa | 334 |
| 02h | Copa Bar; Balcão Bar; Instalações Sanitárias | 334 |
| 03h | Copa Bar; Balcão Bar; Instalações Sanitárias | 334 |
| 04h | Instalações Sanitárias | 3 |
| 05h | Instalações Sanitárias | 3 |
| 06h | Instalações Sanitárias | 3 |
| 07h | Instalações Sanitárias; Balneários | 1117 |
| 08h | Instalações Sanitárias; Balneários; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa | 1358 |
| 09h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa | 223 |
| 10h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa | 223 |
| 11h | Instalações Sanitárias; Copa Babysitting; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa | 265 |
| 12h | Instalações Sanitárias; Copa Babysitting; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa | 265 |
| 13h | Instalações Sanitárias; Copa Babysitting; Instalações Sanitárias Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar; Copa Suja; Copa Limpa | 386 |
| 14h | Instalações Sanitárias; Copa Babysitting; Instalações Sanitárias Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar; Copa Suja; Copa Limpa | 386 |
| 15h | Instalações Sanitárias; Balneários; Instalações Sanitárias Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar | 1280 |
| 16h | Instalações Sanitárias; Balneários; Instalações Sanitárias Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar | 1280 |
| 17h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar | 187 |
| 18h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar | 179 |
| 19h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Babysitting; Balcão Bar; Copa Bar | 187 |
| 20h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa; Balcão Bar; Copa Bar | 378 |
| 21h | Instalações Sanitárias; Instalações Sanitárias Babysitting; Copa Babysitting; Copa Suja; Copa Limpa; Balcão Bar; Copa Bar | 386 |
| 22h | Instalações Sanitárias; Copa Suja; Copa Limpa; Balcão Bar; Copa Bar | 334 |
| 23h | Instalações Sanitárias; Copa Suja; Copa Limpa; Balcão Bar; Copa Bar; Balneários | 1435 |

ANEXO B

Relatório de simulação da folha de cálculo “SCE.ER”.



Direção Geral de Energia e Geologia

| Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico | | | | | | | | | | | | | | | 1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|--------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| Sumário | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalação em Lisboa (Lisboa) 100 coletores BAXI MEDITERRANEO SLIM 200 » painel de 192,0 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 6000 l, modelo Lapesa MXV6000SB/SSB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidades de energia: AQS Energia útil solicitada: 45 356 kWh - satisfeitas por origem solar 40 217 kWh - satisfeitas pelo apoio 5 139 kWh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 25% produtividade: 419 kWh/m ² perdas: 26% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Local e clima | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NUTS III: Grande Lisboa Município: Lisboa Local: Lisboa elevação: 50 m albedo: 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Configuração do sistema solar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 192,0 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 6000 litros, apoio de montagem em série com controlo modulante. Circuito primário com 378 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 55 mm, isolamento em poliuretano com 40 mm de espessura. Bombas de 210 W, garantindo um caudal nominal de 45 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante. 100 coletores BAXI MEDITERRANEO SLIM 200 - certificado 078/000266 de AENOR (ES), dados inseridos por (válido até 2021-02-16). Área de abertura 1,92 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,86 W/m ² K e a2 = 0,017 W/m ² K ² , rendimento ótico = 73%. 1 depósito de modelo Lapesa MXV6000SB/SSB, com capacidade 6000 litros, em posição; coeficiente de perdas térmicas global = 27,9 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 90°C. Apoio energético fornecido por sistema elétrico (l) com eficiência nominal 100%. Água quente distribuída por tubagens de calibre 50 mm isoladas por lã de vidro com espessura 10 mm, com 100 m entre depósito e pontos de consumo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidades de água quente (em litros) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>maí</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>litros</td></tr> <tr><td>6</td><td>44</td><td>65</td><td>60</td><td>60</td><td>76</td><td>98</td><td>109</td><td>109</td><td>87</td><td>44</td><td>44</td><td>65</td><td>litros</td></tr> <tr><td>7</td><td>131</td><td>196</td><td>180</td><td>180</td><td>229</td><td>295</td><td>327</td><td>327</td><td>262</td><td>131</td><td>131</td><td>196</td><td>litros</td></tr> <tr><td>8</td><td>131</td><td>196</td><td>180</td><td>180</td><td>229</td><td>295</td><td>327</td><td>327</td><td>262</td><td>131</td><td>131</td><td>196</td><td>litros</td></tr> <tr><td>9</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>10</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>11</td><td>44</td><td>65</td><td>60</td><td>60</td><td>76</td><td>98</td><td>109</td><td>109</td><td>87</td><td>44</td><td>44</td><td>65</td><td>litros</td></tr> <tr><td>12</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>13</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>14</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>15</td><td>131</td><td>196</td><td>180</td><td>180</td><td>229</td><td>295</td><td>327</td><td>327</td><td>262</td><td>131</td><td>131</td><td>196</td><td>litros</td></tr> <tr><td>16</td><td>131</td><td>196</td><td>180</td><td>180</td><td>229</td><td>295</td><td>327</td><td>327</td><td>262</td><td>131</td><td>131</td><td>196</td><td>litros</td></tr> <tr><td>17</td><td>44</td><td>65</td><td>60</td><td>60</td><td>76</td><td>98</td><td>109</td><td>109</td><td>87</td><td>44</td><td>44</td><td>65</td><td>litros</td></tr> <tr><td>18</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>19</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>20</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>21</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>22</td><td>87</td><td>131</td><td>120</td><td>120</td><td>153</td><td>196</td><td>218</td><td>218</td><td>175</td><td>87</td><td>87</td><td>131</td><td>litros</td></tr> <tr><td>23</td><td>175</td><td>262</td><td>240</td><td>240</td><td>306</td><td>393</td><td>437</td><td>437</td><td>349</td><td>175</td><td>175</td><td>262</td><td>litros</td></tr> <tr><td>24</td><td>175</td><td>262</td><td>240</td><td>240</td><td>306</td><td>393</td><td>437</td><td>437</td><td>349</td><td>175</td><td>175</td><td>262</td><td>litros</td></tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | jan | fev | mar | abr | maí | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | | 1 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | 6 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | 7 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | 8 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | 9 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 10 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 11 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | 12 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 13 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 14 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 15 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | 16 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | 17 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | 18 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 19 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 20 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 21 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 22 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | 23 | 175 | 262 | 240 | 240 | 306 | 393 | 437 | 437 | 349 | 175 | 175 | 262 | litros | 24 | 175 | 262 | 240 | 240 | 306 | 393 | 437 | 437 | 349 | 175 | 175 | 262 | litros |
| | jan | fev | mar | abr | maí | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 131 | 196 | 180 | 180 | 229 | 295 | 327 | 327 | 262 | 131 | 131 | 196 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 44 | 65 | 60 | 60 | 76 | 98 | 109 | 109 | 87 | 44 | 44 | 65 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 87 | 131 | 120 | 120 | 153 | 196 | 218 | 218 | 175 | 87 | 87 | 131 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 175 | 262 | 240 | 240 | 306 | 393 | 437 | 437 | 349 | 175 | 175 | 262 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 175 | 262 | 240 | 240 | 306 | 393 | 437 | 437 | 349 | 175 | 175 | 262 | litros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação

2/2

Aproveitamento do recurso solar

| radiação solar direta | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
|------------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|
| horizontal (à superfície) | 1,3 | 1,8 | 2,7 | 3,9 | 4,4 | 5,3 | 6,0 | 4,8 | 3,8 | 2,1 | 1,6 | 0,9 | 3,2 kWh/m ² .dia |
| incidente nos coletores | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,3 | 4,1 | 4,6 | 5,3 | 4,9 | 4,6 | 3,1 | 2,9 | 1,9 | 3,7 kWh/m ² .dia |
| absorvida pelos coletores | 2,4 | 2,9 | 3,4 | 4,0 | 3,7 | 4,0 | 4,6 | 4,6 | 4,4 | 3,0 | 2,8 | 1,8 | 3,5 kWh/m ² .dia |
| radiação solar global | média | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
| no topo da atmosfera | 4,5 | 5,9 | 7,9 | 9,8 | 11,1 | 11,6 | 11,3 | 10,2 | 8,5 | 6,6 | 4,8 | 4,0 | 8,0 kWh/m ² .dia |
| na horizontal (à superfície) | 2,2 | 3,1 | 4,5 | 5,8 | 6,8 | 7,6 | 7,9 | 6,7 | 5,4 | 3,6 | 2,5 | 1,8 | 4,8 kWh/m ² .dia |
| incidente nos coletores | 3,7 | 4,5 | 5,5 | 6,2 | 6,5 | 6,9 | 7,3 | 6,9 | 6,4 | 4,9 | 4,1 | 2,9 | 5,5 kWh/m ² .dia |
| absorvida pelos coletores | 3,3 | 4,0 | 4,8 | 5,5 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 6,1 | 5,7 | 4,3 | 3,6 | 2,6 | 4,8 kWh/m ² .dia |

Desempenho energético

| temperaturas | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| ambiente | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 21 | 23 | 23 | 22 | 19 | 15 | 13 | 17 °C |
| abastecimento de água | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 19 | 20 | 20 | 20 | 18 | 16 | 15 | 17 °C |
| base do armazenamento | 49 | 51 | 58 | 65 | 60 | 62 | 82 | 79 | 82 | 73 | 67 | 54 | 71 °C |
| topo do armazenamento | 60 | 62 | 69 | 77 | 74 | 77 | 49 | 50 | 50 | 50 | 51 | 53 | 51 °C |
| pretendida no consumo | 52 | 51 | 50 | 51 | 51 | 49 | | | | | | | |
| massas | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
| energia primária () | 1964 | 2944 | 2700 | 2701 | 3440 | 4417 | 4907 | 4906 | 3929 | 1963 | 1964 | 2940 | 3233 litros/dia |
| extraída do armazenamento | 1169 | 1506 | 1630 | 1441 | 2117 | 2426 | 2379 | 2523 | 2028 | 1165 | 983 | 1034 | 1701 litros/dia |
| nota: adicionada | 796 | 1438 | 1070 | 1260 | 1323 | 1991 | 2528 | 2382 | 1901 | 798 | 982 | 1906 | 1532 litros/dia |
| balanços de energia | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | anual |
| - Sistema solar | | | | | | | | | | | | | |
| nota: radiação solar na horizontal | 6653 | 8397 | 13267 | 16654 | 20296 | 21949 | 23482 | 19986 | 15487 | 10767 | 7210 | 5245 | 169391 kWh |
| energia primária (radiação solar incidente) | 11036 | 12160 | 16330 | 17960 | 19454 | 19894 | 21707 | 20640 | 18437 | 14625 | 11686 | 8654 | 192582 kWh |
| energia solar captada | 3500 | 3786 | 5019 | 5958 | 6157 | 6711 | 7559 | 7602 | 6309 | 4132 | 3370 | 2784 | 62885 kWh |
| perdas térmicas no circuito primário | 299 | 335 | 450 | 503 | 526 | 541 | 617 | 574 | 533 | 427 | 339 | 240 | 5384 kWh |
| perdas térmicas no armazenamento | 733 | 700 | 921 | 1044 | 993 | 1014 | 1160 | 1088 | 1115 | 1017 | 848 | 623 | 11256 kWh |
| consumos elétricos parasíticos | 34 | 37 | 42 | 41 | 49 | 49 | 5971 | 6034 | 4849 | 3149 | 2554 | 2140 | 48376 kWh |
| energia final (calor de origem solar) | 2673 | 2957 | 3904 | 3976 | 4849 | 5321 | | | | | | | |
| - Sistema de apoio | | | | | | | | | | | | | 5943 |
| energia primária (eletricidade via SEP) | 1749 | 2616 | 659 | 724 | 239 | 13 | | 283 | 58 | 111 | 1517 | | 13911 kWh |
| - Circuito de distribuição | | | | | | | | | | | | | 58 |
| perdas térmicas | 17 | 25 | 6 | 7 | 2 | 0 | | 3 | 1 | 1 | 15 | | 136 kWh |
| - Fornecimento de água quente | | | | | | | | | 4526 | 2472 | 2239 | 2830 | 45356 kWh |
| necessidades (consumo de energia útil) | 2382 | 3245 | 3647 | 3489 | 4523 | 5021 | 5461 | | | | | | |
| energia de origem solar (útil) | 2121 | 2570 | 3141 | 3062 | 4110 | 4641 | 5125 | 55225 | 4154 | 2247 | 1941 | 1918 | 40217 kWh |
| energia com origem no apoio (útil) | 261 | 675 | 506 | 427 | 413 | 380 | 336 | 188 | 372 | 225 | 298 | 912 | 5139 kWh |

Desempenho global do sistema

| | | |
|--|---|---|
| fracção solar | 89% em termos de energia útil |  |
| produtividade | 419 kWh/m ² de colector |  |
| i.e. | 30% da produtividade limite dos colectores, 1386 kWh/m ² |  |
| rendimento - definição física | 25% em relação à energia solar no plano dos colectores |  |
| rendimento - definição estatística | 24% em relação à energia solar na horizontal |  |
| perdas térmicas e consumos parasíticos | 27% da energia solar captada |  |

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

ANEXO C



| Material | Descrição | Qtd | Preço líq.unit. | Preço líquido total |
|------------------|---------------------------------------|-----|-----------------|---------------------|
| EWYT135B-SSA1000 | BOMBA DE CALOR AR-ÁGUA SCROLL R32 | 1 | 16.985,80 € | 16.985,80 € |
| OPTION-04 | ARRANCADOR DIRETO (DOL) | 1 | Incluído | |
| OPTION-10 | DUPLO SET POINT | 1 | Incluído | |
| OPTION-128 | FUNCIONAMENTO MESTRE/ESCRAVO | 1 | Incluído | |
| OPTION-20 | KIT VICTAULIC DO EVAPORADOR | 1 | Incluído | |
| OPTION-29 | ISOLAMENTO DO EVAPORADOR 20 MM | 1 | Incluído | |
| OPTION-49 | ALHETAS ALUMÍNIO REVESTIDAS A EPOXI | 1 | Incluído | |
| OPTION-57 | RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO EVAPORADOR | 1 | Incluído | |
| OPTION-60 | VÁLVULA DE EXPANSÃO ELETRÓNICA | 1 | Incluído | |
| OPTION-67 | SENSOR TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR | 1 | Incluído | |
| OPTION-68 | CONTADOR HORÁRIO | 1 | Incluído | |
| OPTION-69 | CONTACTOR DE AVARIA GERAL | 1 | Incluído | |
| OPTION-70 | Alarm from External Device | 1 | Incluído | |
| OPTION-97 | PORTA BLOQUEIO INTERR. CORTE GERAL | 1 | Incluído | |
| OPTION-99 | REGUL. VELOC. VENTILAD. + MODO SILENC | 1 | Incluído | |
| OPTION-15 | CONTROLO DE SUB/SOBRETENSÃO | 1 | 143,26 € | 143,26 € |
| OPTION-58 | INTERRUPTOR DE CAUDAL DO EVAPORADOR | 1 | 176,69 € | 176,69 € |
| OPTION-75 | SUPORTES ANTI-VIBRAÇÃO EM BORRACHA | 1 | 233,99 € | 233,99 € |
| | | | Subtotal | 17.539,74 € |

| Sistema VRV da Solução 3 | | | | |
|---------------------------------|--|------------|------------------------|----------------------------|
| Material | Descrição | Qtd | Preço líq.unit. | Preço líquido total |
| RXYQ12T | UE B.calor VRV R410A 12CV 400V | 1 | 6.012,89 € | 6.012,89 € |
| RXYQ10T | UE B.calor VRV R410A 10CV 400V | 1 | 5.074,03 € | 5.074,03 € |
| RXYQ16T | UE B.calor VRV R410A 16CV 400V | 1 | 8.374,99 € | 8.374,99 € |
| RXYQ8T8 | UE B.calor VRV R410A 8CV 400V | 1 | 4.030,52 € | 4.030,52 € |
| FXFQ20B | UI Cassete 8vias RFlow VRV R410A 2,2kW | 2 | 544,18 € | 1.088,36 € |
| FXFQ32B | UI Cassete 8vias RFlow VRV R410A 3,6kW | 3 | 562,12 € | 1.686,36 € |
| FXFQ40B | UI Cassete 8vias RFlow VRV R410A 4,5kW | 1 | 612,95 € | 612,95 € |
| FXFQ50B | UI Cassete 8vias RFlow VRV R410A 5,6kW | 4 | 651,82 € | 2.607,28 € |
| FXFQ63B | UI Cassete 8vias RFlow VRV R410A 7,1kW | 1 | 681,72 € | 681,72 € |
| FXLQ32P | UI Chão C/movel VRV R410A 3,6kW | 8 | 849,16 € | 6.793,28 € |
| FXLQ40P | UI Chão C/movel VRV R410A 4,5kW | 6 | 873,08 € | 5.238,48 € |
| FXLQ63P | UI Chão C/movel VRV R410A 7,1kW | 4 | 911,95 € | 3.647,80 € |
| KHRQ22M20T | Derivador B.calor VRV Capacid. <201 | 7 | 47,74 € | 334,18 € |
| KHRQ22M29T9 | Derivador B.calor VRV Cap. 201~290 | 6 | 47,74 € | 286,44 € |
| KHRQ22M64T | Derivador B.calor VRV Cap. 291~640 | 13 | 47,74 € | 620,62 € |
| KHRQ22M75T | Derivador B.calor VRV Capacid. >640 | 1 | 47,74 € | 47,74 € |
| DCM601A51 | Intelligent Touch Manager | 1 | 1.844,81 € | 1.844,81 € |
| BHFQ22P1007 | Kit Ligação 2modulos VRV B.calor | 2 | 105,71 € | 211,42 € |
| BRC1H52W | Comando por cabo AC design branco | 29 | 68,20 € | 1.977,80 € |
| BYCQ140E | Painel decor.básico FCAG/FXFQ | 11 | 245,52 € | 2.700,72 € |
| Subtotal | | | | 53.872,39 € |

| Unidades de Tratamento de Ar | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------------|----------------------------|
| Material | Descrição | Qtd | Preço líq.unit. | Preço líquido total |
| UVR Zona Staff | | | | |
| ADT07F | ADT03FDI-80 - 2200 m3/h-REV1 | 1 | 18.020,13 € | 18.020,13 € |
| ADT07F_OPTIO NS | ADT07FRD1-21-861418- OPTIONS-REV1 | 1 | 445,11 € | 445,11 € |
| ERQ250AW1 | UE B.calor p/ UTA R410A 10CV 400V | 2 | 4.235,22 € | 8.470,44 € |
| UTA Zona de Estar | | | | |
| ADT10F | ADT04FDI-125 - 3600 m3/h-REV1 | 1 | 24.806,57 € | 24.806,57 € |
| ADT10F_OPTIO NS | ADT10FRD1-21-861409- OPTIONS-REV1 | 1 | 555,91 € | 555,91 € |
| ERQ250AW1 | UE B.calor p/ UTA R410A 10CV 400V | 2 | 4.235,22 € | 8.470,44 € |
| UTA Restaurante | | | | |
| ADT08F | ADT04FDI-140 - 4100 m3/h-REV1 | 1 | 20.421,61 € | 20.421,61 € |
| ADT08F_OPTIO NS | ADT08FRD1-21-861363- OPTIONS-REV1 | 1 | 490,28 € | 490,28 € |
| ERQ250AW1 | UE B.calor p/ UTA R410A 10CV 400V | 2 | 4.235,22 € | 8.470,44 € |
| UTA Bar | | | | |
| ADT06F | ADT03FDI-125 - 3200 m3/h-REV1 | 1 | 16.572,59 € | 16.572,59 € |
| ADT06F_OPTIO NS | ADT06FRD1-21-861162- OPTIONS-REV1 | 1 | 406,59 € | 406,59 € |

Projeto energeticamente eficiente das zonas de receção, restauração, bar e apoio ao pessoal de um Aparthotel

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---|-----------------|---------------------|
| ERQ200AW1 | UE B.calor p/ UTA R410A 8CV 400V | 2 | 3.624,83 € | 7.249,66 € |
| | | | Subtotal | 114.379,77 € |

Ventiloconvectores

| Material | Descrição | Qtd | Preço líq.unit. | Preço líquido total |
|----------|-----------------------------------|-----|-----------------|---------------------|
| FWT04GT | FANCOIL<NO COMP<2PIPE | 14 | 245,52 € | 3.437,28 € |
| FWT03GT | FANCOIL<NO COMP<2PIPE | 3 | 211,42 € | 634,26 € |
| FWT06GT | FANCOIL<NO COMP<2PIPE | 7 | 317,13 € | 2.219,91 € |
| MERCA | Comando p/ cabo - FWT-CT/FWF-CT | 24 | 75,02 € | 1.800,48 € |
| FWF02BT | UI Cassete 4Vias 60x60 2T 2kW | 1 | 419,43 € | 419,43 € |
| FWF03BT | UI Cassete 4Vias 60x60 2T 3kW | 1 | 446,71 € | 446,71 € |
| FWC06BT | UI Cassete 8vias/ 2T 6kW | 3 | 576,29 € | 1.728,87 € |
| FWC09BT | UI Cassete 8vias/ 2T 9kW | 1 | 685,41 € | 685,41 € |
| BYCQ140C | Painel decorativo FWC-B | 4 | 105,71 € | 422,84 € |
| BYFQ60B3 | Painel decorat. standard FFQ/FXZQ | 2 | 180,73 € | 361,46 € |
| EKRP1C11 | Placa controlo de opcionais | 6 | 47,74 € | 286,44 € |
| BRC315D | Comando remoto por cabo FWF/FWB | 6 | 68,20 € | 409,20 € |
| | | | Subtotal | 12.852,29 € |



PINTO & CRUZ

| Bomba de Calor da Solução 2 | | | | |
|--|--|----|-----------------|-------------------|
| Climatização Edifício ApartHotel Alfragide_Solução Ar-Água | | | | |
| 1. | SISTEMAS ENERGÉTICOS AR-ÁGUA | | | |
| 1.1.1. | B. Calor DAIKIN - Modelo EWYQ110G-XS, composto por: - Arrancador Direto (DOL) - Duplo Set Point - Funcionamento Mestre/escravo - Kit victraulic do evaporador - Resistência elétrica do evaporador - Válvula de expansão eletrónica - Sensor temperatura ambiente exterior - Contador horário - Contactor de avaria geral - Alarm from external device - Porta bloqueio interr. corte geral - Regul. Veloc. Ventilad + Modo Silencioso | un | 1,00 | 25 420,0 € |
| | | | Subtotal | 25 420,0 € |

| | Sistema VRV da Solução 4 | Unid. | Quantid. | Total |
|-----------|---|-------|----------|-------------|
| | Climatização Edifício ApartHotel Alfragide_Solução | | | |
| 1. | SISTEMAS ENERGÉTICOS CENTRALIZADOS (VRV) | | | |
| 1.1 | Unidades Exteriores a dois tubos: | | | |
| 1.1.1 | DAIKIN - Modelo RXYQ16T - UE B.calor VRV R410A 16CV 400V | un | 2,00 | 23 808,14 € |
| 1.1.2 | DAIKIN - Modelo RXYQ14T - UE B.calor VRV R410A 14CV 400V | un | 1,00 | 10 519,79 € |
| 1.1.3 | Kit Ligação 3 Módulos VRV B. Calor - BHFQ22P1517 | un | 1,00 | 399,64 € |
| | | | Subtotal | 34 727,57 € |

APÊNDICE A

Consumo máximo de energia de iluminação novos no setor público e privado, retirada de “Iluminação LED para interiores”, *Premium Light Pro* [21]

| Tipo de edificio e divisão | | Máximo W/m ² |
|--|---------------------------------|----------------------------|
| Arte | Teatro | 5.8 |
| | Salão | 5.8 |
| | Sala de exposições | 5.8 |
| Hospital | Quarto de paciente | 5.6 |
| | Sala de observações | 10.3 |
| | Sala de tratamentos | 10.3 |
| Hotel | Quarto | 6.4 |
| | Lobby | 5.5 |
| Escritório | Gabinete individual ou de grupo | 10.3 |
| | Gabinete grande | 8.1 |
| | Sala de reuniões | 10.3 |
| | Hall | 5.9 |
| Restaurante | Restaurante | 4.9 |
| | Cafetaria | 2.9 |
| | Cozinha em restaurante | 15.5 |
| | Cozinha em cafetaria | 12.1 |
| Loja | Vendas de comida | 12.3 |
| | Loja | 12.3 |
| | Venda de mobiliário | 9.9 |
| Escola | Sala de aulas | 9.1 |
| | Sala de professores | 6.2 |
| | Laboratórios | 9.1 |
| Desporto | Ginásio | 9.3 |
| | Sala de fitness | 5.3 |
| | Piscinas | 6.0 |
| Parques de estacionamento, e outros | Zona de tráfego | 2.9 |
| | Zona de tráfego em Hospital | 5.9 |
| | Escadas | 2.5 |
| | Exterior dos edifícios | 4.2 |
| | Cozinha, Sala de chá | 5.0 |
| | WC, Duche | 8.2 |
| | WC | 8.2 |
| | Vestiário, balneário | 4.7 |
| | Parque de carros | 1.2 |
| | Lavandaria | 7.0 |
| | Sala de climatização | 2.3 |
| | Sala de servidores | 2.8 |

APÊNDICE B

Tabela de necessidades de águas quentes sanitárias por dispositivo e tipologia de edifício em galões por hora (Fonte: ASHRAE Applications Handbook, 2003, Chapter45, Table 9)

Hot Water Demand per Fixture (Gallons of water per hour (GPH) 140°F)

| Fixture Type | Apartment | Club | Gym | Hospital | Hotel | Industry | Office | School |
|--------------------------|-----------|--------|-----|----------|--------|----------|--------|--------|
| Basin (lavatory private) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Basin (lavatory public) | 4 | 6 | 8 | 6 | 8 | 12 | 6 | 15 |
| Bathtub | 20 | 20 | 30 | 20 | 20 | - | - | - |
| Dishwasher | 15 | 50-150 | - | 50-150 | 50-200 | 20-100 | - | 20-100 |
| Foot basin | 3 | 3 | 12 | 3 | 3 | 12 | - | 12 |
| Kitchen Sink | 10 | 20 | - | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| Laundry | 20 | 28 | - | 28 | 28 | - | - | 28 |
| Pantry Sink | 5 | 10 | - | 10 | 10 | - | 10 | 10 |
| Shower | 30 | 150 | 225 | 75 | 75 | 225 | 30 | 225 |
| Service Sink | 20 | 20 | - | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| Hydrotherapeutic Shower | - | - | - | 400 | - | - | - | - |
| Circular Wash Sink | - | - | - | 20 | 20 | 30 | 20 | - |
| Semicircular Wash Sink | - | - | - | 10 | 10 | 15 | 10 | - |