



ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**



## **Optimização da Gestão de Energia e da Segurança de um Edifício baseada num Sistema Técnico Centralizado**

**JOÃO MIGUEL CLEMENTE DOS SANTOS**

(Mestre em Electrotécnica e de Computadores Perfil Electrónica e Computadores)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica Perfil Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio

Vogais:

Doutor Jorge Mendonça e Costa

Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Setembro de 2014**



ISEL

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**



## **Optimização da Gestão de Energia e da Segurança de um Edifício baseada num Sistema Técnico Centralizado**

**JOÃO MIGUEL CLEMENTE DOS SANTOS**

(Mestre em Electrotécnica e de Computadores Perfil Electrónica e Computadores)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica Perfil Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor Rui Pedro Chedas Sampaio

Vogais:

Doutor Jorge Mendonça e Costa

Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Setembro de 2014**

## **Resumo**

O presente trabalho surge no âmbito do projecto final de curso Mestrado em Engenharia Mecânica Perfil Energia, Refrigeração e Climatização. O projecto consiste na Optimização da Gestão de Energia e da Segurança de um Edifício baseada num Sistema Técnico Centralizado.

O objectivo do trabalho é o desenvolvimento de soluções para uma moradia eficiente em termos energéticos, com minimização de desperdícios e optimização de consumos. Tendo como princípio utilização de tecnologias, como a domótica, a gestão técnica centralizada e os sistemas que permitem produzir energia através de energias renováveis.

Foi desenvolvido tendo em conta o enquadramento energético em Portugal e na Europa, face as directrizes e regulamentos aplicáveis ao caso de estudo. Verificou-se ainda alguns dos sistemas e tecnologias disponíveis, passivos ou activos, assim como quais as suas vantagens e desvantagens na utilização das tecnologias abordadas.

Algumas das tecnologias referenciadas não apresentam apenas a possibilidade de reduzir a energia consumida num edifício, também disponibilizam conforto e segurança para os ocupantes e edifícios.

O trabalho termina com um caso de estudo, onde foi possível confirmar quais as vantagens e desvantagens na utilização das tecnologias aplicáveis numa moradia tradicional, realizou-se também uma análise do REH e uma simulação dinâmica.

Palavras-Chaves: Domótica; GTC; REH; Eficiência Energética

## **Abstract**

This report comes as part of the final project of the Master in Mechanical Engineering Profile of Energy, Refrigeration and HVAC. The project consists in the Optimization of Energy Management and the Safety of a building based on a Centralized Technical Management.

The purpose of this work is the development an efficient housing in terms of energy with waste minimization and optimization of consumption. Having the principal use of technologies such as home automation, centralized technical management and systems will produce energy through renewable energy.

Was developed taking into account the energy framework in Portugal and Europe into account the directrix and regulations applicable to the case study. There were still some of the available technologies and systems, passive or active, and what their advantages and disadvantages in the use of the technologies discussed.

Some of the technologies referenced not only have the potential to reduce the energy consumed in a building also provide comfort and safety for occupants and buildings.

The work ends with a case study where it was possible to confirm the advantages and disadvantages in the use of technologies applicable in a traditional townhouse, also performed an analysis of the REH and a dynamic simulation.

**Key Words:** Home Automation, GTC; REH; Energy Efficiency

## **Agradecimentos**

Os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que directamente ou indirectamente, contribuíram para a realização deste relatório de final de curso.

A toda a minha família pelo apoio, paciência, compreensão e incentivo demonstrado, sempre constantes em todo o percurso da elaboração do projecto.

À minha mulher, Maria José, pelo constante apoio e pela compreensão demonstrada.

Um enorme agradecimento ao professor José Sobral pela excelente orientação dada ao longo de todo o percurso do relatório.

A todos: Muito Obrigado

# Índice

Resumo .....	i
Abstract.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Índice .....	iv
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Tabelas .....	ix
Lista de Acrónimos e Abreviaturas .....	x
1. – Sistema Automático de Detecção de Gases .....	xi
2. Introdução.....	1
3. Considerações Energéticas .....	3
3.1. Energias Renováveis.....	3
3.1.1. Introdução.....	3
3.1.2. Enquadramento Europeu das Energias Renováveis .....	3
3.1.3. Enquadramento Português das Energias Renováveis .....	4
3.1.4. Eficiência Energética em Edifícios.....	7
3.1.5. Em Resumo.....	10
3.2. Arquitectura Bioclimática.....	10
3.2.1. Introdução.....	10
3.2.2. Exposição Solar .....	11
3.2.3. Ventilação Natural.....	12
3.2.4. Arquitectura Paisagística .....	13
3.2.5. Em Resumo.....	14
3.3. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação -REH.....	14
3.3.1. Introdução.....	14
3.3.2. Aplicabilidade do DL 118/2013 .....	15
3.3.3. Em resumo.....	25

4.	Tecnologias.....	26
4.1.	Introdução.....	26
4.2.	Evolução dos sistemas.....	27
4.3.	Aplicação das tecnologias.....	29
4.4.	Vantagens e Desvantagens.....	30
4.5.	Resumo.....	30
5.	Sistemas Tecnológicos.....	31
5.1.	Introdução.....	31
5.2.	Sistemas GTC.....	31
5.2.1.	Schneider Electric.....	32
5.2.2.	SIEMENS.....	35
5.2.3.	Resumo.....	38
5.3.	Sistemas de Domótica.....	39
5.3.1.	KNX.....	39
5.3.2.	X-10.....	42
5.3.3.	Outros Sistemas.....	47
5.3.4.	Resumo.....	48
6.	Aplicação da Domótica / GTC.....	49
6.1.	Introdução.....	49
6.2.	Contribuição e valor da domótica / GTC.....	49
6.3.	Solução de Domótica na Casa do Futuro.....	49
6.4.	Domótica e eficiência energética.....	50
6.5.	Investimentos.....	50
6.6.	Em Resumo.....	51
7.	Casos de Estudo.....	52
7.1.	Objectivo.....	52
7.2.	Projecto.....	52
7.2.1.	Memória descritiva.....	52
7.2.2.	Energias Renováveis.....	53

7.2.3.	Arquitetura .....	56
7.2.4.	Verificação REH.....	61
7.3.	Estudo Comparativo .....	71
7.3.1.	Análise REH - Envolvente .....	71
7.3.2.	Necessidades de AQS .....	72
7.3.3.	Utilização da Tecnologia .....	73
7.3.4.	Simulação dinâmica DesignBuilder .....	76
7.3.5.	Em Resumo.....	81
7.4.	Gestão Energética.....	81
8.	Conclusão e Trabalhos Futuros .....	85
8.1.	Conclusão .....	85
8.2.	Trabalhos Futuros .....	86
	Referências.....	87
	Anexos .....	89
Anexo 1.	Folha de Cálculo Ventilação.....	89
Anexo 2.	Desempenho Painel Solar.....	91
Anexo 3.	Demonstração do Cálculo dos Valores das Necessidades Nominais de Energia	94
Anexo 4.	Simulação dinâmica DesignBuilder.....	178

## Lista de Figuras

Figura 2-1 - Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética [ 2 ].....	5
Figura 2-2 - Evolução do consumo de Energia Primária, Energia Final, Electricidade e Produto Interno Bruto .....	8
Figura 2-3 - Exemplo do modo funcionamento das Palas.....	12
Figura 2-4 - Esquema Tipo de Ventilação Natural.....	13
Figura 3-1 - Integração de várias tecnologias.....	27
Figura 4-1 - Exemplo de um Sistema EcoStruxure™ [ 24 ].....	34
Figura 4-2 - Exemplo de um Sistema TBS [ 25 ] .....	35
Figura 4-3 - Implementação de um sistema TBS [ 26 ].....	37
Figura 4-4 - Áreas de controlo do KNX [ 26 ] .....	40
Figura 4-5 - Símbolo KNX [ 27 ] .....	41
Figura 4-6 - Alguns dispositivos para sistemas X-10 [ 30 ] .....	43
Figura 4-7 - Selectores rotativos para o endereçamento [ 31 ] .....	44
Figura 4-8 - Modulação em amplitude de 120 kHz à passagem por zero .....	45
Figura 4-9 - A representação dos bits 1 e 0 .....	46
Figura 4-10 - Três modulações em amplitude correspondentes a cada uma das fases.....	46
Figura 5-1 - Custos Individuais por Fases de Construção [ 33 ] .....	51
Figura 6-1 - Planta da moradia do caso de estudo .....	53
Figura 6-2 - Parâmetros adoptados para as águas sanitárias (AQS).....	54
Figura 6-3 - Valores obtidos para as águas sanitárias (AQS).....	54
Figura 6-4 - Localização optimizada dos colectores na Cobertura .....	55
Figura 6-5 - Simulação das sombras Inverno/Verão .....	58
Figura 6-6 - Zona Climática .....	62
Figura 6-7 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Paredes Exteriores.....	65
Figura 6-8 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Pilares e Vigas	66
Figura 6-9 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Paredes interiores .....	66

Figura 6-10 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Porta Exterior	67
Figura 6-11 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Cobertura Terraço no Inverno Verão.....	68
Figura 6-12 - Parâmetros referentes aos vãos envidraçados.....	70
Figura 6-13 - Consumo de combustível no solstício de Junho (20 a 22 Junho).....	77
Figura 6-14 - Variação da temperatura no solstício de Junho (20 a 22 Junho).....	77
Figura 6-15 - Balanço ganho de calor no solstício de Junho (20 a 22 Junho).....	77
Figura 6-16 - Total de renovação de ar no solstício de Junho (20 a 22 Junho).....	77
Figura 6-17 - Consumo de combustível no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro).....	78
Figura 6-18 - Variação da temperatura no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro).....	78
Figura 6-19 - Balanço ganho de calor no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro).....	78
Figura 6-20 - Total de renovação de ar no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro).....	79
Figura 6-21 - Consumo de combustível num ano.....	79
Figura 6-22 - Variação da temperatura num ano.....	80
Figura 6-23 - Balanço ganho de calor num ano.....	80
Figura 6-24 - Total de renovação de ar num ano.....	80
Figura 6-25 - Consumos na moradia considerando a estação de arrefecimento (Verão).....	82
Figura 6-26 - Consumos na moradia considerando a estação de aquecimento (Inverno).....	82
Figura 6-27 - Resumo Anual da moradia.....	83
Figura 6-28 - Consumo Anual por Divisão da Casa.....	84
Figura 6-29 - Consumo Anual por Equipamento.....	84

## Lista de Tabelas

Tabela 2-1 - Áreas e programas do PNAEE 2016.....	9
Tabela 2-2 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa .....	19
Tabela 2-3 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{\max} - W/m^2 \cdot ^\circ C$ .....	23
Tabela 2-4 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{T\max}$ .....	25
Tabela 2-5 - Intervalos de valor de $R_{Nt}$ para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação.....	25
Tabela 6-1 - Sistema de climatização utilizado .....	63
Tabela 6-2 - Cálculo dos valores de $\tau$ para o ENU1 .....	64
Tabela 6-3 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, $b_{tr}$ [ 16 ] .....	64
Tabela 6-4 - Fracção envidraçada para diferentes tipos de caixilharia.....	69
Tabela 6-5 - Mapa comparativo da utilização de tecnologia com a envolvente.....	75

## Lista de Acrónimos e Abreviaturas

$A_{env}$	– Áreas dos vãos envidraçados
AQS	– Águas Quentes Sanitárias
Ap	– Área Pavimento Útil
$A_{pav}$	– Área de pavimento do compartimento
ASHRAE	– American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
ASK	– Amplitude Shift Keying
BCI	– Batibus Club Internacional
CFTV	– Vídeo Vigilância por Circuito Fechado de Televisão
DALI	– Digital Addressable Lighting Interface
DGEG	– Direção Geral de Energia e Geologia
EHS	– European Home System
EHSA	– European Home System Association
EIB	– European Installation Bus
EIBA	– European Installation Bus Association
Eren	– Contribuição de outras formas de energia renovável
ETS	– Engineering Tool Software
FER	– Fontes de Energia Renovável
GEE	– Gases de Efeito de Estufa
GMS	– Global Management Station
gT	– Factor solar global do vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activados
GTC	– Gestão Técnica Centralizada
IEE	– Indicador de Eficiência Energética
INE	– Instituto Nacional de Estatística
IP	– Internet Protocol
LONWorks	– Local Operating Networks
$M_{AQS}$	– Consumo médio de referência de AQS
MMI	– Man Machine Interface
$N_i$	– Valor limite das necessidades nominais (anuais) de energia útil para aquecimento
$N_{ic}$	– Necessidades nominais (anuais) de energia útil para aquecimento
NUTS	– Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

$N_v$	– Valor limite das necessidades nominais (anuais) de energia útil para arrefecimento
$N_{vc}$	– Necessidades nominais (anuais) de energia útil para aquecimento
OLE	– Object Linking and Embedding
OPC	– OLE for Process Control
PLC	– Programmable Logic Control
PNAEE	– Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNAER	– Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
PTP	– Ponte Térmica Plana
QA	– Necessidade de energia para a preparação de águas quentes sanitárias
RECS	– Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	– Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
$R_{Nt}$	– Rácio de classe energética
Rph	– Taxa de renovação horária nominal
RSECE	– Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SACA	– Sistema Automático de Controlo de Acessos
SADG	– Sistema Automático de Detecção de Gases
SADI	– Sistema Automático de Detecção de Incêndios
SAEE	– Sistema Automático de Evacuação de Emergência
SAEG	– Sistema Automático de Extinção por Gases
SAIR	– Sistema de Alarme contra Intrusão e Roubo
SCE	– Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SGCP	– Sistema de Gestão Centralizada de Perigos
TBS	– <i>Total Building Solutions</i>
TCP	– <i>Transmission Control Protocol</i>
TI	– Tecnologias de Informação
UE	– União Europeia
$U_{PTP}$	– Valor do coeficiente de transmissão térmica
WLC	– <i>Wired Logic Control</i>
XPS	– Poliestireno expandido extrudido

## 2. Introdução

O elevado crescimento pela procura de energia por parte do “homem” levou à necessidade de se criar um regulamento que limitasse a energia consumida. Os governos a nível mundial, com o decorrer dos anos, criaram incentivos para o consumo de energias provenientes de energias renováveis.

Dessa forma foi possível não só racionar o consumo da energia, como também a sua produção, utilizando tecnologias que permitem a partir de fontes renováveis produzir energia verde.

A falta de energia proveniente de fontes renováveis, e o contínuo crescimento na procura da mesma, leva à necessidade de efectuar várias pesquisas para reduzir o consumo de energia e tornar o mais eficiente possível os equipamentos e os edifícios que consomem essa mesma energia.

Na construção de novos edifícios, muitas vezes é necessário aplicar técnicas utilizadas nas edificações do período medieval, que ainda hoje são consideradas as mais eficazes para evitar as emissões de gases, uma vez que naquele período a energia não se encontrava disponível como nos nossos dias.

Pretende-se desenvolver com este trabalho, um projecto que utilize a arquitectura de uma forma o mais eficiente e confortável possível que considere em primeiro lugar a utilização das energias renováveis e por último utilize a tecnologia disponível de uma forma consciente e ponderada, de forma a reduzir o consumo de energia numa habitação.

Através da domótica e a gestão técnica centralizada a habitação pode dispor da oportunidade de controlar e gerir de forma eficiente os sistemas existentes e equipamentos instalados (sistemas de alarme, TV, telefone, água, frigorífico), proporcionando maior conforto aos utilizadores.

O trabalho está estruturado da seguinte forma:

➤ O **segundo capítulo** descreve o enquadramento teórico relativamente às energias renováveis, ao nível europeu e nacional. É apresentada também uma perspectiva da eficiência energética nos edifícios, com destaque para o modo como os governos têm criado incentivos para o desenvolvimento deste mercado ao nível internacional.

Descreve ainda alguns aspectos da arquitectura bioclimática, referido algumas das técnicas utilizadas de forma a melhorar o desempenho de uma moradia, como a exposição solar, a ventilação natural e a arquitectura paisagística.

O capítulo termina com análise do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), tendo-se verificado quais os pontos mais importantes no cálculo das necessidades energéticas de um edifício e quais os regulamentos em vigor.

➤ O **terceiro capítulo** apresenta um resumo da evolução da tecnologia disponível e a sua aplicabilidade de forma a criar edifícios mais eficientes.

➤ O **quarto capítulo** expõe algumas das tecnologias disponíveis, dividindo as mesmas em dois grupos, a domótica muitas vezes associada a pequenos edifícios e a gestão técnica centralizada mais utilizada em grandes edifícios e em sistemas de climatização.

➤ O **quinto capítulo** mostra alguns casos e alguns dos serviços onde é possível aplicar as tecnologias referidas no capítulo quatro, assim como a sua contribuição para tornar um edifício mais eficiente, benefícios e por fim qual o investimento associado a um edifício.

➤ O **sexto capítulo** apresenta o caso de estudo, dividido em três partes, na primeira parte é feita uma descrição do projecto, esclarecimento em relação às energias renováveis utilizadas, quais os factores tidos em conta ao nível arquitectónico e o respectivo estudo paisagístico.

Na segunda parte, é feito o cálculo referente ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, demonstrando-se as opções tomadas em relação à envolvente e sistemas base como os painéis solares. Foi também realizada uma simulação dinâmica de forma a confirmar alguns consumos energéticos.

Na terceira parte analisam-se os consumos eléctricos da moradia e a sua distribuição, para as estações de arrefecimento, aquecimento e anual. Graficamente é possível evidenciar quais as divisões que apresentam maior consumo e quais os consumos dos sistemas a nível anual numa moradia.

➤ O **sétimo capítulo** apresenta as conclusões do projecto desenvolvido e algumas notas para desenvolvimentos futuros.

## **3. Considerações Energéticas**

### **3.1. Energias Renováveis**

#### **3.1.1. Introdução**

As energias renováveis assumem nos dias que correm um papel cada vez mais determinante no desenvolvimento da sociedade e da economia global. Com o choque petrolífero ocorrido na década de 70, as energias renováveis começaram a ganhar um maior protagonismo.

Com a crise petrolífera os governos de alguns países foram obrigados a elaborar legislação, criar incentivos ao desenvolvimento e implementação de tecnologias em alternativa aos combustíveis fósseis.

Após a crise, com a queda dos preços nos combustíveis fósseis e com o fraco retorno económico que as energias renováveis apresentavam face os custos iniciais, as políticas reformistas foram abandonadas.

Presentemente, em consequência do agravamento das alterações climáticas e com a maturidade da tecnologia utilizada nas energias renováveis, os governos voltaram a apostar neste tipo de energia.

#### **3.1.2. Enquadramento Europeu das Energias Renováveis**

A nível mundial vários países, entre estes Portugal, subscreveram o Protocolo de Quioto com vista a reduzirem as emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE), e implementaram programas de eficiência energética e de incremento da produção de energia limpa, ou seja, recorrendo a energias renováveis.

A União Europeia, através dos seus líderes, comprometeu-se a uma redução de 20% no consumo de energia primária, em comparação com as projecções para 2020.

A legislação comunitária em matéria de eficiência energética foi elaborada com o objectivo de melhorar consideravelmente a eficiência energética em sectores chave de consumo de energia.

Os principais entraves à melhoria da eficiência energética são a aplicação deficiente da legislação em vigor, a falta de sensibilização dos consumidores e a ausência de estruturas adequadas para mobilizar investimentos essenciais em edifícios, produtos e serviços eficientes em termos de energia e para promover a sua aceitação pelo mercado.

Aproximadamente 40% da energia final consumida na Europa é da responsabilidade do sector dos edifícios, contudo prevê-se que mais de 50% da energia consumida pode ser reduzida através de medidas de eficiência energética. Este valor pode representar cerca de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> anual, ou seja quase a totalidade do compromisso da União Europeia (UE) no âmbito do Protocolo de Quioto [ 1 ].

### **3.1.3. Enquadramento Português das Energias Renováveis**

Em Portugal foi aprovado o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) no período de 2008 e 2015. O plano resulta da directiva aprovada no Parlamento Europeu.

O plano abrange quatro áreas específicas, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado e estabelece as seguintes áreas transversais de actuação, Comportamentos, Fiscalidade, Incentivos e Financiamentos, como mostra a Figura 3-1.

De acordo com as metas europeias 20-20-20, definiu-se para 2020, 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto e 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à projecção do consumo para 2020. Tendo em conta as metas europeias, Portugal definiu que para um horizonte de 2020, o seu objetivo geral seria a redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. No plano a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, pretende-se que os objetivos definidos para 2020, seja de 31% do consumo final bruto de energia e 10% da energia utilizada nos transportes provir de fontes renováveis, sejam cumpridos ao menor custo para a economia [ 2 ].

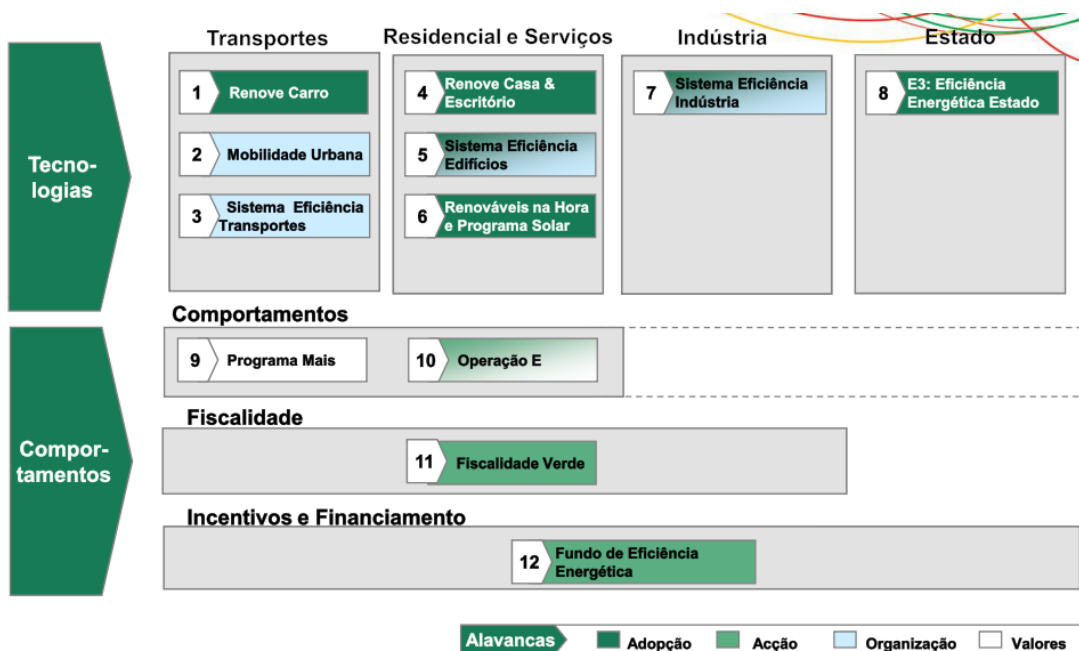


Figura 3-1 - Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética [ 2 ]

Neste sentido, o Governo Constitucional decidiu traçar novos objectivos e melhorar alguns dos existentes. Para o conseguir, entre outros, determinou os seguintes objectivos:

- assegurar a continuidade das medidas para garantir o desenvolvimento de um modelo energético com racionalidade económica, que assegure custos de energia sustentáveis, que não comprometam a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos;
- assegurar a melhoria substancial na eficiência energética do País, através da execução do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER), após a conclusão da respectiva revisão, do reforço da coordenação dos atuais programas de apoio à eficiência energética (Fundo de Eficiência Energética, Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica, Fundo de Apoio à Inovação, fundos do Quadro de Referência Estratégica Nacional), reforçando-se a sua dotação, e da conclusão da execução do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública - ECO.AP;
- e manter o reforço da diversificação das fontes primárias de energia, sendo os investimentos em renováveis reavaliados e apresentado um novo modelo de remuneração para que as tecnologias mais eficientes mantenham um papel relevante [ 2 ].

Com PNAEE e o PNAER, Portugal pretende alcançar os objectivos definidos e assim cumprir os compromissos assumidos a nível internacional. Os planos servem como instrumentos de planeamento energético, em matérias com a eficiência energética e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Os referidos planos não só conseguem intensificar as metas a atingir, como melhoram na identificação das barreiras existentes, aperfeiçoam em matérias como a eficiência energética nos casos em que existe potencial e a introdução de energias provenientes de fontes renováveis em vários sectores, mas acima de tudo com programas e medidas adequadas, tendo em conta a realidade em Portugal.

De facto o avultado investimento feito até à data em Portugal, no que diz respeito a energias renováveis e a redução no consumo energético no sector residencial, se comparado com os restantes Países da Europa, encobre uma intensidade energética da economia produtiva 27% superior à média da União Europeia. Com o conhecimento deste resultado apenas se veio reforçar a necessidade de intensificar os esforços na actuação directa sobre a energia final.

Apesar dos planos PNAEE e PNAER terem por como base o cumprimento dos objectivos europeus 20-20-20, na altura o PNAEE 2008-2015 e o PNAER 2010 foram aprovados em contextos político-económicos bastante diferentes da realidade em que se encontra Portugal actualmente, ou seja, faz sentido rever esses planos de forma a integrar o estado actual do País, de forma a potenciar resultados fidedignos e realistas, e assim maximizar a eficácia e a eficiência no aproveitamento de recursos humanos e financeiros escassos, num contexto macroeconómico mais exigente e de redução do consumo de energia.

De uma forma resumida, os indicadores previstos na revisão do PNAEE e PNAER, entre outras, são:

- alinhamento dos objectivos dos Planos em função do consumo de energia primária;
- eliminação de medidas não implementadas, de difícil quantificação ou com impacto reduzido e sua substituição por novas medidas ou por um reforço de medidas já existentes de menor custo e maior facilidade de implementação;
- avaliação estruturada dos impactos das medidas preconizadas por cada Plano;
- e instituição de um sistema conjunto de acompanhamento e monitorização dos Planos [ 2 ].

### **3.1.4. Eficiência Energética em Edifícios**

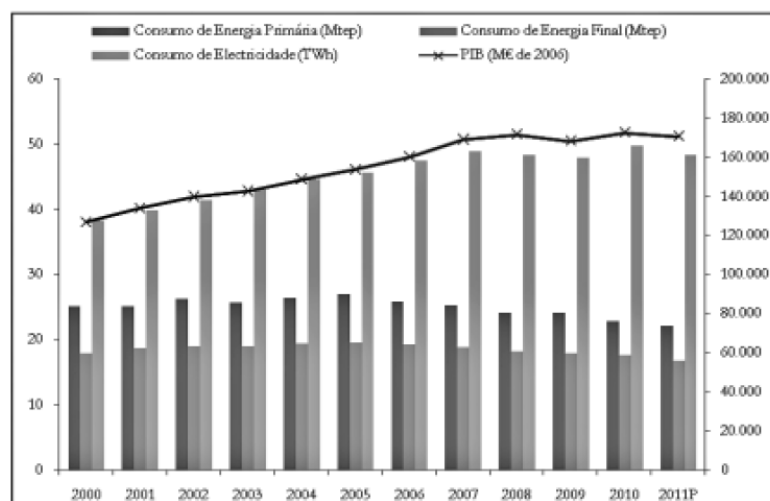
Nos anos em que foi implementado o PNAEE 2008-2015 e o PNAER 2010, a utilização de energia em edifícios residenciais e comerciais era responsável por cerca de 40% do consumo total de energia final e por 36% do total das emissões de CO<sub>2</sub> da UE. O potencial de poupança de energia com uma boa relação custo-eficácia até 2020 era significativo, pois uma utilização de menos 30% de energia neste sector corresponderia a uma redução de 11% na utilização de energia final na UE [ 3 ][ 4 ].

Observando o estado actual do País num contexto económico, deve-se considerar que é necessária uma reflexão adaptada em relação ao sector energético, e ponderar adequadamente no caso de existir um cenário recessivo na próxima década, a União Europeia definiu através da Directiva n.º 2009/28/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril, promover a utilização de energia proveniente de fontes renováveis (Directiva Energias Renováveis).

Observados os dados relativos a 2011, em relação ao consumo de energia, verifica-se que a tendência da última metade da década de 2000 é de uma redução de 5% no consumo de energia.

Relativamente ao consumo de electricidade, a evolução foi diferente, quase sempre positiva, tendo registado uma taxa de crescimento média anual de 2,7% entre 2000 e 2010. Em 2010 o consumo de electricidade representou 24% do total de energia final, o que revela a importância desta fonte de energia em Portugal. Dados relativos a 2011 mostram, contudo, uma redução de 3% no consumo de electricidade (mas ainda inferior à redução global de 5% verificada no consumo de energia final) tal como é mostrado na Figura 3-2.

Para medir o progresso das medidas energéticas são usados os indicadores da dependência energética e da intensidade energética. Relativamente ao primeiro, a inexistência de recursos energéticos endógenos fósseis conduz a uma elevada dependência energética do exterior em termos de energia primária, correspondente a 81,2% em 2009, com uma descida acentuada em 2010, para 76,7%, proporcionada pela aposta nas energias renováveis, em especial hídrica e eólica, e na eficiência energética. Dados relativos a 2011 apontam, porém, para um agravamento da dependência energética para 79,0%, decorrente da diminuição da hidraulicidade e do consequente aumento das importações em cerca de 1,2%, em especial de carvão e de electricidade [ 2 ].



Fonte: DGEG, INE

Figura 3-2 - Evolução do consumo de Energia Primária, Energia Final, Electricidade e Produto Interno Bruto

Na realidade, o elevado investimento feito por Portugal em tecnologias que exploram as fontes de energia renovável (FER) e o reduzido consumo energético no sector residencial, comparativamente com o resto da Europa, encobrem uma intensidade energética da economia produtiva 27% superior à média da União Europeia. Ou seja, a economia produtiva nacional necessita de cerca de 27% mais energia para produzir o mesmo 1€ de riqueza.

O objectivo inicial dos planos de acção de eficiência energética nos vários Estados - Membros era reduzir anualmente, até 2016, o equivalente a 1% do consumo médio de energia final em 2001-2005.

A recessão económica veio alterar significativamente os padrões nacionais de consumo de energia primária e as expectativas de evolução até 2020, e o objectivo, num cenário optimista de instalação de potência FER, considera-se hoje cumprido com um consumo previsto de 23,8 Mtep. O novo objectivo do Governo de redução de 25% (limite máximo de consumo de ~22,5 Mtep) veio exigir um esforço adicional entre 1,2 e 1,7 Mtep na redução do consumo de energia primária.

O principal objectivo do PNAEE 2016 é, assim, o de projectar novas acções e metas para 2016, em articulação com o PNAER 2020, integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020 constantes da Nova Directiva Eficiência Energética, com base em três eixos de actuação:

- Acção, através da adequação das medidas ao actual contexto económico - financeiro, tendo em vista a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética;
- Monitorização, através da revisão dos métodos de monitorização de resultados em conformidade com as directrizes europeias e criação de uma visão macro do impacto do programa nacional de eficiência energética; e
- Governação, através da redefinição do modelo de governação do PNAEE.

Tendo por base as áreas, programas e medidas do PNAEE de 2008, o PNAEE 2016 passa a abranger seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas áreas agregam um total de 10 programas, que integram um leque de medidas de melhoria da eficiência energética, orientadas para a procura energética e que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objectivos propostos.

Tabela 3-1 - Áreas e programas do PNAEE 2016

		ÁREAS					
		Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
PROGRAMAS	Eco Carro	Renove Casa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário.	
	Mobilidade Urbana	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios					
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Solar Térmico					

A execução na íntegra do PNAEE 2016 terá o mérito de promover o cumprimento dos objectivos do próprio Plano, assim como os objectivos assumidos no âmbito do PNAER 2020, designadamente 31% de incorporação de FER no consumo final bruto de energia e 10% de FER no sector dos Transportes. Este potencial impacto sobre o cumprimento das metas demonstra a necessidade de uma monitorização constante e de uma avaliação continuada do Plano [ 2 ].

### **3.1.5. Em Resumo**

As energias renováveis assumem um papel importantíssimo, principalmente após a assinatura do Protocolo de Quioto. Os governos passaram a encarar este tema como um modo de estimular a economia, implementando legislação e criando incentivos para o desenvolvimento deste mercado, com o fim de atingir os objectivos assumidos a nível internacional.

## **3.2. Arquitectura Bioclimática**

### **3.2.1. Introdução**

A Arquitectura Bioclimática passa pelo conceito de sustentabilidade, que consiste na integração do projecto na sua envolvente, tendo em consideração as condições climatéricas, a orientação solar, os ventos, a vegetação, os materiais utilizados na construção, as cores, a disposição da casa, a sua localização, o tipo de equipamentos utilizados, a utilização de energias renováveis, entre outros factores visando assim, minimizar os impactos ambientais, aumentar o conforto térmico e reduzindo os consumos de energia.

Normalmente o custo de construção de uma casa deste tipo é dispendioso, podendo no entanto ser compensado com o decréscimo de gastos de energia.

A história demonstra que a utilização de terraços ajardinados em cenários urbanos, contribui para a consolidação de comunidades e para aumentar o conforto e bem-estar dos habitantes. São várias as vantagens de uma cobertura deste tipo, podem ser utilizadas como jardins visitáveis ou como zonas lazer, protege o edifício da acção solar, actua como um isolador térmico e acústico para o edifício, o que se traduz em importantes poupanças de energia para fins de climatização e contribuem ainda para estabilizar a temperatura no interior do edifício.

### 3.2.2. Exposição Solar

A ideia de que a resolução dos problemas de conforto de Inverno (estação de aquecimento) e de Verão (estação de arrefecimento) através de técnicas passivas se faz da mesma forma e exclusivamente à custa da introdução de camadas de isolamento térmico na envolvente, é ainda comum entre alguns técnicos intervenientes no processo construtivo dos edifícios.

Há de facto a tendência para considerar que se no Inverno, é preciso estancar as perdas de calor do interior para o exterior, através da envolvente, por adopção de coeficientes de transmissão térmica baixos, o mecanismo durante o Verão deverá obedecer ao mesmo princípio, em sentido inverso.

Ignora-se neste raciocínio, demasiado simplista, a ocorrência dum regime de transmissão variável de calor no Verão, em consequência das acentuadas amplitudes térmicas diurnas que se verificam no exterior, e no Inverno o sobreaquecimento interior que pode ocorrer, em consequência da captação de cargas térmicas significativas, por radiação, através dos envidraçados orientados a Sul.

A forte insolação que ocorre em Portugal, quer no Verão quer no Inverno, desempenha uma influência predominante no comportamento e gestão térmica dos edifícios, em que a massa assume um papel relevante.

A radiação solar directa é uma fonte de luz gratuita, pelo que a sua optimização numa moradia pode representar significativas poupanças de energia. A orientação optimizada da moradia ao Sol é por isso dos critérios mais importantes no projecto de um edifício. A orientação ao Sol das divisões interiores da moradia é igualmente importante.

As áreas que necessitam de mais aquecimento, que correspondem às zonas de utilização prolongada, estão sujeitas a maiores períodos de exposição solar. As áreas cuja utilização é menos frequente, e consequentemente com necessidades de climatização menos exigentes, ocupam zonas de mais fraca exposição solar.

Assim, sugere-se a orientação a sul das zonas de estar, onde os habitantes passarão a maioria do tempo, pois de uma forma controlada, esta será a zona mais confortável e aprazível. A Norte localizam-se as divisões com menos tempo de uso por exemplo os quartos. Desta forma conseguimos aproveitar ao máximo a energia solar, anulando a necessidade de aquecimento e arrefecimento através de processos mecânicos.

Este processo não é autónomo, a escolha dos envidraçados, o isolamento das paredes e cobertura, a ventilação natural cruzada e a utilização de meios de sombreamento controláveis, contribuem para o sucesso deste processo. Para além das soluções tradicionais de protecção solar, salienta-se a importância da adopção de palas sobre as janelas incorporadas nas fachadas orientadas para o quadrante Sul, visto que, dada a inclinação do Sol no Inverno e no Verão, as mesmas não impedem a entrada de calor por radiação durante o Inverno e evitam a entrada de Sol no Verão. Pode-se verificar o seu funcionamento através da Figura 3-3.



Figura 3-3 - Exemplo do modo funcionamento das Palas

### 3.2.3. Ventilação Natural

A necessidade de ventilar os espaços está directamente associada ao conforto dos seus ocupantes. Através do metabolismo dos ocupantes, as actividades desenvolvidas e os equipamentos instalados, o ar interior degrada-se na sua qualidade. Esta pode ser manifestada por cheiros, irritações, alergias, saturação, humidades, condensações, etc.

Esta necessidade de ventilar, para além do desconforto descrito, está na origem de diversas patologias na envolvente interior dos edifícios, provocadas pelo ar “saturado” interior, como bolores e fungos e a própria degradação dos materiais.

Surge, desta forma, a definição de Necessidades de Ventilação. Estas necessidades encontram-se normalizadas através da NP 1037-1. A Ventilação Natural ocorre por variações da densidade do ar provocadas por diferenças de temperatura entre o ar interior e exterior, que provoca variações de pressão a que se dá o nome de efeito de chaminé ou de tiragem térmica.

O projecto de ventilação natural pretende então, através do domínio e utilização destes princípios, colmatar as necessidades de ventilação de cada espaço tendo em conta o seu tipo

de utilização. Existem diversos tipos de sistemas de Ventilação Natural: infiltração, aberturas instaladas nas fachadas, cruzada assistida por torres de vento, cruzada assistida por tubagens, tiragem térmica assistida por tubagens, tiragem térmica assistida por chaminé solar, tiragem térmica assistida por fachada dupla e tiragem térmica assistida por zonas de transição.

O sistema de Ventilação Natural, usualmente, implementado no edifício permite criar um efeito de ventilação geral e permanente. Como exemplo de um tipo de ventilação natural apresenta-se a Figura 3-4.



Figura 3-4 - Esquema Tipo de Ventilação Natural

### 3.2.4. Arquitectura Paisagística

Vai longe o tempo em que a ruralidade e a cultura urbana determinavam a obra selectiva de construir e manter a paisagem em função do interesse permanente do Homem (Sociedade). Hoje, em face da vida moderna, a Arquitectura Paisagista é necessária para defender os valores herdados e construir a paisagem do futuro.

A Arquitectura Paisagista que se preocupou, primeiro com o jardim e o parque, abrange também hoje a organização ecológica e cultural do território, criando as condições e circunstâncias biológicas e sociais necessárias à melhor utilização da Paisagem e a mais racional integração das vilas e cidades no espaço.

### **3.2.5. Em Resumo**

A Arquitectura Bioclimática é uma área de estudo com a capacidade integrar um edifício com a sua envolvente. Tem ainda a capacidade de potenciar conforto aos utilizadores num determinado espaço, aproveitando os vários elementos que a natureza oferece, ou sejam a exposição solar ou ventilação natural.

## **3.3. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - REH**

### **3.3.1. Introdução**

Os edifícios são responsáveis por uma parte importante da Factura Energética, sendo esta energia produzida maioritariamente através da queima de combustíveis fósseis. Estes combustíveis são um bem estratégico com possibilidades de se tornarem escassos a curto prazo. A sua queima, para a produção de calor e de electricidade, determina a emissão de gases para a atmosfera (principalmente o CO<sub>2</sub>), com o conseqüente aquecimento global do planeta, por efeito de estufa (Gases de Efeito Estufa - GEE).

Portugal subscreveu o Protocolo de Quioto, o que implica o compromisso de limitar a emissão destes GEE. No âmbito deste acordo desenvolveu-se um programa para a Eficiência Energética em Edifícios, que tem como objectivo final a melhoria da eficiência energética dos mesmos, cobrindo todos os tipos de consumo, desde a preparação de água quente sanitária (utilização básica de maior consumo nos edifícios residenciais/hoteleiros e algumas indústrias), passando pela iluminação e pelos equipamentos e electrodomésticos, sem esquecer a melhoria da envolvente dos edifícios tendo em conta o impacto desta nos consumos de climatização (aquecimento, arrefecimento e ventilação) para assegurar o conforto ambiente.

O novo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (segundo o DL 118/2003) [ 5 ], estabelecem assim as regras a observar no projecto de todos os tipos de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo a que:

- As exigências de conforto térmico a nível de aquecimento, arrefecimento ou ventilação para garantia de qualidade de ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, sejam satisfeitas sem o dispêndio excessivo de energia;
- Sejam minimizadas as situações de patologias nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacte negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

### 3.3.2. Aplicabilidade do DL 118/2013

Para aplicação do Decreto-Lei n.º 118/2013, é necessário recorrer ao anexo da portaria n.º349-A/2013, à portaria n.º349-B/2013, à portaria n.º349-C/2013, à portaria n.º349-D/2013, à portaria n.º353-A/2013, bem como aos despachos: n.º15793- C/2013, n.º15793- D/2013, n.º15793- E/2013, n.º15793- F/2013, n.º15793- G/2013, n.º15793- H/2013, n.º15793- I/2013, n.º15793- J/2013 n.º15793- K/2013, e n.º15793- L/2013. Deste DL conduz ao cumprimento cumulativo dos seguintes requisitos energéticos [ 5 ] a [ 18 ]:

1. As necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), são determinadas, para efeitos do despacho15793-I/2013 e de acordo com as disposições da norma europeia EN ISO 13790. Em resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta os ganhos térmicos solares e internos, não podem exceder o valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N_i$ :

$$N_{ic} \leq N_i$$

em que: 
$$N_{ic} = ( Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i} ) / A_p \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$Q_{tr,i}$  - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh]

$Q_{ve,i}$  - Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{gu,i}$  - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m<sup>2</sup>]

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ) deve ser determinado de acordo com a metodologia indicada em Despacho do Director-geral de Energia e Geologia, considerando valores e condições de referência e obtido a partir da seguinte expressão:

em que: 
$$N_i = ( Q_{tr,iref} + Q_{ve,iref} - Q_{gu,iref} ) / A_p \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$Q_{tr,iref}$  - Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{ve,iref}$  - Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento, [kWh]

$Q_{gu,iref}$  - Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em metros quadrados [m<sup>2</sup>]

2. As necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), são determinadas, para efeitos do despacho 15793-I/2013 e de acordo com as disposições da norma europeia EN ISO 13790. Em resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta os ganhos térmicos solares e internos, não podendo exceder o valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento  $N_v$ :

$$N_{vc} \leq N_v$$

onde: 
$$N_{vc} = ( 1 - \eta_v ) Q_{g,v} / A_p \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$\eta_v$  - Factor de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento

$Q_{g,v}$  - Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>]

O valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_v$ ) de um edifício será calculado de acordo com a seguinte expressão:

em que: 
$$N_v = (1 + \eta_{vref}) Q_{g,vref} / A_p \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano})$$

$\eta_{vref}$  - Factor de utilização de ganhos de referência

$Q_{g,vref}$  - Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, [kWh]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em metros quadrados [m<sup>2</sup>]

3. Como resultado do tipo e eficiência dos equipamentos de produção de águas quentes sanitária, bem como da utilização de energias renováveis, a necessidade de energia para a preparação de águas quentes sanitárias  $Q_a$ , de cada fracção autónoma, deve ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

onde: 
$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600000 \quad (\text{kWh} \cdot \text{ano})$$

$\Delta T$  - Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C.

$n_d$  - Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

O consumo médio diário de referência, para edifícios de habitação será calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad (\text{litros})$$

em que:

n - Número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma, definido em função da tipologia da fracção sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e n+1 ocupantes nas tipologias do tipo Tn com n>0.

$f_{eh}$  - Factor de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior,  $f_{eh} = 0,90$ , sendo que nos restantes casos,  $f_{eh} = 1$ .

De acordo com a legislação é obrigatório o recurso aos sistemas solares térmicos para produção de AQS. A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por colectores padrão, com as características que constam em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e calculado para o número de ocupante convencional definido pela entidade fiscalizadora responsável do SCE, na razão de um colector padrão por habitante convencional.

O valor da área total de colectores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada. No caso de o sistema solar térmico se destinar adicionalmente à climatização do ambiente interior, deve salvaguardar-se que a contribuição deste sistema seja prioritariamente na preparação de água quente sanitária.

Considera-se que existe exposição solar adequada sempre que a cobertura disponha de cobertura em terraço ou de cobertura inclinada com água, cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre sudeste e sudoeste, não sombreada por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do Sol e termina duas horas antes do ocaso.

No entanto pode ser aceite pelo perito qualificado do SCE como regulamentar a instalação de um sistema alternativo ao sistemas solares térmicos, desde que os outros sistemas de aproveitamento de energias renováveis visem assegurar, numa base anual, a obtenção de energia equivalente ao sistema solar térmico.

4. Os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis ( $E_{ren}$ ), são consignados através do Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013, cujas regras de quantificação e contabilização do contributo dos sistemas são definidas.

Como aconteceu no passado também o presente regulamento mantém a preferência na utilização de fontes de energias renováveis, com clarificação e reforço dos métodos para quantificação do respectivo contributo, com natural destaque para o aproveitamento do recurso solar, abundantemente disponível no nosso país.

Consideram-se como fontes de energias renováveis, os sistemas solares térmicos, sistemas solares fotovoltaicos, sistemas eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica ou ainda aerotérmica e geotérmica (bombas de calor).

Os sistemas solares térmicos ficam sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, estabelecidos pelo regulamento na Portaria n.º349-B/2013. A instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em colectores solares padrão com as seguintes características:

- a) Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- b) Apresentação dos seguintes parâmetros geotérmicos, ópticos e térmicos:
  - i. Planos com área de abertura de 0,65m<sup>2</sup> por ocupante convencional;
  - ii. Rendimento óptico de 73%;
  - iii. Coeficientes de perdas térmicas a<sub>1</sub>=4,12W/ (m<sup>2</sup>.K) e a<sub>2</sub>=0,014W/ (m<sup>2</sup>.K<sup>2</sup>);
  - iv. Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

As caldeiras, recuperadores de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível sólido devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência indicados na Tabela 3-2, determinada mediante ensaio de acordo com a respectiva referência normativa.

Tabela 3-2 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa

Equipamento		Eficiência	Norma/Referência Aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	≥ 0,75	EN12809
	Granulados	≥ 0,85	
Recuperadores de calor e salamandras		≥ 0,75	EN13229 EN13240 EN14785

5. As necessidades nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ), de um edifício de habitação resultam da soma das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os  $n$  usos: aquecimento ( $N_{ic}$ ), arrefecimento ( $N_{vc}$ ), produção de AQS ( $Q_a/A_p$ ) e ventilação mecânica ( $W_{vm}/A_p$ ), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável ( $E_{ren,p}/A_p$ ), não podendo exceder o valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_t$ ).

$$N_{tc} \leq N_t$$

onde:

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}$$

[kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)]

em que:

$N_{ic}$  - Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema  $k$

$N_{vc}$  - Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]

$f_{v,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema  $k$

$Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema  $k$  [kWh/ano]

$f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema  $k$

$\eta_k$  - Eficiência do sistema  $k$ , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à excepção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima.

$j$  - Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável

$p$  - Fontes de origem renovável

$E_{ren,p}$  - Energia produzida a partir de fontes de origem renovável  $p$ , [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida

$W_{vm}$  - Energia eléctrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano]

$A_p$  - Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>]

$F_{pu,j}$  e  $F_{pu,p}$  - Factor de conversão de energia útil para energia primária, [kWh<sub>EP</sub>/kWh]

$\delta$  - Igual a 1, excepto para o uso de arrefecimento ( $N_{ve}$ ) em que pode tomar o valor 0 sempre que o factor de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respectivo factor de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado

Na aplicação das expressões de cálculo referidas anteriormente devem ser observadas as regras e orientações metodológicas descritas a seguir:

a) O somatório das parcelas das necessidades de energia útil para cada um dos diferentes usos tem de ser igual a 1.

b) O somatório da energia produzida a partir de fontes de origem renovável, destinada a suprir diferentes usos, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso.

A eficiência nominal de conversão em energia útil do sistema convencional deve corresponder ao valor da eficiência nominal do equipamento de produção especificado na fase de projecto, ou eventualmente instalado após a fase de construção, incluindo os edifícios existentes.

No caso de sistemas que não se encontrem especificados em projecto, ou instalados, devem ser consideradas as soluções por defeito aplicáveis e indicadas na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de Novembro, para os diferentes tipos de sistema.

Se todos os principais compartimentos do edifício, designadamente salas, quartos e similares, excluindo cozinhas, casas de banho e outros compartimentos de serviço, forem servidos por um único sistema de climatização, considera-se, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$ , a eficiência do respectivo equipamento de produção e que toda a fracção se encontra climatizada.

Nos casos de dois ou mais dos principais compartimentos do edifícios serem servidos por diferentes sistemas de climatização considera-se, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$ , a eficiência do equipamento de produção de cada sistema afecto na proporção da área interior útil do compartimento que este serve.

A distribuição indicada anteriormente aplica-se de igual modo a compartimentos principais não climatizados, considerando-se, para esse efeito e para esses compartimentos, as soluções de referência aplicáveis e indicadas na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de Novembro.

Na ausência de especificação ou de evidência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição do sistema de AQS que assegure garantir uma resistência térmica de, pelo menos  $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ , a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.

Os factores de conversão entre energia final e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária de edifícios de habitação e do indicador de eficiência energética (IEE) de edifícios de serviços são:

a)  $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para electricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);

b)  $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.

No caso de energia térmica de origem renovável, o factor  $F_{pu}$  toma o valor de 1  $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$ .

O regulamento estabelece ainda limites máximos admissíveis para as necessidades nominais anuais globais de energia primária ( $N_t$ ), através da equação:

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j}$$

[ $\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ ]

em que:

$N_i$  - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ ]

$N_v$  - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ ]

$Q_a$  - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema  $k$  [ $\text{kWh}/\text{ano}$ ]

$f_{i,k}$  - Parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência  $k$

$f_{v,k}$  - Parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência  $k$

$f_{a,k}$  - Parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência  $k$

$n_{ref,k}$  - Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme indicados na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013.

$j$  - Fontes de energia

$A_p$  - Área interior útil de pavimento [ $m^2$ ]

$F_{pu,j}$  - Factor de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt – hora de energia primária por kwh, [ $kWh_{EP} / kWh$ ]

6. Nenhum elemento da zona corrente da envolvente opaca do edifício, onde se incluem elementos construtivos do tipo paredes, pavimentos ou coberturas, deverá ter um coeficiente de transmissão térmica ( $U_{max} - W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) superior aos valores máximos que constam na Tabela 3-3.

Tabela 3-3 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos,  $U_{max} - W/m^2 \cdot ^\circ C$

$U_{max} - W/m^2 \cdot ^\circ C$		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0.7$	Elementos Verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos Horizontais	1,25	1,00	0,90
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos Verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos Horizontais	1,65	1,30	1,20

Nota: Os requisitos indicados na presente tabela, aplicam-se tanto a Portugal Continental como às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

Todas as zonas de qualquer elemento opaco que constituem zona de ponte térmica plana (PTP), nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, devem ter um valor do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{PTP}$ ), calculado de forma unidimensional na direcção normal à envolvente, não superior ao dobro do dos elementos homólogos adjacentes (verticais ou horizontais) em zona corrente,  $U_{cor}$ , e que respeite sempre os valores máximos indicados no Tabela 3-3, mediante o cumprimento cumulativo das seguintes exigências:

a)  $U_{PTP} \leq 2 \times U_{cor}$

b)  $U_{PTP} \leq U_{m\acute{a}x}$

A verificação do disposto anterior pode ser dispensado nas situações em que se verifique que  $U_{PTP}$  é menor ou igual a  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

7. Os envidraçados cujo somatório das áreas dos vãos envidraçados  $A_{env}$  seja superior a 5% da área de pavimento do compartimento servido por estes  $A_{pav}$  e desde que não orientados no quadrante Norte inclusive, devem apresentar um factor solar global do vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activados ( $g_T$ ), que obedeça às seguintes condições:

a) Se  $A_{env} \leq 15\% \cdot A_{pav}$

$$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tm\acute{a}x}$$

b) Se  $A_{env} > 15\% \cdot A_{pav}$

$$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \cdot 0,15 / (A_{env} / A_{pav})$$

em que:

$g_T$  - Factor solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de protecção solar, permanentes, ou móveis totalmente activados

$F_o$  - Factor de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas

$F_f$  - Factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício

$g_{Tm\acute{a}x}$  - Factor solar global máximo admissível dos vãos envidraçados, obtido da Tabela 3-4

$A_{env}$  - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento [ $\text{m}^2$ ]

$A_{pav}$  - Área de pavimento do compartimento servido pelo (s) vão (s) envidraçado (s) [ $\text{m}^2$ ]

Tabela 3-4 - Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados,  $g_{Tmáx}$ 

$g_{Tmáx}$	Zona climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

### 3.3.3. Em resumo

Em suma, no caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, a classe energética é determinada através do rácio de classe energética ( $R_{Nt}$ ):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$$

onde,  $N_{tc}$  corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária e  $N_t$  corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária, ambos calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação.

A escala de classificação energética dos edifícios ou fracções autónomas de edifícios referidos no ponto anterior será composta por 8 classes, correspondendo a cada classe um intervalo de valores de  $R_{Nt}$ , de acordo com o apresentado na Tabela 3-5, arredondados a duas casas decimais.

Tabela 3-5 - Intervalos de valor de  $R_{Nt}$  para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação

Classe Energética	Valor de $R_{Nt}$
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

## **4. Tecnologias**

### **4.1. Introdução**

A evolução da tecnologia tem permitido satisfazer as exigências dos utilizadores dos edifícios. Muitas empresas e organizações em geral dedicam uma atenção crescente à gestão dos seus edifícios e das respectivas infra-estruturas técnicas com o objectivo de reduzir os custos de funcionamento e impacto ambiental sem comprometer o conforto e a segurança dos utentes.

Há alguns anos atrás essa preocupação vinha muitas vezes da sensibilidade dos gestores dos edifícios. Neste momento a nova legislação no âmbito da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios, em particular o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), veio reforçar esta tendência, uma vez que coloca um conjunto de novas exigências ao nível da gestão da energia e da gestão da manutenção das instalações.

Hoje em dia, considera-se muito importante o desenvolvimento de um edifício logo na sua concepção e planeamento, para assim incorporar desde o início, todos os elementos que servirão posteriormente para obter um ambiente de conforto de acordo com a concepção do cliente, minimizando os custos globais do edifício, incluindo custos futuros de operação e manutenção. Esta tendência é cada vez mais forte e já se tornou irreversível.

É nesta filosofia que se baseia o conceito de “edifício inteligente”, resultado da integração de várias tecnologias as quais contribuem para uma gestão integrada e sustentável dos edifícios, como se pode verificar na Figura 4-1.

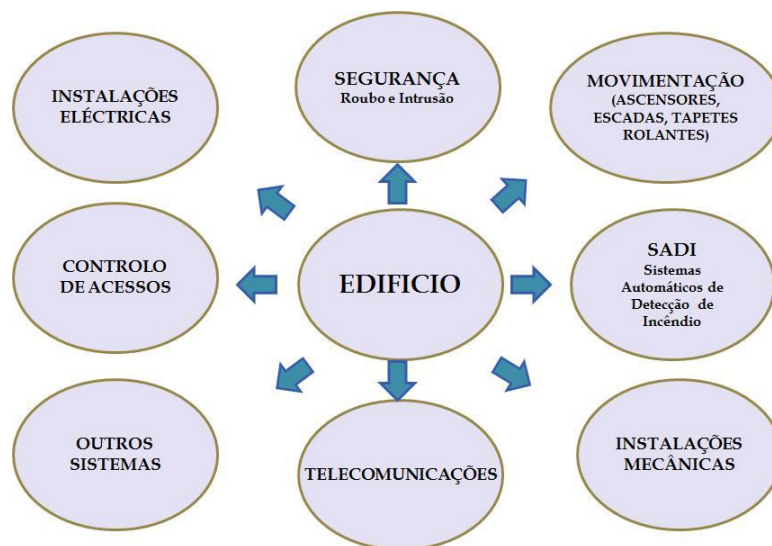


Figura 4-1 - Integração de várias tecnologias

## 4.2. Evolução dos sistemas

O Homem desde sempre sentiu a necessidade de exercer algum controlo sobre os espaços que habita. Nessa perspectiva, salientam-se as janelas como os primeiros e mais elementares meios de controlo dos fluxos de ar e de temperatura nas áreas interiores. Da mesma forma podemos considerar portadas, persianas e estores como os meios básicos de regulação da intensidade luminosa e, indirectamente, da temperatura. Como meios usados para aquecimento, podemos referir as lareiras e as caldeiras [ 21 ].

Da mesma forma que os edifícios foram evoluindo, também os sistemas de automatização necessitaram de o fazer e vice-versa. A introdução de equipamentos mais complexos nos edifícios, levou à necessidade de criar sistemas automatizados que permitissem identificar os problemas e as anomalias.

Com o surgir da electricidade podemos considerar que os interruptores não deixam de ser as primeiras formas de automatizar os equipamentos apesar de bastante básicos.

Nos anos 60, começa a ser comum a existência de equipamentos localizados no edifício de forma a permitir efectuar algum controlo e monitorização dos espaços. Esta supervisão realizava-se através de relés e termóstatos introduzidos em pequenos automatismos.

Com a evolução tecnológica no início dos anos 70, os sistemas de automatização com base em componentes electromecânicos, deram lugar a dispositivos electrónicos, originando

sistemas mais complexos e centralizados. Estes sistemas eram baseados em microprocessadores e a sua programação em *Assembly*, tornando possível interligar os sensores e actuadores a uma unidade de controlo.

No final dos anos 70 são apresentados os autómatos programáveis na automação de edifícios. Esta evolução foi um grande passo para a Gestão Técnica Centralizada (GTC), de tal forma que ainda hoje é utilizada esta tecnologia. Este tipo de sistema permitiu uma poupança significativa ao nível da cablagem, tendo em conta a inserção do processamento local, os actuadores e sensores com equipamentos activos e passivos. O controlo realizado por lógica cablada (*Wired Logic Control* – WLC) começa também a dar lugar à generalização do controlo por lógica programável (*Programmable Logic Control* – PLC).

Apenas na década 80 a designação Gestão Técnica Centralizada fica associada à automação das instalações técnicas dos edifícios, isto porque apenas nesta época o sistema tinha uma maior capacidade de processamento, maior fiabilidade, maior capacidade de controlo, maior capacidade computacional, maior flexibilidade, novas formas mais simples e poderosas de programação, melhor capacidade de interacção com o utilizador e melhor relação funcionalidade/custo.

A partir dos anos 80 a evolução dos sistemas até aos dias de hoje surge a uma velocidade extraordinária, seja na vertente de *hardware* seja no *software*, muito relacionados com a evolução dos computadores e a possibilidade de utilizar a internet de uma forma fácil e a um preço acessível.

No decorrer dos anos, surgiram várias soluções fechadas e associadas a algumas marcas, mas ao mesmo tempo, foram existindo soluções abertas e agrupamentos de soluções de forma a conseguir-se alargar o leque dos equipamentos.

Actualmente surgem inúmeras soluções no mercado, mas de uma forma global apresentam-se divididas pelo tipo de comunicação. Em relação à domótica, por exemplo na Europa as mais utilizadas são KNX, BATIBUS, EIBUS, JBUS, EHS, MODBUS, D2B e EIB nos Estados Unidos o CEBUS, X-10, SMART HOUSE e ECHELON, no Japão o TRON. Alguns sistemas usam cablagem própria para comunicarem entre si, como exemplo o BATIBUS, enquanto outros sistemas usam a rede eléctrica para comunicar, por exemplo o X-10 [ 22 ]. Em relação à GTC, destacam-se os principais protocolos Standard: BACnet, LONWorks, TCP/IP, Modbus, Mbus, OPC, KONNEX e DALI[ 23 ].

### 4.3. Aplicação das tecnologias

A Figura 4-1 representa alguns dos sistemas que um edifício pode integrar. Mas criar uma lista de serviços possíveis de executar ou gerir com domótica e/ou GTC, é tão difícil quanto a dimensão do edifício ou conjunto de edifícios. Assim sendo pode-se tornar muito difícil realizar essa tarefa, devido à vasta possibilidade de integração de sistemas num edifício.

De uma forma bastante resumida os sistemas que podem integrar um edifício, associados a estas tecnologias são, entre outros:

- Iluminação - Deslastre Horário de circuitos de iluminação; Deslastre de iluminação em função da ocupação do Edifício; Controlo de luminosidade;

- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado - Controlo da Temperatura, Humidade e CO<sub>2</sub>; Controlo do Ar e/ou produção e circulação de água quente/fria; Optimização do funcionamento proporcionando conforto aos utilizadores do edifício;

- Utilização de recursos naturais - Aproveitamento da luz natural para iluminar o edifício; Controlo da temperatura interior em função da exposição solar; Renovação de ar;

- Monitorização Energética - Informação sobre várias grandezas (Tensões, Potências, Energias); Deslastrar as cargas em caso de picos de consumos ou casos de emergência; Controlo Horário sobre Tarifas de Energia;

- Segurança - Controlo de Intrusão; Gestão de controlo de acessos; Videovigilância (CFTV);

- Situações de Emergência - Acções pré-definidas em caso de incêndio, falha de energia; Gestão de Pânico através da Iluminação e comando de portas; Sistema de detecção de incêndios e Gases;

- Manutenção - Manutenção correctiva; Manutenção preventiva sistemática; Manutenção preventiva condicional.

A aplicação dos sistemas de um edifício está directamente ou indirectamente associada a eficiência energética, optimização de recursos e o controlo e monitorização dos equipamentos de um edifício. Os actuais modelos de gestão apresentam-se com uma enorme importância ao nível dos consumos energéticos, automatização de processos e da segurança.

#### **4.4. Vantagens e Desvantagens**

De uma forma geral as aplicações destas tecnologias num edifício, apresentam-se com as seguintes vantagens:

- Conforto;
- Segurança;
- Conservação de energia;
- Eficiência Energética;
- Possibilidade de uma gestão centralizada ou parcial;
- Utilização de Recursos Endógenos (como exemplo a geotermia);
- Aumento do período de funcionamento dos equipamentos;
- Redução dos custos com o fornecimento de equipamentos.

A principal desvantagem que existe na implementação de um sistema é o valor monetário necessário para colocar o sistema a funcionar. Esse valor pode ser considerado como um investimento, uma vez que pode ser recuperado com o prolongamento da vida útil dos equipamentos.

#### **4.5. Resumo**

Os sistemas de domótica ou gestão técnica centralizada são conhecidos devido à sua capacidade de controlo e gestão, devido à possibilidade de detectarem problemas de manutenção, desperdícios energéticos e a monitorização de alarmes que providência indicações instantâneas sobre funcionamentos anormais.

Mas sem dúvida é na eficiência energética que qualquer um dos sistemas é mais evidente, por conseguir-se a mesma eficiência energética sem a necessidade de sacrifícios no conforto dos utilizadores.

O *software* de gestão proporciona ao utilizador informação complementar sobre o sistema, permitindo desta forma aceder à informação mais fácil e mais rápida.

## 5. Sistemas Tecnológicos

### 5.1. Introdução

Considera-se um edifício “inteligente”, quando este possui sistemas que permitam um controlo e uma gestão dos vários recursos que estão disponíveis no edifício de uma forma automática. Ao mesmo tempo deve maximizar os níveis de conforto e segurança, reduzindo gastos energéticos e custos de exploração, afim de criar condições que proporcionem o aumento de produtividade, oferecendo um suporte adequado e flexível à actividade das organizações que o ocupam.

Para se conseguir um edifício “inteligente” existem no mercado vários sistemas, protocolos e várias arquitecturas (formas de funcionamento), que permitem criar uma rede uniforme e unida de gestão e controlo do edifício.

A GTC é essencial nos grandes edifícios de serviços, mas podem ser instalados noutros quaisquer, havendo já instalações próprias para o sector residencial. O mesmo sucede com a domótica, ou seja, não podemos dizer que um sistema é para um determinado tipo de edifício.

Estima-se que estes sistemas permitam poupanças na ordem dos 15 a 20% e, para além disso, no caso de anomalia ou avaria, estes enviam avisos e alertas ao serviço de manutenção, para que sejam tomadas as medidas necessárias à sua correcção [ 23 ].

### 5.2. Sistemas GTC

Os sistemas de GTC estão associados a soluções que permitem garantir a eficiência energética de um edifício. O investir em equipamentos eficientes pode não ser suficiente, uma vez que depende também da forma como é feita a gestão dos consumos de energia.

Com a GTC é possível assegurar uma gestão adequada, permitindo monitorizar, controlar, comandar e gerir, de forma integrada, as várias instalações existentes no edifício, de acordo com as necessidades de conforto de cada utilizador. Estes sistemas incluem os equipamentos/instalações (*hardware*) e um *software* e funcionam sob o princípio da integração de subsistemas, ou seja, a partir desse *software* comum é possível coordenar as diversas instalações existentes. Estas podem ser de diversos fabricantes, têm apenas de

comunicar no mesmo protocolo (caso contrário é necessário um equipamento intermédio – “*gateway*” - que permita a troca de informações).

No mercado existem muitas soluções disponíveis, mas devido à sua diversidade apenas se pode referir alguns dos principais fabricantes e os seus respectivos produtos.

### **5.2.1. Schneider Electric**

A Schneider Electric, tem disponível no mercado um produto intitulado EcoStruxure™, que consiste numa arquitectura de gestão de energética activa para sistemas integrados. Reside num sistema simples, transparente e económico para criação de sistemas de gestão de energia inteligente. As soluções EcoStruxure™ permitem ver, medir e gerir o uso da energia em todo o edifício, com compatibilidade, garantida entre a gestão de energia, processos, máquinas e segurança.

Considerando que para se efectuar uma correcta gestão de energia é necessário em primeiro lugar efectuar a medida dos consumos. A Schneider Electric criou a sua própria abordagem arquitectónica, de forma a poder facultar elementos necessários, para impulsionar a eficiência energética, segurança e resultados de negócio melhores. Esta abordagem constitui a base das soluções de gestão de energia inteligente que a empresa oferece.

É completamente adequada para novas aplicações e para todos os mercados. A Schneider Electric redobrou esforços para atender às necessidades do utilizador final, oferecendo soluções personalizadas com grandes benefícios de eficiência energética.

EcoStruxure™ compreende-se como um interface comum, de fácil utilização, que permite aos gestores de energia, interligar múltiplos sistemas em qualquer rede e partilhar informação e funcionalidades de modo seguro utilizando *Web Services*.

Integra a base de dados, em tempo real, no EcoStruxure™ com tecnologias de comunicação *standards* na indústria tais como LonWorks, BACnet e Modbus, permitindo verificar em tempo real, valores, alarmes e dados do histórico com outros sistemas.

Dado que os departamentos de Tecnologias de Informação (TI) já estão familiarizados e reconhecem a fiabilidade da tecnologia *Web Services*, actualmente a configuração, integração e manutenção do sistema são tarefas rápidas e fáceis.

Com este sistema é possível o controlo de energia e tomar as decisões correctas, utilizando os dados energéticos em tempo real a partir de qualquer sistema e em qualquer lugar.

Ao reconhecer a convergência tecnológica na indústria, a Schneider Electric também reconhece a convergência da concorrência e busca uma posição de liderança nesse ponto de convergência. Isso exige competências comprovadas na área de TI e comunicações, assim como nas áreas essenciais da Schneider Electric – energia e automação. O lançamento do EcoStruxure™ em 2009, com parceiros estratégicos como Cisco®, IBM® e Microsoft®, claramente demonstra o compromisso da Schneider Electric com uma solução convergente.

A gestão de energia inteligente representa actualmente a maior oportunidade para o aumento da eficiência energética. A partir do ponto de uso, os sistemas inteligentes desempenharão um papel importante no que concerne a rede inteligente, actuando como meio de verdadeira economia em toda a rede. A Figura 5-1 representa um exemplo de integração de um Sistema EcoStruxure™ [ 24 ].

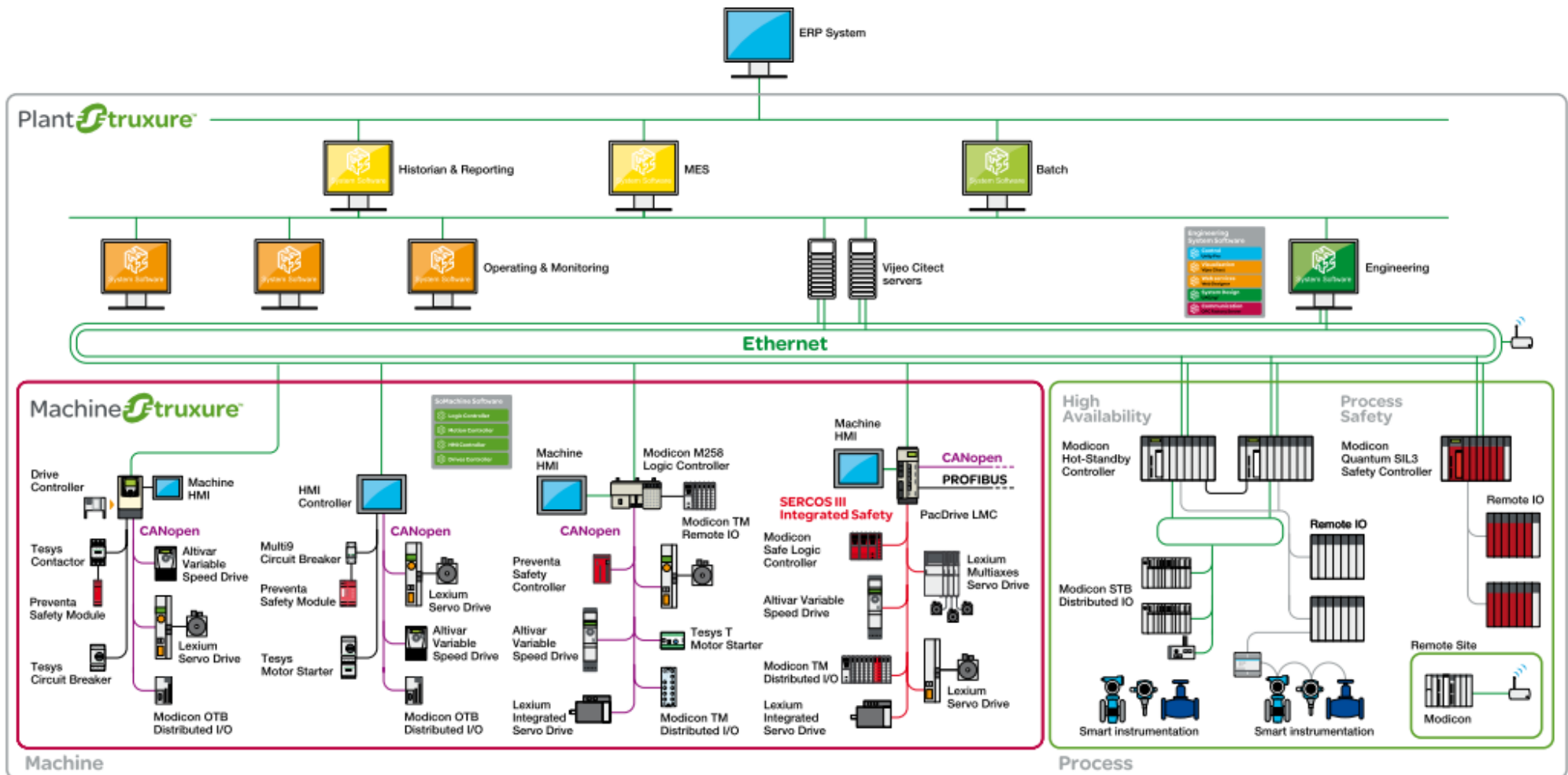


Figura 5-1 - Exemplo de um Sistema EcoStruxure™ [ 24 ]

## 5.2.2. SIEMENS

A SIEMENS possui uma solução global para edifícios (DESIGO). Esta solução baseia-se numa aplicação do conceito *Total Building Solutions* (TBS) que abrange uma combinação correcta de todos os sub-sistemas de protecção e segurança, através da automação e gestão técnica (Figura 5-2). A *Total Building Solutions* da SIEMENS proporciona uma gestão e controlo com a possibilidade de otimizar energeticamente e simultaneamente a gestão e tratamento de alarmes de perigo.



Figura 5-2 - Exemplo de um Sistema TBS [ 25 ]

Numa situação ideal todos os Edifícios deviam estar equipados de acordo com a sua dimensão e complexidade por equipamentos e sistemas técnicos, a partir dos quais fosse possível melhorar e beneficiar as instalações, bem como a sua operacionalidade e exploração. Neste contexto, encontram-se os sistemas de Protecção, Segurança, Automação e Gestão Integrada, realizadas através de um conjunto de sub-sistemas.

Existem diversos equipamentos e sistemas técnicos que podem ser introduzidos num edifício, entre outros, é possível implementar os seguintes sistemas e sub-sistemas.

#### Segurança Electrónica (Security):

- Sistema de Alarme contra Intrusão e Roubo (SAIR);
- Sistema Automático de Controlo de Acessos (SACA);
- Vídeo Vigilância por Circuito Fechado de Televisão (CFTV);
- Sistema de Gestão Centralizada de Perigos (SGCP).

#### Protecção Contra Incêndios (Fire Safety):

- Sistema Automático de Detecção de Incêndios (SADI);
- Sistema Automático de Extinção por Gases (SAEG);
- Sistema Automático de Detecção de Gases (SADG);
- Sistema Automático de Evacuação de Emergência (SAEE).

#### Gestão Técnica de Edifícios (Building Automation):

- Controlo de AVAC;
- Controlo de Iluminação;
- Controlo de Energia;
- Controlo de Unidades Terminais;
- Gestão Técnica Centralizada.

Com um sistema do tipo TBS é possível efectuar uma intervenção, uma gestão centralizada de forma coordenada e integrada de todos os equipamentos e sistemas, tendo em conta uma utilização coerente e a realização de interacções automáticas entre os diferentes componentes. A implementação de um sistema TBS pode ser dividida em quatro fases, cada uma com as suas respectivas características e com as suas funções específicas (Figura 5-3).

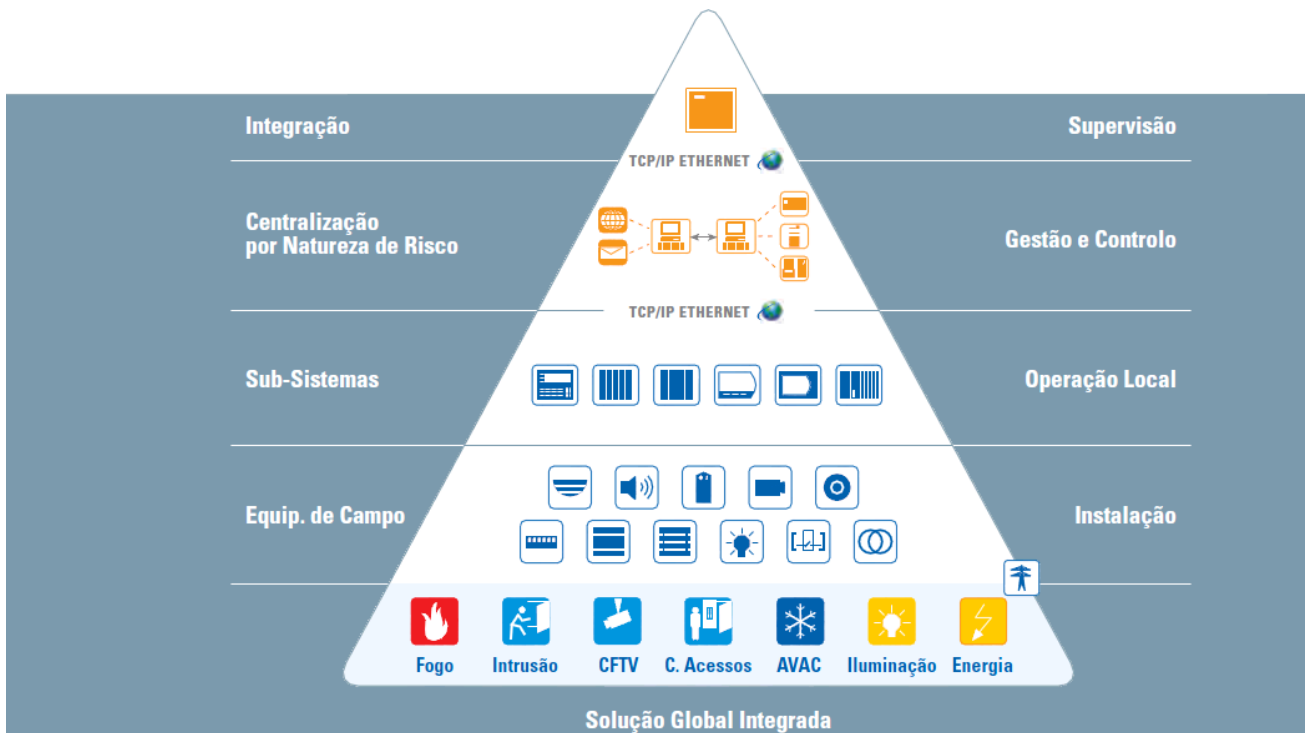


Figura 5-3 - Implementação de um sistema TBS [ 26 ]

Estas quatro fases podem ser as seguintes:

- Instalação, constituída por todos os equipamentos de campo destinados à aquisição e análise, independentemente do tipo ou sistema, como por exemplo: detectores de incêndio e gás; detectores de movimento; câmaras de vigilância; sensores de temperatura; actuadores; etc.
- Operação local, representa as unidades locais de comando. Estas recebem as informações provenientes dos equipamentos de campo, cuja função é proceder ao processamento e tratamento de toda a informação recebida de acordo com as parametrizações previamente estabelecidas. Estas unidades possuem “inteligência” própria e encontram-se normalmente dotadas de *Man Machine Interface* (MMI) que permite a apresentação de informações e a sua operação local.
- Gestão e Controlo, é a este nível que se procede à operação e gestão centralizada dos sistemas considerados de risco, ou seja, neste nível é feito o tratamento e a operação dos sistemas considerados importantes como os de Protecção e Segurança. Os sistemas são realizados em condições de emergência, de onde resulta a necessidade de executar acções rápidas e isentas de erro que visam proteger pessoas e bens. Por outro lado, as ocorrências provenientes dos demais equipamentos técnicos, iluminação, ar

condicionado, etc. ainda que necessitando de intervenção e medidas adequadas, não representam na generalidade dos casos situações de perigo, pelo que as tarefas requeridas são executadas sem pressão operacional.

- Supervisão, último nível na organização TBS, no qual se procede à supervisão geral do Edifício Complexo (poderá tratar-se de um sistema com implantação do tipo geográfico, com instalações distribuídas por locais diversos), através de uma concepção *Global Management Station* (GMS), composta por um ou mais Servidores de Sistema, nos quais executado um *software* de gestão dedicado e customizado em que os dados são apresentados sob a forma de síntese.

As plataformas sobre as quais alguns dos equipamentos e sistemas atrás indicados se baseiam são flexíveis e abertas, possibilitando deste modo a sua integração e interoperacionalidade com outros sistemas (distribuição horária, som, etc.), através de protocolos *standards* e normalizados do tipo Bacnet e/ou Ethernet.

### 5.2.3. Resumo

No caso de ser possível a escolha do protocolo de comunicação, este deve ser aberto com a integração o mais abrangente possível de subsistemas num edifício (AVAC, iluminação,...), podendo comunicar entre elementos de diferentes fabricantes, permitindo que o *software* de gestão aberto, faça a integração dos múltiplos subsistemas, permitindo que cada um disponha do seu próprio protocolo de comunicação em *Bus*, diferente dos restantes, pois a integração realiza-se ao nível da gestão.

A SCHNEIDER ELECTRIC tem em conta a necessidade de integração, para isso utiliza a política de sistemas abertos, baseados em protocolos de comunicação normalizados, como o LonWorks, Bacnet, Modbus, KNX, DALI, permitindo desta forma para além da integração de sistemas de controlo a interligação a sistemas de gestão informáticos.

Também a SIEMENS utiliza protocolos *standard* e abertos nos seus produtos e sistemas. O sistema de gestão técnica de edifícios, trabalha com o protocolo BACnet, sendo compatível com os mais diversos padrões industriais, como o ModBUS, o LonWorks, o KNX e o MBus, além de se tratar de uma plataforma aberta para integrações por OPC.

### 5.3. Sistemas de Domótica

Existem vários sistemas disponíveis no mercado, cada um com as suas particularidades. Para cada caso em particular é necessário um estudo aprofundado para se saber qual o sistema mais adequado. Os sistemas nem sempre são compatíveis entre si, o que torna a sua escolha um factor crucial numa aplicação.

Um sistema de domótica usa muitas vezes o seu próprio protocolo e o seu próprio meio de comunicação. Como referido anteriormente na Europa existem várias normas, pelo que optou-se por se aprofundar o KNX, no subcapítulo seguinte. Das normas mais utilizadas nos Estados Unidos a escolhida foi X-10, uma vez que em alguns casos torna-se a solução mais indicada.

#### 5.3.1. KNX

O KNX surgiu no ano de 1999 da associação de três entidades; a *European Installation Bus Association* (EIBA), *Batibus Club Internacional* (BCI) e a *European Home System Association* (EHSA), dando origem à *Konnex Association*. Estas três entidades estavam no mercado Europeu promovendo sistemas para automação e controlo de edifícios. Estas tinham-se desenvolvido no início dos anos 90 separadamente e cada uma com o seu respectivo protocolo. Apenas no ano 1999 decidiram congregarem-se de forma a unificar os seus sistemas.

O KNX foi fundado com base na norma *European Installation Bus* (EIB) e apurado com alguns princípios definidos nas normas *Batibus* e do *European Home System* (EHS). É fácil encontrar referências do KNX associado apenas ao EIB ou mesmo tratar KNX como EIB ou inclusive referir, como EIB/KNX.

A associação dos três sistemas permitiu uma maior abertura no leque de equipamentos disponíveis para utilizar num sistema com KNX. A partir do momento em que o sistema é considerado um protocolo aberto veio admitir a interoperacionalidade de equipamentos de vários fabricantes, podendo assim integrar as funcionalidades de controlo de um variadíssimo conjunto de dispositivos, (Figura 5-4).



Figura 5-4 - Áreas de controlo do KNX [ 26 ]

Com o aparecimento do KNX foi criada uma organização/associação intitulada Konnex. Através da qual os seus membros (*KNX Members*) ou parceiros (*KNX Partners*), conseguem aceder a informação actualizada e conhecer os novos equipamentos lançados pelos fabricantes. A organização permite ainda aos associados aceder aos *software* que permitem parametrizar os equipamentos e os sistemas.

A Konnex existe graças às quotas que os associados têm de pagar. Nenhuma empresa ou associado é obrigado a ser membro ou parceiro da Konnex para vender ou instalar equipamentos KNX. Um membro ou parceiro só necessita de estar associado à Konnex se quiser certificar os seus equipamentos ou se quiser ser um instalador certificado.

A Konnex divide os seus associados em três grupos, “M”, “S” e “I” respectivamente fabricantes (*Manufacturers*), fornecedores de serviços (*Service Providers*) e entidades interessadas (*Interested Parties*) [ 27 ].

A certificação dos produtos ou dos instaladores é importante pois só o consumidor consegue ter a garantia de que os equipamentos cumprem as especificações da norma. Ao nível dos equipamentos essa distinção é feita através de um processo de certificação que vai

permitir ao fabricante incluir na sua etiqueta de produto o símbolo KNX (Figura 5-5). Em relação aos instaladores estes necessitam de frequentar um curso para obterem um certificado de reconhecimento como *KNX Members*.



Figura 5-5 - Símbolo KNX [ 27 ]

Como referido anteriormente a Konnex é responsável pela certificação dos produtos e pela certificação dos instaladores. Este serviço consegue-se através da certificação dos centros de formação. Estes centros de formação preparam os instaladores e projectistas de forma a garantir junto do consumidor níveis de qualidade e de exigência compatíveis com os parâmetros da associação Konnex.

Por último, mas não menos importante, a Konnex é também responsável por conservar e melhorar o programa utilizado para a parametrização de instalações KNX, o *Engineering Tool Software* (ETS). O ETS é um *software* que possibilita aos parceiros realizarem a parametrização dos equipamentos. A Konnex consegue que os fabricantes ao produzirem um equipamento, este já venha programado de fábrica com as suas respectivas funcionalidades. Essas funcionalidades são compreendidas pelo *software* ETS. Com controlo efectuado pela Konnex aos parceiros KNX compete unicamente utilizar as funções que os equipamentos disponibilizam para conseguirem implementar as funcionalidades pretendidas.

### 5.3.2. X-10

A tecnologia X-10 é uma das mais antigas utilizadas em domótica. Foi desenvolvida entre 1976 e 1978 pela empresa Pico Electronics Ltd, em Glenrother, Escócia e tinha como principal objectivo conseguir transmitir dados através da rede eléctrica. O nome X-10 surge pelo facto de ser o décimo projecto da empresa. Com X-10 surge a possibilidade de ligar, comandar um dispositivo através da rede eléctrica, a um baixo custo, uma vez que não é necessário ter cabos extras para os comandos.

Devido à constante evolução do mercado, hoje em dia os produtos X-10 apresentam-se a um preço muito competitivo, sendo mesmo líderes no mercado residencial Norte-Americano. A Europa está mais resistente ao X-10, isto acontece em grande parte porque os dispositivos utilizados no Continente Americano não podem ser utilizados no Continente Europeu, uma vez que a rede eléctrica no Continente Americano (valor eficaz de 110V e uma frequência de 60 Hz) é diferente do Continente Europeu (valor eficaz de 230V e uma frequência de 50 Hz), não permitindo a prática de preços mais acessíveis. A Europa está, no entanto, a aderir em grande força, permitindo que nos próximos anos o X-10 seja líder mundial e consiga fazer frente aos produtos E-mode (*Easy mode*) do protocolo Konnex [ 28 ] [ 29 ].

O grande sucesso do sistema X-10 deve-se à facilidade com que se pode implementar, seja numa habitação nova ou numa habitação acabada. Este tipo de sistema, além de ser de simples instalação não requer nenhum custo adicional (ao nível de obras), e pode ser implementado por uma pessoa com pouca formação nesta área.

O controlo dos diferentes módulos pode ser feito de diversas formas, como se pode verificar na Figura 5-6:

- Rádio Frequência (telecomandos);
- Pela rede eléctrica (controladores);
- Por voz (através de um digitalizador de voz);
- Por programação horária;
- Por computador (através de um interface compatível X-10);
- Por telefone de tons (através de um controlador telefónico);
- Automaticamente (por acção de actuadores ou sensores).



Figura 5-6 - Alguns dispositivos para sistemas X-10 [ 30 ]

### 5.3.2.1. Tipos de Dispositivos

Actualmente existem três tipos de dispositivos:

- Dispositivos Receptores - Os que só podem receber ordens;
- Dispositivos Emissores - Os que podem unicamente transmitir ordens;
- Dispositivos Bidireccionais - E os que podem receber e transmitir ordens.

Os dispositivos receptores estão praticamente divididos em duas classes: os dispositivos do tipo lâmpadas que permitem ligar/desligar e controlar o nível de intensidade luminosa; e os dispositivos do tipo tomadas que usam um relé para ligar/desligar qualquer aplicativo que a eles se encontre ligado, pelo que permitem controlar motores, lâmpadas fluorescentes, etc.

Os dispositivos emissores podem enviar vários comandos para a rede eléctrica e para vários dispositivos. Estes controladores podem ser simples (como um interruptor), ou muito complexo (com relógio integrado, com controlador de luminosidade, receptor de radiofrequência ou mesmo receptor de infravermelhos).

Os dispositivos bidireccionais, têm a capacidade de responder e confirmar a realização correcta de uma ordem (*feed-back*), a qual pode ser muito útil, por exemplo quando o sistema X-10 se encontra ligado a um programa de monitorização e/ou visualização.

### 5.3.2.2. Endereçamento dos Dispositivos

A forma como é feito o endereçamento de cada dispositivo limita a sua quantidade em 256 dispositivos. Esta limitação não implica que apenas possam ser usados 256 dispositivos por sistema, pois o utilizador pode usar o mesmo endereço para vários dispositivos. O endereçamento de cada dispositivo é feito de uma forma simples, a norma X-10 usa 16 códigos de casa (*House Code*, usando as letras de A - P) e 16 códigos de dispositivos (*Unit Code*, usando os números de 1 - 16), o que permite endereçar univocamente  $16 \times 16 = 256$  dispositivos.

A atribuição de um endereço ao dispositivo normalmente é feita manualmente através de dois selectores rotativos, como demonstra a Figura 5-7, onde se apresenta um selector que determina o código da casa e um outro selector determina o código do dispositivo.



Figura 5-7 - Selectores rotativos para o endereçamento [ 31 ]

### 5.3.2.3. Protocolo X-10

O protocolo X-10 no âmbito de um ambiente doméstico é sem dúvida a tecnologia de comunicação mais económica e de mais fácil instalação. A implementação de um pequeno sistema de domótica está ao alcance de qualquer utilizador comum. Permite a automatização de algumas fracções numa habitação, mesmo que esta esteja concluída, sem a necessidade de cablagem extra. Apesar de algumas vantagens do X-10, não deixa de ser uma tecnologia com

grandes limitações, onde as funções se baseiam em ligar, desligar e regular a intensidade luminosa. O protocolo X-10 está directamente relacionado com os ciclos da rede eléctrica, tornando-o bastante lento no envio de informações (um simples comando para ligar um aparelho demora cerca de 1 segundo a ser transmitido), limitado no endereçamento (suporta apenas 256 dispositivos) e pouco robusto (num ambiente ruidoso não existe confirmação da entrega dos comandos).

Como já mencionado anteriormente, o protocolo X-10 tem como principal característica o envio de dados pela rede eléctrica, utilizando uma modulação em amplitude (*Amplitude Shift Keying* - ASK) a 120 kHz. O seu sincronismo é feito pela passagem por zero da linha de potência AC (50Hz). A escolha da passagem por zero surge por se apresentar menos sujeita a ruídos e a interferências por parte de outros dispositivos ligados à rede eléctrica.

O sinal é construído através da modulação em amplitude numa portadora de 120 kHz durante 1ms, a seguir à passagem por zero da onda sinusoidal (Figura 5-8). Desta forma é possível representar o 1 e/ou 0: a presença da modulação em amplitude de 120 kHz representa o 1; o caso da ausência da modulação representa o 0.

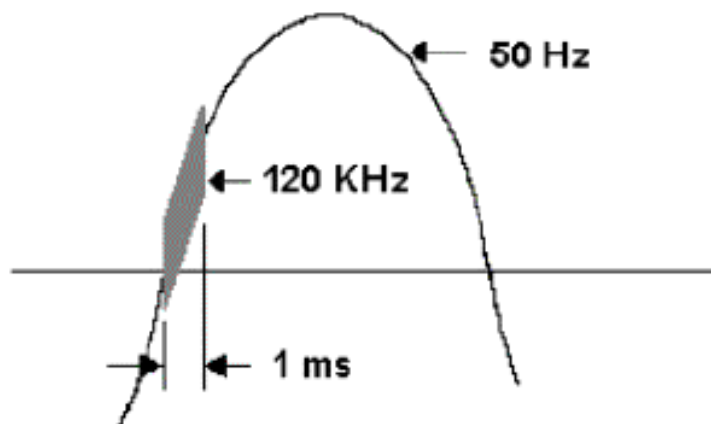


Figura 5-8 - Modulação em amplitude de 120 kHz à passagem por zero

Para diminuir a quantidade de erros ao transmitir os valores lógicos 1 e 0, utiliza-se um ciclo completo da onda AC (excepto o no *start code*). Assim, o 1 é representado por uma modulação em amplitude na primeira passagem por zero, seguida da sua ausência, na segunda passagem. Com o zero verifica-se o contrário (Figura 5-9). A transição positiva ou negativa não têm qualquer influência

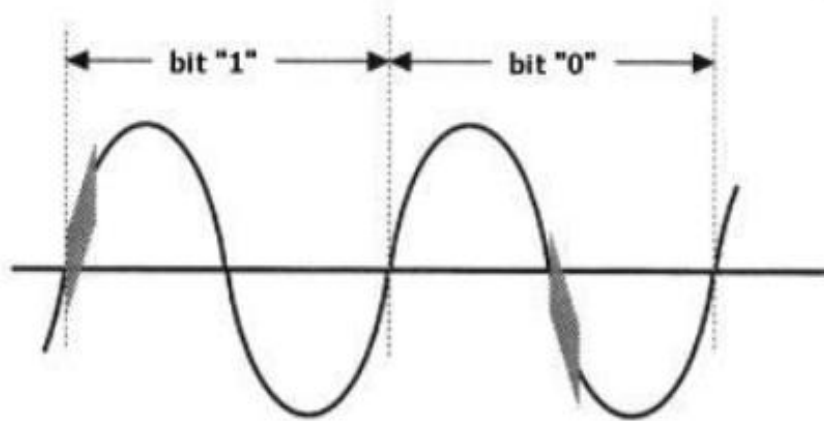


Figura 5-9 - A representação dos bits 1 e 0

Alguns equipamentos utilizam sistemas trifásicos, ou seja, se o emissor estiver numa fase e o receptor estiver numa das outras duas fases, surge um problema de sincronismo pela passagem de zero, não permitindo a recepção das mensagens. Para resolver este problema, a modulação em amplitude de 120 kHz é transmitida três vezes, para coincidir com as três passagens por zero das três fases. A Figura 5-10 demonstra as três modulações em amplitude.

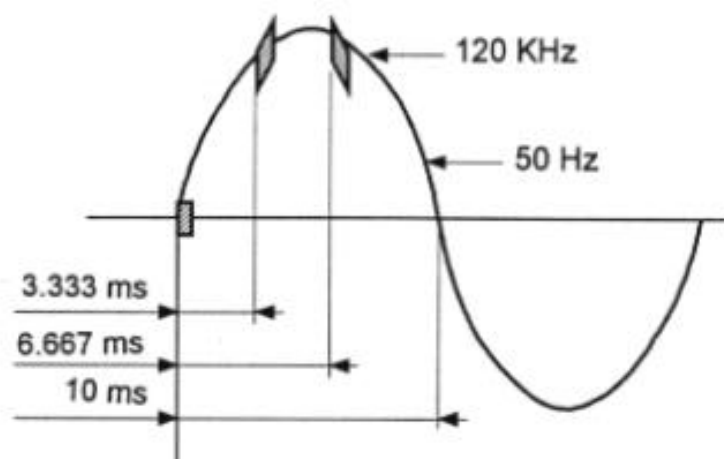


Figura 5-10 - Três modulações em amplitude correspondentes a cada uma das fases

### 5.3.3. Outros Sistemas

Presentemente, quase todos os fabricantes possuem disponíveis no mercado equipamentos que permitem de alguma forma automatizar um edifício. O fabricante ao desenvolver um equipamento geralmente faz com base no seu próprio protocolo, no entanto nem sempre é assim. No mercado estão disponíveis diversos protocolos que permitem interligar os equipamentos sejam eles abertos ou não. De uma forma resumida destacam-se os principais protocolos Standard: BACnet, LONWorks, TCP/IP, Modbus, Mbus, OPC, DALI.

- BACnet: É o protocolo *standard* aberto não proprietário mais aceite nos EUA e de maior protecção na EUROPA. Foi desenvolvido sem fins lucrativos pela associação ASHRAE especificamente para o controlo e automação dos edifícios;
- LONWorks (*Local Operating Networks*): É um protocolo *standard* no entanto prioritário. O LONWorks foi desenvolvido com fins lucrativos por uma empresa privada designada por Echelon Corporation e especialmente desenvolvido para o controlo do Nível de Campo (sondas, actuadores e pequenos controladores em rede);
- TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*): Protocolo *standard* de comunicação entre computadores através da Internet;
- Modbus: Protocolo de origem industrial desenvolvido pela empresa Modicon para utilização com a sua gama de PLCs (controladores lógicos programáveis) e depois convertido num protocolo de comunicações *standard*, especialmente utilizado para a integração de equipamentos individuais (*chillers*, analisadores de rede, variadores de frequência, etc.);
- Mbus: Protocolo Standard (Meter-bus) principalmente desenvolvido para a leitura de elementos de medição, tais como os contadores (entalpia, eléctricos e outros);
- OPC (OLE for *Process Control*): *Standard* para as comunicações das bases de dados que permitem a inter-comunicação e integração de sistemas ao Nível de Gestão;
- DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*): É também um *standard* europeu para a comunicação de sistemas de controlo electrónico de iluminação, desenvolvido pelos principais fabricantes do sector.

#### 5.3.4. Resumo

Tendo em conta o referido nos parágrafos anteriores, o KNX encontra-se cada vez mais acessível a todos, o que leva a que exista um grande investimento por parte dos fabricantes e dos instaladores de KNX, permitindo desta forma garantir que a tecnologia se possa manter no mercado pelos próximos anos e assegurar assim a rentabilidade dos investimentos realizados no desenvolvimento de soluções para este sistema.

A importância que o KNX apresenta para os fabricantes e instaladores, leva a que seja feito um grande investimento no desenvolvimento de dispositivos. Esta tecnologia apresenta-se no mercado com um enorme leque de dispositivos e com uma vasta diversidade. Permite ainda desta forma abranger diversas áreas, e a realização de instalações que ligam a comodidade, à eficiência energética, e ao mesmo tempo não deixando de lado a segurança, o conforto e privacidade.

O protocolo X-10 no âmbito de um ambiente doméstico é sem dúvida a tecnologia de comunicação mais económica e de mais fácil de instalação. A implementação de um pequeno sistema de domótica está ao alcance de qualquer utilizador comum, permitindo a automatização de algumas fracções numa habitação, mesmo que esta esteja concluída sem a necessidade de cablagem extra.

Apesar de algumas vantagens do X-10, não deixa de ser uma tecnologia com grandes limitações, onde as funções se baseiam em ligar, desligar e regular a intensidade luminosa. O protocolo X-10 está directamente relacionado com os ciclos da rede eléctrica, fazendo com o protocolo seja bastante lento no envio de informações (um simples comando para ligar um aparelho demora cerca de 1 segundo a ser transmitido), limitado no endereçamento (suporta apenas 256 dispositivos) e pouco robusto (num ambiente ruidoso não existe confirmação da entrega dos comandos).

Como se verificou existem vários sistemas disponíveis no mercado, cada um com as suas particularidades. Para cada caso em particular é necessário um estudo aprofundado, para se saber qual o sistema mais adequado. Os sistemas nem sempre são compatíveis entre si, o que torna a sua escolha um factor crucial numa aplicação.

## **6. Aplicação da Domótica / GTC**

### **6.1. Introdução**

Domótica tem origem do latim domus (casa), e representa um conjunto de sistemas automatizados de uma habitação que possibilita um alargado leque de serviços, tais como: segurança, gestão de energia, conforto, comunicação, etc. Estes serviços podem ser integrados por meio de redes internas e/ou externas de comunicação.

A automatização de uma habitação, moradia ou apartamento, é identificada como domótica, independentemente de qual o grau de tecnologia utilizada. A automatização de edifícios não destinados a habitação, como escritórios, pequeno comércio e serviços em geral, denomina-se como inmótica ou GTC.

### **6.2. Contribuição e valor da domótica / GTC**

Através da domótica é exequível que uma habitação disponha da oportunidade de controlar e gerir de forma eficiente os sistemas existentes e equipamentos instalados (sistemas de alarme, TV, telefone, água, frigorífico).

Possibilita ainda por exemplo desligar o aquecimento quando se abre a janela do quarto pela manhã, ou que em dias de mais calor, com a janela fechada o equipamento de frio comece a funcionar, o que mediante um sistema de gestão técnica e inteligente, permite uma melhor qualidade de vida ao utilizador da habitação e ao mesmo tempo reduzir o consumo eléctrico.

### **6.3. Solução de Domótica na Casa do Futuro**

Infelizmente não se pode dizer que a domótica é uma solução só por si inteligente, mesmo num futuro próximo, mas podemos esperar um sofisticado sistema de integração das infra-estruturas e tecnologias, capaz de se estabelecer como uma referência mundial, e onde seguramente se conseguirá atingir pelo menos os limites da nossa imaginação.

Só a permanente procura no desenvolvimento de tecnologias nos poderá conduzir a uma habitação verdadeiramente sofisticada, confortável, eficiente e segura.

#### **6.4. Domótica e eficiência energética**

Os benefícios de um sistema domótico são inúmeros. Estudos recentes apontam para uma redução de 15% no consumo de energia, nos sistemas de aquecimento/arrefecimento e iluminação, e ainda 10% em outras utilizações, ex. Rega... [ 32]

Assim, por exemplo, pode-se concluir que os custos de climatização dependem muito mais da forma como se gerem os sistemas de climatização, do que propriamente da fonte de energia.

A “PROTESTE” divulgou em 2005, numa das suas publicações, que: “...por cada °C de incremento da temperatura ambiente num edifício, o consumo energético aumenta cerca de 7%...” [ 33 ].

Muitos dos equipamentos que diariamente se utilizam como, sistema de áudio, televisor..., quando desligados ficam sempre em modo de *standby* (Led vermelho aceso). Nestas circunstâncias existe uma quantidade de energia que ao longo dos anos é desperdiçada. Com a domótica podemos programar o sistema para desligar por completo os equipamentos quando nos encontramos a descansar no quarto, evitando desta forma um gasto de energia desnecessário. Então, mesmo estando a dormir podemos efectuar uma poupança de energia.

Segundo os estudos da EDP, os aparelhos em *standby* podem consumir o equivalente a 12% do consumo global de electricidade numa habitação.

#### **6.5. Investimentos**

O investimento global para um nível aceitável de configuração e instalação depende do critério escolhido pelo proprietário, do tamanho da habitação e da integração pretendida com os outros equipamentos existentes. Alguns estudos indicam que uma instalação de domótica integrando por exemplo o controlo de iluminação, estores ou cortinas, segurança, circuitos eléctricos e controlo de temperatura, poderão custar cerca de 2% a 4% do orçamento previsto para a sua casa.

Esse investimento será inferior ao que se gasta com o equipamento de uma cozinha moderna ou nas casas de banho. Sabe-se também que o retorno do investimento é feito num tempo relativamente curto, justificando-se assim o investimento através da economia de energia, pelo conforto e aumento dos níveis de segurança.

Quando devidamente concebida e instalada, podendo vir a amortizar uma boa parte do investimento inicial, como se pode verificar na Figura 6-1.

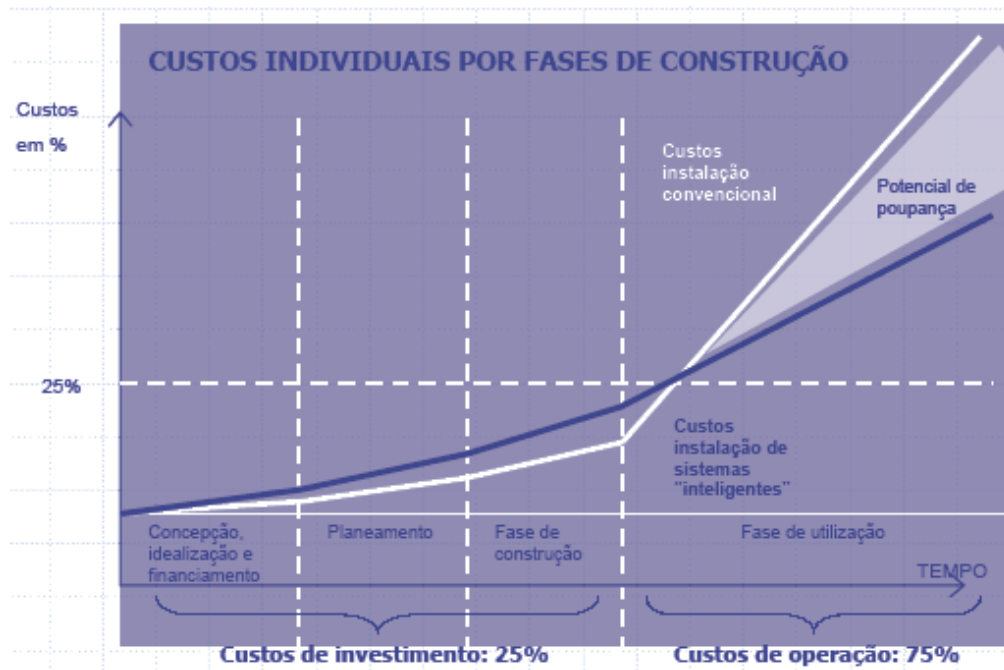


Figura 6-1 - Custos Individuais por Fases de Construção [ 33 ]

## 6.6. Em Resumo

Em suma, o utilizador de uma habitação com domótica tem grandes vantagens em distintas áreas. Ao nível da segurança, a sua habitação fica muito mais segura, permitindo o controlo de intrusão, detecção de incêndios, fugas de gás, inundação, controlo das tomadas, simulação de presença ou mesmo teleassistência entre muitas outras.

Ao nível do conforto permite ter um maior controlo da climatização, dos electrodomésticos, da luz natural e artificial, das persianas ou toldos motorizados, da programação da rega, controlo remoto de equipamentos e de toda a instalação.

Estas habitações podem ser consideradas como habitações sustentáveis, isto porque permitem aproveitar ao máximo a energia da luz solar, evitar gastos inúteis de luz / água e ter total controlo dos consumos.

## **7. Casos de Estudo**

### **7.1. Objectivo**

O objectivo deste projecto consiste em aplicar algumas técnicas de construção e de eficiência energética numa moradia tradicional, de forma a converter a mesma numa moradia “automatizada”, com a mesma topologia. Verifica-se ainda a diferença de custos de construção e exploração, assim como os custos de investimento entre as duas habitações (moradia tradicional e moradia “automatizada”).

### **7.2. Projecto**

#### **7.2.1. Memória descritiva**

A presente memória descritiva diz respeito à apresentação de uma moradia unifamiliar tradicional de tipologia T4. Optou-se por uma edificação em forma de um L.

A forma proposta resulta da organização do projecto em torno da sua envolvente, que se articula com a paisagem. As paredes exteriores são findadas com reboco pintado a branco. No interior da moradia predominam as paredes estucadas e pintadas a branco.

Relativamente ao processo construtivo, a estrutura é em betão armado, as paredes exteriores são constituídas por reboco do lado exterior, alvenaria em tijolo de 11cm, caixa-de-ar com isolamento térmico de 4 cm, alvenaria em tijolo de 15cm e estuque pelo lado de dentro. As paredes interiores são constituídas por estuque ou ladrilho e alvenaria em tijolo de 11cm. A cobertura é constituída por um terraço constituído por pedras naturais seixos pelo lado de fora, tela betuminosa, isolamento de 10 cm, estrutura de betão e estuque pintado de branco.

A moradia é composta por um único piso térreo, virado para Este e Sul a zona social, como a cozinha, arrumos, sala de estar e zona de convívio. A Norte e a Oeste situa-se a zona de carácter íntimo, como os quartos e instalações sanitárias.

O terreno recebe a implantação da casa, sofrendo os ajustes necessários para uma ligação harmoniosa. Nivelado o terreno, a casa é implantada à cota 49,00 m e a piscina a uma cota inferior 48,00 m de modo a resguardar esta zona de ventos (Figura 7-1).

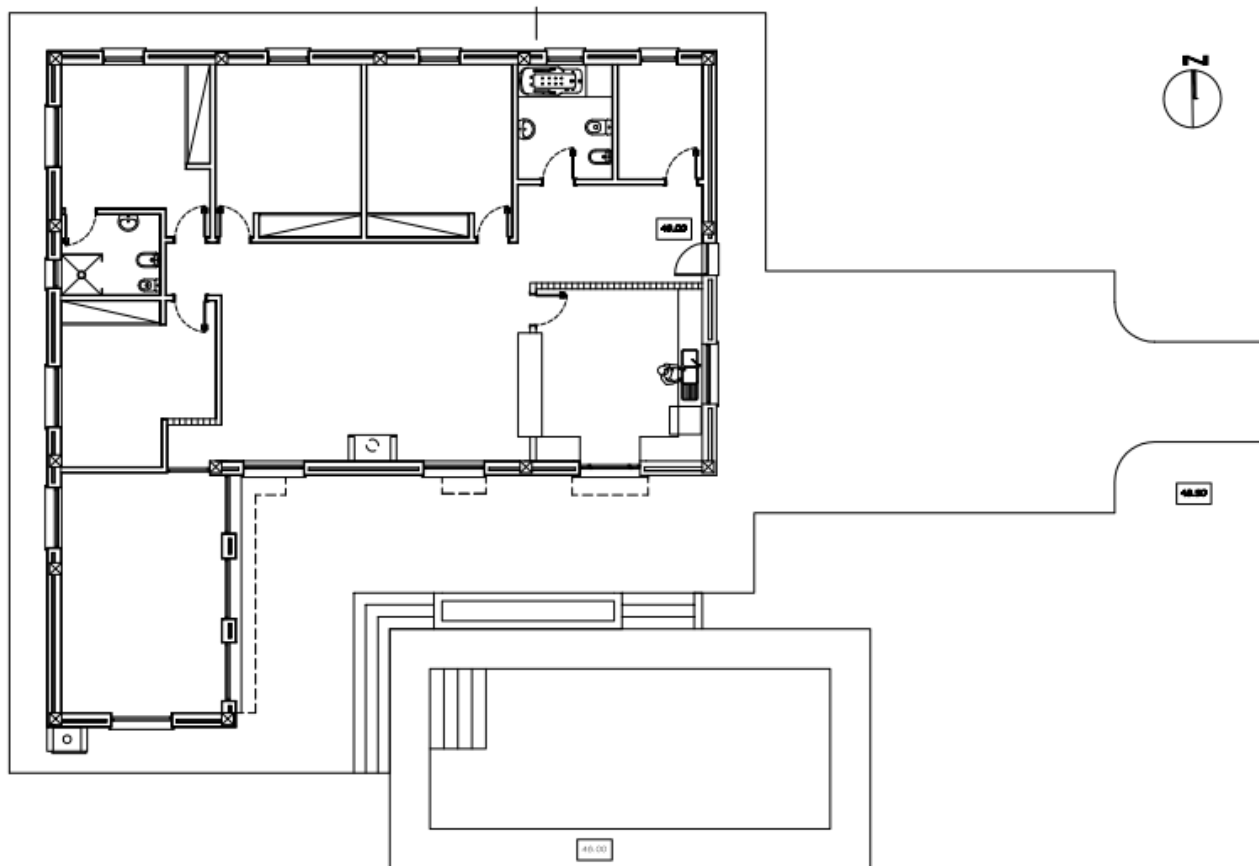


Figura 7-1 - Planta da moradia do caso de estudo

## 7.2.2. Energias Renováveis

De forma a não influenciar os dados considerou-se apenas o estritamente obrigatório, pelo regulamento, ou seja, no âmbito das energias renováveis foram considerados apenas painéis térmicos.

### 7.2.2.1. Painéis Térmicos

Como se trata de uma tipologia T4 foram considerados 3 *kits* de forma a garantir, uma área de 5,7 m<sup>2</sup> estritamente necessária para cumprir os requisitos do decreto-lei.

A Figura 7-2 e a Figura 7-3 mostra a análise realizada com o *software* Solterm 5.1. considerando que a tipologia é do tipo T4, definem-se 5 ocupantes (Despacho n.º 15793-I/2013).

Definiu-se como exemplo o *kit* Baxiroca STS200-2 e obteve-se um 'E<sub>solar</sub>' de 3341 kWh/Ano (Figura 7-3).

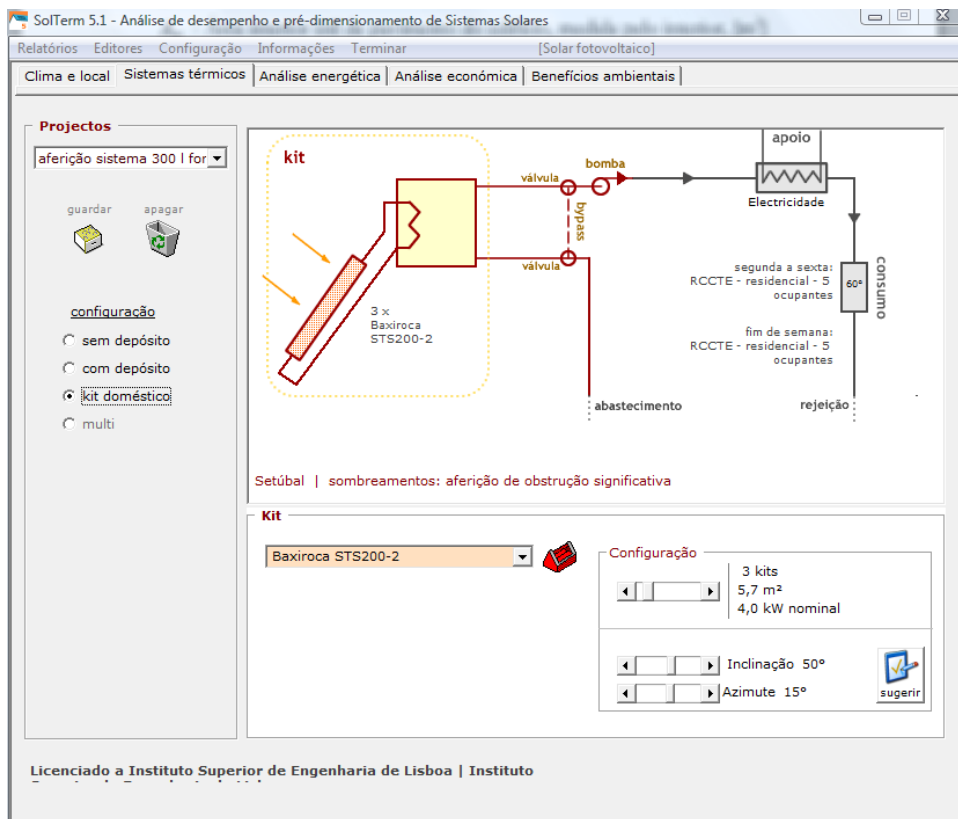


Figura 7-2 - Parâmetros adoptados para as águas sanitárias (AQS)

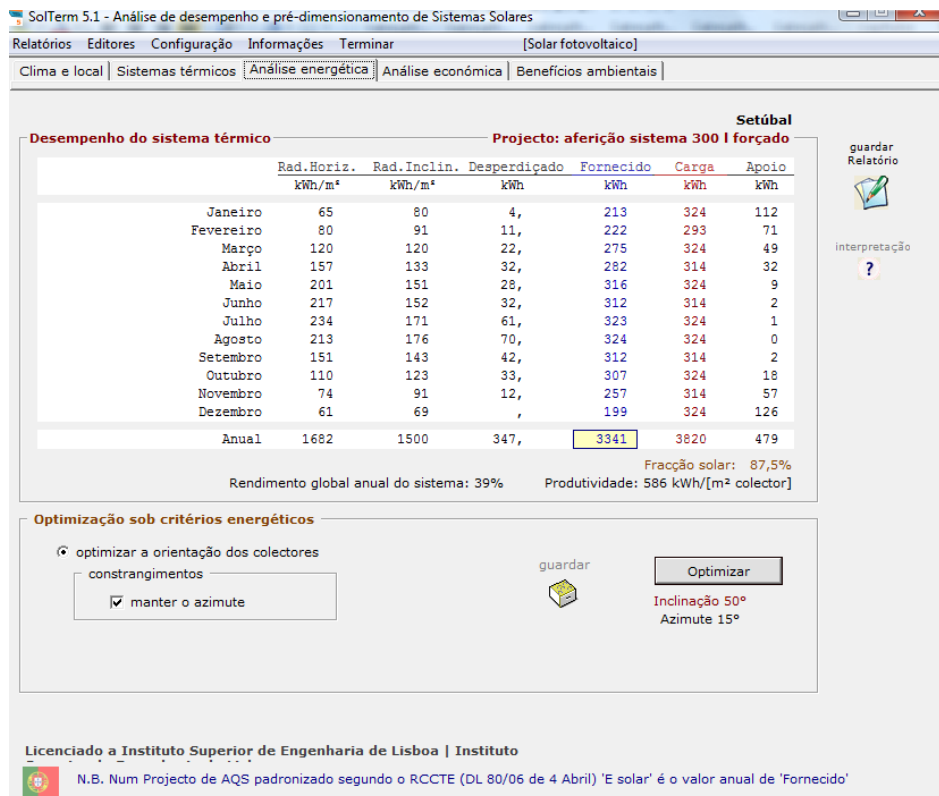


Figura 7-3 - Valores obtidos para as águas sanitárias (AQS)

O aquecimento das águas sanitárias será efectuado por um termoacumulador eléctrico com 100 mm de isolamento térmico, (por defeito e para um edifício sem alimentação de gás), associado a um depósito de 200 litros. Este depósito terá uma serpentina de um circuito solar, constituído por 3 colectores solares (Baxiroca STS200-2). Estes colectores servem apenas esta fracção e estão instalados na cobertura em terraço com orientação Sul (Figura 7-4). O sistema funciona pelo princípio de termósifão e o depósito será instalado, junto dos colectores e na horizontal.

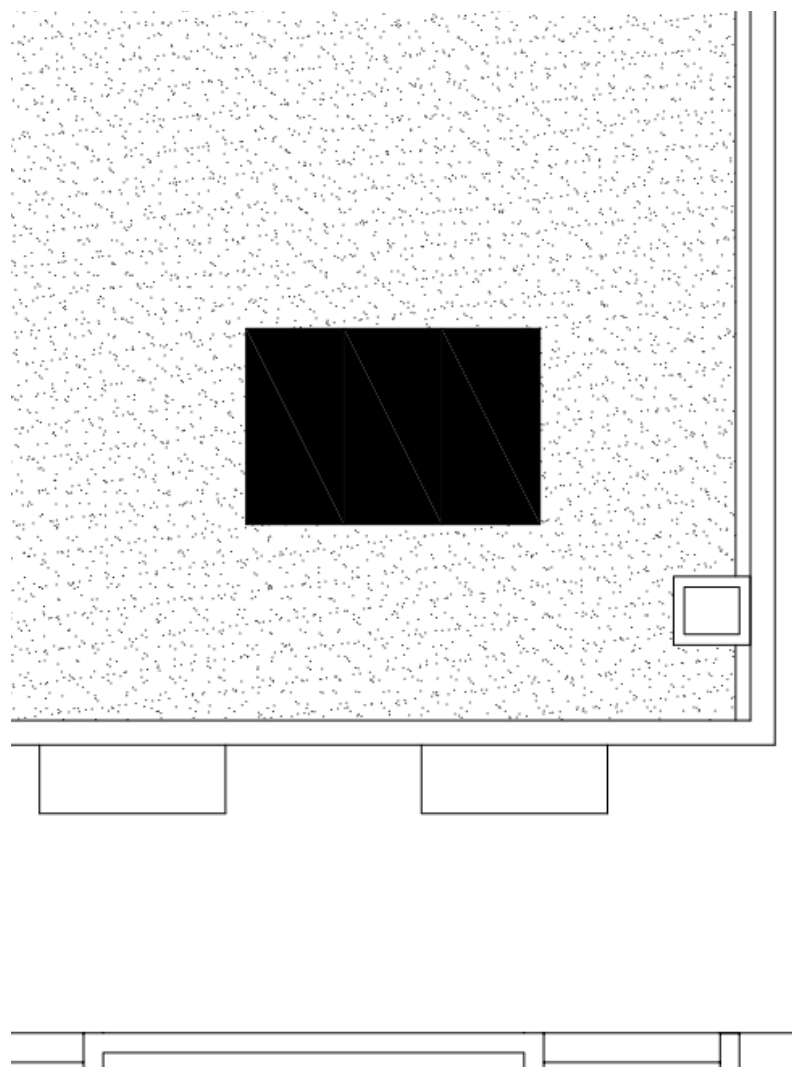


Figura 7-4 - Localização otimizada dos colectores na Cobertura

### **7.2.3. Arquitectura**

#### **7.2.3.1. Introdução**

Para transformar a moradia tradicional numa casa tecnológica avançada é necessário ter em conta em primeiro lugar como factores, a reformulação arquitectónica do espaço e aplicação de materiais de construção mais eficazes. Em qualquer projecto, antes de se considerar a utilização de acções activas, deve-se verificar se não é possível a introdução de mais medidas passivas.

Como referido anteriormente para este projecto, foram consideradas paredes exteriores duplas (com o pano interior mais denso de forma a melhorar a inércia), com caixa-de-ar e isolamento (colocado no pano interior), de forma a ser possível obter um melhor isolamento para as grandes amplitudes térmicas. Foram escolhidos também revestimentos adequados às necessidades e os vãos expostos de forma a melhorar aproveitamento da energia solar.

A cobertura foi constituída (do exterior para o interior), por uma camada drenante de pedras naturais seixos, poliestireno extrudido, tela impermeabilizante, laje/viga de betão e estuque, o que contribui para o conforto e bem-estar dos ocupantes.

#### **7.2.3.2. Exposição Solar**

De forma a obter melhor exposição solar, a maior parte das divisões devem estar viradas a sul e este, deixando para Norte e Oeste as divisões com menos tempo de utilização.

Consideraram-se palas exteriores nos vãos de envidraçados virados a sul, o que permite o controlo da radiação solar na habitação (no Verão entre apenas a radiação solar necessária), não aquecendo em demasia, no Inverno será aproveitada todo o potencial desta energia, tanto ao nível de calor como de luminosidade.

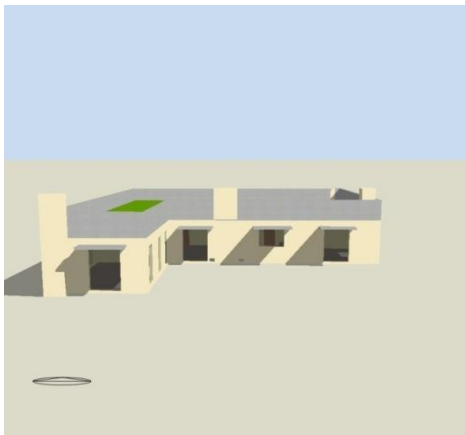
Apresenta-se seguidamente a simulação da variação das sombras, representando-se as estações Verão e Inverno em diferentes horas do dia (Figura 7-5).



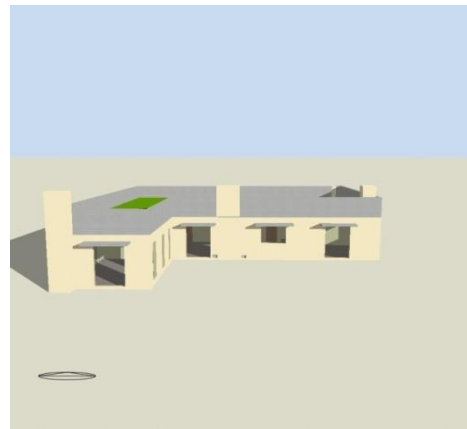
Verão – 6h



Inverno – 7h



Verão – 9h



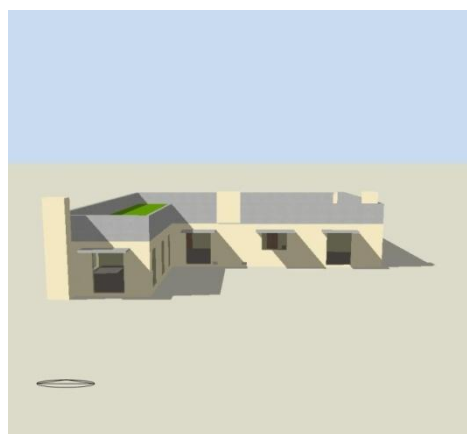
Inverno – 9h



Verão – 12h



Inverno – 12h



Verão – 15h



Inverno – 15h



Verão – 17h



Inverno – 17h

Figura 7-5 - Simulação das sombras Inverno/Verão

### 7.2.3.3. Ventilação Natural

A ventilação natural foi também privilegiada, não sendo assim necessário nenhum meio mecânico para esta função de forma a cumprir o regulamento. No entanto, como esta medida pode influenciar o desempenho do projecto ao nível térmico (mas importante em relação à qualidade do ar), será um dos pontos a considerar na utilização de processos mecânicos para as aberturas instaladas nas fachadas.

Assim, as entradas de ar são executadas nos compartimentos principais localizados a Norte por intermédio de aberturas auto-reguladas na zona inferior da fachada e as saídas de ar são implementadas nos compartimentos de serviços (cozinhas e casas de banho), na parte superior da fachada.

No interior são criadas passagens de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço, realizadas através de aberturas especialmente previstas para o

efeito com a utilização de grelhas nas paredes divisórias. A sala de estar possui ventilação separada (entradas e saídas de ar instaladas no próprio compartimento), por estar equipada com uma lareira.

#### **7.2.3.4. Arquitectura Paisagística**

A área de implantação da moradia unifamiliar situa-se no concelho do Seixal, distrito de Setúbal, inserida numa Área Urbanizada.

Tendo em conta que a sua localização, em termos de paisagem e clima, é marcadamente mediterrânea, a escolha das espécies vegetais terão em conta este factor, uma vez que utilizando plantas bem adaptadas edafo-climaticamente, as probabilidades de vingamento das mesmas são maiores, assim como as necessidades de rega e outras operações de manutenção são menores, o que acarretará menos custos económicos e ambientais.

Outro aspecto de relevante importância é a exposição aos ventos de Norte/ Noroeste e à presença de salsugem dada a proximidade do mar, pelo que é necessário proteger, não só a habitação, mas também as plantações.

##### **7.2.3.4.1 Enquadramento periférico**

Pelo acima descrito, uma das principais medidas a adoptar pode ser a criação de uma cortina arbórea densa a Norte da moradia recorrendo a árvores perenifólias para que, para além da sua função de ensombramento, exerçam uma protecção mais eficaz contra a acção dos ventos e da salsugem (ar carregado de sal).

Esta cortina pode ser constituída, entre outras:

- *Cupressus sempervirens* (cipreste)
- *Pinus pinea* (pinheiro manso)
- *Pinus halepensis* (pinheiro de alepo)
- *Quercus suber* (sobreiro)

As diferentes formas, cores e texturas tornam esta “parede verde” mais rica e com maior interesse plástico promovendo uma maior biodiversidade.

A biodiversidade no local poderá ser ainda mais valorizada pela presença de uma sebe arbustiva com espécies característicos da flora mediterrânea (que poderá/ deverá funcionar em simultâneo com a cortina arbórea), atraindo pequena fauna como os pássaros introduzindo assim o elemento sonoro na paisagem.

Esta sebe que delimita a propriedade, confere maior privacidade ao espaço e ao mesmo tempo pode funcionar também como enquadramento das áreas técnicas e de serviço, muitas vezes previstas na propriedade como sejam garagem e painéis solares.

A sebe poderá ter na sua composição, entre outras:

- *Arbutus unedo* (medronheiro)
- *Nerium oleander* (loendro)
- *Phyllirea angustifolia* (aderno)
- *Rhamnus alaternus* (sanguinho das sebes)
- *Tamarix africana* (tamargueira)

Estas zonas de enquadramento devem ser regadas nos meses de Verão e somente até à sua instalação definitiva (1 ou 2 anos).

#### **7.2.3.4.2 Área de jardim**

Os espaços de enquadramento à habitação propriamente dita e zonas sociais, terão um carácter ornamental, não descurando no entanto os objectivos de poupança de energia por sombreamento, e objectivos ambientais da poupança de água e utilização de espécies da flora local de modo a não introduzir plantas invasoras.

A utilização de *Platanus x híbrida* (plátano) junto às fachadas nascente e poente, uma vez que é uma árvore de folha caduca, providencia assim o sombreamento necessário no Verão evitando a entrada de demasiado calor através dos envidraçados, contrariamente ao que acontecerá no Inverno, pois será a época do ano em que as folhas caem, o que permite que entre o calor necessário ao aquecimento da habitação.

A utilização de *Platanus x híbrida* (plátano) será também usada como marcação da entrada na propriedade sob a forma de alinhamento ou alameda, uma vez que se trata de uma árvore de folha caduca e com uma interessante variação cromática, marca subtilmente o passar das estações do ano.

O prado regado deve ainda estender-se à zona envolvente da piscina, favorecendo a fruição da mesma. Esta deverá sempre que possível, ser coberta, numa lógica de, como referido anteriormente, diminuição das perdas de água por evapotranspiração.

Resta referir que os maciços herbáceo-arbustivos que marcam o jardim, para além de serem espécies características do mediterrâneo, são plantas aromáticas, como por exemplo, entre outras:

- *Armeria marítima*
- *Atriplex halimus* (salgadeira)
- *Chamaerops humilis* (palmeira anã – endemismo da costa vicentina e barrocal algarvio)
- *Cistus palhinhae* (esteva – endemismo do litoral alenjano)
- *Lavandula angustifolia* - alfazema
- *Lonicera sp.* – madressilva
- *Rosmarinus officinalis* – alecrim

Nos canteiros destes maciços, para além de se prever uma rega gota-a-gota localizada, contará ainda com o revestimento do solo com uma camada de casca de pinheiro ou caroço de azeitona, que desempenhará uma dupla função, diminuir a evapotranspiração e o aparecimento de ervas infestantes.

Por fim, e com o intuito de favorecer a infiltração das águas promovendo a recarga do aquífero que poderá abastecer o furo cartesiano, propõe-se que todas as zonas pavimentadas utilizem um material permeável à base de gravilha, de preferência de um inerte local, agregado com resina epóxica.

#### **7.2.4. Verificação REH**

##### **7.2.4.1. Introdução**

No que diz respeito à aplicabilidade do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) na moradia, inicialmente não vão ser tidas em conta algumas melhorias tecnológicas, de forma a poder-se ter um ponto base de estudo.

### 7.2.4.2. Cálculo REH

Como se referiu anteriormente, considerou-se que a moradia em estudo está situada no concelho do Seixal, de acordo com a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, este pertence, península de Setúbal, integrando apenas uma fracção autónoma. Segundo o despacho n.º 15793-F/2013 a habitação insere-se na zona II (Inverno) e V3 (Verão) [ 11 ] (Figura 7-6).

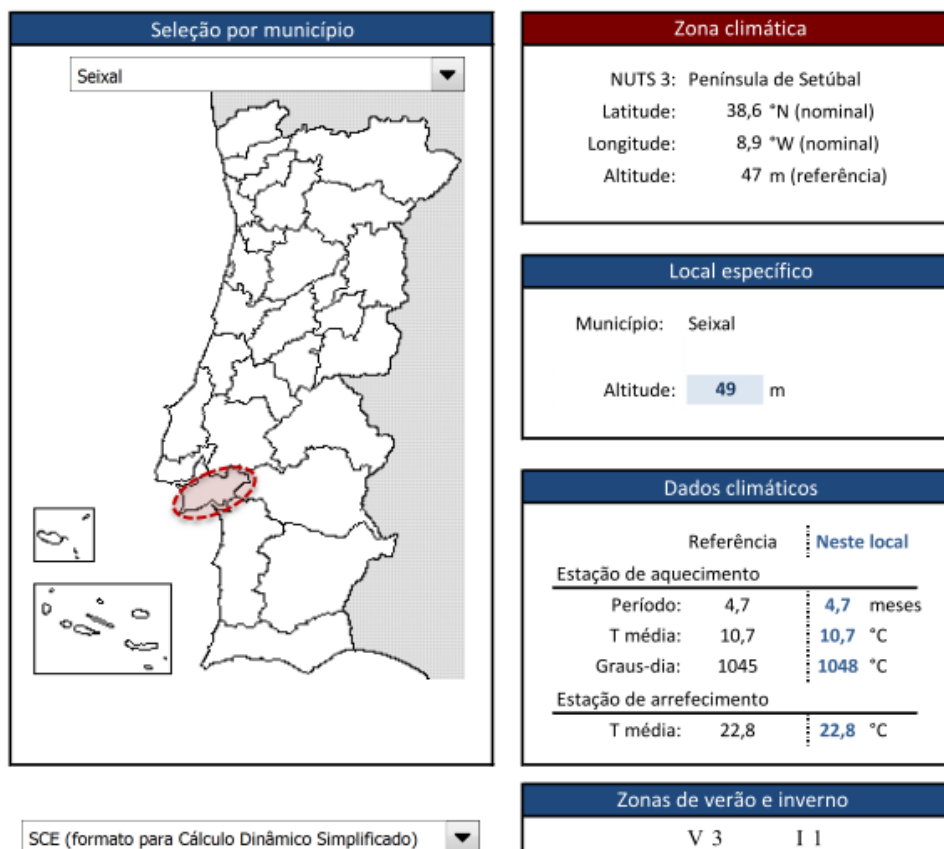


Figura 7-6 - Zona Climática

#### 7.2.4.2.1 Definição do Sistema de Climatização

De forma a não influenciar os resultados não se considerou no projecto inicial nenhum tipo de climatização. Mais à frente será exposto quais as principais diferenças em se considerar um sistema de climatização, num projecto.

Para o estudo foi considerado um sistema de bomba de calor reversível, tendo por base a investigação efectuada a algumas marcas que comercializam estes equipamentos. Optou-se

pelos valores referidos da Tabela 7-1 (Como exemplo platinumBC 11 BaxiRoca), estes valores são meramente valores de referência.

Tabela 7-1 - Sistema de climatização utilizado

	Platinum BC 11	Mínimo Regulamentar
COP	4,2	$\geq 3,2$
EER	4,5	$\geq 3,1$
Potência (kW)	< 12	< 25
AQS (COP)	4,2	$\geq 2,3$

#### 7.2.4.2.2 Definição do Sistema de Ventilação

O sistema de ventilação a considerar em primeiro lugar deve ser a ventilação natural, em conformidade com a norma NP 1037-1, pelo que ao utilizar ventilação mecânica deve estar em conformidade com a norma NP 1037-2. Para os outros casos onde não é possível aplicar nenhuma das normas anteriores deve-se utilizar o método previsto na norma EN 15242.

Neste projecto e de forma a simplificar o processo, considerou-se algumas das notas referenciadas na NP 1037-1, e utilizou-se a ferramenta de cálculo, disponibilizada pelo LNEC, para determinar os valores.

Os Resultados adquiridos da folha de cálculo, entre outros (Anexo 1):

#### Balanco de Energia - Edifício

$R_{ph,i}$  (h-1) - Aquecimento  $\rightarrow$  1,27

$R_{ph,v}$  (h-1) - Arrefecimento  $\rightarrow$  1,27

#### Balanco de Energia - Edifício de Referência

$R_{ph,i REF}$  (h-1)  $\rightarrow$  0,60

#### Caudal mínimo de ventilação

$R_{ph}$  estimada em condições nominais (h-1)  $\rightarrow$  0,49

Requisito mínimo de ventilação (h-1)  $\rightarrow$  0,40

#### 7.2.4.2.3 Definição do Colector Padrão

A configuração adoptada para os colectores de AQS, cuja descrição obtida através do *software* Solterm 5.1 (Figura 7-2 e a Figura 7-3) é exposta no capítulo das energias renováveis.

Selecionou-se o sistema *kit* Baxiroca STS200-2, correspondendo a uma área de painéis de 5,7 m<sup>2</sup> com uma produção de energia solar de 3.341 kWh/Ano (Figura 7-3).

No Anexo 2 estão descritos todos os dados obtidos do *software*, para uma consulta mais minuciosa.

#### 7.2.4.2.4 Definição de ENU's e cálculo de $\tau$

De forma a melhorar o desempenho da casa foi criada um pavimento afastado do solo, o que deu origem a um desvão não ventilado com um Tau ( $\tau$ ) = 0,8. Existem ainda duas zonas consideradas como desvão, uma é a chaminé da sala de estar e a outra é a chaminé da zona de convívio, ambas com Tau ( $\tau$ ) = 1.

No caso do desvão situado por baixo do pavimento (ENU1), considerou-se que se trata de um espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas (*f*), e que o volume do espaço não útil ( $V_{enu}$ ) está ente 50m<sup>3</sup> e 200m<sup>3</sup>. Da Tabela 7-2 pode-se concluir que  $A_i/A_u$  está entre 0,5 e 1, ou seja, da consulta da Tabela 7-3 pode-se determinar que o  $b_{tr} = 0,8$  [ 16 ].

Tabela 7-2 - Cálculo dos valores de  $\tau$  para o ENU1

Pavimento Caixa-de-Ar						
Somatório de todas as áreas interiores						Area(m <sup>2</sup> )
$A_{ij}$						
$\Sigma A_{ij}$						184,20
Somatório de todas as áreas exteriores						Area(m <sup>2</sup> )
$A_{uj}$						
$A_i$	184,20	<b>0,91</b>	→	<b>0,80</b>		
$A_u$	203,13					
$\Sigma A_{uj}$						203,13

Tabela 7-3 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis,  $b_{tr}$  [ 16 ]

$b_{tr}$	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 < V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} > 200m^3$	
	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>f</i>	<i>F</i>
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Nota: Para espaços fortemente ventilados  $b_{tr}$ , deverá tomar o valor de 1,0.

### 7.2.4.2.5 Elementos Construtivos

As paredes exteriores são paredes duplas de alvenaria de tijolo furado (de 11cm no exterior + 15cm no interior) com caixa-de-ar de 7cm preenchida parcialmente por poliestireno expandido extrudido (XPS) em placas de 6 cm de espessura. As paredes são revestidas no exterior com uma camada de reboco de 1,5cm e no interior com uma camada de estuque de 1,5cm.

A Figura 7-7 apresenta o cálculo deste coeficiente, no qual também se indica o cálculo referente às massas superficiais úteis.

	Constituição	di (cm)	$\lambda$ (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	mi (kg/m <sup>2</sup> )	
exterior	Reboco	1,50	1,300	0,0115	pag I.7 ITE50 LNEC	2000	30		VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL de U PARA PONTES TÉRMICAS PLANAS (W/m <sup>2</sup> .°C)
v	Tijolo	11,00		0,2700	pag I.12 ITE50 LNEC	1000	110		
v	Ar	1,00		0,1500	pag I.11 ITE50 LNEC	1,23	0,0123		
v	Poliestireno extrudido XPS	6,00	0,037	1,6216	pag I.3 ITE50 LNEC	40	2,4		
v	Tijolo	15,00		0,3900	pag I.12 ITE50 LNEC	1000	150	110	
v	Estuque	1,50	0,570	0,0263	pag I.6 ITE50 LNEC	1200	18	30	
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
interior	<b>TOTAL</b>	<b>36,00</b>		<b>2,47</b>					

Rse	0,04
Rsi	0,13
<b>Resistência térmica superficial TOTAL</b>	<b>0,17</b>
<b>R<sub>térmica total</sub></b>	<b>2,64</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>0,38</b>

2 x U	0,76	
U <sub>máx</sub>	1,75	
Umáx é maior U(PE)		
<b>Verifica</b>		
mt(kg/m <sup>2</sup> )	mi(kg/m <sup>2</sup> )	Msi(kg/m <sup>2</sup> )
310	140	140

Msi(kg/m <sup>2</sup> ) max.	150
------------------------------	-----

Figura 7-7 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Paredes Exteriores

A protecção de vigas e pilares (0,23 m de betão armado) é feita pelo exterior através de isolamento térmico de poliestireno expandido extrudido (XPS) com 0,06 m de espessura (Figura 7-8).

	Constituição	di (cm)	$\lambda$ (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	mi (kg/m <sup>2</sup> )	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL de U PARA PONTES TÉRMICAS PLANAS (W/m <sup>2</sup> .°C)
exterior	Reboco	1,50	1,300	0,0115	pag I.7 ITE50 LNEC	2000	30		
v	Poliestireno extrudido XPS	6,00	0,037	1,6216	pag I.3 ITE50 LNEC	40	2,4		
v	Betão	25,00	2,000	0,1250	pag I.2 ITE50 LNEC	2450	612,5	612,5	
v	Estuque	1,50	0,570	0,0263	pag I.6 ITE50 LNEC	1200	18	30	
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
interior	<b>TOTAL</b>	<b>34,00</b>		<b>1,78</b>					

Rse	0,04
Rsi	0,13
<b>Resistência térmica superficial TOTAL</b>	<b>0,17</b>
<b>R<sub>térmica total</sub></b>	<b>1,95</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>0,51</b>

2 x U	1,02
U <sub>máx</sub>	1,75
<b>Umáx é maior U(PE)</b>	
<b>Verifica</b>	

mt(kg/m <sup>2</sup> )	mi(kg/m <sup>2</sup> )	Msi(kg/m <sup>2</sup> )
663	643	150

<b>Msi(kg/m<sup>2</sup>) max.</b>	<b>150</b>
-----------------------------------	------------

Figura 7-8 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Pilares e Vigas

As paredes interiores consideradas são em tudo iguais às de uma casa tradicional, constituídas da seguinte forma, estuque com 1,5 cm, tijolo com 11 cm e revestidas novamente com estuque, com exceção as zonas das casas de banho e cozinha que são revestidas a cerâmica (Figura 7-9).

	Constituição	di (cm)	$\lambda$ (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	mi (kg/m <sup>2</sup> )	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL de U PARA PONTES TÉRMICAS PLANAS (W/m <sup>2</sup> .°C)
	Estuque	1,50	0,570	0,0263	pag I.6 ITE50 LNEC	1200	18	30	
	Tijolo	11,00		0,2700	pag I.12 ITE50 LNEC	1000	110	110	
	Estuque	1,50	0,570	0,0263	pag I.6 ITE50 LNEC	1200	18	30	
							0		
							0		
							0		
							0		
							0		
	<b>TOTAL</b>	<b>14,00</b>		<b>0,32</b>					

Rse (ENU) = Rsi	0,13
Rsi	0,13
<b>Resistência térmica superficial TOTAL</b>	<b>0,26</b>
<b>R<sub>térmica total</sub></b>	<b>0,58</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>1,72</b>

2 x U	3,43
U <sub>máx</sub>	1,75
<b>Umáx é maior U(PE)</b>	
<b>Não Verifica</b>	

mt(kg/m <sup>2</sup> )	mi(kg/m <sup>2</sup> )	Msi(kg/m <sup>2</sup> )
146	170	170

<b>Msi(kg/m<sup>2</sup>) max.</b>	<b>300</b>
-----------------------------------	------------

Figura 7-9 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Paredes interiores

Considerou-se uma porta exterior em madeira resinosa, pelo facto deste material representar uma maior resistência, tendo sido considerada uma espessura de 7cm. (Figura 7-10).

	Constituição	di (cm)	$\lambda$ (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	mi (kg/m <sup>2</sup> )	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL de U PARA PONTES TÉRMICAS PLANAS (W/m <sup>2</sup> .°C)
exterior	Madeira resinosa leves	7,00	0,130	0,5385	pag I.7 ITE50 LNEC	400	28	40	
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
interior	<b>TOTAL</b>	<b>7,00</b>		<b>0,54</b>					

Rse	0,04
Rsi	0,13
<b>Resistência térmica superficial TOTAL</b>	<b>0,17</b>
<b>R<sub>térmica total</sub></b>	<b>0,71</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>1,41</b>

2 x U	2,82	
U <sub>máx</sub>	1,75	
Umáx é maior U(PE)		
Não Verifica		
mt(kg/m <sup>2</sup> )	mi(kg/m <sup>2</sup> )	Msi(kg/m <sup>2</sup> )
28	40	40

Msi(kg/m <sup>2</sup> ) max.	150
------------------------------	-----

Figura 7-10 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Porta Exterior

Para a cobertura do tipo terraço, o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) obtido, foi 0,32 para U<sub>inv</sub> e 0,32 para U<sub>ver</sub>, constituídas da seguinte forma: pedras naturais seixos no exterior, betonilha de assentamento, poliestireno extrudido, tela de impermeabilização, laje de betão e estuque pelo interior. O reforço feito ao nível do isolamento veio conferir uma maior resistência térmica na cobertura (Figura 7-11).

	Constituição	di (cm)	$\lambda$ (W/m.°C)	Rj (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	mt (kg/m <sup>2</sup> )	mi (kg/m <sup>2</sup> )	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL de U PARA PONTES TÉRMICAS PLANAS (W/m <sup>2</sup> .°C)
exterior	Pedras Naturais - Seixo	5,00	3,500	0,0143	pag I.4 ITE50 LNEC	2500	125		
v	Betonilha de assentamento	7,00	1,300	0,0538	pag I.7 ITE50 LNEC	2000	140		
v	Poliestireno extrudido XPS	10,00	0,037	2,7027	pag I.3 ITE50 LNEC	40	4		
v	Tela de impermeabilização	1,00	0,100	0,1000	pag I.10 ITE50 LNEC	270	2,7	2,7	
v	Laje de betão	25,00	2,000	0,1250	pag I.5 ITE50 LNEC	2450	612,5	441	
v	Estuque	1,50	0,570	0,0263	pag I.6 ITE50 LNEC	1200	18	30	
v							0		
v							0		
v							0		
v							0		
interior	<b>TOTAL</b>	<b>49,50</b>		<b>3,02</b>					

$2 \times U_{inv}$	0,63
$2 \times U_{ver}$	0,62
$U_{máx}$	1,75

Rse	0,04	Rse	0,04	
Rsi - fluxo ascendente (perdas)	0,10	Rsi - fluxo descendente (ganhos)	0,17	
Resistência térmica superficial TOTAL	0,14	Resistência térmica superficial TOTAL	0,21	Umáx é maior U(PE)
$R_{inv}$ térmica total	3,16	$R_{ver}$ térmica total	3,23	mt(kg/m <sup>2</sup> )
$U_{inv}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	0,32	$U_{ver}$ (W/m <sup>2</sup> .°C)	0,31	mi(kg/m <sup>2</sup> )
	Verifica		Verifica	Msi(kg/m <sup>2</sup> )
				150

Figura 7-11 - Coeficiente de transmissão térmica e massas superficiais úteis - Cobertura Terraço no Inverno Verão

No que refere ao pavimento em contacto com o solo considerou-se uma estrutura idêntica mas com a existência de uma caixa-de-ar sob a laje de betão. Deste modo não serão consideradas perdas pela envolvente mas sim como um ENU.

Os envidraçados constituem um dos elementos que faz variar de forma significativa o comportamento de uma dada habitação não só pela sua área total mas também pelo tipo de envidraçado usado, os ângulos de sombreamento, a existência de palas horizontais e verticais quer ainda da existência de corpos (edifícios) no horizonte que originam sombreamentos. Na Figura 7-12 mostram-se as características afectas aos envidraçados.

A moradia tem na sua constituição 17 envidraçados, cuja área total corresponde a cerca de 20% da área útil de pavimento.

Relativamente ao ângulo do horizonte  $F_h$ , uma vez que se trata de uma moradia em que não se conhece os obstáculos aos raios solares, adoptou-se de acordo com a alínea ponto 8.1- 3 Despacho n.º15793-K/2013, um ângulo de horizonte de 20°.

No que se refere ao parâmetro  $F_g$  (fracção envidraçada), considera-se o valor 0,65 segundo a Tabela 7-4 (Tabela 20 - Despacho n.º15793-K/2013), pelo facto de se considerarem janelas com caixilho de madeira sem quadrícula.

Tabela 7-4 - Fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia

Caixilharia	$F_g$	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Alumínio ou aço	0,70	0,60
Madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	-

Segundo o regulamento, o factor de correcção de selectividade angular dos envidraçados  $F_w$ , para a situação de vidros correntes simples ou duplos, é de 0,90.

No Anexo 3 é feita a demonstração do cálculo dos valores das necessidades nominais de energia, através das fichas definidas no regulamento, sem a influência de qualquer alteração.

Vãos envidraçados																												
Código	Nome	Altura ao solo H(m)	Largura (m)	Altura (m)	Área A(m2)	HxA	Estores	Orientação	Perímetro (m)	U (W/m².°C)	Tipo Simples ou Duplo	Tipos de Caixilha. F <sub>g</sub>	g <sub>↓,vi</sub>	g <sub>trc</sub>	g <sub>trc</sub> no inverno	Obstruções Horizonte F <sub>h</sub>			Palas									Observações
																Distância (m)	Altura (m)	Angulo (°)	Horizonte F <sub>o</sub>			Vertical Esq. F <sub>f</sub>			Vertical Drt F <sub>f</sub>			
																			Compr. (m)	Altura (m)	Angulo (°)	Compr. (m)	Distânc. (m)	Angulo (°)	Compr. (m)	Distânc. (m)	Angulo (°)	
Env 01	Vidro Duplo 1	1,75	1,00	1,10	1,10	1,93	Não	N	4,2	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 02	Vidro Duplo 2	1,75	1,00	1,10	1,10	1,93	Não	N	4,2	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 03	Vidro Duplo 3	1,75	1,00	1,10	1,10	1,93	Não	N	4,2	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 04	Vidro Duplo 4	1,75	0,90	1,10	0,99	1,73	Não	N	4,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 05	Vidro Duplo 5	1,75	0,90	1,10	0,99	1,73	Não	N	4,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 06	Vidro Duplo 6	1,75	1,50	1,10	1,65	2,89	Não	E	5,2	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,40	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	
Env 07	Vidro Duplo 7	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	S	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,00	20	0,70	2,50	30	1,70	1,40	38	6,30	8,45	34	
Env 08	Vidro Duplo 8	1,30	1,50	1,10	1,65	2,15	Não	S	5,2	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,00	20	0,70	2,50	30	1,70	5,70	15	6,30	4,16	52	Zona Convívio
Env 09	Vidro Duplo 9	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	S	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,00	20	0,70	2,50	30	1,70	9,16	10	6,30	0,70	77	Zona Convívio
Env 10	Vidro Duplo 10	1,25	1,40	2,00	2,80	3,50	Não	E	6,8	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	4,90	20	0,00	0,00	0	11,65	0,00	87	0,00	0,00	0	Zona Convívio
Env 11	Vidro Duplo 11	1,25	1,50	2,00	3,00	3,75	Não	E	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	4,90	20	0,00	0,00	0	11,65	1,70	78	0,00	0,00	0	Zona Convívio
Env 12	Vidro Duplo 12	1,25	1,50	2,00	3,00	3,75	Não	E	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	4,90	20	0,00	0,00	0	11,65	4,00	68	0,00	0,00	0	Zona Convívio
Env 13	Vidro Duplo 13	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	S	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	4,90	20	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,60	0,25	31	
Env 14	Vidro Duplo 14	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	W	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	4,90	20	0,70	2,50	30	0,95	0,10	48	0,00	0,00	0	
Env 15	Vidro Duplo 15	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	W	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,30	22	0,00	0,00	0	0,95	3,50	13	0,00	0,00	0	
Env 16	Vidro Duplo 16	1,75	0,70	1,10	0,77	1,35	Não	W	3,6	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,30	20	0,00	0,00	0	0,95	6,60	8	0,00	0,00	0	
Env 17	Vidro Duplo 17	1,30	1,50	2,00	3,00	3,90	Não	W	7,0	1,15	Duplo	0,65	0,75	0,03	0,63	10,00	5,00	20	0,00	0,00	0	0,95	9,73	5	0,00	0,00	0	

TOTAL	21,90	26,80	36,15	50,02		97,40
-------	-------	-------	-------	-------	--	-------

TOTAIS	Área Útil de Pavimento [m²]	184,20	
	Área Total de vãos [m²]	36,15	
	15% da A <sub>pav</sub> [m²]	27,63	
	Altura média ao solo (m)	1,38	
	Perímetro Total	97,40	
	Área por orientação (m²)	N	5,28
		S	10,65
		E	10,45
		W	9,77
		NE	0,00
		NW	0,00
SE		0,00	
SW		0,00	
H	0,00		
Área total de vãos sem estores (m²)	36,15		
Área de Porta (m²)	0,00		

Área total de envidraçados > 15% da A<sub>pav</sub> →

F <sub>g</sub>		
Tipos de Caixilharia	Caixilha sem quadriculas	Caixilha com quadriculas
Janela de Alumínio ou Aço	0,70	0,60
Janela de Madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	

Se  $A_{env} \leq 15\% \cdot A_{pav}$   $g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax}$

Se  $A_{env} > 15\% \cdot A_{pav}$   $g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)}$

Figura 7-12 - Parâmetros referentes aos vãos envidraçados

### **7.3. Estudo Comparativo**

Nesta secção pretende-se evidenciar as alterações possíveis de efectuar na moradia, de forma a melhorar as condições de habitabilidade e de conforto, mas cumprindo sempre o regulamento. De uma forma geral ao nível da estrutura esta já foi otimizada, pelo que o único campo que ainda não foi explorado foi a aplicabilidade da tecnologia, de forma a melhorar o desempenho da moradia e cumprindo regulamento.

#### **7.3.1. Análise REH - Envolvente**

Em relação à constituição da envolvente é importante realçar que o projecto teve sempre como principio a utilização das melhores soluções de forma a não influenciarem as tecnologias aplicar.

O factor que mais influi nas perdas são as pontes térmicas das paredes e pavimentos em contacto com o solo. De modo a diminuir estas perdas podia-se adoptar uma configuração com isolamento perimetral, ou a implementação de uma caixa de ar entre pavimento e solo, que foi a solução escolhida. Com esta configuração, a redução ao nível de perdas pela envolvente é bastante significativa, passando no entanto a existir um outro ENU cujas perdas foram contabilizadas. Estas correspondem, no entanto, a um valor absoluto bastante inferior.

A maior componente estrutural de alterações tem a ver com o aumento da espessura do isolamento, bem como a sua colocação em locais normalmente não considerados tais como em contacto com a caixilharia das janelas, resultando numa atenuação das pontes térmicas.

No que se refere à configuração das paredes exteriores o uso da configuração 15cm + 15cm em tijolo ou a configuração de 11cm por fora + 15 cm por dentro, resulta numa pequena diferença ao nível das perdas, tendo sido privilegiado o aumento do isolamento em 1cm, que corresponde a um valor de perdas sensivelmente igual à de passar para uma configuração 11/15cm para 15/15cm.

A utilização de tijolo mais grosso surge com intuito de melhorar a inércia térmica da habitação, pelo que se optou por um tijolo de 15 cm.

No que se refere à cobertura optou-se por ter um terraço, favorecendo o aproveitamento das águas em excesso para rega do jardim, ou a existência de ajardinamento (considerada

espessura de terra mínima: 30cm), caso seja essa a ideia, ou simplesmente uma zona de lazer. Esta configuração, além de tornar a casa mais harmoniosa, origina também um aumento da resistência térmica tornando a casa ambientalmente mais sustentável. O isolamento deverá estar sempre numa camada superior à de impermeabilização devido à ocorrência de fenómenos de choque térmico nas camadas acima do isolante e consequente degradação, embora numa tipologia com ajardinamento essa degradação seja menos evidente.

Em relação aos vãos envidraçados, foi tido em conta a utilização de uma área significativamente generosa de forma a reduzir a necessidades de aquecimento no Inverno. Mas o seu resultado surge com a utilização de envidraçado de alta performance com 15mm de Árgon entre os vidros. Foi também convencionado que todos os envidraçados têm protecção exterior com caixilharia de madeira de modo a reduzir perdas nocturnas no Inverno e ganhos diurnos no Verão.

Para reduzir e ao mesmo tempo melhorar as perdas por ventilação, prende-se pelo facto de se ter melhorado a classe das caixilharias, vedando bem todas as portas exteriores por aplicação de borrachas ou material equivalente em toda a sua envolvente. Utilizou-se ainda aberturas de ventilação para a admissão de ar auto-reguladas em todos os compartimentos principais (salas e quartos) situadas na parte inferior da fachada, bem como aberturas de evacuação de ar em todos os compartimentos de serviços (casas banho e cozinha).

Note-se que é muito importante limitar a permeabilidade ao ar da envolvente exterior em janelas e caixas de estore, caso existam.

### **7.3.2. Necessidades de AQS**

As necessidades de AQS foram determinadas de acordo com o regulamento. Estas foram satisfeitas com a utilização programa SOLTERM, que determinou o número de painéis e o sistema de forma a satisfazer as necessidades. O pressuposto usado foi o de ir aumentando a área de painéis até ao ponto em que a colocação de uma área superior pouco alterava o valor de energia produzida através deste sistema.

No que respeita ao sistema de apoio foi considerado o uso de um termoacumulador eléctrico, tal como usado numa moradia tradicional, usando no entanto um maior isolamento

térmico (> 100mm) com um conseqüente aumento da eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS.

Note-se que nesta zona não existe rede de gás e o sistema a usar como apoio aos painéis é meramente eléctrico, o que poderia ser melhorado através de um sistema mais eficiente.

### **7.3.3. Utilização da Tecnologia**

Como o caso de estudo é referente a uma moradia, não é fácil demonstrar os benefícios da aplicação da tecnologia, uma vez que o regulamento (REH) não tem em conta a utilização dos sistemas automáticos (geridos e controlados por sistemas de domótica e/ou GTC), ao contrário do que acontece nos edifícios de serviços (regulamento RECS).

De qualquer forma, a utilização de tecnologia nos sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento é bastante utilizada, pelo que o regulamento tem uma perspectiva diferente. O mesmo também acontece com o sistema de águas quentes sanitárias (mas como se trata de um sistema praticamente obrigatório, acaba por ser visto de uma maneira diferente).

Por fim, ao nível dos sistemas usados para suprir as necessidades de aquecimento e de arrefecimento, optou-se por usar uma bomba de calor com eficiência de aquecimento igual a 4,2 e de arrefecimento igual a 4,5. Num projecto de uma moradia tradicional normalmente é considerado uso de resistência eléctrica (eficiência igual a 1) para o aquecimento e o ar condicionado (eficiência igual a 3) para o arrefecimento.

Na Tabela 7-5 demonstra-se a classificação obtida para as várias vertentes da moradia em estudo, dada pelo quociente entre as necessidades nominais de energia primária  $N_{tc}$  e o valor máximo permitido pelo REH,  $N_t$ .

Considera-se em primeiro lugar apenas as melhorias da envolvente, na qual já se considera o valor de AQS efectuado através de apoio eléctrico apenas, por ser obrigatório pelo REH. Acrescentou-se os painéis solares de forma a verificar quais as vantagens, depois a denominação dos sistemas aquecimento/arrefecimento, e por último a contribuição adicional dos painéis fotovoltaicos, a eficiência do sistema de apoio e a contribuição de outras energias renováveis permitiu que as melhorias fossem significativas.

Da Tabela 7-5 verifica-se ainda que atingimos uma classificação de **A+**, enquanto na moradia tradicional a classificação seria **B-**.

Só através das alterações efectuadas na envolvente reduziu-se substancialmente o rácio entre as necessidades nominais e as máximas permitidas (de 96% para 76%), permitindo classificar a casa em B-.

Sem dúvida que a introdução dos painéis solares térmicos, veio contribuir num melhor desempenho energético da moradia. Esta melhoria foi possível também tendo em conta que a área dos painéis é superior à estabelecida pelo regulamento (de 5m<sup>2</sup> foram considerados 5,7m<sup>2</sup>), esta melhoria permitiu classificar a casa com B.

Utilizando para o aquecimento e arrefecimento uma bomba de calor, em vez da resistência eléctrica verifica-se que as necessidades de energia primária são reduzidas o que implica nova melhoria de eficiência, embora permanecendo apenas em A.

Apenas com a introdução dos painéis fotovoltaicos, a eficiência da moradia conseguiu atingir a classificação A+, o que demonstra que a utilização da tecnologia influencia em muito a classificação energética de uma moradia, o que faz sentido, uma vez que também é clara a preferência pela utilização das energias renováveis.

O regulamento apenas não permite verificar qual o impacto na utilização dos sistemas automáticos (como os sistemas de domótica ou GTC), que permitem determinar realmente quais as necessidades concretas da moradia e corrigir essas necessidades de uma forma mais eficaz, como por exemplo, satisfazer as necessidades energéticas de uma zona da casa, com os excessos de outra zona da casa, ou desligar o sistema no caso de a casa estar habitada durante um longo período. Neste momento existem sistemas que conseguem reconhecer os hábitos do utilizador a adaptar o sistema em função dos mesmos.

Tabela 7-5 - Mapa comparativo da utilização de tecnologia com a envolvente

		Envolvente		AQS – Painel Solar Térmico		Aplicação da Tecnologia		
		Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência	
	Aenv/Ap	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	235,4	307,8	235,4	307,8	235,4	307,8	
	Hint (W/°C)	10,3	2,4	10,3	2,4	10,3	2,4	Perdas de calor através da envolvente interior
	Hece (W/°C)	0	0	0	0	0	0	Perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Htr (W/°C)	245,7	310,2	245,7	310,2	245,7	310,2	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	1,27	0,60	1,27	0,60	1,27	0,60	
	Hve,i (W/°C)	238,4	112,6	238,4	112,6	238,4	112,6	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	1,27	-	1,27	-	1,27	-	
	Hve,v (W/°C)	238,4	-	238,4	-	238,4	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2491	2491	2491	2491	2491	2491	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	4521	971	4521	971	4521	971	
	Qg,i (kWh/ano)	7012	3462	7012	3462	7012	3462	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	2155	-	2155	-	2155	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	3687	-	3687	-	3687	-	
	Qg,v (kWh/ano)	5842	10146	5842	10146	5842	10146	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	6180	7803	6180	7803	6180	7803	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	5995	2832	5995	2832	5995	2832	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0,88	0,60	0,88	0,60	0,88	0,60	
	Qgu,i (kWh/ano)	6191	2077	6191	2077	6191	2077	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m².ano)	32,52	47	32,52	47	32,52	47	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	1590	-	1590	-	1590	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	1542	-	1542	-	1542	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0,48	0,69	0,48	0,69	0,48	0,69	
	Qg,v (kWh/ano)	5842	10146	5842	10146	5842	10146	
	Nvc (kWh/m².ano)	16,47	17	16,47	17	16,47	17	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	81,30	116,28	77,22	116,28	55,00	26,43	Energia primária para aquecimento
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	13,73	14,04	13,73	14,04	9,15	10,27	Energia primária para arrefecimento
	feh	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15	16,15	
	AQS (kWhEP/m².ano)	18,15	18,15	16,24	18,15	16,08	14,42	Energia primária para a preparação de AQS
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	0,00	0	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
	Eren (kWh/ano)	0	0	3341	0	7031	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0	18,16	0	68,29	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
Global (kWhEP/m².ano)	113,18	148,47	89,03	148,47	11,94	51,12	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc	
CLASSE ENERGÉTICA	Ntc/Nt	0,76	B-	0,60	B	0,23	A+	

### **7.3.4. Simulação dinâmica DesignBuilder**

#### **7.3.4.1. Introdução**

A simulação dinâmica para a moradia em estudo foi efectuada através do programa *DesignBuilder*, o que permite verificar os valores obtidos e comparar com as técnicas mais eficazes. Esta análise foi feita em três períodos distintos:

- No solstício de Junho (início do Verão).
- No solstício de Dezembro (início do Inverno).
- Ao longo de um ano.

A primeira parte da simulação passou pela construção da moradia através do interface gráfico, depois de definida fisicamente a moradia, determinou-se os materiais aplicar na mesma, por fim verificou-se o seu comportamento através de simulações dinâmicas. Para facilitar a compreensão de toda a simulação serão apresentadas algumas figuras.

#### **7.3.4.2. Análise**

Como referido anteriormente, a análise foi feita em três partes, o primeiro ensaio realizado foi verificar o comportamento da moradia no solstício de Junho (da Figura 7-13 à Figura 7-16, as mesmas podem ser consultadas no Anexo 4 com maior detalhe).

Comparando apenas a variação da temperatura (Figura 7-14), a qual apresenta uma variação na amplitude de aproximadamente 3°C, a partir dos 25°C (sendo o valor ideal na ordem dos 25°C) o que mostra um bom comportamento da moradia ao nível do conforto. Este resultado deve-se ao sistema de arrefecimento, como se pode verificar através da Figura 7-13 que mostra o consumo da mesma.



Figura 7-13 - Consumo de combustível no solstício de Junho (20 a 22 Junho)

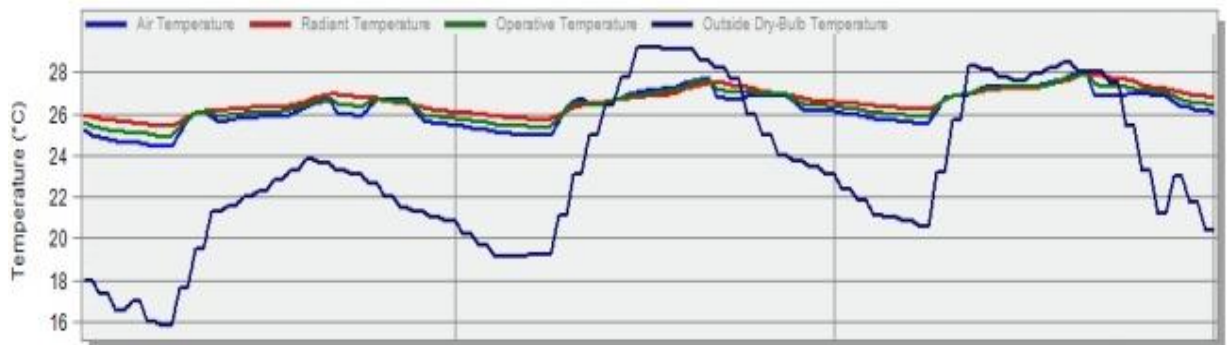


Figura 7-14 - Variação da temperatura no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



Figura 7-15 - Balanço ganho de calor no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



Figura 7-16 - Total de renovação de ar no solstício de Junho (20 a 22 Junho)

No que diz respeito ao solstício de Dezembro, foi feita a mesma análise que no solstício de Junho. As figuras seguintes (da Figura 7-16 à Figura 7-20, as mesmas podem ser consultadas no Anexo 4 com maior detalhe) representam o comportamento da moradia no solstício de Dezembro.

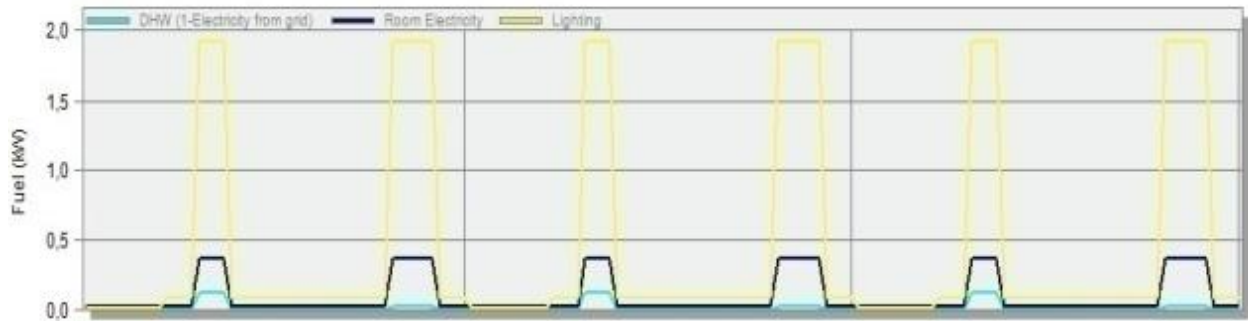


Figura 7-17 - Consumo de combustível no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)

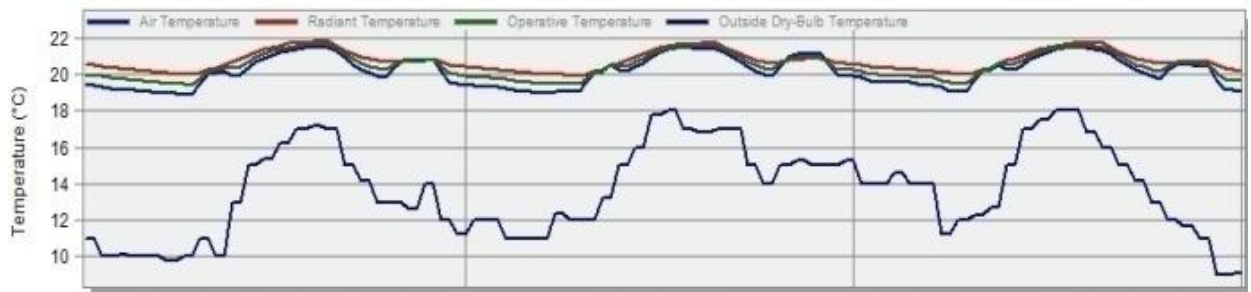


Figura 7-18 - Variação da temperatura no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)

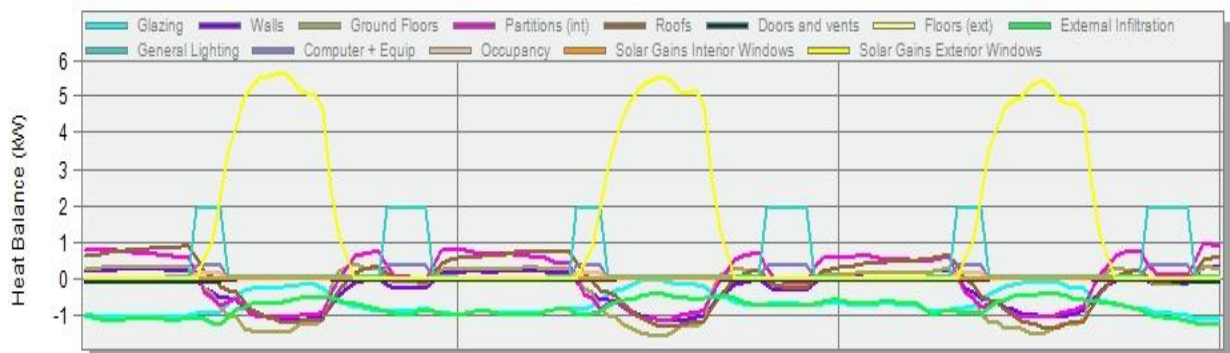


Figura 7-19 - Balanço ganho de calor no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)



Figura 7-20 - Total de renovação de ar no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)

Como efectuado para o solstício de Junho, comparou-se apenas a variação da temperatura (Figura 7-18), a qual apresenta uma variação na amplitude de aproximadamente 3°C, a partir dos 19°C (sendo o valor ideal na ordem dos 20°C) o que origina conforto aos ocupantes, por apresentar um ambiente ameno, como se pode verificar através da Figura 7-19. A quantidade de ganho solar proveniente das janelas exteriores representa uma grande contribuição para aquecer o ambiente, daí a necessidade de se utilizar pouco consumo de combustível (Figura 7-17).

Para terminar a análise da moradia, procedeu-se a uma simulação anual, verificando-se o seu comportamento médio pelo período de um ano. As figuras seguintes (da Figura 7-21 à Figura 7-24, as mesmas podem ser consultadas no Anexo 4 com maior detalhe) representam o comportamento médio da moradia no período de um ano.

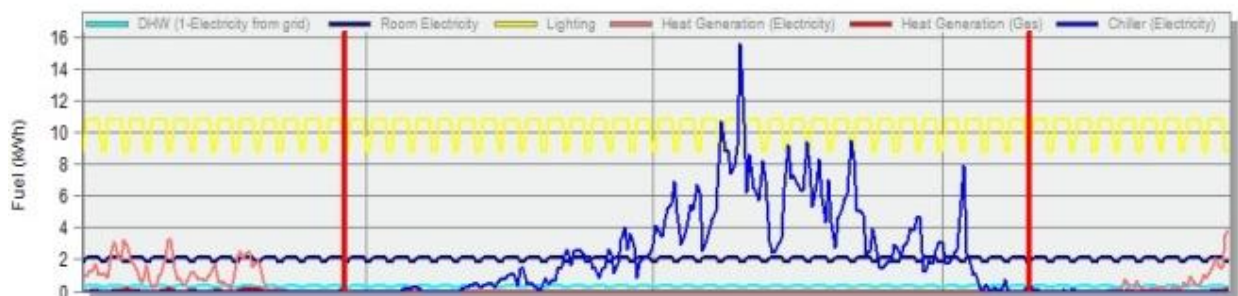


Figura 7-21 - Consumo de combustível num ano



Figura 7-22 - Variação da temperatura num ano

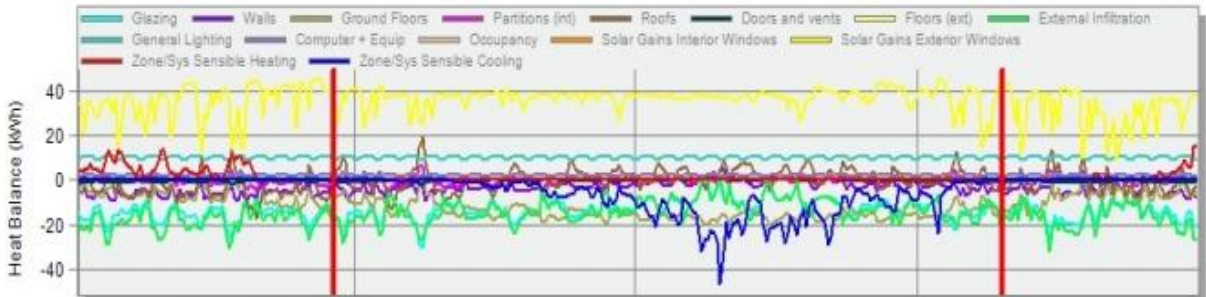


Figura 7-23 - Balanço ganho de calor num ano



Figura 7-24 - Total de renovação de ar num ano

Novamente apenas a variação da temperatura foi analisada (Figura 7-22), onde se pode verificar que a temperatura interior apresenta-se bastante estável independentemente das variações da temperatura exterior. Desta forma não é de admirar que a moradia tenha um bom desempenho tanto no Inverno como no Verão, o que origina conforto aos ocupantes. Salienta-se ainda para o facto de a moradia ter quase a mesma contribuição ao longo do ano de ganhos solares proveniente dos vãos de envidraçados (Figura 7-23), ou seja, a colocação das palas representa uma mais-valia.

### **7.3.5. Em Resumo**

Em suma, as grandes diferenças para a obtenção da classificação prendem-se com o melhoramento da envolvente térmica no que se refere aos materiais usados e configurações dos sistemas de isolamento, com o aumento dos envidraçados que, embora prejudique no Verão traz benefícios bastante superiores no Inverno, com o uso de um sistema de aquecimento de eficiência, bem como com o aproveitamento de outras energias renováveis para colmatar as necessidades não fornecidas pelos colectores térmicos.

Devido à boa orientação da moradia e ao melhoramento dos materiais utilizados, obteve-se um comportamento muito satisfatório, uma vez que esta moradia ainda cumpre o regulamento (REH), ou seja, a escolha correcta dos materiais e equipamentos permite aos ocupantes maior conforto com menor consumo.

Ficou ainda claro que as tecnologias associadas as energias renováveis permitem tornar um moradia bastante eficiente. Em contrapartida temos os respectivos custos financeiros, que em alguns casos pode não se tornar rentável, uma vez que existem circunstâncias que devido ao pouco uso anual o equipamento deixa simplesmente de ser viável, como por exemplo moradias destinadas a segundas habitações.

## **7.4. Gestão Energética**

As necessidades energéticas da moradia devem ser supridas o mais possível, recorrendo a utilização de energias alternativas, como por exemplo os painéis solares térmicos, painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas, energia proveniente biomassa, entre outras.

Os equipamentos considerados na análise energética da moradia em estudo tentam representar o mais possível os equipamentos utilizados. Com base no cálculo do REH, considerou-se como equipamento para aquecimento e arrefecimento uma bomba de calor.

Para além das alterações das necessidades energéticas ao nível da climatização, numa moradia devem-se ainda ter em conta medidas que optimizem os consumos ao nível da iluminação, substituindo todas as lâmpadas incandescentes por lâmpadas eficientes como por exemplo Leds. Ao nível dos outros equipamentos pode-se substituir os computadores de secretária (*desktop*) por computadores portáteis (*laptop*).

A Figura 7-25 e Figura 7-26 apresentam o consumo referente à moradia em estudo.

NUM.	Divisão	Equipamentos	Quantid.	Potência	Coef.	Min.	Periodicidade	Consumo Diário [Wh]	Custo Diário [€]	Consumo Mensal [kWh]	Custo Mensal [€]	Consumo Verão [kWh]	Custo Verão [€]
1	Cozinha	Placa Vitrocerâmica	1	5300	0,5	90	Dia	3975,00	0,46 €	119,25	13,73 €	798,98	91,96 €
2	Cozinha	Forno	1	2718	0,75	120	Semana	582,43	0,07 €	17,47	2,01 €	117,07	13,47 €
3	Cozinha	Microondas	1	800	1	15	Dia	200,00	0,02 €	6,00	0,69 €	40,20	4,63 €
4	Cozinha	Torradeira	1	1100	1	10	Dia	183,33	0,02 €	5,50	0,63 €	36,85	4,24 €
5	Cozinha	Frigorífico	1	72	0,65	1225	Dia	955,50	0,11 €	28,67	3,30 €	192,06	22,11 €
6	Cozinha	Ferro de Engomar	1	2020	0,9	240	Semana	1038,86	0,12 €	31,17	3,59 €	208,81	24,03 €
7	Cozinha	Máquina de lavar louça	1	1900	0,8	300	Semana	1085,71	0,12 €	32,57	3,75 €	218,23	25,12 €
8	Cozinha	Máquina de lavar Roupa	1	2150	0,8	480	Semana	1965,71	0,23 €	58,97	6,79 €	395,11	45,48 €
9	Cozinha	Iluminação	2	18	1	240	Dia	144,00	0,02 €	4,32	0,50 €	28,94	3,33 €
10	Cozinha	Televisor	1	45	1	60	Dia	45,00	0,01 €	1,35	0,16 €	9,05	1,04 €
11	Escritório/Quarto	Impressora	1	150	1	15	Semana	5,36	0,00 €	0,16	0,02 €	1,08	0,12 €
12	Escritório/Quarto	Aparelhagem de Som	1	60	1	60	Semana	8,57	0,00 €	0,26	0,03 €	1,72	0,20 €
13	Escritório/Quarto	DVD ou Vídeo	2	18	1	120	Semana	10,29	0,00 €	0,31	0,04 €	2,07	0,24 €
14	Escritório/Quarto	Iluminação	12	13	0,65	120	Dia	202,80	0,02 €	6,08	0,70 €	40,76	4,69 €
15	Escritório/Quarto	Televisor	1	30	1	120	Dia	60,00	0,01 €	1,80	0,21 €	12,06	1,39 €
16	Escritório/Quarto	Aspirador	1	1800	1	120	Semana	514,29	0,06 €	15,43	1,78 €	103,37	11,90 €
17	Escritório/Quarto	Computador	3	30	1	120	Semana	25,71	0,00 €	0,77	0,09 €	5,17	0,59 €
18	Escritório/Quarto	Televisor	3	45	0,65	90	Dia	131,63	0,02 €	3,95	0,45 €	26,46	3,05 €
19	Casa-de-banho	Secador de cabelo	1	1800	1	10	Dia	300,00	0,03 €	9,00	1,04 €	60,30	6,94 €
20	Casa-de-banho	Iluminação	1	13	1	45	Dia	9,75	0,00 €	0,29	0,03 €	1,96	0,23 €
21	Garagem/Jardim	Bomba de piscina	1	2000	0,6	360	Dia	7200,00	0,83 €	216,00	24,86 €	1447,20	166,57 €
22	Garagem/Jardim	Portão Automático	1	1000	1	5	Dia	83,33	0,01 €	2,50	0,29 €	16,75	1,93 €
23	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	8	13	0,75	360	Dia	468,00	0,05 €	14,04	1,62 €	94,07	10,83 €
24	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	4	20	0,75	360	Dia	360,00	0,04 €	10,80	1,24 €	72,36	8,33 €
25	Garagem/Jardim	Iluminação	4	18	1	10	Dia	12,00	0,00 €	0,36	0,04 €	2,41	0,28 €
26	Escritório/Quarto	Bomba de calor	1	2900	0,8	95,3	Dia	3684,93	0,42 €	110,55	12,72 €	740,67	85,25 €
27													
28													
29													
30													
<b>TOTAIS</b>								<b>23.252,20</b>	<b>2,68 €</b>	<b>697,57</b>	<b>80,29 €</b>	<b>4.673,69</b>	<b>537,94 €</b>

Figura 7-25 - Consumos na moradia considerando a estação de arrefecimento (Verão)

NUM.	Divisão	Equipamentos	Quantid.	Potência	Coef.	Min.	Periodicidade	Consumo Diário [Wh]	Custo Diário [€]	Consumo Mensal [kWh]	Custo Mensal [€]	Consumo Inverno [kWh]	Custo Inverno [€]
1	Cozinha	Placa Vitrocerâmica	1	5300	0,5	90	Dia	3975,00	0,46 €	119,25	13,73 €	632,03	72,75 €
2	Cozinha	Forno	1	2718	0,75	120	Semana	582,43	0,07 €	17,47	2,01 €	92,61	10,66 €
3	Cozinha	Microondas	1	800	1	15	Dia	200,00	0,02 €	6,00	0,69 €	31,80	3,66 €
4	Cozinha	Torradeira	1	1100	1	10	Dia	183,33	0,02 €	5,50	0,63 €	29,15	3,36 €
5	Cozinha	Frigorífico	1	72	0,65	1225	Dia	955,50	0,11 €	28,67	3,30 €	151,92	17,49 €
6	Cozinha	Ferro de Engomar	1	2020	0,9	240	Semana	1038,86	0,12 €	31,17	3,59 €	165,18	19,01 €
7	Cozinha	Máquina de lavar louça	1	1900	0,8	300	Semana	1085,71	0,12 €	32,57	3,75 €	172,63	19,87 €
8	Cozinha	Máquina de lavar Roupa	1	2150	0,8	480	Semana	1965,71	0,23 €	58,97	6,79 €	312,55	35,97 €
9	Cozinha	Iluminação	2	18	1	240	Dia	144,00	0,02 €	4,32	0,50 €	22,90	2,64 €
10	Cozinha	Televisor	1	45	1	60	Dia	45,00	0,01 €	1,35	0,16 €	7,16	0,82 €
11	Escritório/Quarto	Impressora	1	150	1	15	Semana	5,36	0,00 €	0,16	0,02 €	0,85	0,10 €
12	Escritório/Quarto	Aparelhagem de Som	1	60	1	60	Semana	8,57	0,00 €	0,26	0,03 €	1,36	0,16 €
13	Escritório/Quarto	DVD ou Vídeo	2	18	1	120	Semana	10,29	0,00 €	0,31	0,04 €	1,64	0,19 €
14	Escritório/Quarto	Iluminação	12	13	0,65	120	Dia	202,80	0,02 €	6,08	0,70 €	32,25	3,71 €
15	Escritório/Quarto	Televisor	1	30	1	120	Dia	60,00	0,01 €	1,80	0,21 €	9,54	1,10 €
16	Escritório/Quarto	Aspirador	1	1800	1	120	Semana	514,29	0,06 €	15,43	1,78 €	81,77	9,41 €
17	Escritório/Quarto	Computador	3	30	1	120	Semana	25,71	0,00 €	0,77	0,09 €	4,09	0,47 €
18	Escritório/Quarto	Televisor	3	45	0,65	90	Dia	131,63	0,02 €	3,95	0,45 €	20,93	2,41 €
19	Casa-de-banho	Secador de cabelo	1	1800	1	10	Dia	300,00	0,03 €	9,00	1,04 €	47,70	5,49 €
20	Casa-de-banho	Iluminação	1	13	1	45	Dia	9,75	0,00 €	0,29	0,03 €	1,55	0,18 €
21	Garagem/Jardim	Bomba de piscina	1	2000	0,6	360	Dia	7200,00	0,83 €	216,00	24,86 €	1144,80	131,77 €
22	Garagem/Jardim	Portão Automático	1	1000	1	5	Dia	83,33	0,01 €	2,50	0,29 €	13,25	1,53 €
23	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	8	13	0,75	360	Dia	468,00	0,05 €	14,04	1,62 €	74,41	8,56 €
24	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	4	20	0,75	360	Dia	360,00	0,04 €	10,80	1,24 €	57,24	6,59 €
25	Garagem/Jardim	Iluminação	4	18	1	10	Dia	12,00	0,00 €	0,36	0,04 €	1,91	0,22 €
26	Escritório/Quarto	Bomba de calor	1	2900	0,75	196	Dia	7088,33	0,82 €	212,65	24,48 €	1127,04	129,72 €
27													
28													
29													
30													
<b>TOTAIS</b>								<b>26.655,60</b>	<b>3,07 €</b>	<b>799,67</b>	<b>92,04 €</b>	<b>4.238,24</b>	<b>487,82 €</b>

Figura 7-26 - Consumos na moradia considerando a estação de aquecimento (Inverno)

Através da análise das figuras anteriores, pode-se destacar que o consumo médio diário na moradia, apesar de ser mais elevado na estação de aquecimento (Inverno), não é tão significativo, muito devido às melhorias efectuadas.

A Figura 7-27 resume os consumos e custo de utilização anuais da moradia. Através da Figura 7-27 pode-se verificar que o consumo anual da moradia é inferior a 9 MWh e que os custos de utilização são próximos dos 1.000 €.

NUM.	Divisão	Equipamentos	Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]
1	Cozinha	Placa Vitrocerâmica	1431,00	164,71 €
2	Cozinha	Forno	209,67	24,13 €
3	Cozinha	Microondas	72,00	8,29 €
4	Cozinha	Torradeira	66,00	7,60 €
5	Cozinha	Frigorífico	343,98	39,59 €
6	Cozinha	Ferro de Engomar	373,99	43,05 €
7	Cozinha	Máquina de lavar louça	390,86	44,99 €
8	Cozinha	Máquina de lavar Roupa	707,66	81,45 €
9	Cozinha	Iluminação	51,84	5,97 €
10	Cozinha	Televisor	16,20	1,86 €
11	Escritório/Quarto	Impressora	1,93	0,22 €
12	Escritório/Quarto	Aparelhagem de Som	3,09	0,36 €
13	Escritório/Quarto	DVD ou Video	3,70	0,43 €
14	Escritório/Quarto	Iluminação	73,01	8,40 €
15	Escritório/Quarto	Televisor	21,60	2,49 €
16	Escritório/Quarto	Aspirador	185,14	21,31 €
17	Escritório/Quarto	Computador	9,26	1,07 €
18	Escritório/Quarto	Televisor	47,39	5,45 €
19	Casa-de-banho	Secador de cabelo	108,00	12,43 €
20	Casa-de-banho	Iluminação	3,51	0,40 €
21	Garagem/Jardim	Bomba de piscina	2592,00	298,34 €
22	Garagem/Jardim	Portão Automático	30,00	3,45 €
23	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	168,48	19,39 €
24	Garagem/Jardim	Iluminação Exterior	129,60	14,92 €
25	Garagem/Jardim	Iluminação	4,32	0,50 €
26	Escritório/Quarto	Climatização	1867,72	214,97 €
27				
28				
29				
30				
<b>TOTAIS</b>			<b>8.911,93</b>	<b>1.025,76 €</b>

Figura 7-27 - Resumo Anual da moradia

Analisando os consumos da moradia por divisão obtêm-se a Figura 7-28. Através desta figura podemos evidenciar que o consumo dos quartos/escritórios apresenta apenas o valor de 25% do consumo anual da moradia, apesar de incluir o Sistema da Climatização.

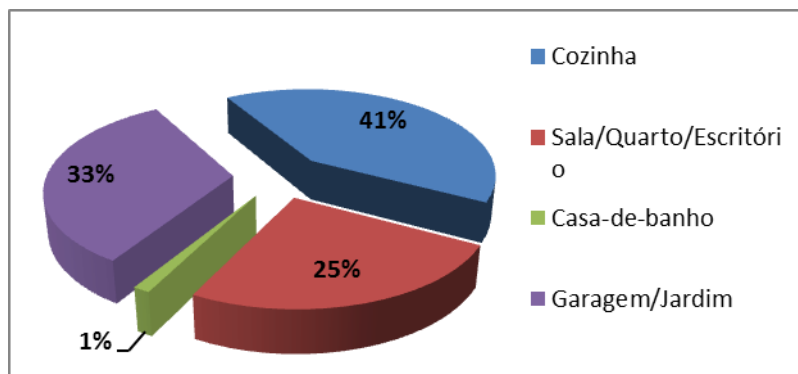


Figura 7-28 - Consumo Anual por Divisão da Casa

Na moradia a divisão que mais energia consome, passa a ser a cozinha, com 41 % do consumo total, fruto da placa vitrocerâmica e das máquinas de lavar. Ao nível da divisão da Garagem/Jardim o consumo é de 33% do consumo da moradia. As Casas de banho apresentam um consumo reduzido 1%, face aos restantes consumos da casa.

Analisando o consumo em função dos grupos consumidores considerados na análise da moradia, observa-se a Figura 7-29, onde se pode constatar que os Electrodomésticos são os que apresentam mais peso, com 45% do consumo e os equipamentos da Garagem/Jardim representam 29% do consumo total.

O Sistema de Climatização representa apenas 21% do consumo da casa, fruto das alterações efectuadas quer ao nível da estrutura da moradia, quer ao nível da escolha dos equipamentos para efectuar a climatização. Para finalizar, a iluminação representa apenas 5% do consumo da moradia, resultado da escolha correcta das lâmpadas.

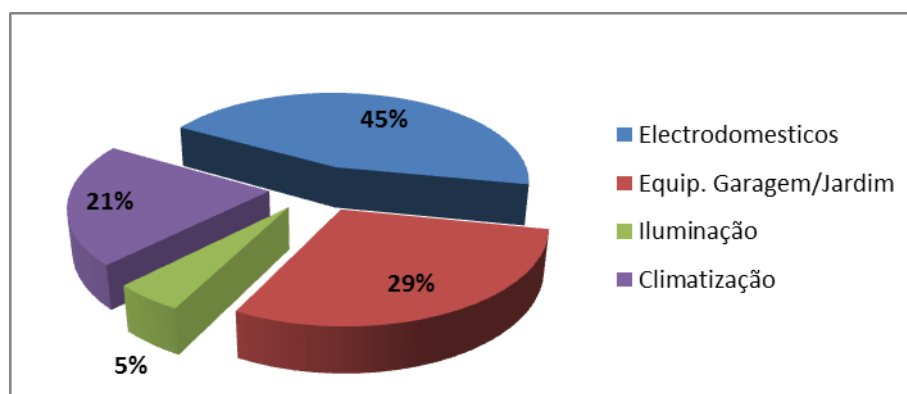


Figura 7-29 - Consumo Anual por Equipamento

## 8. Conclusão e Trabalhos Futuros

### 8.1. Conclusão

Este trabalho teve como objectivo transformar uma moradia tradicional numa casa energeticamente eficiente, com minimização de desperdícios e optimização de consumos, através da utilização da tecnologia disponível no mercado. Tendo como princípio utilização de tecnologias, como a domótica, a gestão técnica centralizada e os sistemas que permitem produzir energia através de energias renováveis.

Como ponto de partida utilizou-se um projecto referente a uma moradia, situada no concelho do Seixal, para servir de modelo de uma moradia tradicional.

Verificou-se o REH para o projecto inicial, o qual apresentou uma classificação B-.

Com base no projecto da moradia tradicional, efectuaram-se várias alterações com o intuito de melhorar a classificação da mesma e de modo a que as necessidades energéticas fossem reduzidas ao mínimo, dando origem a um novo projecto, uma moradia tecnologicamente avançada.

Durante o desenvolvimento do projecto, foram feitas várias alterações ao nível da envolvente de forma a comprimir o regulamento REH. As várias opções de melhoramento foram efectuadas de forma a tentar obter melhor desempenho da moradia sem a utilização de equipamentos, na tentativa de obter a melhor classificação possível do SCE.

Considerou-se que a moradia tecnicamente avançada seria o mais eficiente possível, utilizando toda a tecnologia de gestão necessária para se tornar numa moradia autónoma, de forma atingir uma elevada poupança energética, energia essa, que podia ser térmica ou eléctrica.

Estas tecnologias permitem que a moradia seja auto-suficiente, mas não deixa de exigir aos utilizadores grande rigor na gestão e utilização da energia.

Por sua vez, os investimentos no equipamento de produção de energia (térmica e/ou eléctrica) muitas vezes revelaram-se um investimento bastante oneroso, com um período de amortização muito longo, tendo que se ter em conta o modo de utilização da moradia.

Em suma, verifica-se que o watt mais rentável é aquele que não é consumido.

## **8.2. Trabalhos Futuros**

O trabalho desenvolvido foi aplicado num projecto de uma moradia, mas como o regulamento REH não considera a energia eléctrica consumida relevante, a utilização da automatização (domótica e/ou GTC) é pouco relevante no cálculo das necessidades nominais de energia num edifício.

Num futuro trabalho este tipo de estudo pode também ser desenvolvido em relação a um edifício de serviços, em que o regulamento RECS é mais claro e onde é mais fácil demonstrar o seu contributo na gestão energética de um edifício.

No projecto foram tidas em conta aberturas nas fachadas para renovação do ar. Também seria interessante estudar a influência que determinadas aberturas e caudais têm na classificação energética de um edifício, de maneira a verificar que tipos de aberturas serão mais vantajosas e em que aspecto a sua automatização reflecte na poupança de energia, sem comprometer a qualidade do ar interior.

## Referências

- [ 1 ] <http://www.adene.pt>
- [ 2 ] Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril. D.R. n.º 70, Série I
- [ 3 ] [http://www.edificioseenergia.pt/media/25436/temacapa\\_67.pdf](http://www.edificioseenergia.pt/media/25436/temacapa_67.pdf)
- [ 4 ] Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico – 2010 ([www.ine.pt](http://www.ine.pt))
- [ 5 ] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto. Diário da República n.º159 – 1.ª série – N.º 159 – 20 de Agosto de 2013
- [ 6 ] Portaria n.º 349-B/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 232 – 29 de Novembro de 2013.
- [ 7 ] Portaria n.º 349-C/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 233 – 2 de Dezembro de 2013.
- [ 8 ] Portaria n.º 349-D/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 233 – 2 de Dezembro de 2013.
- [ 9 ] Despacho n.º15793-D/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 10 ] Despacho n.º15793-E/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 11 ] Despacho n.º15793-F/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 12 ] Despacho n.º15793-H/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 13 ] Despacho n.º15793-G/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 14 ] Despacho n.º15793-I/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 15 ] Despacho n.º15793-J/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

- [ 16 ] Despacho n.º15793-K/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 17 ] Despacho n.º15793-L/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.
- [ 18 ] Portaria n.º 353-A/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 235 – 4 de Dezembro de 2013.
- [ 19 ] Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios, Decreto-lei n.º79/2006”, Abril de 2006
- [ 20 ] Regulamento das características de comportamento térmico de edifícios, Decreto-lei n.º80/2006”, Abril de 2006
- [ 21 ] [http://domobus.net/ei\\_docs/cap3.pdf](http://domobus.net/ei_docs/cap3.pdf)
- [ 22 ] <http://portal.ua.pt/bibliotecad/default1.asp?OP2=0&Serie=0&Obra=28&H1=2&H2=1>
- [ 23 ] <http://www.edificioseenergia.pt/media/27302/temacapagtc.pdf>
- [ 24 ] [http://www.global-download.schneider-electric.com/85257849002EB8CB/all/6ECFFA1D9C94EC7A8525786300758782/\\$File/mkted211041en-v2.1.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/85257849002EB8CB/all/6ECFFA1D9C94EC7A8525786300758782/$File/mkted211041en-v2.1.pdf)
- [ 25 ] <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/de/total-building-solutions/zertifizierte-gebaeudeloesungen/Seiten/zertifizierte-gebaeudeloesungen.aspx>
- [ 26 ] <http://eurodomotica-knx.com.br/br/knx/>
- [ 27 ] [www.konnex.org](http://www.konnex.org)
- [ 28 ] <http://www.acasainteligente.com/tecnologias.asp?idTec=6>
- [ 29 ] <http://www.x10europe.com/general/about.htm>
- [ 30 ] <http://www.son-video.com/Rayons/Accessoires/PacksDomotique/Marmitek-control-kit-ck17.html>
- [ 31 ] <http://www.eurox10.com/Content/X10Information.htm>
- [ 32 ] <http://www.prestecnica.ptcom.biz/domotica/img/down/Catalogo-Teletask-Prestecnica.pdf>
- [ 33 ] <http://paginas.fe.up.pt/~ee07367/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/1%20Gra%C3%A7a%20Almeida.pdf>

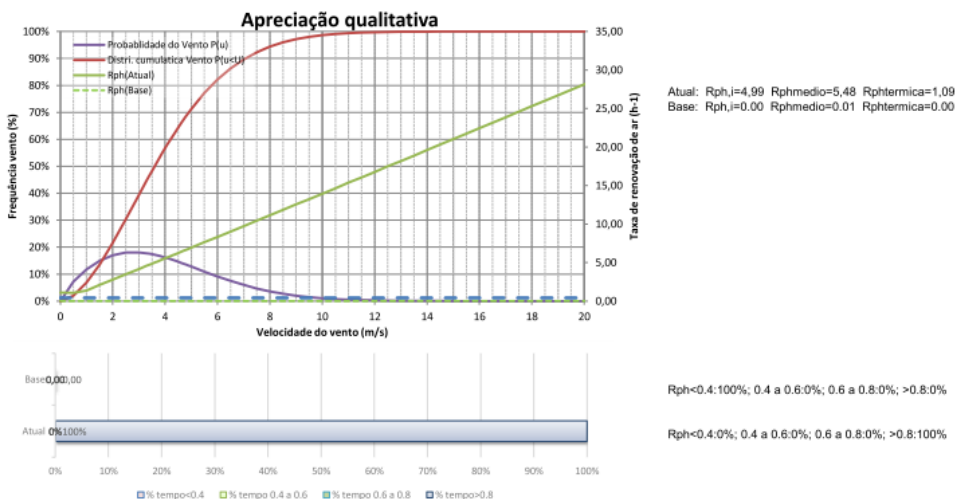
# Anexos

## Anexo 1. Folha de Cálculo Ventilação

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>			Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12						
<b>1. Enquadramento do edifício</b>						
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	185,0	
Local (município)	SEIXAL			Pd (m):	2,70	
Região	A			N.º de pisos da fração	1	
Rugosidade	II			Velocidade vento	Defeito REH	
Altitude do local (m)	47			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)		
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais			Vol (m3):	500	
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não			Texterior (°C)	10,7	
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	3			Zref (m)	47	
Altura da fração (H <sub>ra</sub> ) em m	3			Aenv/Au:	20%	
				Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>	
				Zona da fachada:	<b>Inferior</b>	
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>						
Foi medido valor n50	Não					
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:						
Área dos vãos (m2)	37	0	0	0	0	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2	2	4	4	4	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta	Perm. Alta	Perm. Alta	Perm. Alta	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>						
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim					
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa		
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	600	0	0	0		
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>						
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Sim	Não	Não		
Escoamento de ar	Exaustão	Exaustão				
Perda de carga	Alta	Baixa				
Altura da conduta (m)	3	3				
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)	Em terraço, inclinada (<10°)				
Número de condutas semelhantes	3	1				
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>						
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não					
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m3/h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
Tem sistema de recuperação de calor						
Rendimento da recuperação de calor (%)						
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>						
Existem meios híbridos	Não					
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m3/h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>						
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão						
<b>8. Resultados</b>						
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>						
R <sub>ph,j</sub> (h-1) - Aquecimento	1,27					
R <sub>ph,v</sub> (h-1) - Arrefecimento	1,27					
Wvm (kWh)	0,0					
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>						
R <sub>ph,j,REF</sub> (h-1)	0,60					
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>						
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,49					
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40					
Critério Rph mínimo	Satisfatório					
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.						
				Técnico:		
				Data:	22-08-2014	

**Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)**

**1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar (Ajuda)**



**2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50) (Ajuda)**

<b>Janelas:</b>	
Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	<b>2</b>
<b>Permeabilidade ao ar da envolvente:</b>	
Valor n50 recomendado para construção usual:	<b>1,80</b>
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	<b>0,70</b>
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	<b>4,92</b>

**3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada (Ajuda)**

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	<b>534 m3/h</b>
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	<b>10 Pa</b>

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	609 cm2	484 m3/h	534 m3/h	759 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	609 cm2	0,97 h-1	1,07 h-1	1,52 h-1

**Isolamento sonoro:** Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		Rw vidro 30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C -1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr)	2,3		Ctr -3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr)	5,3		IGU Rw+Correcção 27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr)	7,5		Janela Rw+Correcção 26
Fachada D2m,nT,W (dB)	28		

<b>Resultados: Isolamento sonoro</b>	
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28 Satisfatório

**Síntese:**  
Grelhas fixas com 600 cm2 de área livre. As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuídas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (Dne) não inferior a 36 (-1,-3) dB.

## Anexo 2. Desempenho Painel Solar

---

SolTerm 5.1

Licenciado a Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
(Instituto Superior de Engenharia de Lisboa)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

---

Kit

---

Modelo: Baxiroca STS200-2 (3 unidades em paralelo)

Área do colector: 1,9 m<sup>2</sup>  
Volume do depósito: 200 l

Características I/O de ensaio (modelo linear):  
a<sub>0</sub>=1,8 J a<sub>H</sub>=1,0 /m<sup>2</sup> a<sub>T</sub>=0,6 J/K

Coeficiente de perdas térmicas do depósito no ensaio: 2,74 W/K

---

Cargas térmicas: segunda a sexta

---

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

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

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												

15													
16													
17													
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19													
20													
21													
22													
23													
24													
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

-----  
Cargas térmicas: fim-de-semana  
-----

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

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

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

Perfis de consumo (l):

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

---

Localização, posição e envolvente do sistema

---

Concelho de Setúbal

Latitude 38,5°N (nominal)

Longitude 8,9°W (nominal)

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM

LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt) [solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt)

Inclinação do sistema: 50°

Azimute do sistema: 15°

Obstruções do horizonte: aferição de obstrução significativa

---

Balanço energético mensal e anual

---

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	65	80	4,	213	324	112
Fevereiro	80	91	11,	222	293	71
Março	120	120	22,	275	324	49
Abril	157	133	32,	282	314	32
Maio	201	151	28,	316	324	9
Junho	217	152	32,	312	314	2
Julho	234	171	61,	323	324	1
Agosto	213	176	70,	324	324	0
Setembro	151	143	42,	312	314	2
Outubro	110	123	33,	307	324	18
Novembro	74	91	12,	257	314	57
Dezembro	61	69	,	199	324	126
Anual	1682	1500	347,	3341	3820	479

---

Fracção solar: 87,5%

Rendimento global anual do sistema: 39%      Produtividade: 586 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

---

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

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa(Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) | 20-08-2014 18:28:46 |

## **Anexo 3. Demonstração do Cálculo dos Valores das Necessidades Nominais de Energia**

### **Anexo 3.1 BASE**

**Folha de Cálculo A**

**A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	PE_N	48,16	0,38	18,30
	PE_S	44,22	0,38	16,80
	PE_O	44,50	0,38	16,91
	PE_E	43,42	0,38	16,50
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	68,51

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cob	184,00	0,32	58,88
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	58,88

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	ENV_N	5,28	1,15	6,07
	VD_6	1,65	1,15	1,90
	VD_7	3,00	1,15	3,45
	VD_8	1,65	1,15	1,90
	VD_9	3,00	1,15	3,45
	VD_10	2,80	1,15	3,22
	VD_11	3,00	1,15	3,45
	VD_12	3,00	1,15	3,45
	VD_13	3,00	1,15	3,45
	VD_14	3,00	1,15	3,45
	VD_15	3,00	1,15	3,45
	VD_16	0,77	1,15	0,89
	VD_17	3,00	1,15	3,45
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	41,57

VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,10	5,80
	Fachada com cobertura	52,78	0,80	42,22
	Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,50	9,64
	Fachada com caixilharia	35,00	0,25	8,75
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	66,41

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 235,38 W/°C

**A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR**

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Par1	3,00	1,72	1,00	5,16
Par2	3,00	1,72	1,00	5,16
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				10,32
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> 10,32 W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub> + H<sub>adi</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

**A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	0,00	-	-
PE_N	48,16	0,40	19,26
PE_S	44,22	0,40	17,69
PE_O	44,50	0,40	17,80
PE_E	43,42	0,40	17,37
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>72,12</b>

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
Cob	184,00	0,35	64,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>64,40</b>

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
ENV_N	5,28	2,80	14,78
VD_6	1,65	2,80	4,62
VD_7	3,00	2,80	8,40
VD_8	1,65	2,80	4,62
VD_9	3,00	2,80	8,40
VD_10	2,80	2,80	7,84
VD_11	3,00	2,80	8,40
VD_12	3,00	2,80	8,40
VD_13	3,00	2,80	8,40
VD_14	3,00	2,80	8,40
VD_15	3,00	2,80	8,40
VD_16	0,77	2,80	2,16
VD_17	3,00	2,80	8,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>101,22</b>

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,50	29,00
Fachada com cobertura	52,78	0,50	26,39
Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,40	7,71
Fachada com caixilharia	35,00	0,20	7,00
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>70,10</b>

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 307,84 W/°C

**A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR**

<i>PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
<i>Par1</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
<i>Par2</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>2,40</i>

<i>PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b<sub>tr</sub> &gt; 0,7)</i>	<i>Comp. B m</i>	<i>ψ W/m.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>ψ.B.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$  2,40 W/°C

**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

<b>PAREDES ENTERRADAS</b>	<b>Área m</b>	<b><math>U_{bw}</math> W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>A.U<sub>bw</sub> W/°C</b>
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>PAVIMENTOS ENTERRADOS</b> <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	<b>Área m</b>	<b><math>U_{bf}</math> W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>A.U<sub>bf</sub> W/°C</b>
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>PAVIMENTOS TÉRREOS</b> <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z≤U) com ou sem isolamentos térmico perimetral</i>	<b>Área m</b>	<b><math>U_f</math> W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>A.U<sub>f</sub> W/°C</b>
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF} + H_{adj REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,i} \cdot A_d \cdot P_d &= \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d &= \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,v} \cdot A_d \cdot P_d &= \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d &= \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{dh,i REF} &= \frac{0,34}{0,60} \text{ h}^{-1} \\ \text{Área útil de pavimento } A_d &= 184,00 \text{ m}^2 \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 3,00 \text{ m} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i REF} &= 112,61 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$



Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\xi \cdot \xi_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot \xi_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{i,vit}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

TOTAL

0,00

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  m<sup>2</sup>

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

Duração da estação de aquecimento M  meses

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

+

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

+

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v \boxed{2928} \text{ horas} \\
 & \times \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\
 & \div \\
 & 1000 \\
 & = \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,v}} \boxed{2155,01} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS Global Prot. Moveis e Perm. g <sub>T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>TP</sub>	FS de Verão g <sub>v</sub> =F <sub>m,v</sub> ·g <sub>T</sub> +(1-F <sub>m,v</sub> )·g <sub>TP</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
ENV_N	Norte	5,28	Duplo	0,65	0,80	0,00	0,03	0,63	0,63	2,16	0,90	225,00	437,84
VD_6	Este	1,65	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,90	505,00	131,61
VD_7	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,50	410,00	108,69
VD_8	Sul	1,65	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,52	410,00	61,15
VD_9	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,51	410,00	110,81
VD_10	Este	2,80	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,49	0,90	505,00	223,34
VD_11	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_12	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_13	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	410,00	194,28
VD_14	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,69	505,00	183,46
VD_15	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_16	Oeste	0,77	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,14	0,90	505,00	61,42
VD_17	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												2469,77	

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS de Verão do vão interior g <sub>v,int</sub>	FS de Verão do vão do ENU g <sub>v,ENU</sub>	g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> ·ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												0,00	

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que **na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F<sub>s,w</sub> é igual a 1.**  
 Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar g<sub>v,ENU</sub> é igual a 1.

#### ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> ·°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub> =F <sub>h</sub> ·F <sub>o</sub> ·F <sub>f</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> ·ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
PE_N	Norte	0,40	48,16	0,38		0,29	1,00	225,00	65,88
PE_S	Sul	0,40	44,22	0,38		0,27	1,00	410,00	110,23
PE_O	Oeste	0,40	44,50	0,38	0,04	0,27	1,00	505,00	136,63
PE_E	Este	0,40	43,42	0,38		0,26	1,00	505,00	133,32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									446,06

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> ·°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> ·ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
Cob		0,40	184,00	0,31		0,91			771,18
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									771,18

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> ·°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> ·ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_s = F_{i1} \cdot F_{o1} \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	TOTAL
									0,00
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
=  
Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano  
=  
Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
x  
Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   horas  
÷  
1000  
+  
factor solar de verão de referência  $g_{v,REF}$    
x  
 $A_w/A_p$   $A_{p,REF}$    
x  
Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano  
=  
 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
x  
Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
=  
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad \boxed{484,05} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6.179,86} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5.995,07} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} \quad \boxed{12174,93} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,58} \\ & \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,88} \\ & \times \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6179,86} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5995,07} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \\ & \text{(folha de cálculo 1.4)} \\ & = \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad \boxed{5983,94} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad \boxed{32,52} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$



### E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{r} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i, REF} \quad 0,6 \\ \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i, REF} \quad 3461,78 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i, REF} \quad 2077,07 \text{ kWh/ano} \end{array}$$

### E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i, REF} \quad 7803,21 \text{ kWh/ano} \\ + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i, REF} \quad 2832,32 \text{ kWh/ano} \\ - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i, REF} \quad 2.077,07 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 8558,46 \text{ kWh/ano} \\ \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 184,00 \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i \quad 46,51 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{array}$$

## Folha de Cálculo F

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 484,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1.589,90 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 1.542,36 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{3132,26} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{1,87} \\ & \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,48} \end{aligned}$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,52} \\ & \quad \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{vc} \quad \boxed{16,47} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$  0,69

## F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,31} \\ & \quad \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{10146,13} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{16,85} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		32,52	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1	2,5	5983,94	81,30
						TOTAL	5983,94	81,30

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		16,47	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	1010,39	13,73
						TOTAL	1010,39	13,73

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

CONSUMO DE AQS

$$\begin{aligned} & 40 \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{5} \text{ ocupantes} \\ & \times \\ \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\ = \\ \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{200} \text{ l} \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned} \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} & \boxed{200} \text{ l} \\ & \times \\ & 4187 \\ & \times \\ \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\ & \div \\ & 3600000 \\ & \div \\ A_p & \boxed{184} \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{16,15} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		-	-		-	-	-	-
		-	-		-	-	-	-
		-	-		-	-	-	-
		16,15	-	1	-	-	-	-
		-	-		-	-	-	-
		-	-		-	-	-	-
		-	-		-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		1,00		0,89	1	3338,88	18,15
						TOTAL	3338,88	18,15

#### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \quad \boxed{0} \text{ kWh/ano} \\
 \div \\
 \text{Área útil de Pavimento } A_p \quad \boxed{184} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Factor de Conversão } F_{pu} \quad \boxed{2,5} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação } \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{array}$$

#### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
			TOTAL	0,00

#### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia primária para aquecimento } \quad \boxed{81,30} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária para arrefecimento } \quad \boxed{13,73} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária para a preparação de AQS } \quad \boxed{18,15} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica } \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 - \\
 \text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável } \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 = \\
 \text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{tc} \quad \boxed{113,18} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{array}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		46,51	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1	2,5	116,28
					TOTAL	116,28

**G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		16,85	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3	2,5	14,04
					TOTAL	14,04

**G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{r}
 40 \\
 \times \\
 \hline
 n^{\circ} \text{ convencional de ocupantes de cada fracção } n \quad \boxed{5} \text{ ocupantes} \\
 \times \\
 \hline
 \text{factor de eficiência hídrica} \quad \boxed{1} \\
 = \\
 \hline
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} \quad \boxed{200} \text{ l}
 \end{array}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{array}{r}
 \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} \quad \boxed{200} \text{ l} \\
 \times \\
 4187 \\
 \times \\
 \hline
 \text{aumento de temperatura } \Delta T \quad \boxed{35} \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \times \\
 \hline
 n^{\circ} \text{ de dias de consumo} \quad \boxed{365} \text{ dias} \\
 \div \\
 3600000 \\
 \div \\
 \hline
 A_p \quad \boxed{184} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \hline
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p \quad \boxed{16,15} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f_a \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		16,15	-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		1,00	0,89	1	18,15
					TOTAL	18,15

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	116,28	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	14,04	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	18,15	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>t</sub>	148,47	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

## **Anexo 3.2 AQS – Painei Solar Térmico**

**Folha de Cálculo A**

**A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	PE_N	48,16	0,38	18,30
	PE_S	44,22	0,38	16,80
	PE_O	44,50	0,38	16,91
	PE_E	43,42	0,38	16,50
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			68,51

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cob	184,00	0,32	58,88
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			58,88

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	ENV_N	5,28	1,15	6,07
	VD_6	1,65	1,15	1,90
	VD_7	3,00	1,15	3,45
	VD_8	1,65	1,15	1,90
	VD_9	3,00	1,15	3,45
	VD_10	2,80	1,15	3,22
	VD_11	3,00	1,15	3,45
	VD_12	3,00	1,15	3,45
	VD_13	3,00	1,15	3,45
	VD_14	3,00	1,15	3,45
	VD_15	3,00	1,15	3,45
	VD_16	0,77	1,15	0,89
	VD_17	3,00	1,15	3,45
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			41,57

VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,10	5,80
	Fachada com cobertura	52,78	0,80	42,22
	Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,50	9,64
	Fachada com caixilharia	35,00	0,25	8,75
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	TOTAL			66,41

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> = 235,38 W/°C

**A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR**

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Par1	3,00	1,72	1,00	5,16
Par2	3,00	1,72	1,00	5,16
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				10,32
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> 10,32 W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub> + H<sub>adi</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

**A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	0,00	-	-
PE_N	48,16	0,40	19,26
PE_S	44,22	0,40	17,69
PE_O	44,50	0,40	17,80
PE_E	43,42	0,40	17,37
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>72,12</b>

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
Cob	184,00	0,35	64,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>64,40</b>

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
ENV_N	5,28	2,80	14,78
VD_6	1,65	2,80	4,62
VD_7	3,00	2,80	8,40
VD_8	1,65	2,80	4,62
VD_9	3,00	2,80	8,40
VD_10	2,80	2,80	7,84
VD_11	3,00	2,80	8,40
VD_12	3,00	2,80	8,40
VD_13	3,00	2,80	8,40
VD_14	3,00	2,80	8,40
VD_15	3,00	2,80	8,40
VD_16	0,77	2,80	2,16
VD_17	3,00	2,80	8,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>101,22</b>

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,50	29,00
Fachada com cobertura	52,78	0,50	26,39
Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,40	7,71
Fachada com caixilharia	35,00	0,20	7,00
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>70,10</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 307,84 W/°C

**A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR**

<i>PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
<i>Par1</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
<i>Par2</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>2,40</i>

<i>PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b<sub>tr</sub> &gt; 0,7)</i>	<i>Comp. B m</i>	<i>ψ W/m.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>ψ.B.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$  2,40 W/°C

**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
		TOTAL	0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m	$U_{bf}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
		TOTAL	0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z≤U) com ou sem isolamentos térmico perimetral</i>	Área m	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
		TOTAL	0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF} + H_{adj REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,i} \cdot A_d \cdot P_d & \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} & \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d & \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} & \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} & \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,v} \cdot A_d \cdot P_d & \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} & \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d & \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} & \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{dh,i REF} = \frac{0,34}{0,60} h^{-1} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 184,00 m^2 \\ & \text{Pé direito médio da fração } P_d = 3,00 m \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i REF} = 112,61 W/^\circ C \end{aligned}$$



Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\xi \cdot \xi_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot \xi_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{i,vit}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

TOTAL

0,00

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  m<sup>2</sup>

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

Duração da estação de aquecimento M  meses

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

+

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

+

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v \boxed{2928} \text{ horas} \\
 & \times \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\
 & \div \\
 & 1000 \\
 & = \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,v}} \boxed{2155,01} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS Global Prot. Moveis e Perm. g <sub>T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>TP</sub>	FS de Verão g <sub>v</sub> =F <sub>m,v</sub> ·g <sub>T</sub> +(1-F <sub>m,v</sub> )·g <sub>TP</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> ·ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
ENV_N	Norte	5,28	Duplo	0,65	0,80	0,00	0,03	0,63	0,63	2,16	0,90	225,00	437,84
VD_6	Este	1,65	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,90	505,00	131,61
VD_7	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,50	410,00	108,69
VD_8	Sul	1,65	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,52	410,00	61,15
VD_9	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,51	410,00	110,81
VD_10	Este	2,80	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,49	0,90	505,00	223,34
VD_11	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_12	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_13	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	410,00	194,28
VD_14	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,69	505,00	183,46
VD_15	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_16	Oeste	0,77	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,14	0,90	505,00	61,42
VD_17	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												2469,77	

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS de Verão do vão interior g <sub>v,int</sub>	FS de Verão do vão do ENU g <sub>v,ENU</sub>	g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que **na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F<sub>s,v</sub> é igual a 1.**  
 Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar g<sub>v,ENU</sub> é igual a 1.

TOTAL

0,00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub> =F <sub>h</sub> ·F <sub>o</sub> ·F <sub>f</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
PE_N	Norte	0,40	48,16	0,38		0,29	1,00	225,00	65,88
PE_S	Sul	0,40	44,22	0,38		0,27	1,00	410,00	110,23
PE_O	Oeste	0,40	44,50	0,38	0,04	0,27	1,00	505,00	136,63
PE_E	Este	0,40	43,42	0,38		0,26	1,00	505,00	133,32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TOTAL

446,06

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
Cob		0,40	184,00	0,31		0,91			771,18
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-

TOTAL

771,18

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-		-	-	-		-			-
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_s = F_{i1} \cdot F_{o1} \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	TOTAL
									0,00
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
=  
Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano  
=  
Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
x  
Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   horas  
÷  
1000  
+  
factor solar de verão de referência  $g_{v,REF}$    
x  
 $A_w/A_{p,REF}$    
x  
Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano  
=  
 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
x  
Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
=  
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad \boxed{484,05} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6.179,86} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5.995,07} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} & \quad \boxed{12174,93} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,58} \\ & \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,88} \\ & \times \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6179,86} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5995,07} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \\ & \text{(folha de cálculo 1.4)} \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad \boxed{5983,94} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad \boxed{32,52} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$



### E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{r} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i, REF} \quad 0,6 \\ \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i, REF} \quad 3461,78 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i, REF} \quad 2077,07 \text{ kWh/ano} \end{array}$$

### E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i, REF} \quad 7803,21 \text{ kWh/ano} \\ + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i, REF} \quad 2832,32 \text{ kWh/ano} \\ - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i, REF} \quad 2.077,07 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 8558,46 \text{ kWh/ano} \\ \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 184,00 \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i \quad 46,51 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{array}$$

## Folha de Cálculo F

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 484,05 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1.589,90 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \quad ^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 1.542,36 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{3132,26} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{1,87} \\ & \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,48} \end{aligned}$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,52} \\ & \quad \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{vc} \quad \boxed{16,47} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$  0,69

## F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,31} \\ & \quad \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{10146,13} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{16,85} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Aquecimento	Electricidade		0,37		4,20	2,5	529,79	7,20
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema AQS	Renovável Térmica	32,52	0,07	1	1,00	1	400,92	2,18
Sistema Fotovoltaico	Renovável Eléctrica		0,56		1,00	2,5	3357,90	45,62
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	4288,61	55,00

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Arrefecimento	Electricidade		1,00		4,50	2,5	673,60	9,15
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		16,47	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	673,60	9,15

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

$$\begin{aligned} & 40 \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{5} \text{ ocupantes} \\ & \times \\ \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\ = & \\ \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{200} \text{ l} \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned} & \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} \boxed{200} \text{ l} \\ & \times \\ & 4187 \\ & \times \\ \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\ & \div \\ & 3600000 \\ & \div \\ \text{Ap} & \boxed{184} \text{ m}^2 \\ = & \\ \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{16,15} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Electricidade		0,01		4,20	2,5	7,51	0,10
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema AQS	Renovável Térmica	16,15	0,99	1	1,00	1	2940,08	15,98
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2947,59	16,08

#### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \quad \boxed{0} \text{ kWh/ano} \\
 \div \\
 \text{Área útil de Pavimento } A_p \quad \boxed{184} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Factor de Conversão } F_{pu} \quad \boxed{2,5} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação } \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{array}$$

#### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Renovável Térmica	18,16	1	18,16
Sistema Fotovoltaico	Renovável Eléctrica	20,05	2,5	50,14
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
TOTAL				68,29

#### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia primária para aquecimento } \quad \boxed{55,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária para arrefecimento } \quad \boxed{9,15} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária para a preparação de AQS } \quad \boxed{16,08} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 + \\
 \text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica } \quad \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 - \\
 \text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável } \quad \boxed{68,29} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 = \\
 \text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{tc} \quad \boxed{11,94} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{array}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Aquecimento	Electricidade	46,51	1,00	4,4	2,5	26,43
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
					TOTAL	26,43

**G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Arrefecimento	Electricidade	16,85	1,00	4,1	2,5	10,27
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	3	2,5	0,00
					TOTAL	10,27

**G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 & \frac{40}{x} \\
 \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \frac{5}{x} \text{ ocupantes} \\
 \text{factor de eficiência hídrica} & \frac{1}{x} \\
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} & = \frac{200}{x} \text{ l}
 \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned}
 \text{consumo médio diário de referência } M_{\text{AQS}} & \frac{200}{x} \text{ l} \\
 & \times 4187 \\
 \text{aumento de temperatura } \Delta T & \times 35 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \times 365 \text{ dias} \\
 & \div 3600000 \\
 & \div A_p \\
 & = 184 \text{ m}^2 \\
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & = 16,15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a, \text{REF}}$	Factor de Conversão $F_{\text{puq}}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{\text{puq}}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Electricidade	16,15	1,00	2,8	2,5	14,42
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		0,00	0,89	1	0,00
					TOTAL	14,42

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	26,43	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	10,27	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	14,42	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>t</sub>	51,12	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

## **Anexo 3.2 Aplicação da Tecnologia**

**Folha de Cálculo A**

**A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	PE_N	48,16	0,38	18,30
	PE_S	44,22	0,38	16,80
	PE_O	44,50	0,38	16,91
	PE_E	43,42	0,38	16,50
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	68,51

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cob	184,00	0,32	58,88
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	58,88

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	ENV_N	5,28	1,15	6,07
	VD_6	1,65	1,15	1,90
	VD_7	3,00	1,15	3,45
	VD_8	1,65	1,15	1,90
	VD_9	3,00	1,15	3,45
	VD_10	2,80	1,15	3,22
	VD_11	3,00	1,15	3,45
	VD_12	3,00	1,15	3,45
	VD_13	3,00	1,15	3,45
	VD_14	3,00	1,15	3,45
	VD_15	3,00	1,15	3,45
	VD_16	0,77	1,15	0,89
	VD_17	3,00	1,15	3,45
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	41,57

VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,10	5,80
	Fachada com cobertura	52,78	0,80	42,22
	Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,50	9,64
	Fachada com caixilharia	35,00	0,25	8,75
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	66,41

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 235,38 W/°C

**A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR**

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Par1	3,00	1,72	1,00	5,16
Par2	3,00	1,72	1,00	5,16
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				10,32
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
TOTAL				0,00

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> 10,32 W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub> + H<sub>adi</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H<sub>ext</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H<sub>enu</sub>  W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H<sub>ecs</sub>  W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão H<sub>tr</sub>  W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

**A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	0,00	-	-
PE_N	48,16	0,40	19,26
PE_S	44,22	0,40	17,69
PE_O	44,50	0,40	17,80
PE_E	43,42	0,40	17,37
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>72,12</b>

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
Cob	184,00	0,35	64,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>64,40</b>

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
ENV_N	5,28	2,80	14,78
VD_6	1,65	2,80	4,62
VD_7	3,00	2,80	8,40
VD_8	1,65	2,80	4,62
VD_9	3,00	2,80	8,40
VD_10	2,80	2,80	7,84
VD_11	3,00	2,80	8,40
VD_12	3,00	2,80	8,40
VD_13	3,00	2,80	8,40
VD_14	3,00	2,80	8,40
VD_15	3,00	2,80	8,40
VD_16	0,77	2,80	2,16
VD_17	3,00	2,80	8,40
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>101,22</b>

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	58,00	0,50	29,00
Fachada com cobertura	52,78	0,50	26,39
Duas paredes verticais em ângulo saliente	19,28	0,40	7,71
Fachada com caixilharia	35,00	0,20	7,00
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>70,10</b>

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 307,84 W/°C

**A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR**

<i>PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
<i>Par1</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
<i>Par2</i>	3,00	0,40	1,00	1,20
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>2,40</i>

<i>PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.</i>	<i>Área A m<sup>2</sup></i>	<i>U W/m<sup>2</sup>.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>U.A.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

<i>PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b<sub>tr</sub> &gt; 0,7)</i>	<i>Comp. B m</i>	<i>ψ W/m.°C</i>	<i>b<sub>tr</sub></i>	<i>ψ.B.b<sub>tr</sub> W/°C</i>
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
<i>TOTAL</i>				<i>0,00</i>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int}$  2,40 W/°C

**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m	$U_{bw}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m	$U_{bf}$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bf</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade zSU) com ou sem isolamentos térmico perimetral</i>	Área m	$U_f$ W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
TOTAL			0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF} + H_{adj REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{enu REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ecs REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,i} \cdot A_d \cdot P_d &= \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d &= \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & 1 \\ & - \\ \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= \boxed{0} \\ & \times \\ \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\ & \div \\ R_{ph,v} \cdot A_d \cdot P_d &= \boxed{701,04} \text{ m}^3/\text{h} \\ & = \\ \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= \boxed{1,00} \\ & \times \\ & 0,34 \\ & \times \\ \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= \boxed{1,27} \text{ h}^{-1} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_d &= \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Pé direito médio da fração } P_d &= \boxed{3,00} \text{ m} \\ & = \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{dh,i REF} = \frac{0,34}{0,60} h^{-1} \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 184,00 m^2 \\ & \text{Pé direito médio da fração } P_d = 3,00 m \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i REF} = 112,61 W/^\circ C \end{aligned}$$



Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\xi \cdot \xi_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i} = F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i} = A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot \xi_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{i,vit}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

TOTAL

0,00

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  m<sup>2</sup>

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

Duração da estação de aquecimento M  meses

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

+

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

+

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v \boxed{2928} \text{ horas} \\
 & \times \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\
 & \div \\
 & 1000 \\
 & = \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,v}} \boxed{2155,01} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS Global Prot. Moveis e Perm. g <sub>T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>TP</sub>	FS de Verão g <sub>v</sub> =F <sub>m,v</sub> ·g <sub>T</sub> +(1-F <sub>m,v</sub> )·g <sub>TP</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
ENV_N	Norte	5,28	Duplo	0,65	0,80	0,00	0,03	0,63	0,63	2,16	0,90	225,00	437,84
VD_6	Este	1,65	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,90	505,00	131,61
VD_7	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,50	410,00	108,69
VD_8	Sul	1,65	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,29	0,52	410,00	61,15
VD_9	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,51	410,00	110,81
VD_10	Este	2,80	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,49	0,90	505,00	223,34
VD_11	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_12	Este	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_13	Sul	3,00	Duplo	0,65	0,75	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	410,00	194,28
VD_14	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,69	505,00	183,46
VD_15	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
VD_16	Oeste	0,77	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,14	0,90	505,00	61,42
VD_17	Oeste	3,00	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,03	0,63	0,27	0,53	0,90	505,00	239,29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL												2469,77	

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F <sub>g</sub>	Factor Sel. angular F <sub>w,v</sub>	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F <sub>m,v</sub>	FS de Verão do vão interior g <sub>v,int</sub>	FS de Verão do vão do ENU g <sub>v,ENU</sub>	g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub>	Área Efectiva A <sub>s,v</sub> =A <sub>w</sub> ·F <sub>g</sub> ·g <sub>v,int</sub> ·g <sub>v,ENU</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s,v</sub> =F <sub>h,v</sub> ·F <sub>o,v</sub> ·F <sub>f,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s,v</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que **na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F<sub>s,v</sub> é igual a 1.**  
 Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar g<sub>v,ENU</sub> é igual a 1.

TOTAL 0,00

#### ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub> =F <sub>h</sub> ·F <sub>o</sub> ·F <sub>f</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
PE_N	Norte	0,40	48,16	0,38		0,29	1,00	225,00	65,88
PE_S	Sul	0,40	44,22	0,38		0,27	1,00	410,00	110,23
PE_O	Oeste	0,40	44,50	0,38	0,04	0,27	1,00	505,00	136,63
PE_E	Este	0,40	43,42	0,38		0,26	1,00	505,00	133,32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TOTAL 446,06

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
Cob		0,40	184,00	0,31		0,91			771,18
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-

TOTAL 771,18

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	R <sub>se</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva A <sub>s</sub> =α·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>se</sub> m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução F <sub>s</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> .ano	I <sub>sol</sub> ·F <sub>s</sub> ·A <sub>s</sub> kWh/ano
-		-	-	-		-			-
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	845,00	-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-
-		-	-	-		-			-

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_s = F_{i1} \cdot F_{o1} \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	TOTAL
									0,00
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
=  
Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$   kWh/ano  
+  
Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$   kWh/ano  
=  
Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
x  
Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$   horas  
÷  
1000  
+  
factor solar de verão de referência  $g_{v,REF}$    
x  
 $A_w/A_p, REF$    
x  
Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano  
=  
 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
x  
Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
=  
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad + \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad \boxed{484,05} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{245,70} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6.179,86} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\quad \times \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad \boxed{1.048} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\quad \times \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{238,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\quad = \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5.995,07} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} \quad \boxed{12174,93} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,58} \\ & \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,88} \\ & \times \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{7011,97} \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{6179,86} \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{5995,07} \text{ kWh/ano} \\ & - \\ & \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad \boxed{6190,99} \text{ kWh/ano} \\ & \text{(folha de cálculo 1.4)} \\ & = \\ & \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad \boxed{5983,94} \text{ kWh/ano} \\ & \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad \boxed{32,52} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$



### E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{r} \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i, REF} \quad 0,6 \\ \times \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i, REF} \quad 3461,78 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i, REF} \quad 2077,07 \text{ kWh/ano} \end{array}$$

### E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r} \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i, REF} \quad 7803,21 \text{ kWh/ano} \\ + \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i, REF} \quad 2832,32 \text{ kWh/ano} \\ - \\ \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i, REF} \quad 2.077,07 \text{ kWh/ano} \\ = \\ \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 8558,46 \text{ kWh/ano} \\ \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 184,00 \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i \quad 46,51 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{array}$$

## Folha de Cálculo F

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 484,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 245,70 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1.589,90 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 238,35 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 2 \text{ }^\circ\text{C} \\ & \quad \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\ & \quad \div \\ & \quad 1000 \\ & = \\ & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 1.542,36 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

#### F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{3132,26} \text{ kWh/ano} \\ & \quad = \\ & \text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{1,87} \\ & \text{parâmetro } a_v \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad \boxed{0,48} \end{aligned}$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,52} \\ & \quad \times \\ & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{5842,02} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{vc} \quad \boxed{16,47} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$  0,69

## F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,31} \\ & \quad \times \\ \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} & \quad \boxed{10146,13} \text{ kWh/ano} \\ & \quad \div \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad \boxed{184,00} \text{ m}^2 \\ & \quad = \\ \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v & \quad \boxed{16,85} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Aquecimento	Electricidade		0,37		4,20	2,5	529,79	7,20
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema AQS	Renovável Térmica	32,52	0,07	1	1,00	1	400,92	2,18
Sistema Fotovoltaico	Renovável Eléctrica		0,56		1,00	2,5	3357,90	45,62
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	4288,61	55,00

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Arrefecimento	Electricidade		1,00		4,50	2,5	673,60	9,15
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		16,47	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	673,60	9,15

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

CONSUMO DE AQS

$$\begin{aligned} & 40 \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} & \boxed{5} \text{ ocupantes} \\ & \times \\ \text{factor de eficiência hídrica} & \boxed{1} \\ = \\ \text{consumo médio diário de referência MAQS} & \boxed{200} \text{ l} \end{aligned}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{aligned} \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} & \boxed{200} \text{ l} \\ & \times \\ & 4187 \\ & \times \\ \text{aumento de temperatura } \Delta T & \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\ & \times \\ \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} & \boxed{365} \text{ dias} \\ & \div \\ & 3600000 \\ & \div \\ A_p & \boxed{184} \text{ m}^2 \\ = \\ \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p & \boxed{16,15} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \end{aligned}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Electricidade		0,01		4,20	2,5	7,51	0,10
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema AQS	Renovável Térmica	16,15	0,99	1	1,00	1	2940,08	15,98
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		0,00		0,89	1	0,00	0,00
TOTAL							2947,59	16,08

#### G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \boxed{0} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de Pavimento } A_p \boxed{184} \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Factor de Conversão } F_{pu} \boxed{2,5} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação } \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

#### G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Renovável Térmica	18,16	1	18,16
Sistema Fotovoltaico	Renovável Eléctrica	20,05	2,5	50,14
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	0,00	-	-
TOTAL				68,29

#### G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Energia primária para aquecimento } \boxed{55,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para arrefecimento } \boxed{9,15} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária para a preparação de AQS } \boxed{16,08} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica } \boxed{0,00} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável } \boxed{68,29} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{tc} \boxed{11,94} \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Aquecimento	Electricidade	46,51	1,00	4,4	2,5	26,43
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
					TOTAL	26,43

**G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema Arrefecimento	Electricidade	16,85	1,00	4,1	2,5	10,27
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	3	2,5	0,00
					TOTAL	10,27

**G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{l}
 40 \\
 \times \\
 \text{n}^\circ \text{ convencional de ocupantes de cada fracção n} \quad \boxed{5} \text{ ocupantes} \\
 \times \\
 \text{factor de eficiência hídrica} \quad \boxed{1} \\
 = \\
 \text{consumo médio diário de referência MAQS} \quad \boxed{200} \text{ l}
 \end{array}$$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

$$\begin{array}{l}
 \text{consumo médio diário de referência } M_{AQS} \quad \boxed{200} \text{ l} \\
 \times \\
 4187 \\
 \times \\
 \text{aumento de temperatura } \Delta T \quad \boxed{35} \text{ }^\circ\text{C} \\
 \times \\
 \text{n}^\circ \text{ de dias de consumo} \quad \boxed{365} \text{ dias} \\
 \div \\
 3600000 \\
 \div \\
 A_p \quad \boxed{184} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_a/A_p \quad \boxed{16,15} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

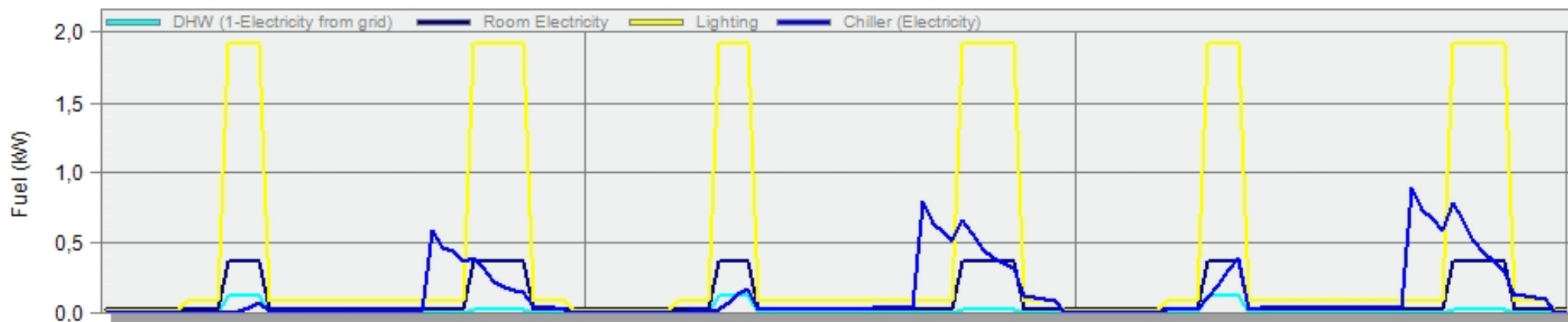
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema AQS	Electricidade	16,15	1,00	2,8	2,5	14,42
			-	-	-	-
			-	-	-	-
			-	-	-	-
Sistema por defeito	GPL (garrafas)		0,00	0,89	1	0,00
					TOTAL	14,42

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

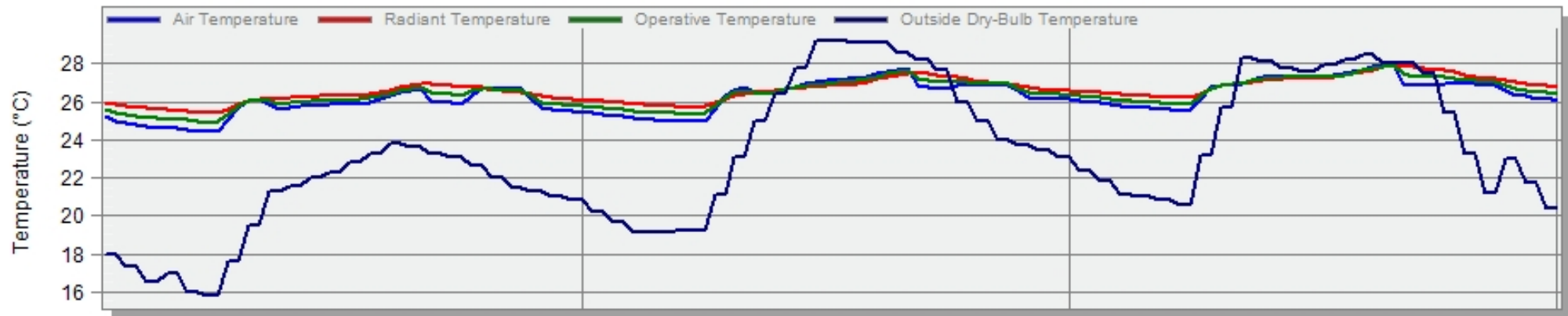
Energia primária para aquecimento	26,43	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	10,27	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	14,42	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>t</sub>	51,12	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

## Anexo 4. Simulação dinâmica DesignBuilder

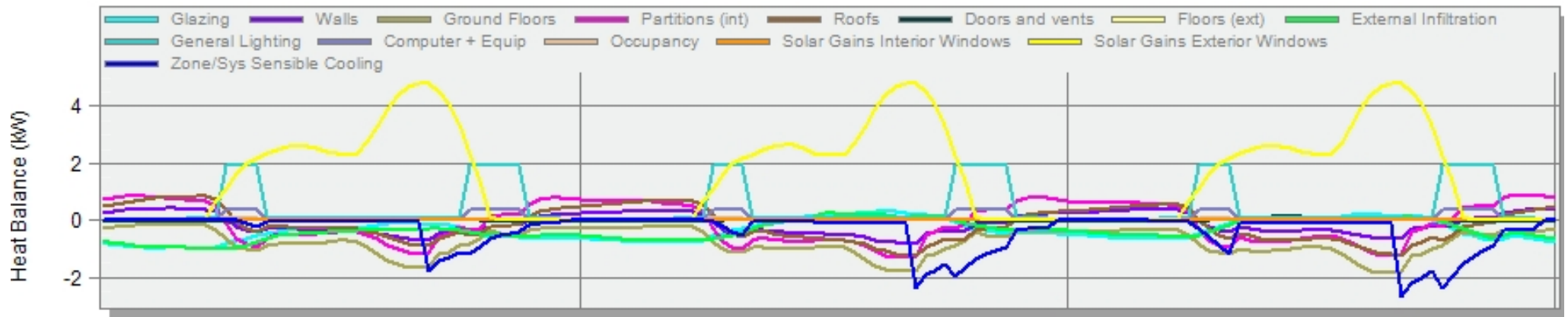
Consumo de combustível no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



### Varição da temperatura no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



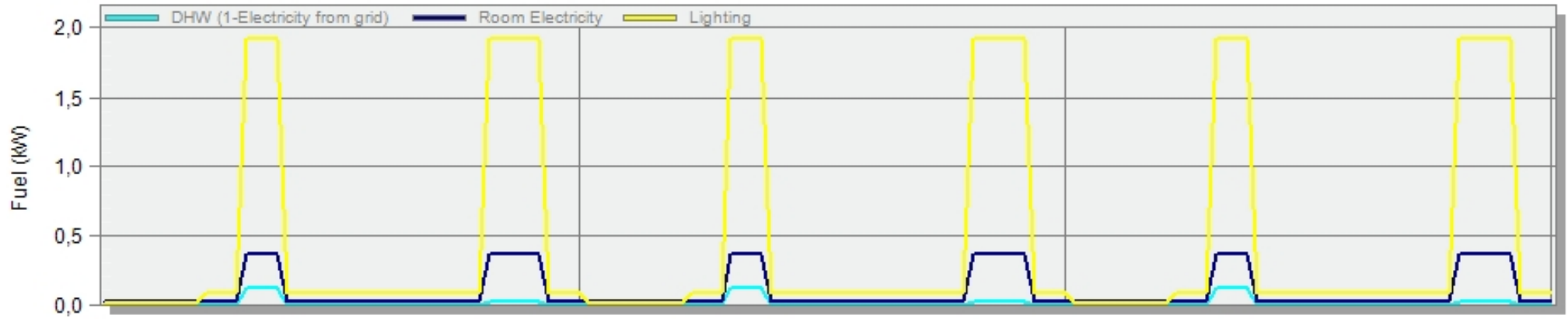
### Balanço ganho de calor no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



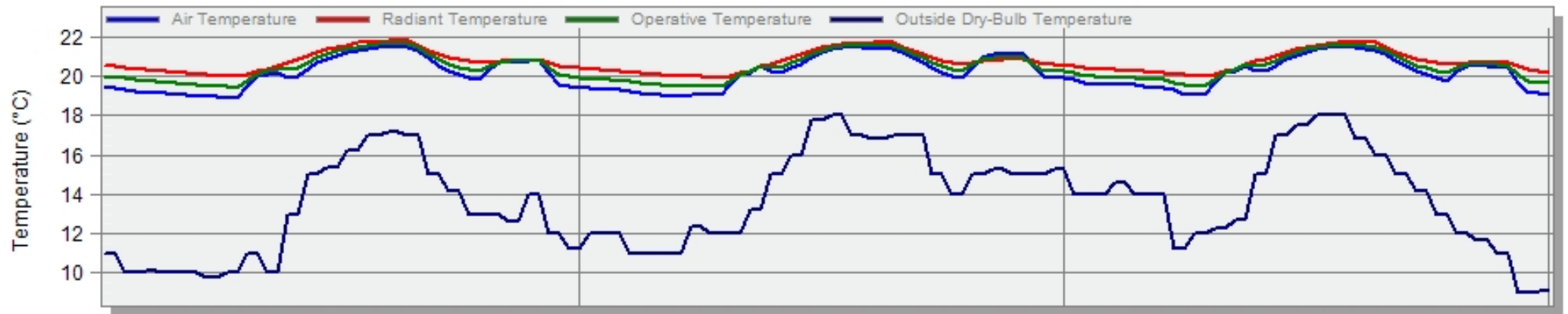
### Total de renovação de ar no solstício de Junho (20 a 22 Junho)



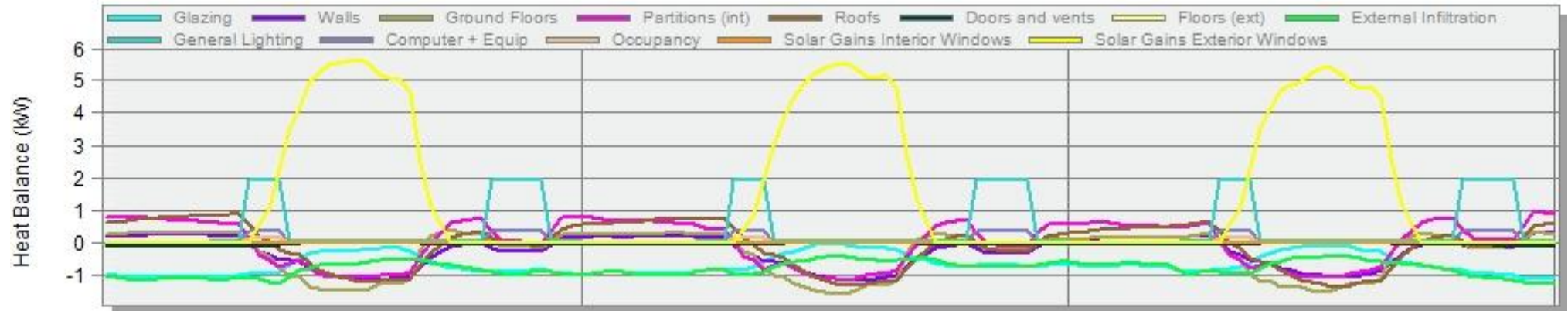
### Consumo de combustível no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)



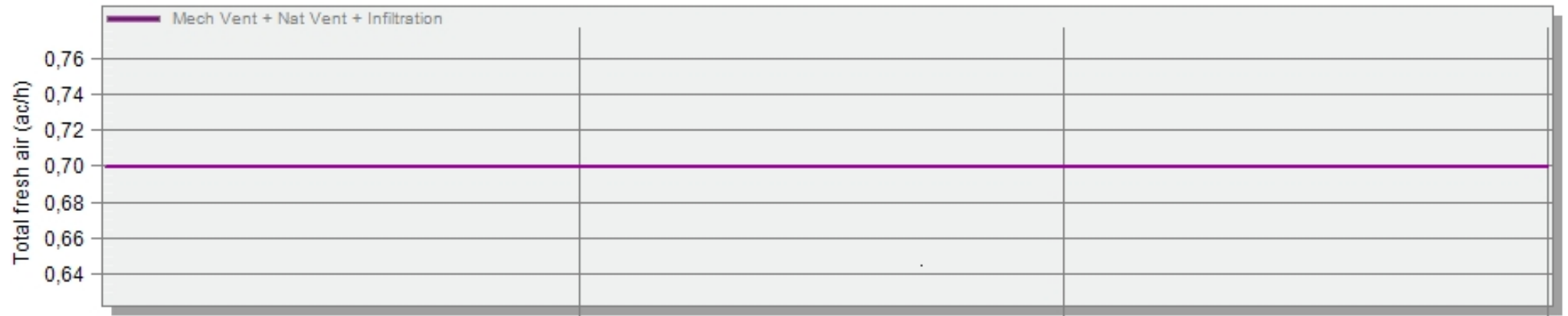
Variação da temperatura no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)



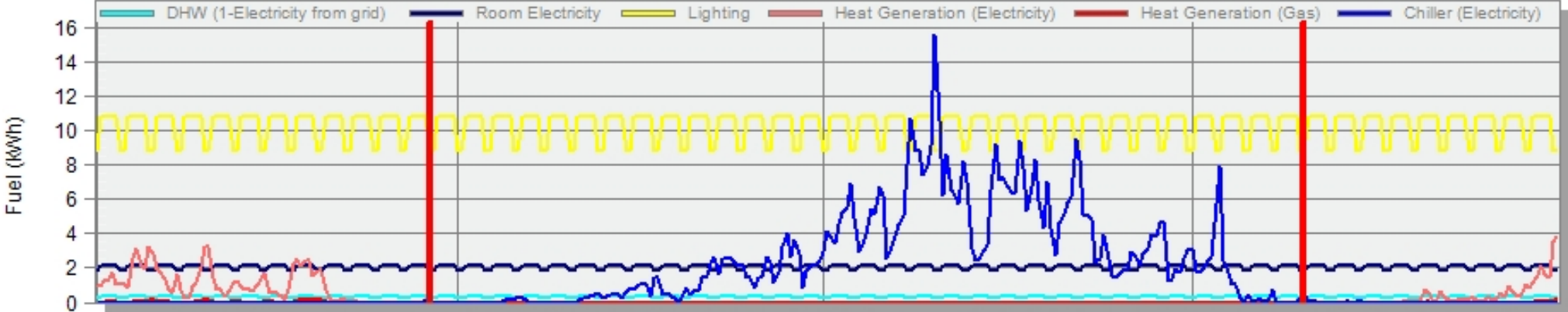
### Balanço ganho de calor no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)



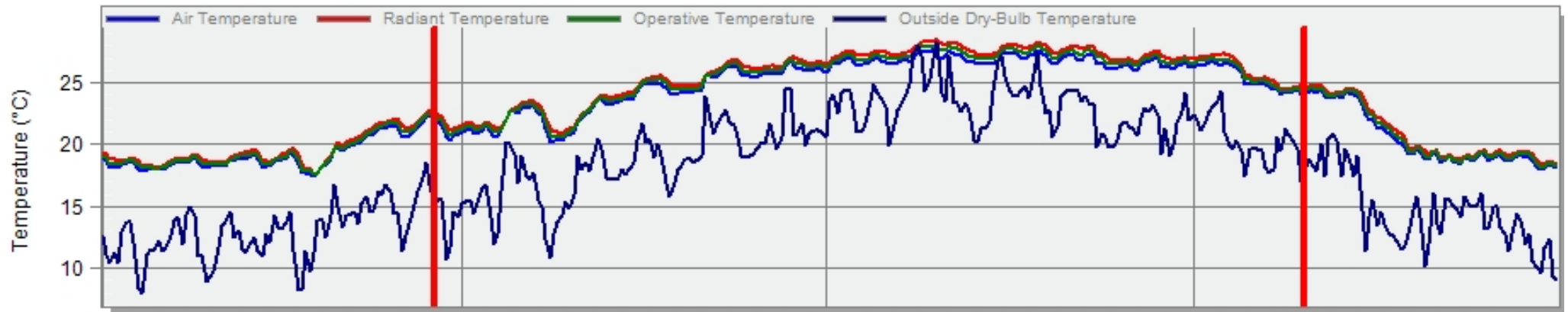
### Total de renovação de ar no solstício de Dezembro (20 a 22 Dezembro)



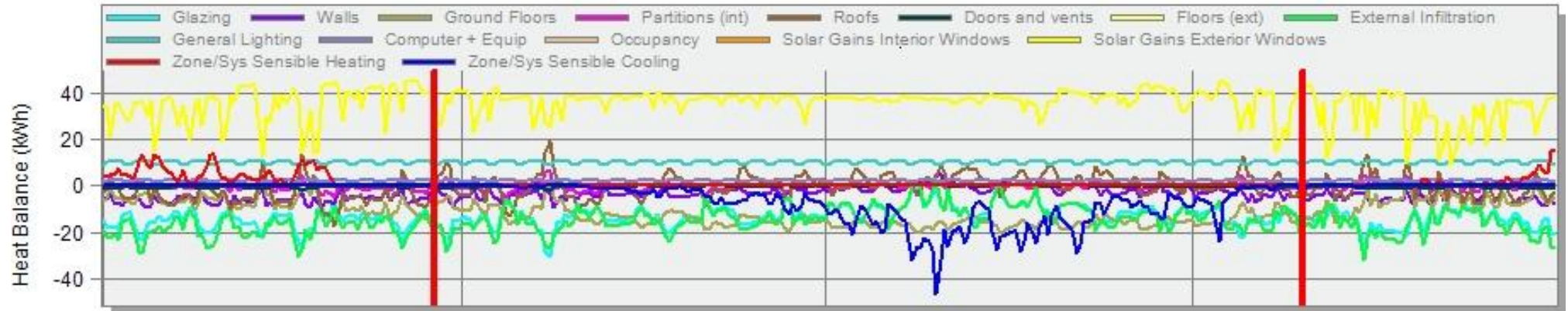
Consumo de combustível num ano



### Variação da temperatura num ano



## Balanço ganho de calor num ano



### Total de renovação de ar num ano

