



APLICABILIDADE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA REABILITAÇÃO URBANA

TIAGO ANDRÉ FERREIRA MARQUES

Setembro de 2020

APLICABILIDADE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA REABILITAÇÃO URBANA

Tiago André Ferreira Marques

Nº1181833

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica



APLICABILIDADE DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA REABILITAÇÃO URBANA

Tiago André Ferreira Marques

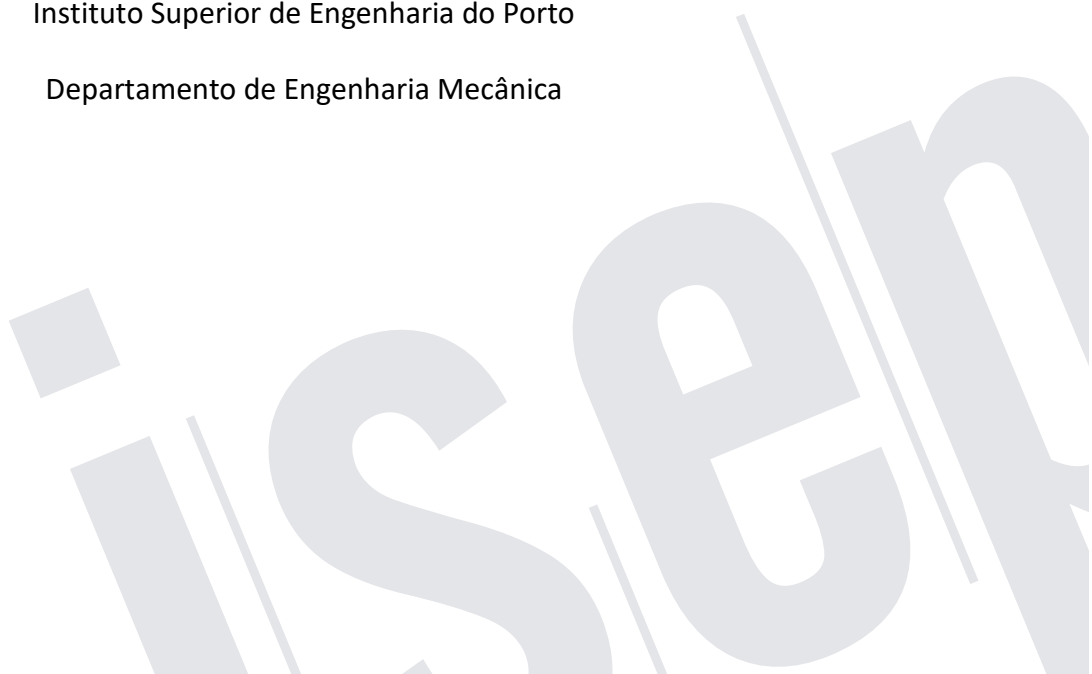
Nº1181833

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis, realizada sob a orientação da Professora Teresa Carvalho Neto (TIS).

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Engenheira Teresa Neto que me orientou durante a elaboração desta dissertação, por toda a sua disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

De seguida, quero agradecer ao Engenheiro Rui Silva Teixeira e à ASL & ASSOCIADOS por me ter acolhido durante o estágio e pelo que aprendi durante esse período.

Em terceiro lugar, agradeço aos meus pais e irmã, por me apoiarem ao longo deste percurso e por nunca terem deixado de acreditar que seria capaz. Sem eles, nada disto seria possível.

E por fim, mas não menos importante, aos meus amigos e colegas de curso, pela cooperação prestada ao longo do Mestrado em Energias Sustentáveis.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O objetivo principal desta dissertação é o estudo da aplicabilidade que os sistemas de aproveitamento de energias renováveis têm na reabilitação de edifícios de habitação. Para tal, analisou-se qual dos sistemas usados com mais frequência é o mais vantajoso, considerando a relação entre a classe energética e o investimento monetário necessário.

Utilizou-se uma fração de um edifício de habitação como caso de estudo, situada numa zona urbana, a uma distância muito curta da costa marítima, no distrito do Porto. Iniciou-se este estudo com a caracterização do edifício e respetiva determinação das necessidades nominais anuais de energia para aquecimento, para arrefecimento, para preparação de águas quentes sanitárias e por fim, as necessidades nominais de energia primária. Com isto, obteve-se a classe de eficiência energética da habitação sem a utilização de qualquer tipo de sistema de aproveitamento de energia renovável.

Verificou-se assim que o edifício em análise possuía a classe B⁻ sendo superior à classe mínima exigida pela legislação para grandes reabilitações, a classe C.

De seguida, procedeu-se ao estudo dos sistemas de energia renovável, apresentando sistemas aplicáveis na habitação e obtendo as novas classes de eficiência energética, com a utilização de cada sistema. Os sistemas solar térmicos, termossifão e circulação forçada, são os que conseguem baixar mais o rácio da eficiência energética, em cerca de 30%, e o sistema solar fotovoltaico apenas o diminui em pouco mais de 10%. Foi assim possível retirar algumas ilações sobre os sistemas mais eficientes, ou seja, os sistemas que tem como função preparar águas quentes sanitárias, pois, iriam mitigar necessidades nominais de energia, enquanto que o sistema de produção de energia elétrica iria contribuir mais para uma melhoria energética. Foi também realizada uma simulação com a implementação de dois sistemas (térmico termossifão e fotovoltaico), onde se verificou uma melhoria bem significativa da classe energética da fração.

Finalmente, efetuou-se uma análise dos investimentos necessários para a implementação destes sistemas e foi estimado o período de retorno destes investimentos.

Assim, obteve-se os sistemas mais viáveis a implementar na moradia. No ponto de vista de melhorar a classe de eficiência energética, seria o sistema solar térmico do tipo

circulação forçada para produção de águas quentes sanitárias. Do ponto de vista financeiro face às diminuições percentuais do rácio de eficiência energética obteve-se o sistema solar térmico do tipo termossifão, apresentando também o menor período de retorno (5 anos e 7 meses). Já o sistema solar fotovoltaico, é o que necessita mais investimento do ponto de vista de diminuir o rácio de eficiência energética e tem o maior período de retorno (11 anos). No entanto, o investimento nos dois sistemas de energia renovável em simultâneo teria um período de retorno de 9 anos.

Palavras-Chave

Energias renováveis, classe de eficiência energética, rácio de eficiência energética, necessidades nominais de energia.

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is the study of the applicability that renewable energy systems have in the rehabilitation of residential buildings. To this end, it was analyzed which of the systems used most frequently is the most advantageous in the relationship between the energy class and monetary investment.

A residential building was used as a case study, located in an urban area, a very short distance from the seacoast, in the district of Porto. It started with the characterization of the building and the respective determination of the nominal annual energy needs for heating, for cooling, for the preparation of domestic hot water and finally, the nominal primary energy needs. With this, the energy efficiency class of the house was obtained without using any type of renewable energy use system.

After this, it was found that the building under analysis did not have a very efficient class, class B-. Still, higher than the minimum class required by the regulation, C. The advantage of the building having this class is that the implementation of renewable energy systems could considerably change the class, and therefore, it was possible to derive a correct deduction from which better to promote energy efficiency.

Then, we proceeded to the study of renewable energy systems, presenting systems applicable to housing, and calculating the new energy efficiency classes, using each system. The solar thermal, thermosyphon and forced circulation systems are the ones that decrease the energy efficiency ratio the most, by about 30% and the solar photovoltaic system only decreases 1%. Consecutively, lessons were learned from the most efficient systems, that is, the systems that have the function of preparing domestic hot water, as they would mitigate nominal energy needs, while the electricity production system would contribute more to an energy improvement. A simulation was also carried out with the implementation of two systems (thermosiphon and photovoltaic thermal), where there was a very significant improvement in the energy class, rising to A.

Finally, an analysis of the investments required for the implementation of renewable energy systems was carried out in view of the percentage decreases in the energy efficiency ratio. Still linked to the economic analysis, the payback period for each system used was estimated, to predict how long it would take to obtain a profit from the investment made.

Thus, the most viable systems to be implemented in housing were obtained. From the point of view of improving the energy efficiency class, it would be the forced circulation solar thermal system to produce domestic hot water. From a financial point of view, in view of the percentage decreases in the energy efficiency ratio, the thermosyphon solar thermal system was obtained, also presenting the shortest payback period (5 years and 7 months). The solar photovoltaic system, on the other hand, is the one that needs the most investment in terms of reducing the energy efficiency ratio and has the longest payback period (11 years). However, investment in both renewable energy systems simultaneously would have a payback period of 9 years.

Keywords

Renewable energies, energy efficiency class, energy efficiency ratio, nominal energy needs.

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
ADENE	Agência para a energia
AQS	Águas quentes sanitárias
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
FER	Fontes de energia renovável
ER	Energias renováveis
GEE	Gases com efeito de estufa
ENU	Espaço não útil
EPS	Poliestireno expandido
ITE 50	Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
RCCTE	Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios
REH	Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação
RECS	Regulamento do desempenho energético dos edifícios de comércio de serviços
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética
UE	União Europeia

Lista de Unidades

Termo	Designação
A	Ampere
€	Euro
°C	Graus centígrados
l	Litro
m	Metros
m ³	Metros cúbicos
m ²	Metros quadrados
Mtep	Milhões de toneladas equivalentes de petróleo
Km	Quilómetros
KWh	Quilowatt-hora
KWhep	Quilowatt-hora equivalente de petróleo

V	Volt
W	Watt
Wp	Watt-pico

Lista de Símbolos e Acrónimos

Termo	Designação
$\theta_{ext,v}$	Temperatura exterior média na estação de arrefecimento
$\theta_{ext,i}$	Temperatura exterior média na estação de aquecimento
ΔT	Aumento de temperatura necessário para preparação de AQS
A_{env}	Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento
A_i	Área dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil
A_p	Área interior útil de pavimento
A_u	Área dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior
btr	Coefficiente de redução de perdas de espaços não úteis
$E_{ren,p}$	Energia produzida a partir de fontes de origem renovável, incluindo apenas energia consumida
F	Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas
f	Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas
$f_{a,k}$	Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k
F_f	Fator de sombreamento por elementos verticais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k
F_o	Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, incluindo palas e varandas
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia útil em energia primária
$F_{pu,p}$	Fator de conversão de energia útil em energia primária
$F_{s,i}$	Fator de obstrução do vão envidraçado
GD	Número de graus-dia, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento
G_{sul}	Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul
gT	Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados

$g_{T,max}$	Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados
$g_{v,ref}$	Fator solar de referência para a estação de arrefecimento
H_{adj}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes
H_{ecs}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o solo
H_{enu}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis
H_{ext}	Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior
$H_{tr,i}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento
$H_{tr,v}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento
$H_{ve,i}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação, na estação de aquecimento
$H_{ve,v}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento
M	Duração da estação de aquecimento
M_{AQS}	Consumo médio diário de referência
n	Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma
N_i	Necessidades nominais anuais máximas, de energia útil para aquecimento
N_{ic}	Necessidades nominais anuais, de energia útil para aquecimento
N_{tc}	Necessidades nominais anuais de energia primária
N_v	Necessidades nominais anuais, máximas de energia útil para arrefecimento
N_{vc}	Necessidades nominais anuais, de energia útil para arrefecimento
P	Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total da parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior
P_d	Pé-direito médio da fração
Q_a	Necessidades nominais anuais, de energia útil para preparação de AQS
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento
$Q_{gu,i}$	Ganhos térmicos úteis
$Q_{int,i}$	Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento
$Q_{sol,i}$	Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar através dos vãos envidraçados, na estação de aquecimento
$Q_{sol,v}$	Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior, opaca e envidraçada, na estação de arrefecimento
$Q_{tr,i}$	Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de aquecimento
$Q_{tr,v}$	Transferência de calor por transmissão através da envolvente na estação de arrefecimento

$Q_{ve,i}$	Perdas de calor por renovação do ar na estação de aquecimento
$Q_{ve,v}$	Perdas de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento
R_{ph}	Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão das resistências térmicas superficiais
R_{se}	Resistência térmica exterior
R_{si}	Resistência térmica interior
U	Coefficiente de transmissão térmica superficial
U_{max}	Coefficiente de transmissão térmica superficial máximo
U_{REF}	Coefficiente de transmissão térmica superficial de referência
U_w	Coefficiente de transmissão térmica superficial de um vão envidraçado
V_{enu}	Volume do espaço não útil
X	Parâmetro climático
X_{REF}	Parâmetro climático de referência
Z	Altitude do local
Z_{REF}	Altitude do local de referência

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
Água quente sanitária ou «AQS»	A água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos.
Alterações climáticas	Conjunto de alterações nas condições do clima da Terra pela acumulação de seis tipos de gases na atmosfera, emitidos em quantidade excessiva há pelo menos 150 anos, através da queima de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, e do uso inadequado da terra com a conversão das florestas e da vegetação natural em pastagens, plantações, áreas urbanas ou degradadas.
Coefficiente de transmissão térmica	Quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que o elemento separa.
Edifício	Construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à utilização humana.
Edifício adjacente	Um edifício que confine com o edifício em estudo e não partilhe espaços comuns com este, tais como zonas de circulação ou de garagem.
Edifício sujeito a intervenção	O edifício sujeito a obra de construção, reconstrução, alteração, instalação ou modificação de um ou mais componentes com influência no seu desempenho energético, calculado nos termos e parâmetros do presente diploma.
Energia primária	Energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis não transformada ou convertida.
Energias renováveis	A energia de fontes não fósseis renováveis, designadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, hídrica, de biomassa e de biogás.
Envolvente	O conjunto de elementos de construção do edifício ou fração, compreendendo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos, que separam o espaço interior útil do ambiente exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis e do solo.
Exposição solar adequada	Exposição à luz solar de edifício que 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

<i>Espaço interior útil</i>	O espaço com condições de referência no âmbito do REH, compreendendo compartimentos que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõem aquecidos ou arrefecidos de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico, incluindo os espaços que, não sendo usualmente climatizados, tais como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias, devam ser considerados espaços com condições de referência
<i>Espaço não útil</i>	É o conjunto dos locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, em regra, não são climatizados. Incluem-se aqui armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, circulações comuns a outras frações autónomas do mesmo edifício, etc.
<i>Fator solar de um vão envidraçado</i>	O valor da relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado e a radiação solar nele incidente.
<i>Fração</i>	Unidade mínima de um edifício, com saída própria para uma parte de uso comum ou para a via pública, independentemente da constituição de propriedade horizontal.
<i>Gases com efeito de estufa (GEE)</i>	Compostos gasosos capazes de absorver radiação na frequência do infravermelho, aprisionando calor na atmosfera. Ao reter calor, e à medida que as atividades humanas contribuem para o rápido aumento de suas concentrações na atmosfera, os GEE causam a ampliação do efeito estufa, causando o aquecimento global
<i>Grande intervenção</i>	A intervenção em edifício em que se verifique que: (i) o custo da obra relacionada com a envolvente e ou com os sistemas técnicos seja superior a 25 % do valor da totalidade do edifício, compreendido, quando haja frações, como o conjunto destas, com exclusão do valor do terreno em que este está implantado; e ou (ii) tratando -se de ampliação, o custo da parte ampliada exceda em 25 % o valor do edifício existente (da área interior útil de pavimento, no caso de edifícios de comércio e serviços) respeitante à totalidade do edifício, devendo ser considerado, para determinação do valor do edifício, o custo de construção da habitação por metro quadrado, fixado anualmente para as diferentes zonas do país, por portaria dos membros do Governo responsáveis pelas áreas da energia e do ordenamento do território.
<i>Reabilitação</i>	As intervenções que têm como objetivo a sua recuperação e beneficiação, tornando-o apto para o uso pretendido e dotando-os de condições de

	segurança, funcionalidade e conforto respeitando a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo.
Sistema solar térmico	O sistema composto por um coletor capaz de captar a radiação solar e transferir a energia a um fluido interligado a um sistema de acumulação, permitindo a elevação da temperatura da água neste armazenada.
Ventilação mecânica	Aquela que não seja ventilação natural.
Ventilação natural	A ventilação ao longo de trajetos de fugas e de aberturas no edifício, em consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iv
LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS	vi
GLOSSÁRIO DE TERMOS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento e Relevância Temática	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da dissertação	3
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. O Ambiente e alterações climáticas	5
2.1.2. As alterações climáticas.....	11
2.1.3. Estratégias de atuação	12
2.2. Eficiência Energética	14
2.2.1. Políticas Energéticas - Europa	14
2.2.2. Políticas Energéticas – Portugal.....	16
2.3. Os edifícios e a Reabilitação em Portugal.....	18
2.3.1. Edifícios e o uso de energia	18
2.3.2. A reabilitação de edifícios	26
2.3.3. Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho	29
3. CASO DE ESTUDO.....	36
3.1. Introdução.....	36
3.2. Descrição do edifício	36

3.3.	Zonas Climáticas	39
3.3.1.	Estação de aquecimento	40
3.3.2.	Estação de arrefecimento.....	41
3.4.	Definição da Envolvente	42
3.4.1.	Levantamento dimensional.....	42
3.4.2.	Fatores de redução de perdas dos espaços não úteis – btr.....	43
3.4.3.	Delimitação da envolvente.....	46
3.5.	Soluções Construtivas – Verificação Regulamentar	48
3.5.1.	Envolvente opaca	50
3.5.2.	Vãos envidraçados.....	53
3.6.	Inércia Térmica	55
3.7.	Pontes Térmicas Lineares	57
3.8.	Ventilação	58
3.9.	Requisitos Energéticos Específicos	59
3.9.1.	Necessidades nominais de energia útil de aquecimento e verificação regulamentar	60
3.9.2.	Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento e verificação regulamentar	65
3.9.3.	Energia para preparação de AQS.....	69
3.9.4.	Necessidades nominais de energia primária e verificação regulamentar	70
3.10.	Aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019, de 18 de julho	73
3.10.1.	Soluções construtivas – Nova verificação regulamentar.....	73
3.10.2.	Critérios mínimos de ventilação	75
3.10.3.	Necessidades de energia - Verificação regulamentar	76
3.11.	Aplicabilidade das Energias Renováveis.....	78
3.11.1.	Sistema solar térmico	78
3.11.2.	Sistema solar fotovoltaico	82
3.11.3.	Sistema solar térmico e sistema solar fotovoltaico.....	86

3.11.4. Análise dos resultados	88
4. ANÁLISE ECONÓMICA.....	89
5. CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXO I – Folha de cálculo <i>PTNZE</i> B	98
ANEXO II – Renovação de ar: LNEC.....	140
ANEXO III – SCE.ER: Folha de cálculo e relatórios	141
ANEXO V – Fichas técnicas dos sistemas solares	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Dados de emissão de gases com efeito de estufa na Europa (Fonte: [13]).	8
Figura 2 - Uso de FER a nível europeu em 2018 (Fonte: [46]).....	9
Figura 3 - Consumo de energia primária na UE em 2018. (Fonte: [15])	10
Figura 4 - Consumo final de energia na UE em 2018 (Fonte: [15])	10
Figura 5 - Cumprimento da meta de Renováveis no consumo final bruto de energia (Fonte: [15]).....	17
Figura 6 - Cumprimento da meta de redução consumo de energia primária em 2020 (Fonte: [24]).....	17
Figura 7 - Metas de Portugal em matéria de energia e clima 2021-2030 (Fonte: [14]).	18
Figura 8: Ciclo de vida de um edifício (Fonte: [25]).....	19
Figura 9 - Alterações legislativas: Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto. (Fonte: [28])	22
Figura 10 - Classes de um certificado energético (Fonte: [30]).....	24
Figura 11 - Instalação de sistema solar para aquecimento de águas domésticas. (Fonte: [31])	28
Figura 12 - Imagem do edifício em estudo, situado à Rua Gomes Fernandes nº88-100. (Fonte: [38]).....	37
Figura 13 - Envolvente principal (Alçado Noroeste).....	37
Figura 14 - Envolvente posterior (Alçado Sudeste).....	38
Figura 15 - Envolvente lateral (Alçado Sudoeste)	38
Figura 16 - Planta da habitação	39
Figura 17 - Dados climáticos do local. (Fonte: [40])	Erro! Marcador não definido.
Figura 18 - Marcação da Envolvente no apartamento.....	47
Figura 19 - Marcação da envolvente no apartamento T2 (Corte).....	47
Figura 20 - Classe de eficiência com sistema solar.....	81
Figura 21 - Produção estimada vs Consumo estimado	85
Figura 22 - Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico	86
Figura 23 - Classe de eficiência com os dois sistemas e sem sistemas	87
Figura 24 - Classe de eficiência energética com sistemas de energia renovável.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 25 - Investimento por ponto percentual	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Intervalos de valor de R _{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação.....	25
Tabela 2 - Tipo de operações de reabilitação em função do tipo de edifício e do custo da intervenção. (Fonte: [39]).....	32
Tabela 3 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis U _{máx} (W/m ²). (Fonte: [39])	33
Tabela 4 - Valores máximos admissíveis de g _{Tmáx} . (Fonte: [39])	33
Tabela 5 - Valores dos fatores multiplicativo para determinação de perdas térmicas lineares. (Fonte: [39])	35
Tabela 6 - Levantamento das áreas da envolvente horizontal	42
Tabela 7 - Levantamento das áreas e orientações dos vãos envidraçados	42
Tabela 8 - Cálculo do coeficiente de redução de perdas, b _{tr}	44
Tabela 9 - Valores dos fatores de redução de temperatura dos espaços não úteis – b _{tr}	46
Tabela 10 - Valores de U _{máx} para elementos da envolvente.....	48
Tabela 11 - Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados	50
Tabela 12 - Verificação regulamentar da proteção solar dos vãos envidraçados.....	Erro!
Marcador não definido.	
Tabela 13 - Correção dos fatores solares dos vãos envidraçados	55
Tabela 14 - Classes de inércia térmica interior, I _t	56
Tabela 15 - Valor intermédios para o cálculo da inércia térmica da fração em estudo	56
Tabela 16 - Fator de orientação para as diferentes exposições.....	65
Tabela 17 - Verificação regulamentar na estação de aquecimento.....	65
Tabela 18 - Verificação regulamentar na estação de arrefecimento	69
Tabela 19 - Verificação regulamentar das necessidades de energia primária.....	72
Tabela 20 - Características técnicas do coletor solar padrão	79
Tabela 21 - Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada.....	79
Tabela 22 - Características técnicas dos coletores solares da marca "Junkers"	80
Tabela 23 - Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada.....	80
Tabela 24 - Classe de eficiência energética com sistema solar térmico	81

Tabela 25 - Principais características dos módulos fotovoltaicos BYD	82
Tabela 26 - Produção do sistema fotovoltaico e consumo elétrico da habitação	84
Tabela 27 - Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico	86
Tabela 28 - Classe de eficiência energética com sistema solar térmico e sistema solar fotovoltaico.....	87
Tabela 29 - Investimentos necessários a instalação de cada sistema e diminuição percentual.....	89
Tabela 30 - Período de retorno para cada sistema solar	91

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e Relevância Temática

O desenvolvimento sustentável envolve o equilíbrio entre a exploração dos recursos naturais, de maneira a satisfazer as atuais necessidades do ser humano, e a garantia de renovação destes recursos, preservando a capacidade de suprimento às gerações futuras [1]. Assim, o grande consumo de energia nos edifícios tem-se tornado um assunto de elevada importância tanto a nível ambiental, como a nível económico, pois trata-se de um dos vetores essenciais nas metas definidas para atingir um desenvolvimento sustentável.

A energia elétrica é um bem essencial para toda a população mundial, no entanto, a sua produção e consumo pode levar a consequências drásticas para o planeta. Exemplo disso é a emissão de gases provenientes da produção de energia através da exploração e queima de combustíveis fósseis. Estes gases, como é o caso do dióxido de carbono (CO₂), ao serem emitidos para a atmosfera provocam a retenção da radiação solar, facto conhecido como efeito de estufa, o que conduz ao aquecimento do planeta e à instabilidade climática [2].

O setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal, fazendo crescer a necessidade de adotar o uso de energias renováveis (ER) para reduzir aos impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis [3]. Assim, uma maior sustentabilidade energética e diminuição da libertação de gases com efeito de estufa (GEE) para a atmosfera são uma das maiores prioridades da atualidade, sendo que uma das soluções mais eficazes é a maior aposta em ER acompanhadas de medidas de diminuição da procura energética, através da implementação de soluções construtivas energeticamente eficientes em edifícios [4].

Atualmente, já existem exemplos concretos de que é possível manter o desenvolvimento, reduzir emissões e, ao mesmo tempo, aumentar a segurança energética e simultaneamente assegurar as condições de conforto no interior dos edifícios. Portanto, se as fontes de energia renováveis e a eficiência energética contribuem substancialmente para a diminuição da dependência energética e para a

mitigação das mudanças climáticas, serão necessárias várias formas de apoio económico, bem como políticas para criar um ambiente favorável [5].

Neste contexto, a União Europeia, UE, estabeleceu uma estratégia visando promover o desenvolvimento sustentável. Foram assim traçadas metas ambiciosas como a conhecida UE 20-20-20 em que se estabeleceram três objetivos fundamentais a atingir em 2020: a redução de 20% das emissões de GEE relativamente aos níveis de 1990; a melhoria de 20% na eficiência energética; e o aumento da energia produzida a partir de fontes de energia renováveis para 20%. A UE tem também, como objetivo, a redução de 80 a 95% dos níveis de emissões de GEE até 2050, comparativamente a 1990 [5]. Com a entrada em vigor do Tratado de Paris em 2016, que visa alcançar a descarbonização das economias mundiais, foram definidos objetivos de longo prazo em limitar o aumento da temperatura média global a níveis bem abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas [6].

Com base nestas políticas, é importante considerar a reabilitação dos edifícios a nível do desempenho energético, de modo a conseguir torná-los energeticamente eficientes, atendendo à satisfação das necessidades de habitação, nomeadamente as condições de conforto térmico, bem-estar e saúde, garantindo consumos de energia reduzidos [8]. De um ponto de vista nacional em relação ao tema da eficiência energética nos edifícios, é pertinente reconhecer o estado do parque habitacional português, que registou uma elevada taxa de reabilitação na última década. Contudo, a taxa de crescimento de famílias foi inferior à taxa de crescimento do parque habitacional, traduzindo-se na redução das carências habitacionais quantitativas e no aumento das carências habitacionais qualitativas. Isto deve-se particularmente a fatores de construção e de ocupação, como a adaptabilidade dos alojamentos à dimensão e constituição das famílias, a degradação dos edifícios, bem como a existência de infraestruturas básicas, o que aponta para um desajuste entre o património construído e a qualidade habitacional [7].

Atendendo à situação atual do nosso país e ao intuito de satisfazer as carências habitacionais qualitativas, o segmento da construção revela-se uma solução de maior potencialidade de mercado para os anos futuros, o que faz com que a intervenção a nível da reabilitação se torne numa estratégia fundamental.

Posto isto, este trabalho visa o estudo da importância da implementação de equipamentos com fontes de energia renovável na reabilitação de edifícios com vista a promover a eficiência energética dos mesmos, considerando como caso de estudo a reabilitação de uma fração de um edifício de habitação multifamiliar, em que será analisada a aplicabilidade destes equipamentos para obtenção de uma classe energética elevada.

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal estudar a aplicabilidade do uso das ER na reabilitação dos edifícios, potenciando a eficiência energética. Este objetivo desdobra-se no estudo de medidas de eficiência energética e de uso de fontes de energia renováveis em edifícios, para obtenção da melhor classe de eficiência energética em edifícios de habitação.

Para ser possível realizar este estudo, existe a necessidade de desenvolver as seguintes etapas:

- Analisar o Decreto-Lei 118/2013 e diplomas complementares, regulamento do desempenho energético de edifícios de habitação (REH);
- Estudar as sucessivas alterações ao Decreto-Lei 118/2013, nomeadamente a sexta alteração publicada pelo Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho, e respetivos documentos complementares;
- Avaliar a influência das ER na classe energética;
- Efetuar a análise económica do uso de sistemas de ER mais comuns em edifícios de habitação.

1.3. Estrutura da dissertação

Este primeiro capítulo diz respeito ao enquadramento do tema da dissertação, onde é feita uma introdução temática. Também descreve os objetivos principais deste projeto.

O capítulo 2 é referente à pesquisa bibliográfica, o chamado “estado da arte”, sendo que engloba o enquadramento legal, uma análise à evolução do tema a nível mundial, tanto como alguns objetivos futuros que estão estabelecidos para atingir a sustentabilidade ambiental e energética.

No capítulo 3, é apresentado o caso de estudo. É realizado um projeto de desempenho térmico relativo à reabilitação de uma fração de um edifício de habitação multifamiliar, com a aplicação do regulamento do desempenho energético de edifícios de habitação. O principal objetivo é analisar a classe energética de uma habitação sem aplicação de ER e com a contribuição de sistemas de ER mais eficientes.

O capítulo 4 diz respeito à análise económica dos sistemas, com o intuito de determinar, se a aplicação do sistema de energia renovável é vantajosa a nível económico-financeiro, e por fim, é realizada uma reflexão face aos resultados obtidos.

Por último, no capítulo 5, descrevem-se as principais conclusões obtidas e desenvolvimentos futuros.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. O Ambiente e alterações climáticas

2.1.1. O ambiente e o Desenvolvimento Sustentável

A gestão de recursos energéticos é uma das principais preocupações com que a sociedade moderna se depara atualmente. A exploração dos recursos de origem fóssil tem sido excessiva ao longo dos anos e, inevitavelmente, os problemas diversos associados ao seu consumo tornam-se uma grande preocupação a nível mundial. Devido à natureza finita destes recursos, juntamente com o grande impacto ambiental do seu uso, a sociedade vê-se alertada para procurar estratégias e medidas que contrariem este ritmo, procurando assim contribuir para uma melhor qualidade do meio ambiente para as gerações futuras. Isto resume o paradigma do desenvolvimento sustentável [8].

Atualmente, no ano de 2020, estamos a viver um período singular com a pandemia mundial provocada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). A resposta intensiva global à COVID-19 faz-nos pensar também nos procedimentos mundiais a adotar para enfrentar a crise climática. As alterações climáticas e a COVID-19 são dois desafios muito diferentes, mas ambos são globais e exigem que os países trabalhem juntos para encontrar soluções.

No entanto, com o aparecimento desta pandemia, tem-se verificado aspetos positivos em relação ao meio ambiente. Com base na quebra de 60% nas vendas de gasolina e de 40% de gasóleo, devido às medidas para minimizar a propagação do vírus, e com base em dados de março do ano passado da Direção-Geral de Energia e Geologia, a Associação Zero estima uma quebra de emissões associadas ao transporte rodoviário de 56%. Esta quebra levou a uma redução de 48,3 mil toneladas de CO₂ por dia para 21,2 mil toneladas por dia. Adicionalmente, com base nos dados das Redes Energéticas Nacionais relativos a março de 2020 e comparando com março de 2019, diz a organização ambientalista que houve um decréscimo de emissões de 373 mil toneladas de CO₂ em março de 2020, e um aumento da percentagem de produção de energia renovável (de 64,2% para 73,5%). A paragem da central a carvão de Sines também teve um impacto significativo, traduzindo-se numa redução de emissões de 515 mil toneladas de CO₂. Assim, as emissões médias diárias de CO₂ na produção de energia, recuaram de 26,7 mil toneladas por dia para 14,7 mil toneladas por dia [9].

A redução para mais de metade das emissões nos setores do transporte e produção de energia soma cerca de menos 40 mil toneladas de CO₂ por dia, o que corresponde a 22% do total de emissões diárias de GEE de Portugal em 2018. Em relação ao setor da aviação, a Zero considera o recuo de pelo menos 95% do total de voos e calcula uma redução aproximada de 12,7 mil toneladas de CO₂ por dia. No total são assim mais de 52 mil toneladas de CO₂ que deixam de ser enviadas para atmosfera a cada dia. Isto faz-nos refletir sobre o impacto das principais indústrias no meio ambiente e como o podemos minimizar. Segundo a Zero, a atual redução de emissões é global, mas quando se der a recuperação económica deve ser estrutural, sendo necessário "uma mudança de rumo" para um futuro sustentável [9].

A necessidade de promover a ideia de sustentabilidade começou em 1987, pela Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento, sendo então o conceito de desenvolvimento sustentável apresentado oficialmente através do Relatório Brundtland, que o define como um desenvolvimento que satisfaz as nossas necessidades atuais sem comprometer a possibilidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades [1].

Apesar de ser uma ideia clara, alcançar o desenvolvimento sustentável é um desafio que apresenta uma grande complexidade pois envolve a conjugação de três questões diferentes:

- O desenvolvimento sustentável implica um desenvolvimento a nível económico, sendo a economia um elemento essencial para alcançar o "equilíbrio ideal";
- A proteção do ambiente, que não foi devidamente salvaguardada no passado e até mesmo no passado recente;
- A promoção do bem-estar da sociedade.

A economia, o ambiente, e o bem-estar da sociedade são então os três pilares fundamentais que formam a base de suporte para o conceito de desenvolvimento sustentável.

O conceito de conciliar o desenvolvimento económico com a proteção do ambiente é colocado na agenda política mundial em 1992 com o decorrer da Cimeira da Terra no Rio de Janeiro, a título oficial de "Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e

Desenvolvimento”. Foi nesta conferência que se revelou o despertar das nações para as questões ambientais e culminou anos de preparação de diferentes tratados e documentos na área do Ambiente. Estes tratados ambientais eram a resposta da comunidade internacional ao crescendo de preocupações sobre tendências alarmantes no ecossistema global. A própria noção de questão ambiental global era então recente e questionava a comunidade internacional sobre os conceitos e as instituições necessárias. Com isso, a evidência científica começou a apontar para que o clima global seja possivelmente interferido pelo ser humano, as estimativas sobre a perda de biodiversidade genética eram progressivamente mais alarmantes, a desertificação crescente e a sobre-exploração dos oceanos eram crescentemente documentadas em múltiplos relatórios do Programa das Nações Unidas para o Ambiente [10].

Com o objetivo de apoiar o desenvolvimento sustentável e ajudar a alcançar melhorias significativas ao nível do meio ambiente na Europa, é então criada a Agência Europeia do Ambiente (AEA) no início dos anos noventa [11]. Passadas algumas décadas de políticas da União Europeia e após centenas de atos legislativos adotados com vista a proteger o ambiente, a legislação europeia em vigor nos dias de hoje abrange a maior parte das questões ambientais. Todavia, a aplicação das políticas continua a ser um problema atual. É necessário que a legislação seja devidamente aplicada e respeitada.

Em 2010 a Comissão Europeia propôs a estratégia “Europa 2020”, uma estratégia de crescimento sustentável para 2020. Esta estratégia aborda quer os desafios a curto prazo associados à crise quer a necessidade de reformas estruturais, recorrendo a medidas destinadas a promover o crescimento e a preparar a economia europeia para o futuro. Para além de ter como objetivo incidir essencialmente no emprego, na investigação e desenvolvimento, na educação, na luta contra a pobreza e exclusão social, a estratégia “Europa 2020” assenta também no âmbito das alterações climáticas e sustentabilidade energética, procurando reduzir as emissões de GEE em 20% em relação a 1990, obter 20% da energia a partir de fontes renováveis e aumentar 20% a eficiência energética [12].

Relativamente ao cumprimento destas metas estabelecidas para 2020 em relação às alterações climáticas e sustentabilidade energética, os últimos dados publicados são referentes ao ano de 2018. Nesse ano, as emissões GEE na UE caíram 23% em relação aos níveis de 1990, de acordo com dados preliminares (Figura 1). A Europa permanece

assim no bom caminho para atingir sua meta em 20% até 2020. Em 2018, as emissões foram 2% menores que em 2017 [13].

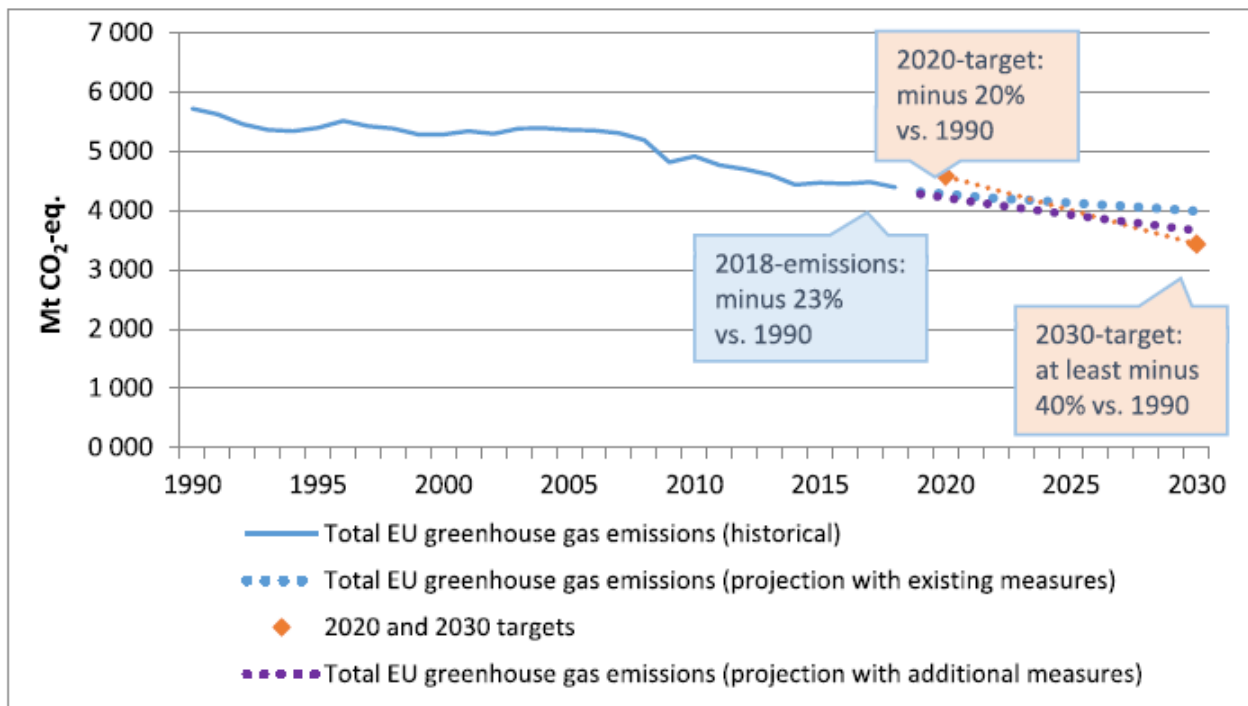


Figura 1 - Dados de emissão de gases com efeito de estufa na Europa (Fonte: [13]).

A percentagem de uso ER no uso final bruto de energia na UE duplicou desde 2005, aumentando para 18% em 2018, revelando que a meta para atingir 20% está quase a ser alcançada. De reparar ainda que Portugal é um dos países com maior uso de fontes de energia renováveis (FER), com cerca de 30% [14].

Até 2018, o progresso constante em termos de FER permitiu à UE cumprir o caminho das metas propostas no âmbito das energias renováveis. No entanto, o aumento anual da parcela de energia proveniente de fontes renováveis diminuiu nos últimos anos, devido principalmente ao aumento no consumo final de energia desde 2015 e à falta de progresso no setor dos transportes. Se o consumo de energia de todas as fontes continuar a aumentar, poderá comprometer a conquista da meta de energia renováveis por parte da EU [14].

Share of energy from renewable sources in the EU Member States

(2018, in % of gross final energy consumption)

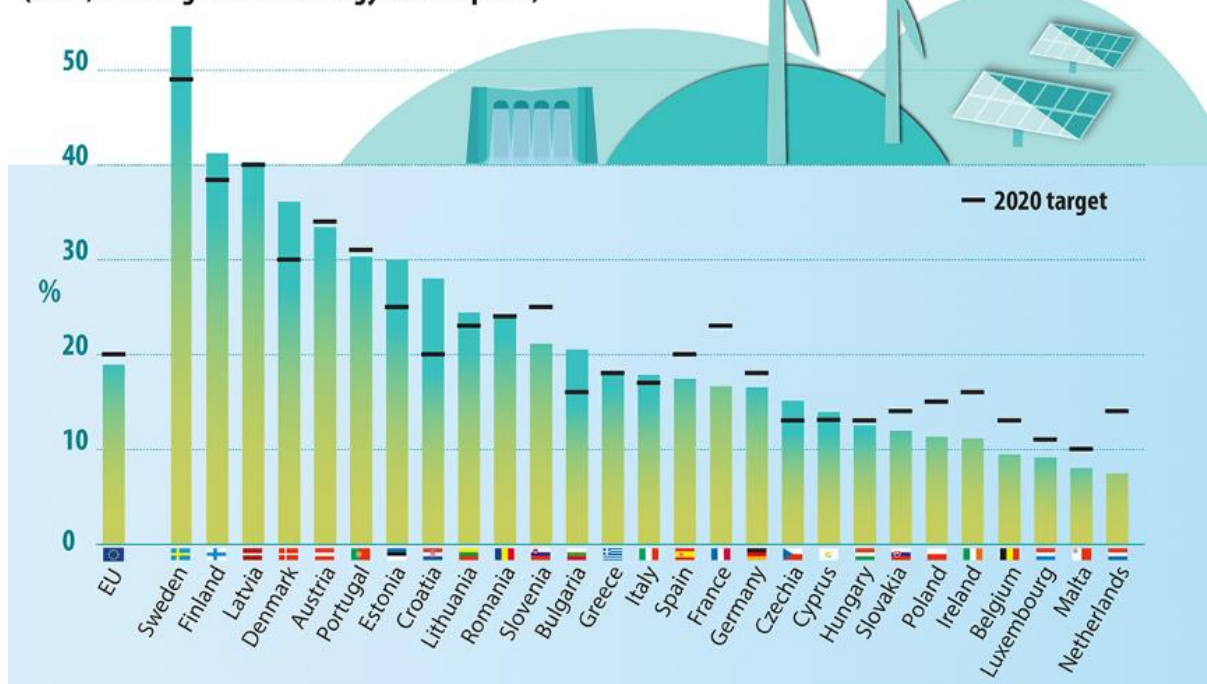


Figura 2 - Uso de FER a nível europeu em 2018 (Fonte: [46]).

Enquanto a UE está perto de alcançar as suas metas para o final de 2020 no âmbito de emissões de GEE e energia renovável, o objetivo de eficiência energética continua a ser uma tarefa mais complexa, levando os ativistas a considerá-la a "maior falta" de toda a UE nas metas climáticas que devem ser cumpridas este ano. O consumo de energia tinha vindo a diminuir gradualmente desde o início do século, mas essa tendência mudou em 2014 ([15]; [16]).

Em 2018, o consumo de energia na União Europeia permaneceu estável. O consumo de energia primária atingiu 1 376 milhões de toneladas de equivalente petróleo (Mtep), 0,71% a menos que no ano anterior, enquanto o consumo final de energia atingiu 990 Mtep, 0,02% a mais que em 2017. No final de 2020, o consumo de energia primária deve atingir não mais de 1 312 Mtep e o consumo final de energia não mais que 959 Mtep [15].

O consumo de energia primária mede a procura total de energia doméstica, enquanto o consumo final de energia refere-se ao que os utilizadores finais realmente consomem. A diferença está relacionada principalmente ao que o setor de energia precisa e às perdas de transformação e distribuição. Como se pode verificar nas figuras seguintes,

tanto o consumo de energia primária como o consumo final de energia registam valores acima das metas propostas pela UE. Em 2018, o consumo de energia primária ficou 4,9% acima da meta de eficiência para 2020 e o consumo final de energia ficou 3,2% acima da mesma meta [15].

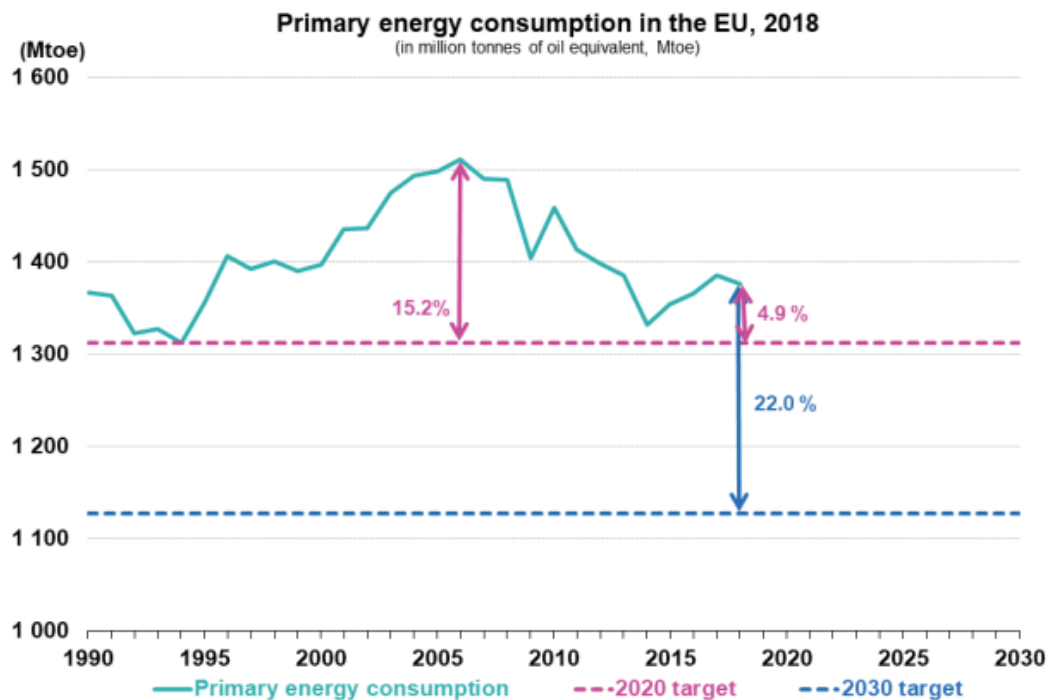


Figura 3 - Consumo de energia primária na UE em 2018. (Fonte: [15])

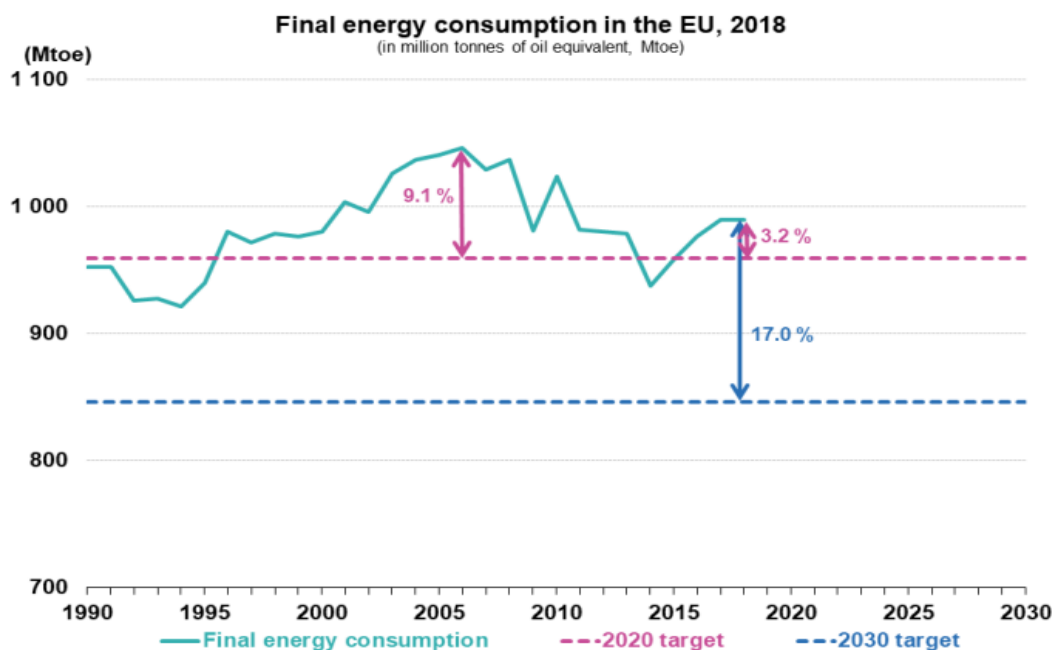


Figura 4 - Consumo final de energia na UE em 2018 (Fonte: [15])

Em 2014, foi acordado o quadro relativo ao clima e à energia para 2030 com um conjunto de metas ainda mais ambicioso para o período 2021-2030. O quadro climático e energético para 2030 propõe novos objetivos e medidas para tornar a economia e o sistema energético da UE mais competitivos, seguros e sustentáveis. Inclui metas para reduzir as emissões de GEE e aumentar o uso de ER e propõe um novo sistema de governação e indicadores de desempenho [17].

2.1.2. As alterações climáticas

As alterações climáticas, associadas a um problema global, começaram a ter o devido reconhecimento nas últimas décadas do século XX, alertando para a necessidade de fazer face à sua tendência. A primeira conferência sobre o clima mundial (*First World Climate Conference (WCC)*) aconteceu em 1979, o que revelou ser o início de um desenrolar de diversas iniciativas no âmbito das alterações climáticas.

Na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Cimeira do Rio), em 1992, foram definidos diferentes tratados e documentos relativos ao ambiente, de entre os quais predominam a Convenção-Quadro das Nações Unidas para o Combate às Alterações Climáticas (UNFCCC), a Convenção da Biodiversidade (CBD) e a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) [10].

O Protocolo de Quioto, surgido em 1997, foi o primeiro tratado jurídico internacional, visando estabelecer metas de redução de emissões de gases de efeito estufa a nível internacional. Este protocolo identifica a divisão entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento pois reconhece que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelos elevados níveis de gases de efeito estufa, resultado de mais de 150 anos de industrialização, colocando nestes uma maior responsabilidade. Em 2005 foi retificado, tendo sido definido um calendário estabelecendo um período de compromisso entre 2008 e 2012, em que os países-membros têm a obrigação de reduzir a emissão de GEE num mínimo de 8%. No fim deste período de compromisso (2012), surge a Correção de Doha ao Protocolo de Quioto em Doha, Qatar, que vem estabelecer um segundo período de compromisso para o qual é acordada a redução de emissão de GEE entre 2012 e 2020 [18].

Houve ainda outros conjuntos relevantes de iniciativas e decisões internacionais em resposta às alterações climáticas, entre 2005 e 2015. Atualmente, as alterações climáticas continuam a ser uma das principais ameaças ambientais, tendo consequências a nível económico e social.

Como problema mundial que é, a questão das alterações climáticas exige que todos os países do mundo trabalhem em colaboração. Em 2015, os líderes mundiais chegaram a acordo sobre novos objetivos ambiciosos em matéria de luta contra as alterações climáticas. Foi então criado o Acordo de Paris, que inclui um plano de ação para limitar o aquecimento global. Os seus principais elementos são os seguintes [19]:

- Um objetivo a longo prazo: os governos acordaram em manter o aumento da temperatura média mundial bem abaixo dos 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e em envidar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C;
- Contributos: antes e durante a conferência de Paris, os países apresentaram planos de ação nacionais abrangentes no domínio das alterações climáticas para reduzirem as suas emissões;
- Ambição: os governos acordaram em apresentar os seus planos de ação de cinco em cinco anos, estabelecendo metas cada vez mais ambiciosas;
- Transparência: os países concordaram em apresentar relatórios aos outros governos e ao público sobre o seu desempenho na consecução das suas metas, para assegurar a transparência e a supervisão;
- Solidariedade: a UE e outros países desenvolvidos continuarão a prestar financiamento à luta contra as alterações climáticas para ajudar os países em desenvolvimento a reduzirem as emissões e a criarem resiliência aos impactos das alterações climáticas.

O Acordo de Paris entrou em vigor a 4 de novembro de 2016, uma vez cumprida a condição de ratificação por, pelo menos, 55 países, que representavam no mínimo 55 % das emissões mundiais de gases com efeito de estufa [19].

2.1.3. Estratégias de atuação

Para fazer face ao problema das alterações climáticas existem essencialmente duas linhas de atuação - Mitigação e Adaptação - que se traduzem respetivamente no

processo de redução da emissão dos gases de efeito estufa para a atmosfera, e no processo de minimização dos efeitos negativos resultantes do impacto das alterações climáticas. Ao se assumir o problema como a alteração climática, uma resposta a esta questão concentra-se na redução das emissões de gases com efeito estufa para a atmosfera. Este contexto depende das circunstâncias socioeconómicas e ambientais bem como da disponibilidade de informação e tecnologia [4].

A nível nacional, Portugal limitou o aumento das suas emissões a cerca de 13% em relação a 1990 em 2012, assegurando com sucesso o cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto (a meta de Quioto possibilitava um aumento de até 27%).

O cumprimento dos objetivos nacionais relativamente às alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto baseou-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

- Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) - Congrega um conjunto de políticas e medidas de aplicação sectorial através das quais se visa o cumprimento do Protocolo de Quioto;
- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período 2008-2012 (PNALE II) - Define as condições a que ficam sujeitas as instalações abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão de gases com efeito de estufa (CELE);
- Fundo Português de Carbono - Instrumento financeiro do Estado para o investimento em carbono e, assim, contribuir para o cumprimento de Quioto.

E ainda para o período pós-2012, o conselho de ministros decretou os seguintes instrumentos:

- Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC);
- Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030);
- Sistema Nacional para Políticas e Medidas.

A segunda estratégia complementar a este contexto é a adaptação. Refere-se a mudanças nos processos, práticas e estruturas para moderar danos potenciais ou para se beneficiar de oportunidades associadas às mudanças climáticas [20]. Em Portugal foi adotada a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA), estruturada em objetivos no âmbito da informação e conhecimento, redução da vulnerabilidade e aumento da capacidade de resposta, participação, sensibilização e divulgação e ainda cooperação a nível internacional [4].

Alertada para a questão dos impactes ambientais, principalmente as alterações climáticas, a sociedade vê-se obrigada a mudar o seu modo de atuação face à produção e consumo de energia, sendo que nos dias de hoje, alcançar o desenvolvimento sustentável é o grande desafio global. A ação tem de passar pela procura de fontes alternativas de energia, com ênfase especial para as renováveis, e pelo aumento da eficiência na utilização das energias disponíveis.

2.2. Eficiência Energética

Toda a energia passa por um processo de transformação após o qual se transforma em calor, frio, luz, entre outras formas. Neste processo, existe inevitavelmente alguma perda, nomeadamente por questões físicas. Contudo, grande parte da perda de energia deve-se ao seu mau aproveitamento e à falta de otimização aquando do seu consumo.

Quando pensamos em Eficiência Energética, pensamo-lo numa perspetiva de obter, para um mesmo nível de conforto, um consumo inferior de energia, aliado igualmente a uma utilização mais racional desta. Assim sendo, é importante a adoção de medidas que visem melhorar a utilização da energia, desde o sector doméstico aos sectores de serviços e indústria, o que frequentemente se traduz no termo “Utilização Racional da Energia” (URE) [21].

2.2.1. Políticas Energéticas - Europa

O Protocolo de Quioto levou os Estados Membros a comprometeram-se na otimização do desempenho no sector da energia através do aperfeiçoamento de modelos energéticos.

Portugal, sendo um dos Estados-Membros, adotou uma política energética baseada em dois conceitos fundamentais, sendo eles a racionalidade económica e a sustentabilidade, tendo por base medidas de eficiência energética, utilização de energias renováveis e a necessidade de reduzir custos [22].

A visão do sector energético para o final de 2020 integra a promoção da eficiência energética e de fontes de energia renovável (FER), procurando articular as estratégias para a procura e oferta de energia visando principalmente colocar a energia ao serviço da economia e das famílias, garantindo ao mesmo tempo a sustentabilidade de preços.

A nível europeu, como já foi referido anteriormente, foi criado o pacote climático e energético com metas para 2020, conhecido como EU 20-20-20.

Com o intuito de permitir dinamizar medidas a todos os níveis, foi criada a Diretiva nº 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, conhecida como Diretiva Europeia para o Desempenho Energético de Edifícios (EPBD), mais tarde reformulada dando origem à atual Diretiva 2010/31/EU, conhecida como “EPBD-recast”, a fim de promover um conjunto de medidas com o objetivo de melhorar o desempenho energético dos edifícios [5].

Em 2016, a Comissão Europeia apresentou o Pacote Legislativo “Energia Limpa para todos os Europeus” com o objetivo de promover a transição energética na década 2021-2030. Este pacote prevê que todos os Estados-Membros elaborem e apresentem à Comissão Europeia um Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC) para o horizonte 2030. Este plano requer que seja estabelecido, pelos Estados Membros, metas e objetivos em relação a emissões de gases com efeito de estufa, energias renováveis, eficiência energética, segurança energética, entre outras matérias. O PNEC será o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030 [24].

Neste sentido, a União Europeia aprovou metas ambiciosas que visam alcançar em 2030 [23]:

- 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto;
- 32,5% de redução do consumo de energia;
- 40% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990;

- 15% de interligações elétricas.

É ainda de salientar que, em final de maio de 2018, o Conselho Europeu aprovou a proposta de revisão da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), que foi publicada no Jornal Oficial da União Europeia em 19 de junho de 2018 com a designação de Diretiva 2018/844/UE que altera a publicada em 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética, dispondo agora os Estados-Membros de 20 meses para a transpor para a sua lei nacional. As principais novidades da Diretiva 2018/844/EU são:

- Estratégias de longo prazo para a renovação dos edifícios:
 - Descarbonização até 2050;
 - Componente de financiamento sólida.
- Requisitos ao nível da infraestrutura de carregamento para a mobilidade elétrica;
- Requisitos para a automação e controlo nos edifícios (BACS) e de dispositivos autorregulados para a temperatura interior;
- Indicador de aptidão para tecnologias inteligentes dos edifícios – *Smart readiness indicator (SRI)*;
- Inspeção dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado (e ventilação);
- Registo e documentação de instalação, substituição ou atualização dos sistemas técnicos dos edifícios;
- Medidas financeiras para melhoria da eficiência energética aquando da renovação dos edifícios dependem das poupanças de energia planeadas ou conseguidas;
- Maior transparência nas metodologias de cálculo do desempenho energético dos edifícios;

2.2.2. Políticas Energéticas – Portugal

A nível nacional, relativamente a políticas energéticas com metas definidas para combater as alterações climáticas, destacam-se principalmente o Plano Nacional da Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) (2006), o Plano Nacional de Ação para as

Energias Renováveis (PNAER) (2010) e o Plano Nacional integrado Energia Clima (PNEC) (2019).

A Diretiva 28/2009/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, introduz a obrigatoriedade de os Estados-Membros submeterem um plano de promoção da utilização de energia proveniente de fontes Renováveis. Em Portugal foi então adotado o PNAER, que fixa objetivos nacionais relativos à quota de energia proveniente de fontes Renováveis consumida nos setores dos Transportes, Eletricidade e Aquecimento e Arrefecimento em 2020 [24].

Portugal preparou e apresentou o primeiro PNAER em 2010, no qual se comprometeu a atingir os objetivos estabelecidos na Diretiva, nomeadamente a meta global de 31% de Renováveis no consumo final bruto de energia e 10% de Renováveis no consumo final de energia nos Transportes em 2020 [24].

Ainda no horizonte 2020, e à luz da Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro, relativa à Eficiência Energética (Nova Diretiva Eficiência Energética), o objetivo foi redefinido para um limite máximo ao consumo de energia primária em 2020 equivalente a uma **redução de 20%** (24,0 Mtep, excluindo usos não-energéticos), tendo sido posteriormente adotado por Portugal uma meta mais ambiciosa de **redução de 25%** (22,5 Mtep, excluindo usos não-energéticos).

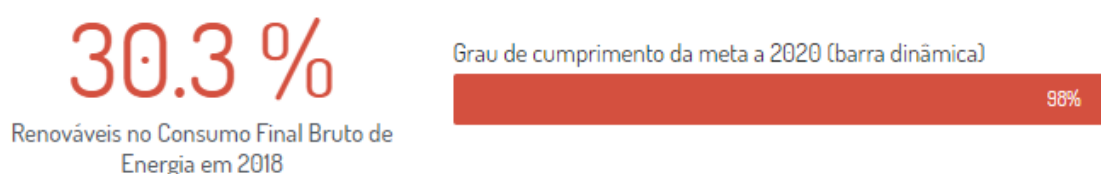


Figura 5 - Cumprimento da meta de Renováveis no consumo final bruto de energia (Fonte: [15])

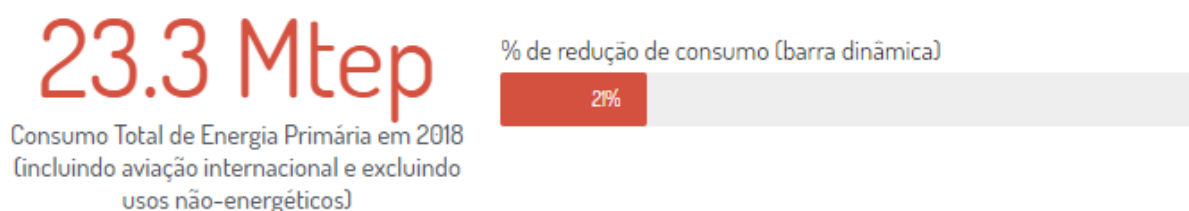


Figura 6 - Cumprimento da meta de redução consumo de energia primária em 2020 (Fonte: [24])

Segundo resultados obtidos em 2018, a meta global de 31% de Renováveis no consumo final de energia foi cumprida em 98%, como se pode verificar na Figura 1. Relativamente à redução do consumo de energia primária de 25 %, em 2018 a redução registava 21 %. Isto releva que o nosso país está no bom caminho para atingir as metas a que se propôs até ao final de 2020, no âmbito do setor energético.

Enquanto Portugal se prepara para cumprir o seu desafio para 2020, foram definidas novas ambições para a década 2021-2030 com a criação do PNEC, com o objetivo de promover a transição energética na próxima década, tendo em vista o cumprimento do Acordo de Paris e, simultaneamente, o crescimento económico e a criação de emprego. Nesta matéria, Portugal pretende continuar a construir uma estratégia rumo à neutralidade carbónica e a uma economia baseada em fontes de energia renovável, com foco na eficiência energética e no consumidor de energia [24].

Assim, no PNEC foram definidas metas de Portugal em matéria de energia e clima para 2030 [24]:

🏠 EMISSÕES GEE 2030: -45% a -55%

📄 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: 35%

⚙️ RENOVÁVEIS: 47%

🚗 RENOVÁVEIS NOS TRANSPORTES: 20%

⚡ INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS: 15%

Figura 7 - Metas de Portugal em matéria de energia e clima 2021-2030 (Fonte: [14])

2.3. Os edifícios e a Reabilitação em Portugal

2.3.1. Edifícios e o uso de energia

A taxa de urbanização tem vindo a crescer em todo o mundo. A metamorfose das cidades e a forma como evoluem são fatores importantes a ser considerados no objetivo do desenvolvimento sustentável. A interação natural dos edifícios com o seu redor e

com o meio ambiente envolve fatores complexos que causam impacto na sustentabilidade e, portanto, devem ser absolutamente compreendidos [25].

Os critérios de sustentabilidade dos edifícios devem ser aplicados em todos os níveis e estar relacionados com os diferentes estágios da sua existência. A Figura seguinte apresenta o ciclo de vida de um edifício, com quatro fases que se relacionam entre si e com o meio exterior.

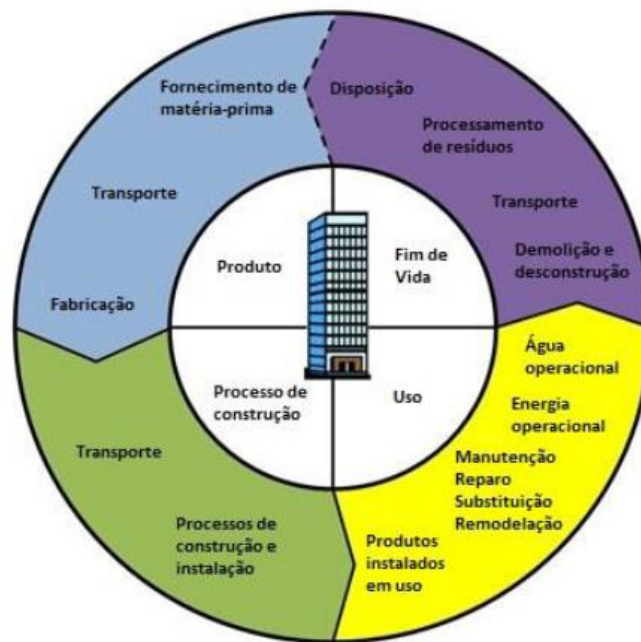


Figura 8: Ciclo de vida de um edifício (Fonte: [25])

A fase de uso tem sido apontada como o período de maior contributo para o consumo de energia e também para os impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos edifícios, devido ao facto de envolver um consumo de energia e materiais por um longo período. A forma como um edifício é utilizado e como a sua estrutura e sistemas são conservados e renovados determinam o gasto de energia e a geração de resíduos resultantes da sua atividade. Cada edifício é ocupado por diferentes pessoas e os padrões de uso variam constantemente, sendo, por vezes, pouco previsível o consumo de recursos [26].

Numa sociedade cada vez mais preocupada com a sustentabilidade, é fundamental uma gestão mais eficiente dos recursos e dos custos relacionados com as quatro fases do

ciclo de vida do edifício, sendo a fase de uso a mais relevante. De entre os gastos inerentes à fase de uso, os custos com energia são os que certamente mais condicionam o desempenho económico dos edifícios. Estes custos podem ser influenciados por um vasto conjunto de variáveis e uma delas é o comportamento térmico de edifícios. Os países com climas particularmente frios ou quentes tendem a ter um maior consumo de energia em aquecimento ou arrefecimento [25].

Tal como referido anteriormente, o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de cerca de 40% da energia final na Europa e 30% no caso de Portugal [3]. Sendo assim, melhorar o desempenho energético dos edifícios é um fator chave para a sustentabilidade energética e ambiental.

Com vista a promover uma redução do consumo de energia dos edifícios e assim atingir o máximo de sustentabilidade dos mesmos, foram tomadas medidas a nível europeu que obrigassem os edifícios a cumprir determinados requisitos. Com a diretiva europeia nº 2002/91/CE de 16 de dezembro de 2001, surgiram, em Portugal, os seguintes diplomas: o Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de abril, que cria o Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de abril, correspondendo ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), e por fim, o Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [27].

No surgimento da nova diretiva relativa aos desempenhos energéticos dos edifícios, a Diretiva nº 2010/31/UE, com o objetivo de clarificar alguns princípios presentes na primeira diretiva e reforçar o quadro da promoção do desempenho energético dos edifícios, foi transposta para a legislação nacional em dois diplomas: o Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, englobando o SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e por fim, o Decreto-Lei nº 58/2013, de 20 de agosto, apresentando os requisitos de acesso e de exercício da atividade de técnicos de instalação e manutenção e peritos qualificados [27].

Com estes novos documentos procurou-se:

- Melhorar a aplicação do SCE;
- Publicar num único diploma o SCE, REH e para o RECS;

- Definir requisitos específicos para os edifícios novos, edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios existentes.
- Definir a evolução dos requisitos até 2020, de forma a permitir a adaptação do mercado e a renovação do parque edificado;
- Impor requisitos técnicos dos sistemas;
- Incentivar a utilização de sistemas passivos;
- Definir o conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia, NZEB;
- Clarificar a atuação dos diferentes técnicos e entidades envolvidas com vista ao controlo e verificação de qualidade no âmbito do SCE.

Relativamente ao Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, este já sofreu 6 alterações legislativas desde a sua implementação, conforme mostra a imagem seguinte [28].

Legislação	Principais alterações
Decreto-Lei n.º 68A/2015, 30 de abril (1ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Transpõe a diretiva n.º 2012/27/EU de 25 outubro. Obriga a <u>auditorias periódicas e ao registo de consumos, dos edifícios que integram empresas NÃO PME</u>. Prazo de validade do GES passou de 6 para 8 anos, o PES manteve os 10 anos.
Decreto-Lei n.º 194/2015, 14 de setembro (2ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Introduce o conceito de <u>intervenção e os requisitos mínimos associados</u>. São revogadas as alíneas, <u>que excluam do âmbito de aplicação positivo do SCE, os edifícios classificados e os integrados em sítios classificados</u>; • É <u>definido o valor de custo de construção de referência em 700€/m²</u> para efeito da verificação da intervenção do imóvel ser considerada, ou não, uma Grande Intervenção; • Validade dos CE de GES passou a ser de novo de 6 anos (lapso).
Decreto-Lei n.º 251/2015, 25 de novembro (3ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Repõe a validade dos CE emitidos para GES em 8 anos e reforça o conceito de intervenção em alguns pontos.
Decreto-Lei n.º 28/2016, 23 de junho (4ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Clarifica as definições de grande intervenção, de edifício devoluto, de edifício em ruínas e o conceito de presença humana significativa nos edifícios de tipologia armazéns;

Legislação	Principais alterações
	<ul style="list-style-type: none"> • Revoga a definição de inviabilidade de ordem técnica, funcional e ou económica. Reforça que os requisitos mínimos a alcançar são estabelecidos de forma a alcançar os níveis ótimos de rentabilidade e revisto periodicamente.
Lei n.º 52/2018, 20 de agosto (5ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos legionários. É aplicável à avaliação de presença de colónias de Legionella, no contexto de QAI em edifícios abrangidos pelo RECS.
Decreto-Lei n.º 95/2019, 18 de junho (6ª alteração)	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas. É aplicável nas intervenções dos edifícios de habitação, quando o procedimento de controlo prévio aplicável à sua construção tenha ocorrido em data anterior à entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de fevereiro.

Figura 9 - Alterações legislativas: Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto. (Fonte: [28])

Para o Decreto-Lei 118/2013 ser aplicado necessita de cinco portarias e dez despachos, sendo eles os seguintes:

- Portaria 349-A/2013, de 29 de novembro, apresentando as competências da entidade gestora do SCE, que regulamenta as atividades dos técnicos de SCE, estabelece categorias de edifícios, estabelece os tipos de pré-certificados e certificados e a responsabilidade para a sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE, estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação, e por fim, apresenta os elementos que deverão constar no relatório e no registo dos peritos qualificados;
- Portaria n.º 379-A/2015, primeira alteração à Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção;

- Portaria 349-C/2013, de 2 de dezembro, que apresenta os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas ou de autorização de utilização;
- Portaria 349-D/2013, de 2 de dezembro, que define os requisitos relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e dos existentes;
- Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, que define os valores mínimos de caudal de ar novo, limiares de proteção e condições de referência para poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços;
- Despacho 15793-C/2013, de 3 de dezembro, em que é publicado os modelos dos diferentes tipos de pré-certificados e certificados do SCE para edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e dos existentes;
- Despacho 15793-D/2013, de 3 de dezembro, que define os fatores de conversão de energia útil em energia primária;
- Despacho 15793-E/2013, de 3 de dezembro, que estabelece regras de simplificação para edifícios sujeitos a grandes intervenções ou existentes; ☒
Despacho 15793-F/2013, de 3 de dezembro, que define os parâmetros para zoneamento climático e dados climáticos;
- Despacho 15793-G/2013, de 3 de dezembro, que apresenta os elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no PM e respetiva terminologia;
- Despacho 15793-H/2013, de 3 de dezembro, que apresenta a metodologia de cálculo dos contributos de cada sistema de aproveitamento de fontes de energia renováveis;
- Despacho 15793-I/2013, de 3 de dezembro, que apresenta a metodologia de cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de aquecimento, arrefecimento, preparação de águas quentes sanitárias e das necessidades nominais anuais, de energia primária;
- Despacho 15792-J/2013, de 3 de dezembro, que estabelece as regras de determinação da classe de eficiência energética;
- Despacho 15793-K/2013, de 3 de dezembro, que expõe os parâmetros térmicos necessários para os cálculos;

- Despacho 15793-L/2013, de 3 de dezembro, que exhibe a metodologia de apuramento da viabilidade económica na utilização de determinadas medidas de eficiência energética.

No contexto de certificação, existe a dúvida pertinente da importância de certificar um edifício. Em resposta a esta questão, é de notar que um edifício possa ser valorizado através da sua certificação, dando a conhecer medidas a implementar para reduzir a fatura energética, melhorar a classificação energética, reduzir o impacto ambiental e permitindo ainda a sua comparação com outros edifícios [29].

Uma ferramenta essencial para a caracterização energética em habitações é o certificado energético, um documento emitido no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) que quantifica o desempenho energético de um edifício, apartamento ou moradia. Existem nove classificações que vão de A+ (alta eficiência) a G (baixa eficiência) [29].



Figura 10 - Classes de um certificado energético (Fonte: [30])

A determinação da classe é baseada num rácio de classe energética, R_{Nt} , isto no que diz respeito a pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, conforme se expressa pela expressão seguinte, presente no Despacho nº 15793-J/2013 [28]:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (2.1)$$

onde,

N_{tc} : Valor das necessidades nominais anuais de energia primária;

N_t : Valor limite regulamentar para as necessidades anuais de energia primária.

Ambos os parâmetros são calculados de acordo com o disposto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação. Uma vez encontrado o valor de R_{Nt} , a classe energética define-se segundo a Tabela 1 com o valor arredondado a duas casas decimais [28]:

Tabela 1 - Intervalos de valor de R_{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação.

<i>Classe Energética</i>	<i>Valor de R_{Nt}</i>
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	$R_{Nt} \geq 2,51$

O certificado energético é obrigatório para [30]:

- Edifícios novos;
- Edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação;
- Edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- Edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento superior a 250 m² e sejam ocupados por uma entidade pública e frequentemente visitados pelo público;
- Celebração de contratos de venda e de locação de edifícios, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário tem de apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado energético.

Existe ainda uma classificação mínima para os edifícios: os edifícios novos têm de apresentar uma classe não inferior a B⁻ e os edifícios sujeitos a grandes intervenções têm de apresentar uma classe não inferior a C. Além da classificação, inclui as necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e preparação de água quente sanitária; as medidas que podem ser tomadas para melhorar o desempenho energético e ainda uma descrição detalhada das soluções construtivas usadas [29].

2.3.2. A reabilitação de edifícios

Desde a extração de matérias primas, até ao projeto, planeamento e construção de edifícios, todas as etapas da construção civil têm de ser repensadas na ótica da minimização dos impactes, da economia de recursos e da eficiência energética. Nesta perspetiva, a reabilitação de edifícios pode ter um papel preponderante para conferir maior sustentabilidade ao sector da construção. Reabilitar edifícios possibilita reduzir o impacto na produção de energia, reduzir a extração de matérias primas para a produção de materiais de construção e reduzir a necessidade de transportes de materiais [31].

No parque edificado pode promover-se vários tipos de reabilitação, tais como a estrutural, qualidade do ar, acústica, térmica, energética, segurança contra incêndios, entre outros. No que se refere à reabilitação térmica dos edifícios podem-se tomar diversas medidas, destinadas a aumentar o conforto térmico e a eficiência energética, estas podem variar muito de caso para caso, uma vez que o parque edificado é muito heterogéneo [32].

De um ponto de vista geral, as estratégias de reabilitação térmica devem ter em consideração três linhas de intervenção, sendo elas:

- Envolvente
- Equipamentos
- Energias renováveis

É ao nível da envolvente dos edifícios que se encontram as ações de reabilitação mais acessíveis. Incidindo essencialmente no reforço da proteção térmica da envolvente opaca (paredes exteriores, coberturas e pavimentos) e dos envidraçados, bem como no controlo de infiltrações de ar e no recurso a tecnologias solares passivas (sombreamentos, sistemas de iluminação natural, entre outras), esta linha de intervenção é a que apresenta o maior potencial de aplicação, devendo ser sempre a primeira opção desde que tal seja viável. A reabilitação a nível da envolvente é uma estratégia eficaz e fundamental para a redução das necessidades energéticas, bem como para garantir um nível de conforto mínimo aos ocupantes e reduzir a incidência de patologias e ainda a potência de eventuais equipamentos de climatização a instalar [33].

Relativamente aos equipamentos, esta estratégia traduz-se na reabilitação energética dos sistemas e implantação de equipamentos com melhores rendimentos e menor consumo. No entanto, a adoção deste tipo de medida conduz a reduções significativas das necessidades energéticas, mas tem algumas desvantagens, nomeadamente o facto de não assegurar as condições de conforto mínimas dos ocupantes e ainda, apesar de custos de manutenção possivelmente menores, os seus custos de investimento são mais elevados [33].

A integração de energias renováveis é também uma estratégia eficiente, principalmente a solar térmica para produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e a solar fotovoltaica para produção de energia elétrica, contudo são medidas que também apresentam custos de investimento e manutenção elevados. Ainda assim, são estratégias que

contribuem bastante para a redução dos impactos ambientais num edifício, bem como uma redução das necessidades de energia, refletindo-se no aumento da classe energética [33].

Para edifícios existentes, geralmente a melhor solução de reabilitação traduz-se numa combinação de medidas, abrangendo a eficiência energética, a conservação de energia e a redução de emissões de carbono. Deste modo, é importante determinar as melhores combinações de medidas que conduzam à solução de custo ótimo, tornando a solução na mais eficaz e rentável possível [33].

Benefícios tais como o aumento da qualidade e valor do edifício, aumento do conforto, redução de patologias e redução dos custos de manutenção e uso do edifício, estão muitas vezes na base da decisão de realizar intervenções de reabilitação, demonstrando ser tão ou mais relevantes que as reduções das necessidades energéticas e potenciais consumos de energia.

Todavia, cada caso é um caso, e assim sendo, é necessário analisar cada um deles a fim de clarificar a viabilidade de intervenção em termos económicos, técnicos e funcionais.

Desde 2006, com o Decreto-Lei 80/2006, que alterou o RCCTE, que a instalação de sistemas solares para aquecimento de águas domésticas, nos novos edifícios, ou para grandes reabilitações, tornou-se obrigatória, sempre que haja terraços ou coberturas inclinadas orientadas entre os quadrantes sudeste e sudoeste e sem sombreamentos significativos. A regra prevê um metro quadrado de painel solar por ocupante convencional, por forma a assegurar que os sistemas são dimensionados para satisfazer uma parte considerável do consumo de água quente. A fim de satisfazer as necessidades de consumo de águas

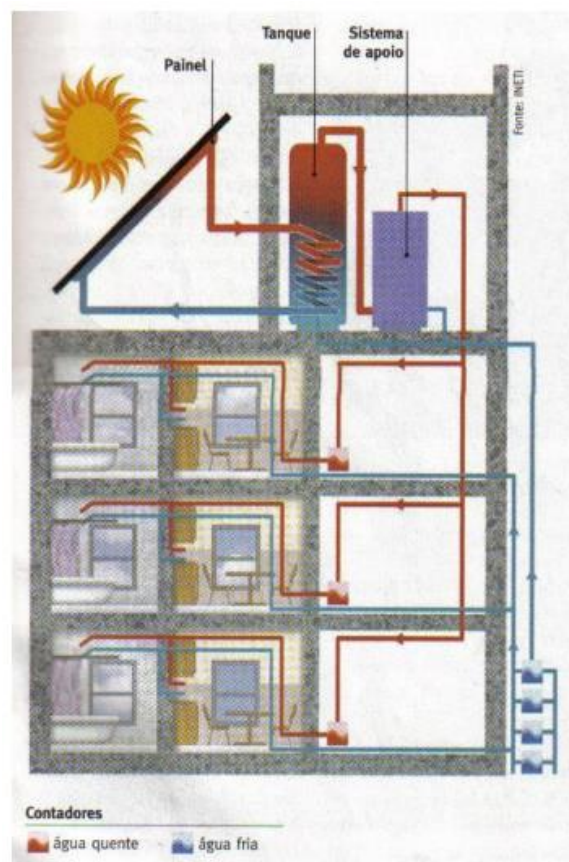


Figura 11 - Instalação de sistema solar para aquecimento de águas domésticas. (Fonte: [31])

quentes durante a noite, o sistema pode ser complementado com um reservatório isolado termicamente [31].

Quando a área de cobertura exposta à radiação solar é insuficiente para cumprir a regra de 1m² de painel por habitante, pode ser usada apenas 50% da área de telhado disponível. Esta regra ajusta-se sobretudo aos edifícios de apartamentos, onde as dificuldades de integrar um grande número de painéis solares na cobertura é evidente. Assim, no mesmo edifício poderão existir apartamentos a consumir água quente solar, e outros cujo consumo de águas quentes terá de ser realizado através de energias convencionais. Nesse caso, as regras técnicas aconselham a que os apartamentos servidos por águas quentes sanitárias sejam aqueles que estão mais próximos da cobertura [31].

2.3.3. Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho

Como já foi referido anteriormente, a 6ª alteração ao Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto deu origem ao Decreto-lei 95/2019, de 18 de julho, que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas.

O Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho dá corpo a um dos objetivos estratégicos do Governo de “passar a reabilitação da exceção à regra”, através da revisão do enquadramento legal e regulamentar da construção, de modo a adequá-lo às exigências e especificidades da reabilitação. Para tal, este regime cria condições para que a reabilitação seja a principal forma de intervenção nos edifícios, principalmente para fins habitacionais [37].

No entanto, essas exigências e especificidades não são “resolvidas” com a dispensa de regras aplicáveis às intervenções, como acontecia no regime excecional e temporário, constante do Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, agora revogado. Por isso, o quadro legal criado para a reabilitação do edificado, que entrou em vigor a 15 de novembro de 2019, não é nem temporário, nem excecional. Consiste no novo enquadramento legal, que se quer estável e coerente, a que ficam sujeitas as obras de reabilitação [37].

O objetivo principal do Decreto-Lei n.º 95/2019 é garantir melhorias tanto no desempenho dos edifícios, face à atuais expectativas de conforto e segurança, e

princípios como a proteção e valorização do existente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria do edificado [38].

Este novo regime segue desde logo uma filosofia diferente porque não é um regime excecional ou temporário, mas também porque define criteriosamente as situações em que podem ser usadas medidas alternativas às da regulamentação aplicável a edifícios novos, com garantia de padrões de segurança, conforto e qualidade adequados, em alternativa à dispensa acrítica de regulamentação [37].

A sua aplicação é realizada para cada uma das seguintes especialidades de projeto [38]:

- funcionalidade das habitações;
- segurança contra incêndios;
- comportamento térmico e eficiência energética;
- comportamento acústico;
- condições de acessibilidade;
- infraestruturas de telecomunicações.

Para cada uma destas áreas, são previstas medidas específicas com vista à concreta adequação das normas técnicas da construção à reabilitação de edifícios. Para além disso, é fundamental ter-se sempre em consideração, sempre que sejam feitas operações de reabilitação, os seguintes princípios [38]:

- Princípio da proteção e valorização do existente;
- Princípio da preservação ambiental;
- Princípio da melhoria proporcional e progressiva.

Em termos mais esquemáticos o Decreto-Lei nº 95/2019 altera os seguintes diplomas legais:

- Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro (novo artigo 14º-A) – Regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios;
- Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto (alteração do artigo 30º., aditado o artigo 29º.-A) – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e Regulamentos de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação, Comércio e Serviços;
- Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio (alteração artigo 5º.) – Requisitos Acústicos;

- Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de agosto (alteração do artigo 2.º e aditado o artigo 9.º. A) – acessibilidade de pessoas com mobilidade condicionada aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais;
- Decreto-Lei n.º 123/2009, de 21 de maio (alteração artigo 59.º.) – infraestruturas de comunicações eletrónicas.

O mesmo decreto revoga também os seguintes diplomas:

- Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de maio – Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de maio, no que diz respeito à aplicação a estruturas para edifícios;
- Decreto –Lei n.º 349 -C/83, de 30 de julho – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (apenas quanto à aplicação a estruturas de betão para edifícios).
- Decreto-Lei n.º 211/86, de 31 de julho- Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios;
- Decreto n.º 41658, de 31 de maio de 1958 -Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos;

Nestes termos, para a regulamentação deste diploma legal, foram publicadas 6 portarias:

- Portaria n.º 297/2019, de 9 de setembro, que procede à quarta alteração à Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados do SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.
- Portaria n.º 301/2019, de 12 de setembro, que define o método de projeto para a melhoria da acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada em edifícios habitacionais existentes.
- Portaria n.º 302/2019, de 12 de setembro, que define os termos em que obras de ampliação, alteração ou reconstrução estão sujeitas à elaboração de relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica, bem como as situações em que é exigível a elaboração de projeto de reforço sísmico.

- Portaria n.º 303/2019, de 12 de setembro, que fixa os custos-padrão, definidos por tecnologia, sistema, ou elemento construtivo que permitem quantificar o custo das intervenções para operações de reabilitação.
- Portaria n.º 304/2019, de 12 de setembro, que define os requisitos funcionais da habitação e da edificação aplicáveis às operações de reabilitação em edifícios ou frações autónomas com licença de construção emitida até 1 de janeiro de 1977, sempre que estes se destinem a ser total ou predominantemente afetos ao uso habitacional.
- Portaria n.º 305/2019, de 12 de setembro, que fixa as normas técnicas dos requisitos acústicos em edifícios habitacionais existentes.

Relativamente ao comportamento térmico e eficiência energética, a Portaria n.º 297/2019 é aplicada através de uma metodologia que é utilizada nas operações de reabilitação de edifícios destinados predominantemente ao uso habitacional ou de frações em função do tipo de edifício e do custo da intervenção (Tabela 2), sendo esse custo calculado nos termos definidos na portaria prevista no n.º 2 do artigo 29.º -A do Decreto -Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, na sua atual redação dada pelo Decreto -Lei n.º 95/2019, de 18 de julho [39].

Tabela 2 - Tipo de operações de reabilitação em função do tipo de edifício e do custo da intervenção. (Fonte: [39])

Nível de intervenção	Intervenções cujo custo C é < 25 % do valor do edifício (*)	Custo (25 % do valor do edifício (*) ≤ C < 300 Euros/m ²)	Custo (C ≥ 300 Euros/m ²)
Habitação unifamiliar	X	Y	Y
Habitação coletiva			Z

(*) – falta definir

Conforme o tipo de intervenção (X, Y ou Z), o modelo aplicado passa por fazer cumprir certos requisitos de vários parâmetros [39].

Nas intervenções tipo X é exigido o seguinte:

a) Limitar U

Os coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos a intervencionar na envolvente opaca e envidraçada devem respeitar os valores máximos indicados na tabela 3:

Tabela 3 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis U_{max} [$W/(m^2\cdot C)$]. (Fonte: [39])

		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento exterior				
Elementos opacos verticais – Paredes		1,70	1,50	1,40
Elementos opacos horizontais	Coberturas	0,80	0,70	0,60
	Pavimentos sobre o exterior	1,00	0,90	0,80
Vão envidraçados (portas e janelas) — U_{wdn}		4,50	4,00	4,00

b) Limitar fator solar

Os fatores solares dos vãos envidraçados horizontais e verticais da envolvente externa a intervencionar devem respeitar os valores máximos indicados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores máximos admissíveis de g_{Tmax} . (Fonte: [39])

	V1 ¹									
	<5 %	≥5 % - <15 %			≥15 % - <25 %			≥25 %		
Inércia/Orient ³	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,20	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20	0,40	0,40	0,20
Forte	0,60	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40
	V2									
	<5 %	≥5 % - <15 %			≥15 % - <25 %			≥25 %		
Inércia/Orient	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,15	0,40	0,15	0,15	0,40	0,10	0,10

¹ Zonas climáticas de verão.

² Percentagem de área de vãos envidraçados face à área de pavimento do compartimento associado.

³ Inércia térmica/Orientação solar.

Média	0,40	0,40	0,40	0,15	0,40	0,30	0,15	0,40	0,40	0,15
Forte	0,60	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,35	0,60	0,40	0,30
	V3									
A_{env}/A_{pa}	<5 %	≥5 % - <15 %			≥15 % - <25 %			≥25 %		
Inércia/Orient	E-S-O	N	E-S	O	N	E-S	O	N	E-S	O
Fraca	0,40	0,40	0,20	0,10	0,40	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10
Média	0,40	0,40	0,35	0,15	0,40	0,25	0,15	0,40	0,40	0,15
Forte	0,60	0,60	0,35	0,30	0,60	0,30	0,30	0,60	0,40	0,25

Nas intervenções de tipo Y são utilizadas as regras de simplificação do REH, a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes, com as seguintes adaptações:

a) Limitar U

Os coeficientes de transmissão térmica superficial dos elementos a intervir na envolvente opaca e envidraçada devem respeitar os valores máximos indicados na Tabela 3, mostrada acima.

b) Limitar fator solar

Os fatores solares dos vãos envidraçados horizontais e verticais da envolvente externa a intervir devem respeitar os valores máximos indicados na tabela 4.

c) N_{tc}/N_t menor do que 2,00

A relação entre os valores das necessidades nominais e limite de energia primária (N_{tc}/N_t) é, no máximo, 2,00.

d) Critérios mínimos de ventilação

Os critérios de ventilação mínimos no inverno são os definidos na norma NP 1037 -1 no que se refere a:

- i. Obrigatoriedade de admissão de ar nos quartos e sala, com caudais de ar de 30 e 60 m³/h, respetivamente;
- ii. Extração de ar natural em instalações sanitárias segundo os critérios da norma NP 1037 -1 ou extração de ar mecânica permanente com caudais de 45 e 30 m³/h, em instalações sanitárias com e sem duche, respetivamente;

e) Perdas térmicas

As perdas térmicas lineares são quantificadas através do agravamento das perdas térmicas em superfície corrente do elemento construtivo onde se inserem utilizando o fator multiplicativo conforme constante na Tabela 5:

Tabela 5 - Valores dos fatores multiplicativo para determinação de perdas térmicas lineares. (Fonte: [39])

$U_{\text{médio}}$ da envolvente vertical	Fator
< 0,6	1,6
0,6 – 0,8	1,5
0,8 – 1,00	1,4
> 1	1,2

Nas intervenções de tipo Z é utilizado o método de cálculo do REH com as seguintes simplificações:

a. N_{tc}/N_t menor do que 1,50

A relação entre os valores das necessidades nominais e limite de energia primária (N_{tc}/N_t) é, no máximo, 1,50.

b. Os demais requisitos devem ser iguais às alíneas a), b), d), e) das intervenções do tipo Y.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Introdução

Como o objetivo desta dissertação é estudar a aplicabilidade da utilização de equipamentos com fontes de energias renováveis na reabilitação urbana é necessário aplicar a legislação a pelo menos uma fração habitacional em concreto, ou seja, um caso de estudo. Dividindo-se em várias etapas, a primeira deste estudo passa por apresentar um projeto de reabilitação térmica de uma habitação (projeto realizado pela empresa onde o mestrando realizou estágio curricular) e avaliar o desempenho energético da habitação sem a contribuição de qualquer tipo de energia renovável. Assim, obteve-se os valores de referência e posteriormente efetuaram-se várias simulações com a contribuição de diferentes tipos de equipamentos que utilizam energia renovável (solar térmica e solar fotovoltaica). Posto isto, será possível avaliar a classe de eficiência energética da fração contabilizando a contribuição de cada um destes equipamentos.

Ao longo deste caso de estudo será também realizada uma análise comparativa com o projeto de reabilitação que resultaria da aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019, de 18 de Julho (6ª alteração ao Decreto-Lei nº 118/2013) e da metodologia definida na Portaria nº 297/2019, referida no subcapítulo anterior. Assim, será possível comparar os resultados com os dois documentos legislativos em vigor: um com o mesmo tipo de exigências das construções novas e outro específico para a reabilitação.

Para realizar todos os cálculos necessários ao projeto térmico, foi utilizada a plataforma de cálculo *PTNZEB* - Plataforma para a promoção dos *Near Zero Energy Buildings* (NZEB) em Portugal.

3.2. Descrição do edifício

O edifício utilizado neste estudo situa-se no concelho de Matosinhos, na rua Guilherme Gomes Fernandes nº 88-100, na União das Freguesias de Matosinhos e Leça da Palmeira, a cerca de 500 m da costa marítima. É um edifício de habitação multifamiliar construído antes do ano de 1918, apresenta uma configuração retangular e é composto por quatro pisos: rés-do-chão, primeiro andar, segundo andar e sótão. A figura 22 apresenta uma imagem da fachada principal do edifício, antes da intervenção.



Figura 12 - Imagem do edifício em estudo, situado à Rua Gomes Fernandes nº88-100. (Fonte: [38])

O edifício é constituído por 4 pisos, sendo que o piso 0 e piso 1 têm 4 habitações (T0, T0, T1 T1), o piso 2 tem duas habitações (T1, T2) e o último piso tem apenas uma habitação T1. Este caso de estudo centra-se numa das frações do edifício (Fração I) situada no piso 2, um apartamento com tipologia T2 (43,42 m² de área habitável).

As Figuras seguintes apresentam os desenhos técnicos do apartamento (zona delimitada a vermelho corresponde ao apartamento).



Figura 13 - Envoltente principal (Alçado Noroeste)

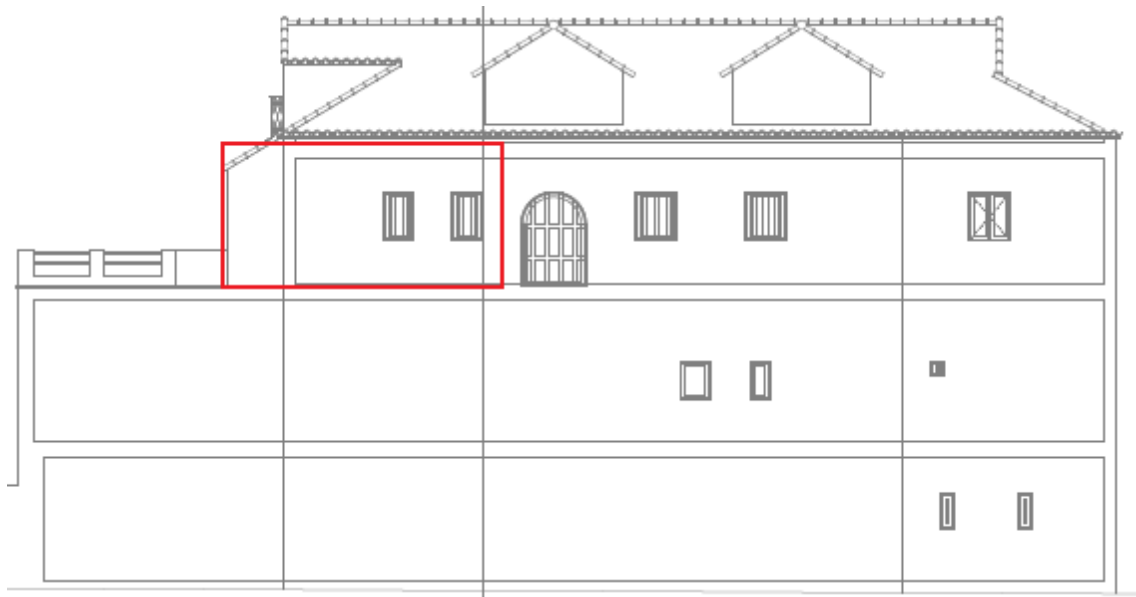


Figura 14 - Envolvente posterior (Alçado Sudeste)

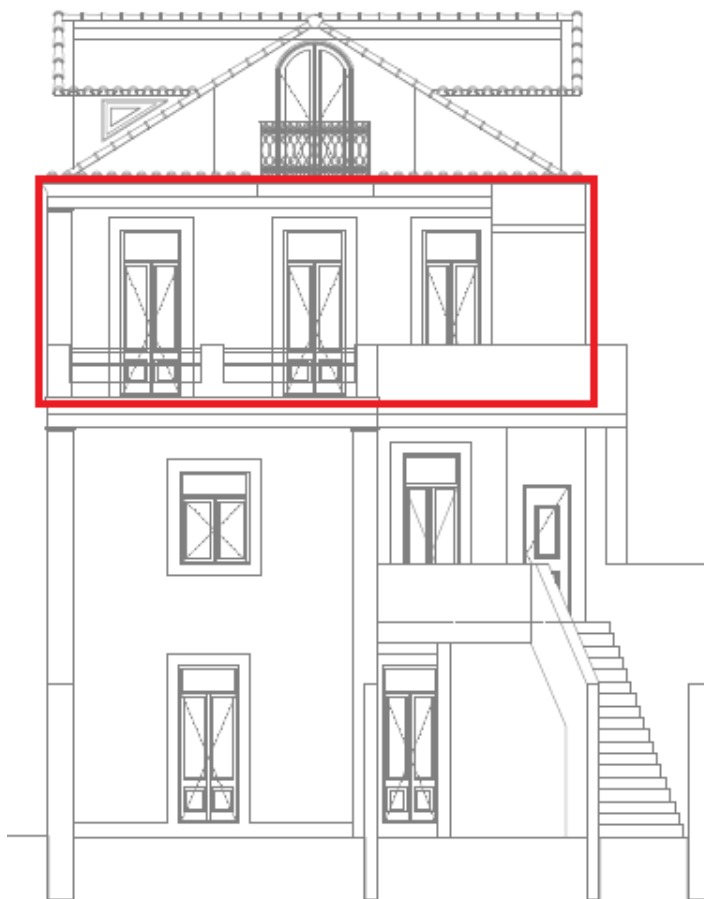


Figura 15 - Envolvente lateral (Alçado Sudoeste)

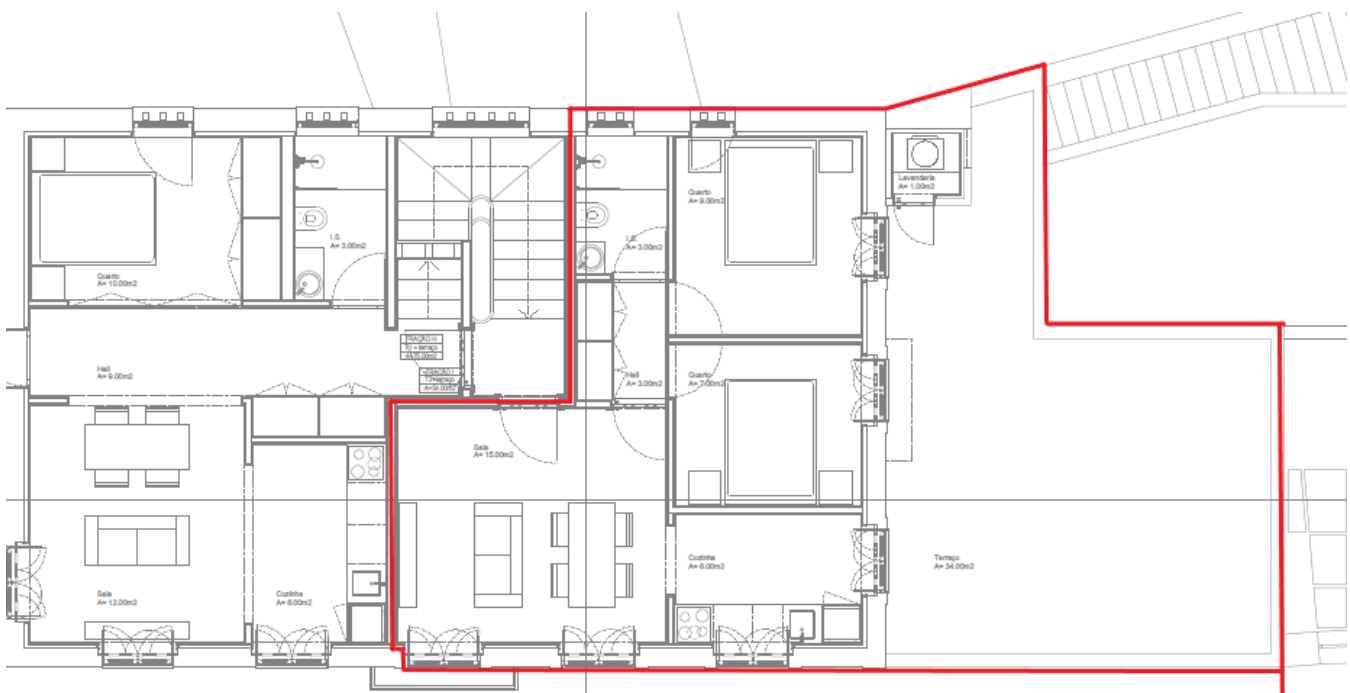


Figura 16 - Planta da habitação

A habitação é constituída por 2 quartos, cozinha, sala, uma casa de banho, o corredor e uma lavandaria, existindo ainda um pátio exterior, como se pode verificar na Figura 26. Tem 3 fachadas expostas ao exterior e orientadas a noroeste, sudeste e sudoeste. A nordeste, a tem outra habitação acoplada.

3.3. Zonas Climáticas

O edifício em estudo situa-se na cidade do Porto, região norte do país, em meio urbano e a cerca de 0,56 Km da zona costeira. A fachada principal está orientada a poente (NW) e a altitude do local, Z, é 12 m.

O zonamento climático do País baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de abril de 2008, alterado pelo Decreto-Lei nº 85/2009, de 3 de abril e pela Lei nº 21/2010 de 23 de agosto, e está detalhado no Despacho nº15793-F/2013. Adicionalmente, são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente.

3.3.1. Estação de aquecimento

A classificação da zona climática de inverno é feita de acordo com os valores apresentados na tabela seguinte [39]:

Tabela 6 - Critério para a determinação da zona climática de inverno

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

Para se determinar o número de graus-dias de aquecimento, é necessário saber o valor do parâmetro X, obtido a partir de um valor de referência, X_{REF}, corrigido através de uma correção linear de declive α e proporcional à diferença entre a altitude do local, Z, e a altitude de referência, Z_{REF}, definida para cada NUTS III, através da Equação (3.1) [39]:

$$X = X_{REF} + \alpha (Z - Z_{REF}) \quad (3.1)$$

Os parâmetros climáticos da estação de aquecimento que influenciam a aplicação do REH são os Graus-Dia (GD), em °C e na base de 18°C, a duração da estação de aquecimento (M) em meses e por fim, a energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul (G_{Sul}), em kWh/(m².mês). Consoante a altura da localidade onde está situada a habitação, apenas os dois primeiros parâmetros são alterados [39].

Através da Tabela 7, é possível retirar o valor dos parâmetros climáticos para a região do Grande Porto para se determinar a zona climática de inverno [39].

Tabela 7 - Parâmetros climáticos de inverno relativos à região do Grande Porto

	Z	M		GD		G _{Sul} kWh/(m ² .mês)
	REF m	REF meses	α mês/km	REF °C.dia	α °C/km	
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	130

$$GD = 1250 + 2 \times (12 - 94) = 1086 \text{ }^\circ\text{C.dia} < 1300$$

O edifício em estudo está situado na zona climática I1.

3.3.2. Estação de arrefecimento

Relativamente à zona climática de verão, a classificação é feita através dos valores apresentados na Tabela 8 [39]:

Tabela 8 - Critério para a determinação da zona climática de verão

Critério	$\Theta_{\text{ext,v}} \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \text{ }^\circ\text{C} < \Theta_{\text{ext,v}} \leq 22 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Theta_{\text{ext,v}} > 22 \text{ }^\circ\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Os dados climáticos necessários da estação de arrefecimento são a duração da estação (L_v), que é de 4 meses, a temperatura exterior média ($\Theta_{\text{ext,v}}$), em $^\circ\text{C}$ e a energia acumulada durante a estação (I_{sol}), recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, em kWh/m^2 . Dependendo da altura, apenas a temperatura exterior média é alterada [39].

A duração da estação (L_v) é de 4 meses, ou seja, 2928 horas.

Através da Tabela 9, é possível retirar o valor dos parâmetros climáticos para a região do Grande Porto para se determinar a zona climática de verão [39].

Tabela 9 - Parâmetros climáticos de verão relativos à região do Grande Porto

	Z_{REF} m	$\Theta_{\text{ext,v}}$		I_{sol} [kWh/m^2] acumulados de junho a setembro								
		REF $^\circ\text{C}$	a $^\circ\text{C/km}$	0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Grande Porto	94	20.9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Assim, através da aplicação da Equação (3.1), é possível saber a zona climática na estação de arrefecimento:

$$\Theta_{\text{ext},v} = 20,9 + 0 \times (12 - 94) = 20,9 \text{ } ^\circ\text{C} < 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

O edifício em estudo está situado na zona climática V2.

3.4. Definição da Envolvente

3.4.1. Levantamento dimensional

As áreas dos compartimentos da fração, bem como o respetivo pé direito, são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Levantamento das áreas da envolvente horizontal

Divisão	Área [m ²]	Pé direito (Pd) [m]
Sala	15	2,90
Cozinha	6,23	2,90
Corredor	2,65	2,90
Quarto 1	7,47	2,90
Quarto 2	9,04	2,90
Casa de banho	3,03	2,90
TOTAL	43,42	

Relativamente aos vãos envidraçados, são exibidas na Tabela 11 as respetivas áreas, bem como a sua orientação.

Tabela 11 - Levantamento das áreas e orientações dos vãos envidraçados

Divisão	Área [m ²]	Orientação
Sala (1)	1,87	NW
Sala (2)	1,87	NW
Cozinha (1)	1,87	NW
Cozinha (2)	2,47	SW
Quarto 1	2,47	SW

Quarto 2 (1)	2,36	SW
Quarto 2 (2)	0,79	SE
Casa de banho	0,79	SE

3.4.2. Fatores de redução de perdas dos espaços não úteis – b_{tr}

Uma vez que se pretende analisar o comportamento térmico da habitação, é necessário proceder a uma delimitação das diferentes envolventes desta fração. As trocas de calor que se processam através os elementos construtivos da envolvente dependem se esse elemento faz fronteira com edifícios adjacentes, com o espaço exterior, com espaços não úteis ou com o solo. O cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam os espaços com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como a envolvente interior, será afetado pelo coeficiente de redução de perdas, b_{tr} .

Para se identificar todos os tipos de envolvente, é necessário determinar o coeficiente b_{tr} referente aos espaços não úteis existentes neste edifício e que confrontam com a fração em análise.

De acordo com a distribuição dos espaços interiores, considerou-se como espaços não úteis, ENU, que fazem fronteira com o espaço aquecido, para os quais irá ser calculado o b_{tr} , os seguintes:

- Caixa de escadas
- Lavandaria
- Desvão da cobertura

Para os elementos em contacto com espaços não uteis, e na impossibilidade de conhecer com precisão valor da temperatura do local não útil, dependente do uso concreto e real de cada espaço, para os espaços não uteis existentes nesta fração tomar-se-á para b_{tr} , os valores indicados na tabela 22 do despacho 15793-K de 2013, em que o b_{tr} é determinado em função da razão (A_i/A_u), de V_{enu} e da estanquidade desse espaço através de f e F , em que:

A_i – é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil, [m^2];

A_u – é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior, [m^2];

V_{enu} - é o volume do espaço não útil, [m^3];

f – Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, trata-se de um espaço estanque;

F – Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, trata-se de um espaço ventilado.

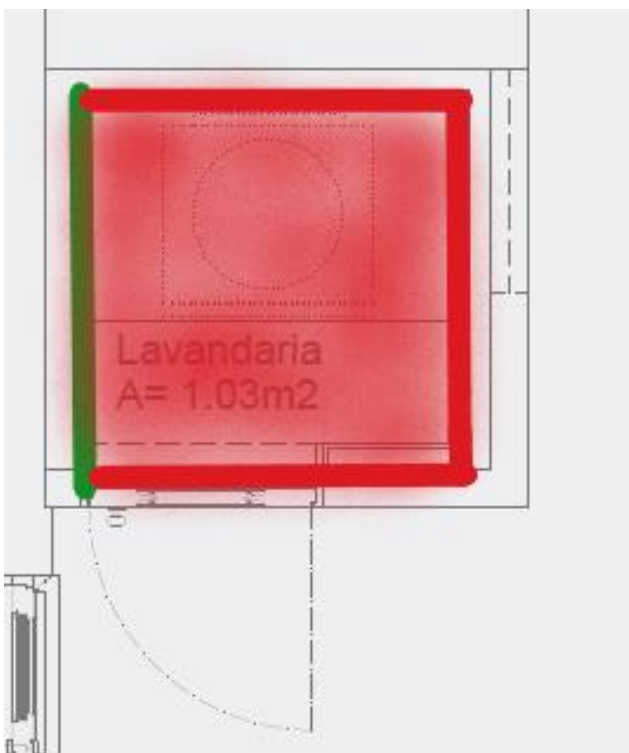


Figura 18 - Esquema da lavandaria para o cálculo do btr

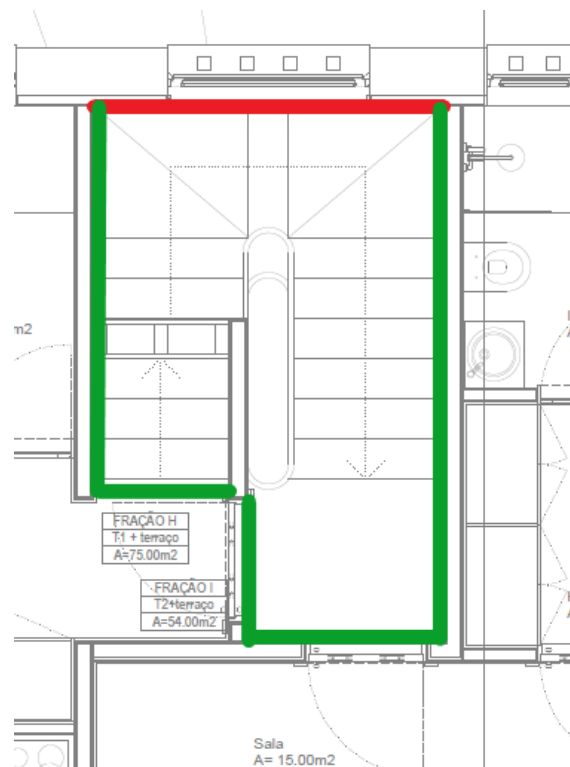


Figura 17 - Esquema da caixa de escadas para o cálculo do btr

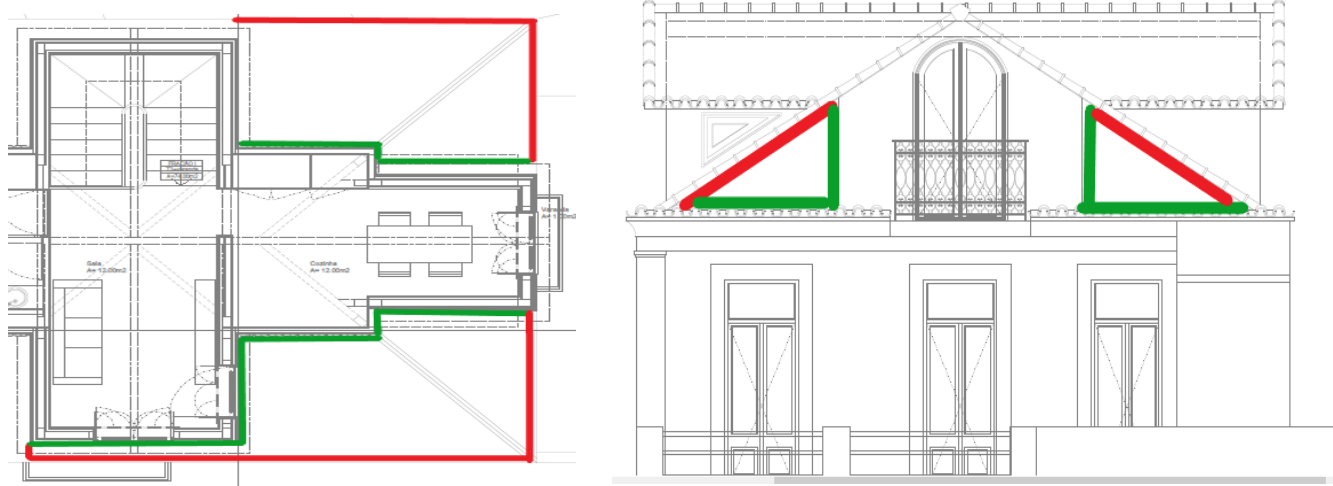


Figura 19 - Esquema do desvão da cobertura para o cálculo do btr

Au █

Ai █

Tabela 12 -- Cálculo do coeficiente de redução de perdas, btr

Descrição	Área m ²	F ou f	Altura m	Volume m ³	Ai m ²	Au m ²	Ai/Au
Lavandaria	1,03	F	2,90	2,99	3,05	10,17	0,29
Caixa de escadas	33,85	F	11,23	97,02	105,68	31,38	3,37
Desvão da cobertura	79,24	f	Variável	79,24	106,24	99,05	1,07

Consultando a tabela 22 do Despacho n.º 15793-K/2013, obtêm-se os respetivos btr's. Na tabela seguinte estão apresentados os fatores de redução de temperatura dos ENU's.

Tabela 13 - Valores dos fatores de redução de perdas dos espaços não úteis – btr

Designação	Tabela 22 do despacho n.º15793-K/2013	
	Descrição	b _{tr}
Esp. btr=0,7	Desvão da cobertura	0,7
Esp. btr=0,9	Caixa de escadas	0,9
Esp. btr=1	Lavandaria	1

3.4.3. Delimitação da envolvente

De acordo com o despacho 15793-K de 2013, ponto 11, a envolvente poderá ser classificada da seguinte forma:

- Envolvente exterior
- Envolvente interior
 - Com requisitos de Exterior se no ENU o $b_{tr} > 0,7$;
 - Com requisitos de Interior se no ENU o $b_{tr} \leq 0,7$.
- Envolvente sem requisitos
- Envolvente em contacto com o solo

Nesta fração não existem elementos em contacto com o solo.

Tendo em conta os valores dos fatores de redução de perdas, btr, obtidos, delimitaram-se as envolventes da fração que se apresenta na Figura 20 e 21, que se seguem:

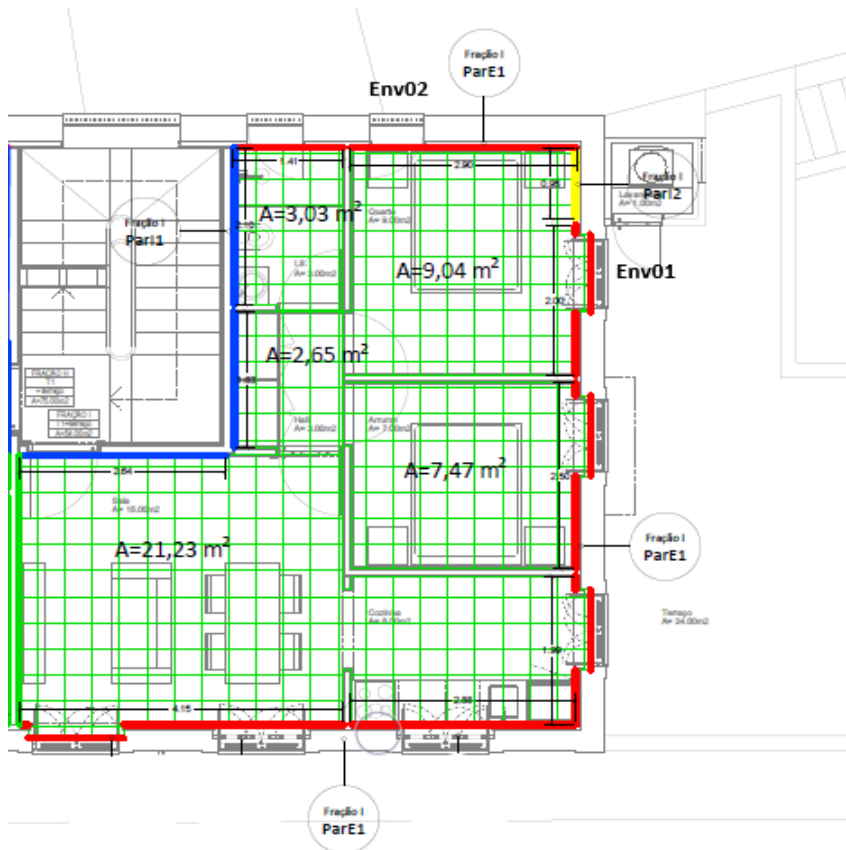







Figura 20 - Marcação da Envolvente no apartamento



Figura 21 - Marcação da envolvente no apartamento T2 (Corte)

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

3.5. Soluções Construtivas – Verificação Regulamentar

O REH prevê valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica superficial, U , dos elementos da envolvente e que se encontram definidos, nas tabelas I.05A e I.05B da Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro.

Assim, para edifícios localizados na zona climática I1, as soluções construtivas adotadas para os elementos da envolvente opaca em zona corrente e para os envidraçados deverão apresentar um coeficiente de transmissão não superior aos valores apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de $U_{\text{máx}}$ para elementos da envolvente

		$U_{\text{máx}}$ W/(m ² .°C)
Elementos da envolvente exterior ou para ENU com $b_{tr} > 0,7$	Verticais	0,50
	Horizontais	0,40
Elementos para ENU com $b_{tr} \leq 0,7$	Verticais	2,00
	Horizontais	1,65
Vãos envidraçados [U_w ou U_{wdn}]		2,80

De acordo com o ponto 2 do Despacho 15793-K/2013, o valor do Coeficiente de transmissão térmica, U , de um elemento caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes que este separa. Para elementos opacos, constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, o valor de U é calculado pela seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{Rt} \quad [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \quad (3.2)$$

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \quad (3.3)$$

Em que:

Rt – Resistência térmica, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

R_j – Resistência térmica da camada j , $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

R_{si} – Resistência térmica superficial interior, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior, $[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$

Quando se trata de uma envolvente em contacto com um espaço não útil ou com um edifício adjacente, o valor referente à resistência térmica superficial exterior assume o mesmo valor que a resistência térmica superficial interior.

Em termos de envolvente envidraçada, de acordo com o número 2.3 da portaria 349-B de 2013, os envidraçados não orientados no quadrante norte e cuja área seja superior a 5% da área do compartimento onde estão inseridos deverão obedecer a uma das seguintes exigências:

$$Se A_{env} \leq 15\% * A_{pav} \rightarrow g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} \quad (3.4)$$

$$Se A_{env} > 15\% * A_{pav} \rightarrow g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} * \frac{0,15}{A_{env}/A_{pav}} \quad (3.5)$$

Sendo,

g_{τ} – fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção ativado;

F_o – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao vão;

F_f – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão;

$g_{\tau max}$ – fator solar máximo;

A_{env} – soma das áreas dos envidraçados do compartimento, [m²]

A_{pav} – área de pavimento do compartimento servido pelos vãos, [m²]

Os fatores solares globais máximos admissíveis dos vãos envidraçados são definidos no regulamento e estão presentes na Tabela 15, em função da classe de inércia do edifício e da zona climática de verão referente à localidade onde o caso de estudo se insere [41].

Tabela 15 - Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados

Classe de Inércia	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

3.5.1. Envolvente opaca

No estudo de comportamento térmico desta fração foram considerados os seguintes coeficientes de transmissão térmica superficial para os elementos da envolvente:

- Parede exterior da habitação - Designação **ParE1**

Constituição (do exterior para o interior):

- Reboco delgado armado;
- Parede de granito com espessura de 0,300 m, resistência térmica de 0,107 m²·°C/W;
- Pannel de Lã de Rocha com barreira para vapor ($\lambda = 0,035\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$), espessura de 0,080 m, resistência térmica de 2,286 m²·°C/W;

- Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750 kg/m³ e 1000 kg/m³, espessura de 0,013 m, resistência térmica de 0,052 m²·°C/W.

$$R_t = R_{se} + \frac{Esp(granito)}{\lambda(granito)} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{\lambda(lã\ de\ rocha)} + \frac{Esp(gesso)}{\lambda(gesso)} + R_{si} = 0,04 + \frac{0,3}{2,8} + \frac{0,08}{0,035} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13 = 2,615 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{2,615} = 0,38 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq 0,5 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \longrightarrow \text{Verifica!}$$

- Parede interior para a caixa de escadas (btr ≤ 0,7) - Designação **Par11**

Constituição (do exterior para o interior):

- Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750 kg/m³ e 1000 kg/m³, espessura de 0,026 m, resistência térmica de 0,104 m²·°C/W;
- Pannel de Lã de Rocha com barreira para vapor ($\lambda = 0,035W/(m \cdot ^\circ C)$), espessura de 0,1 m, resistência térmica de 2,857 m²·°C/W;
- Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750 kg/m³ e 1000 kg/m³, espessura de 0,026 m, resistência térmica de 0,104 m²·°C/W.

$$R_t = R_{si} + \frac{Esp(gesso)}{\lambda(gesso)} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{\lambda(lã\ de\ rocha)} + \frac{Esp(gesso)}{\lambda(gesso)} + R_{si} = 0,13 + \frac{0,026}{0,25} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,026}{0,25} + 0,13 = 3,325 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{3,325} = 0,3 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq 2,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \longrightarrow \text{Verifica!}$$

- Parede interior para a lavandaria ($b_{tr} > 0,7$) - Designação **ParI2**

Constituição (do exterior para o interior):

- Reboco tradicional de cimento ou cal, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 1800kg/m^3 e 2000kg/m^3 , espessura de 0.02 m e resistência térmica de $0.015\text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$;
- Parede de granito com espessura de 0,3 m e resistência térmica de $0.107\text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$;
- Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor ($\lambda = 0,035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$), espessura de 0.08 m e resistência térmica de $2.286\text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$;
- Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m^3 e 1000kg/m^3 , espessura de 0.013 m e resistência térmica de $0.052\text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$.

$$R_t = R_{si} + \frac{Esp(reboco)}{\lambda(reboco)} + \frac{Esp(granito)}{\lambda(granito)} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{\lambda(lã\ de\ rocha)} + \frac{Esp(gesso)}{\lambda(gesso)} + R_{si} = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,3}{2,8} + \frac{0,08}{0,035} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13 = 2,72\text{ [(m}^2\cdot\text{°C)/W]}$$

$$U = \frac{1}{2,72} = 0,37\text{ [W}/(\text{m}^2\cdot\text{°C})] \leq 0,5\text{ [W}/(\text{m}^2\cdot\text{°C})] \longrightarrow \text{Verifica!}$$

- Cobertura interior para o desvão ($b_{tr} \leq 0,7$) – Designação **Cobl1**

Constituição (do ENU para o interior):

- Madeira maciça "densa", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m^3 e 870kg/m^3 , espessura de 0,022m, resistência térmica de $0,096\text{m}^2\cdot\text{°C/W}$;
- Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de $0,035\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$, espessura de 0,040m, resistência térmica de $1,143\text{m}^2\cdot\text{°C/W}$;
- Placa de OSB, espessura de 0,020m, resistência térmica de $0,154\text{m}^2\cdot\text{°C/W}$;

- Espaço de ar não ventilado com espessura de 150mm, espessura de 0,220m, resistência térmica de $0,160\text{m}^2\cdot\text{°C}/\text{W}$;
- Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor ($\lambda = 0,035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{°C})$), espessura de 0,040m, resistência térmica de $1,143\text{ m}^2\cdot\text{°C}/\text{W}$;
- Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre $750\text{kg}/\text{m}^3$ e $1000\text{ kg}/\text{m}^3$, espessura de 0,013 m, resistência térmica de $0,052\text{ m}^2\cdot\text{°C}/\text{W}$.

$$R_t = R_{si} + \frac{Esp(madeira)}{\lambda(madeira)} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{\lambda(lã\ de\ rocha)} + R_{osb} + R_{ar} + \frac{Esp(caixa\ de\ ar)}{\lambda(caixa\ de\ ar)} +$$

$$\frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{\lambda(lã\ de\ rocha)} + \frac{Esp(gesso)}{\lambda(gesso)} + R_{si} = 0,10 + \frac{0,022}{0,23} + \frac{0,04}{0,035} + 0,154 + 0,16 + \frac{0,04}{0,035} + \frac{0,013}{0,25}$$

$$+ 0,10 = 2,948 [(m^2 \cdot \text{°C})/W]$$

$$U = \frac{1}{2,948} = 0,34 [W/(m^2 \cdot \text{°C})] \leq 1,65 [W/(m^2 \cdot \text{°C})] \longrightarrow \text{Verifica!}$$

3.5.2. Vãos envidraçados

De seguida é apresentada a caracterização da envolvente envidraçada, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica superficial e os valores de referência, bem como, o fator solar global do vidro (g_T) e o fator solar global máximo ($g_{Tmáx}$). O fator global máximo é retirado do regulamento para um edifício com inércia fraca (calculado no subcapítulo seguinte), para a zona climática V2.

- Envidraçados verticais exteriores - Designação **VenE1** (Sudoeste)

Constituição (do exterior para o interior):

- Lona opaca, de cor clara (proteção móvel exterior);
- Caixilharia em madeira, com classe 3 de permeabilidade do ar;

- Vidro duplo refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm.

Coeficiente de transmissão térmica superficial máximo ($U_{m\acute{a}x}$): 2,40 W/(m²·°C

Coeficiente de transmissão térmica superficial médio dia-noite (U_{wdn}): 2 W/(m²·°C)



Verifica!

Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{vi}): 0,40

Fator solar do vão com todos os dispositivos de proteção permanentes ou móveis ativados (g_T): 0,04

- Envidraçados verticais exteriores - Designação **VenE2** (Sudeste)

Constituição (do exterior para o interior):

- Lona opaca, de cor clara (proteção móvel exterior);
- Caixilharia em alumínio com corte térmico com classe 3 de permeabilidade do ar;
- Vidro duplo refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm;
- Janela gradada com grades metálicas fixas com secção 1 cm² e malha de 5 cm.

Coeficiente de transmissão térmica superficial máximo (U_w): 2,40 W/(m²·°C)

Coeficiente de transmissão térmica superficial médio dia-noite (U_{wdn}): 2 W/(m²·°C)



Verifica!

Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{vi}): 0,40

Fator solar do vão com todos os dispositivos de proteção permanentes ou móveis ativados (g_T): 0,04

Através da Tabela 16 é possível observar a verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica para os vãos envidraçados, para aqueles que não se encontram orientados no quadrante norte.

Tabela 16 - Fatores solares dos vão envidraçados

Localização	Tipo de solução	g_T	F_o	F_f	$g_T.F_o.F_f$	A_{env}/A_{pav}	Valor máximo		Verificação
							g_{Tmax}^* 0.15/ (A_{env}/A_{pav})	g_{Tmax}	
Cozinha/Sala	VenE1	0,04	0,86	0,98	0,03	0,12		0,10	Verifica
Quarto 1	VenE1	0,04	0,86	0,97	0,03	0,33	0,05		Verifica
Quarto 2	VenE1	0,04	0,86	0,93	0,03	0,35	0,04		Verifica
Quarto 2	VenE2	0,04	1,00	1,00	0,04	0,35	0,04		Verifica
WC	VenE2	0,04	1,00	1,00	0,04	0,26	0,06		Verifica

3.6. Inércia Térmica

A classe de inércia térmica do edifício ou fração determina-se, de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento.

De acordo com o número 6 do despacho 15793-K de 2013, a massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , calcula-se através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (3.5)$$

M_{si} - Massa superficial útil do elemento i , (kg/m^2)

r_i - Fator de redução da massa superficial útil do elemento i

S_i - Área da superfície interior do elemento i , (m^2)

A_p - Área interior útil de pavimento, (m^2)

A tabela 11, do mesmo despacho, fornece a indicação das classes de inércia térmica e que se reproduz de seguida na Tabela 17.

Tabela 17 - Classes de inércia térmica interior, I_t

Classe de inércia térmica	I_t kg/m ²
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

A massa superficial útil de cada elemento de construção, M_{si} , é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial. Para a determinação da massa superficial útil distinguiram-se três tipos de elementos:

- EL1 – Elementos da envolvente exterior, elementos em contacto com outra fração, com ENU ou com edifícios adjacentes;
- EL2 – Elementos em contacto com o solo;
- EL3 – Elementos interiores da fração.

A tabela seguinte mostra todos valores de cada elemento da habitação (EL1 e EL3), necessários para calcular a inércia térmica.

Tabela 18 - Valor intermédios para o cálculo da inércia térmica da fração em estudo

Elementos	M_{si} kg/m ²	r_i	S_i m ²	$M_{si} \cdot r_i \cdot S_i$ kg
Elementos tipo EL1				
ParE1	10,00	1,00	33,92	339,20
ParI1	20,00	1,00	16,62	332,40
ParI2	10,00	1,00	2,76	27,60

Cobl1	9,75	1,00	20,32	198,12
ParEL1.1	20,00	1,00	10,06	201,26
PavEL1.1	48,75	1,00	43,42	2116,73
CobEL1.1	10,00	1,00	23,10	231,00
Elementos tipo EL3				
ParEL3.1	20,00	1,00	46,98	939,60

ParE1: Parede exterior da habitação.

ParI1: Parede em contacto com outra fração e caixa de escadas.

ParI2: Parede em contacto com a lavandaria.

PavEL1.1: Pavimento da habitação, que está em contacto com a fração do piso inferior.

CobEL1.1: Cobertura da habitação, que está em contacto com a fração do piso superior.

ParEL3.1: Paredes interiores da habitação.

$$\frac{\sum(Ms_i \cdot r_i \cdot S_i)}{4385,91} \div \frac{A_p}{43,42} = \frac{I_t}{101,01}$$

Como se pode verificar, após o cálculo realizado automaticamente na folha de cálculo, esta habitação apresenta uma inércia térmica fraca, com I_t igual a 101,01 Kg/m².

3.7. Pontes Térmicas Lineares

Na fração em estudo tiveram-se em conta seguintes pontes térmicas lineares:

- Associadas à parede exterior;
- Associadas às paredes para ENU com $b_{tr} > 0,7$.

Para a determinação do valor do coeficiente de transmissão térmica linear (ψ), [$W/(m \cdot ^\circ C)$], é utilizada a tabela 07 do despacho 15793-K/2013.

Foram consideradas as seguintes pontes térmicas lineares:

- **Pontes térmicas lineares associadas à parede Exterior**
 - Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia - $\psi = 0,25 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 41,94 [m]$
 - Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso - $\psi = 0,60 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 19,58 [m]$
 - Fachada com varanda - $\psi = 0,60 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 6,09 [m]$
 - Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com teto falso - $\psi = 0,17 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 25,67 [m]$
 - Duas paredes verticais em ângulo saliente - $\psi = 0,10 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 8,70 [m]$

- **Pontes térmicas lineares associadas às paredes para ENU com $btr > 0,7$**
 - Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso - $\psi = 0,60 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 0,95 [m]$
 - Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com teto falso - $\psi = 0,17 [W/(m \cdot ^\circ C)]$; $B = 0,95 [m]$

3.8. Ventilação

A renovação do ar interior é indispensável para o bem-estar dos habitantes, tendo em consideração a qualidade do ar interior e diminuindo a possibilidade de existir algumas patologias na habitação, nomeadamente condensações superficiais. Em contrapartida, esta renovação do ar interior pode traduzir-se em grandes perdas na estação de aquecimento.

Tal como acontece com os elementos da envolvente, a taxa de renovação do ar, R_{ph} , em h^{-1} , deve cumprir o requisito de qualidade imposto pelo regulamento, o qual obriga a que a taxa de renovação do ar interior seja igual ou superior a $0,40 h^{-1}$.

A determinação da taxa de renovação do ar interior é realizada através de uma folha de cálculo fornecida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), sendo o processo de cálculo dividido pelas seguintes etapas [31]:

- 1º. Elaborar o enquadramento geral do edifício;
- 2º. Estudar a permeabilidade ao ar da envolvente;
- 3º. Identificar as aberturas de admissão de ar na fachada, caso existam;
- 4º. Estudar as condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta;
- 5º. Analisar a insuflação e exaustão de ar por meios mecânicos de funcionamento prolongado, caso existam;
- 6º. Estudar a exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa);
- 7º. Identificar a existência de um *by-pass* ao recuperador de calor, caso exista.

Para a determinação da taxa de renovação do ar interior na estação do caso em estudo, teve-se em conta os seguintes parâmetros:

- A habitação situa-se na região B e rugosidade tipo I, pois encontra-se a menos de 5 km da costa do mar e situa-se no interior de uma zona urbana;
- Existe uma abertura de admissão do ar na fachada, na casa de banho, do tipo fixa ou regulável manualmente e com uma área de abertura 45 cm²;
- Conduta de ventilação natural na casa de banho;
- Existe um meio de exaustão por meios mecânicos, na cozinha, funcionamento descontínuo (14 horas por dia), apresentando um caudal nominal de 85 m³/hora

Com estas parametrizações obtém-se uma taxa de renovação do ar interior de 0,48 h⁻¹, revelando um valor satisfatório, uma vez que o valor mínimo é 0.4 h⁻¹, como já foi referido anteriormente.

3.9. Requisitos Energéticos Específicos

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o estabelecido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo de energia útil para aquecimento (N_i).

A razão entre o valor de N_{ic} de um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, calculado de acordo com o previsto pela DGEG e o valor de N_i depende do ano de construção do mesmo, de acordo com os seguintes critérios:

- Para construções anteriores a 1960 pode tomar qualquer valor;

- Para construções entre 1960 e 1990 não pode exceder 1,25;
- Para construções após 1990 não pode exceder 1,15.

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o estabelecido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo de energia útil para arrefecimento (N_v). A razão entre o valor de N_{vc} de um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, calculado de acordo com o previsto pela DGEG e o valor de N_v depende do ano de construção do mesmo, de acordo com os seguintes critérios:

- Para construções anteriores a 1960 pode tomar qualquer valor;
- Para construções entre 1960 e 1990 não pode exceder 1,25;
- Para construções após 1990 não pode exceder 1,15.

O valor das necessidades nominais anuais de energia primária (N_{tc}) de um edifício de habitação novo, calculado de acordo com o definido pela DGEG, não pode exceder o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (N_t). A razão entre o valor de N_{tc} de um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, calculado de acordo com o previsto pela DGEG e o valor de N_t não pode exceder 1,50.

Todos os cálculos necessários para obter as necessidades nominais de energia na estação de aquecimento, arrefecimento e globais, são mostrados no Anexo I.

3.9.1. Necessidades nominais de energia útil de aquecimento e verificação regulamentar

O valor das necessidades nominais de aquecimento, N_{ic} , é determinado segundo a Equação (3.6) [42].

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad (3.6)$$

Em que:

$Q_{tr,i}$ - Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente da habitação, em kWh;

$Q_{ve,i}$ – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, em kWh;

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, em m².

A partir da Equação (3.7) é possível calcular as perdas pela envolvente ($Q_{tr,i}$), resultantes da diferença de temperatura entre o interior e o exterior [42].

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (3.7)$$

O $H_{tr,i}$, expresso pela equação (3.8), corresponde ao coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, que é o resultado da soma de todas as perdas que ocorrem pela envolvente, nomeadamente pela envolvente exterior, H_{ext} , em contacto com ENU, H_{enu} , com edifícios adjacentes, H_{adj} e em contacto com o solo, H_{ecs} [42].

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (3.8)$$

Neste caso de estudo não existe transferência de calor através de elementos em contacto com o solo nem em contacto com edifícios adjacentes.

O Coeficiente de transmissão de calor através de elementos em contacto com o exterior é calculado através da Equação (3.9)[42]:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_j \cdot B_j] \quad (3.9)$$

Em que:

U_i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente, em W/(m².°C);

A_i – Área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício, em m²;

Ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j , de acordo com o despacho nº 15793-K/2013, em W/(m.°C);

B_j - Desenvolvimento linear da ponte térmica linear j medido pelo interior, em m.

O Coeficiente de transmissão de calor através de elementos em contacto com ENU é calculado através da Equação (3.10) [42]:

$$H_{enu;adj} = b_{tr} \times \left(\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\Psi_j \cdot B_j] \right) \quad (3.10)$$

De referir que apenas serão contabilizadas as pontes térmicas lineares para espaços não úteis com valor de b_{tr} superior a 0,7, como é o caso da lavandaria neste caso de estudo.

As perdas térmicas resultantes da renovação do ar interior na estação de aquecimento, $Q_{ve,i}$, são expressas pela Equação (3.12) [42].

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad (3.12)$$

Em que:

$H_{ve,i}$ - Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, W/°C.

O parâmetro $H_{ve,i}$ é calculado segundo a Equação (3.13) [42].

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d \quad (3.13)$$

Em que:

$R_{ph,i}$ - Taxa nominal horária de renovação do ar interior calculada de acordo com o despacho 15793-K/2013, em h^{-1} .

Na estação de aquecimento, os ganhos térmicos úteis originam dois tipos diferentes de ganhos térmicos: associados a fontes internas de calor ($Q_{int,i}$) e ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar ($Q_{sol,i}$) pelos vãos envidraçados, como é mostrado na Equação (3.14) [42].

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times (Q_{int,i} + Q_{sol,i}) \quad (3.14)$$

Em que:

η_i - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;

$Q_{int,i}$ - Ganhos térmicos internos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, em kWh;

$Q_{sol,i}$ - Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, em kWh.

O fator de utilização dos ganhos térmicos é calculado de acordo com o parâmetro γ , presente na Equação (3.15), bem como da classe de inércia térmica do edifício, parâmetro α .

$$\gamma = \frac{Q_{int,i} + Q_{sol,i}}{Q_{tr,i} + Q_{ve,i}} \quad (3.15)$$

O parâmetro α é igual aos seguintes valores:

- I. 1,8 – Correspondente a edifícios com inércia térmica fraca, em W/°C;
- II. 2,6 – Correspondente a edifícios com inércia térmica média, em W/°C;
- III. 4,2 – Correspondente a edifícios com inércia térmica forte, em W/°C.

Neste caso, atendendo a que a Inércia térmica é fraca, o parâmetro assume o valor de 1,8.

Assim, o γ é obtido de acordo com as seguintes equações:

a) Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$

$$\eta_i = \frac{1 - \gamma^\alpha}{1 - \gamma^{\alpha+1}} \quad (3.16)$$

b) Se $\gamma = 1$

$$\eta_i = \frac{a}{a + 1} \quad (3.17)$$

c) Se $\gamma < 0$

$$\eta_i = \frac{1}{\gamma} \quad (3.18)$$

Os ganhos internos incluem todas as fontes de calor situadas no espaço a aquecer (metabolismo, equipamentos e iluminação), excluindo o sistema de aquecimento. Para a determinação destes ganhos é utilizada a Equação (3.19) [42].

$$Q_i = 4 \times M \times A_p \times 0,72 \quad (3.19)$$

Os ganhos solares através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento, $Q_{sol, i}$, resultam da Equação (3.20) [42].

$$Q_{sol, i} = G_{Sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n (F_{s, i, n, j} \times A_{s, i, n, j})] \times M \quad (3.20)$$

Em que:

G_{Sul} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, em kWh/(m².mês);

X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições;

$F_{s, i, n, j}$ – Fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

$A_{s, i, n, j}$ – Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com orientação j na estação de aquecimento, em m²;

n – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com orientação j ;

j – Índice que corresponde a cada uma das orientações;

O X_j , fator de orientação para as diferentes exposições é obtido da Tabela 19 do Despacho nº 15793-I/2013.

Tabela 19 - Fator de orientação para as diferentes exposições

Orientação do vão (j)	NE/NW	SE/SW	H
X_j	0,33	0,84	0,89

O valor da área efetiva coletora, $A_{s,i}$, é obtida através da Equação (3.20), resultando numa multiplicação entre a área total do vão envidraçado (vidro e caixilharia), A_w , e a fração envidraçada, F_g , obtida através do regulamento e do fator solar de inverno, g_i [42].

$$A_{s,i_n_j} = A_w \times F_g \times g_i \quad (3.20)$$

Com o procedimento de cálculo explicado anteriormente e com os resultados obtidos através da folha de cálculo *PTNZE*, os valores das necessidades de energia para aquecimento estão mencionados na Tabela 20.

Tabela 20 - Verificação regulamentar na estação de aquecimento

Parâmetro	N_{ic} kWh/(m ² .ano)	N_i kWh/(m ² .ano)	N_{ic}/N_i	Requisito
Necessidades de energia para aquecimento	38,40	53,50	0,72	Sem requisitos

Pela tabela anterior é possível verificar que as necessidades nominais de aquecimento são inferiores às necessidades nominais máximas, N_i . Como se trata de um edifício construído antes de 1960, não tem requisitos de necessidades nominais de energia útil para aquecimento. Ainda assim, se tivesse de cumprir o valor máximo de 1,25 ou 1,15 para a razão entre o valor de N_{ic} e N_i , cumpria.

É de salientar que o valor de N_i deve ser calculado, para cada fração, de acordo com a metodologia definida no REH e nas suas portarias complementares, nomeadamente considerando que as soluções construtivas adotadas são as que apresentam um coeficiente de transmissão de referência.

3.9.2. Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento e verificação regulamentar

As necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento do edifício são obtidas pela Equação (3.21) [42].

$$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v}}{A_p} \quad (3.21)$$

Em que:

η_v - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

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

O η_v é obtido através do mesmo procedimento mostrado no subcapítulo 3.9.1.3, sendo que apenas se substitui os valores referentes à estação de aquecimento pelos da estação de arrefecimento.

A transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento é expressa pela Equação (3.26) e resulta do efeito da diferença de temperatura entre a temperatura interior de conforto, 25°C e a temperatura média exterior durante os 4 meses desta estação [42].

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,929 \quad (3.26)$$

Em que:

$H_{tr,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, em W/°C;

$\theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência, igual a 25 °C;

$\theta_{v,ext}$ - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento, em °C;

O $H_{tr,v}$ é igual ao coeficiente na estação de aquecimento, excluindo a transferência de calor entre edifícios adjacentes.

A Equação (3.27) corresponde à transferência por ventilação na estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$ [42].

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times 2,928 \quad (3.27)$$

$$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \quad (3.28)$$

Em que:

$H_{ve,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por renovação do ar interior na estação de arrefecimento, em W/°C;

$R_{ph,v}$ - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento, em h⁻¹.

A $R_{ph,v}$ considerada para a estação de arrefecimento foi de 0.48 h⁻¹.

Os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, $Q_{g,v}$, resultam da radiação solar incidente nos vãos envidraçados + envolvente exterior opaca, $Q_{sol,v}$, e das fontes internas de calor, $Q_{int,v}$, dados pela Equação (3.29) [42].

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (3.29)$$

Os ganhos devidos às fontes internas durante toda a estação de arrefecimento calculam-se segundo a Equação (3.30) [42].

$$Q_{int,v} = 4 \times A_p \times 2,928 \quad (3.30)$$

Resultantes da radiação solar que incide na envolvente opaca e na envolvente envidraçada, os ganhos solares durante a estação de arrefecimento, $Q_{sol,v}$, são calculados segundo a Equação (3.31) [42].

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[I_{solj} \sum_n F_{s,vnj} \cdot A_{s,vnj} \right] \quad (3.31)$$

Em que:

I_{solj} - Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento, em kWh/m²;

$A_{s,v n j}$ - Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j , em m^2 ;

j - Índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;

n - Índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j ;

$F_{s,v n j}$ - Fator de obstrução da superfície do elemento n , com a orientação j .

Segundo a Equação (3.32), é calculada a área efetiva coletora da radiação solar de cada vão envidraçado .

$$A_{s,v n j} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \quad (3.32)$$

Em que:

A_w - Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e o caixilho, em m^2 ;

F_g - Fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho nº 15793-I/2013 do presente regulamento;

g_v - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

Através da Equação (3.33), é calculada a área efetiva coletora através da envolvente opaca exterior.

$$A_{s,v n j} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad (3.33)$$

Em que:

α - Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca.

Neste caso, para a contabilização dos ganhos pela cobertura em desvão, foi considerado o valor de F igual a 1. Esse cálculo pode ser verificado em anexo, na folha de cálculo "D.1 – Ganhos Solares".

Com o procedimento de cálculo explicado anteriormente e com os resultados obtidos através da folha de cálculo *PTNZE*, os parâmetros mencionados anteriormente são sintetizados na Tabela 21.

Tabela 21 - Verificação regulamentar na estação de arrefecimento

Parâmetro	N_{vc} kWh/(m ² .ano)	N_v kWh/(m ² .ano)	N_{vc}/N_v	Requisito
Necessidades nominais de energia para arrefecimento	9,90	9,10	1,08	Sem requisitos

Com isto, é possível verificar que as necessidades nominais de arrefecimento são superiores às necessidades nominais máximas de arrefecimento, N_v , no entanto, como este edifício foi construído antes de 1960, não há requisitos de desempenho na estação de arrefecimento.

3.9.3. Energia para preparação de AQS

A energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias durante um ano é calculada através da Equação (3.34) [42].

$$Q_a = (M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d) / 3600000 \quad (3.34)$$

Em que:

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência, em litros;

ΔT - aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, sendo considerado 35 °C;

n_d - representa o número anual de dias de consumo de AQS, sendo considerado 365 dias.

Calculado através da Equação (3.35), o consumo médio diário de referência relaciona o número de ocupantes convencionais, com os gastos unitários de águas de cada ocupante, 40 l, e com a eficiência hídrica dos chuveiros, f_{eh} [42].

$$M_{AQS} = 40 \cdot n_d \cdot f_{eh} \quad (3.35)$$

$$Q_a = \frac{120 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 1782,96 \frac{kWh}{ano}$$

3.9.4. Necessidades nominais de energia primária e verificação regulamentar

O valor das necessidades nominais de energia primária, N_{tc} , é resultante da soma entre várias necessidades de energia, aquecimento (N_{ic}), para arrefecimento (N_{vc}), para a produção de águas quentes sanitárias (Q_a/A_p) e para a ventilação mecânica (W_{vm}/A_p), subtraindo ainda a contribuição das fontes de energia renováveis ($E_{ren,p}/A_p$) e considerando os equipamentos utilizados, nomeadamente a sua eficiência e fonte de energia. Assim, as necessidades nominais de energia primária são calculadas através da Equação (3.36) [42].

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad (3.36)$$

Em que:

N_{ic} - Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo equipamento k, em kWh/(m².ano), sendo considerado o sistema split (ar condicionado);

$f_{i,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para o aquecimento, supridas pelo sistema k, sendo considerado o sistema split (ar condicionado);

N_{vc} - Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo equipamento k (eletricidade), em kWh/(m².ano), sendo considerado o sistema split (ar condicionado);

$f_{v,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para o arrefecimento, supridas pelo sistema k , sendo considerado o sistema split (ar condicionado);

Q_a - Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo equipamento k , em kWh/ano, sendo considerado o termoacumulador elétrico;

$f_{a,k}$ - Parcela das necessidades de energia útil para a produção de AQS, supridas pelo sistema k , sendo considerado o termoacumulador elétrico;

η_k - Eficiência do sistema k ; que toma o valor de 1 no caso dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que se deve ser usada a eficiência real do sistema;

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 , incluindo apenas a energia consumida, em kWh/ano;

W_{vm} - Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, em kWh/ano;

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ - Fator de conversão de energia útil em energia primária, em kWhEP/kWh;

δ - Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N_{vc}) em que pode tomar o valor de 0 sempre que o fator de utilização dos ganhos térmicos seja superior ao respetivo valor de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

Os fatores de conversão de energia útil em energia primária estão presentes no Despacho nº 15793-D/2013, sendo 2,5 kWhEP/kWh para eletricidade e 1 kWhEP/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e para energia térmica de origem renovável [42].

Relativamente aos equipamentos, considerou-se o equipamento split (sistema por defeito) para aquecimento e arrefecimento, com eficiência nominal (η) de 3,1 e 3,5,

respetivamente. Para produção de águas quentes sanitárias foi considerado um termoacumulador elétrico (sistema por defeito) com $\eta_a = 0,95$.

$$N_{tc} = \frac{N_{ic} \cdot f_i \cdot F_{pu,i}}{\eta_k} + \frac{N_{vc} \cdot f_v \cdot \delta \cdot F_{pu,v}}{\eta_k} + \frac{f_a \cdot \frac{Q_a}{A_p} \cdot F_{pu}}{\eta_k} + \frac{W_{vm} \cdot F_{pu}}{A_p} = 96,00 + 8,25 + 64,84 + 9,08 = 178,20 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Assim, valor das necessidades nominais de energia primária da habitação em análise, resultaram no valor de 178,20 kWh_{EP}/(m².ano), valor obtido através da folha de cálculo usada neste caso de estudo (*PTNZEB*), sendo possível observar no Anexo I as respetivas folhas de cálculo referentes ao cálculo de todos os parâmetros das necessidades de energia.

Visto que o objetivo é determinar o efeito que cada fonte de energia renovável provoca na determinação da classe energética do edifício em estudo, esta obtenção do valor das necessidades de energia primária foi considerada a “solução inicial”.

Os valores das necessidades de primária estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Verificação regulamentar das necessidades de energia primária

Parâmetro	N_{tc} kWh _{EP} /(m ² .ano)	N_t kWh _{EP} /(m ² .ano)	N_{tc}/N_t	Requisito
Necessidades de energia primária	178,20	213,39	0,83	Cumpre

Posto isto, a habitação em questão apresenta uma classe da classe energética de B⁻, pois o quociente entre N_{tc} e N_t é igual 0,83, como se pode verificar na acima, e por isso, cumpre o regulamento que obriga a que os edifícios sujeitos a grandes intervenções tenham classe de eficiência energética no mínimo C.

Como visto pela classe de eficiência energética obtida, o edifício não tem um rácio de eficiência propriamente baixo, devendo-se principalmente ao facto de as necessidades nominais de arrefecimento serem ligeiramente superiores às necessidades nominais de arrefecimento de referência.

3.10. Aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019, de 18 de julho

Como já foi referenciado no subcapítulo 2.3.3, para a aplicar os requisitos do Decreto-Lei 95/2019 relativamente ao comportamento térmico e eficiência energética, é necessário seguir a metodologia da Portaria n.º 297/2019, que é utilizada nas operações de reabilitação de edifícios.

Para aplicar a metodologia, é necessário começar por identificar qual é o tipo de operação de reabilitação em função do tipo de edifício e do custo da intervenção.

Então, para determinar o custo, foi consultada a Portaria n.º 303/2019 de 12 de setembro, que fixa os custos-padrão, definidos por tecnologia, sistema, ou elemento construtivo que permitem quantificar o custo das intervenções para operações de reabilitação. Como no projeto foi instalado o sistema de ar condicionado, verificamos que apenas com a instalação desse sistema, o custo será de 300€/m². Sendo uma habitação coletiva, assumiu-se então que se trata de uma operação de reabilitação do tipo Z.

3.10.1. Soluções construtivas – Nova verificação regulamentar

No que diz respeito à limitação do U, na Tabela 3 verificou-se que os valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica (1,70 para paredes, 0,80 para coberturas e 4,5 para os vãos envidraçados) são mais benevolentes que os valores máximos definidos anteriormente e assim estão a cumprir os requisitos. Com estes novos valores máximos, existe a vantagem de as paredes não necessitarem de tanta espessura de isolamento térmico.

Ainda assim, através dos seguintes cálculos é possível saber qual a espessura de isolante que seria necessária para atingir o valor máximo do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca:

- **ParE1**

$$\frac{1}{1,70} = 0,04 + \frac{0,3}{2,8} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{0,035} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13 \Leftrightarrow Esp(lã\ de\ rocha) = 0.9\ cm$$

A solução definida inicialmente exigia 8 cm de lã mineral.

- **Parl1**

$$\frac{1}{1,70} = 0,13 + \frac{0,026}{0,25} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{0,035} + \frac{0,026}{0,25} + 0,13 \Leftrightarrow Esp(lã\ de\ rocha) = 0,7\ cm$$

A solução definida inicialmente exigia 10 cm de lã mineral.

- **Parl2**

$$\frac{1}{1,70} = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,3}{2,8} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{0,035} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13 \Leftrightarrow Esp(lã\ de\ rocha) = 0,5\ cm$$

A solução definida inicialmente exigia 8 cm de lã mineral.

- **Cobl1**

$$\frac{1}{0,80} = 0,10 + \frac{0,022}{0,23} + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{0,035} + 0,154 + 0,16 + \frac{Esp(lã\ de\ rocha)}{0,035} + \frac{0,013}{0,25} + 0,10$$

$$\Leftrightarrow Esp(lã\ de\ rocha) \approx 3\ cm\ (2\ placas\ de\ cerca\ de\ 1,5\ cm)$$

A solução definida inicialmente exigia duas placas de 4 cm de lã mineral.

Verificando os valores obtidos, com a aplicação dos novos coeficientes de transmissão térmica máximos, a espessura de isolante colocar é muito inferior à anterior.

O novo U para os vãos envidraçados será de 4,5 [W/(m²°C)].

De acordo com esta nova portaria, as pontes térmicas lineares são contabilizadas de forma expedita, ou seja, são excluídos os valores do B e ψ (psi) e serão contabilizadas multiplicando o U pelo fator de agravamento. Assim, multiplicou-se o U da envolvente opaca pelo respetivo fator, que está indicado no Quadro IV da presente Portaria 297/2019. Na Tabela 24 é possível verificar quais os U adotados.

Tabela 24 - Novos valores dos U

Elemento	U	Fator	U.Fator
ParE1	1,7	1,2	2,04
Parl1	1,7	1,2	2,04
Parl2	1,7	1,2	2,04
Cobl1	0,8	1,2	0,96

Em relação ao fator solar, na Tabela 4 do subcapítulo 2.3.3 é possível verificar os novos valores definidos na Portaria 297/2019. No entanto, como se pode verificar na tabela seguinte, os vãos envidraçados com a configuração original cumprem os valores máximos para o fator solar. É de notar que neste quadro acrescentou-se os vãos envidraçados com orientação ao quadrante norte, pois o novo Decreto-Lei já prevê fatores solar máximos para os mesmos.

Tabela 23 - - Fatores solares dos vão envidraçados

Localização	Tipo de solução	Orientação	g_T	F_o	F_f	$g_T.F_o.F_f$	A_{env}/A_{pav}	Valor máximo		Verificação
								$g_{Tmax}^* \cdot 0.15 / (A_{env}/A_{pav})$	g_{Tmax}	
Cozinha/Sala	VenE1	N	0,04	1	1	0,04	0,12		0,40	Verifica
Cozinha/Sala	VenE1	N	0,04	1	1	0,04	0,12		0,40	Verifica
Cozinha/Sala	VenE1	N	0,04	1	1	0,04	0,12		0,40	Verifica
Cozinha/Sala	VenE1	E-S	0,04	0,86	0,98	0,03	0,12		0,15	Verifica
Quarto 1	VenE1	E-S	0,04	0,86	0,97	0,03	0,33	0,05		Verifica
Quarto 2	VenE1	E-S	0,04	0,86	0,93	0,03	0,35	0,04		Verifica
Quarto 2	VenE2	E-S	0,04	1,00	1,00	0,04	0,35	0,04		Verifica
WC	VenE2	E-S	0,04	1,00	1,00	0,04	0,26	0,06		Verifica

3.10.2. Critérios mínimos de ventilação

Aplicando a metodologia da Portaria 297/2019, é necessário efetuar algumas alterações no que diz respeito à ventilação. São exigidos critérios de ventilação mínimos no inverno, definidos na norma NP 1037 -1.

Consultando o Quadro 3 da referida norma, visto que a habitação está a 9 metros acima do solo, se situa na região B e a rugosidade tipo I, a classe exposição ao vento é 1.

Em paredes de fachada com exposição ao vento correspondente à classe Exp 1, as aberturas de admissão de ar podem ser de secção constante (aberturas não reguláveis) de área útil da ordem de grandeza indicada no quadro 5 da presente norma. Com isto,

definiu-se na folha de cálculo da ventilação do LNEC, grelhas admissão de ar (colocadas na própria caixilharia) nos quartos com 35 cm² e na sala com 70 cm².

Relativamente às aberturas de evacuação de ar e visto que a casa de banho tem banheira, a evacuação de ar tem de ter um caudal de 45 m³/h. Assim, consultando o Quadro 8 na norma NP 1037 -1, admitiu-se uma grelha de evacuação de ar com 120 cm² de área útil e consultando o Quadro 13, admitiu-se uma conduta circular de evacuação de ar com 320 cm².

Posto isto, obteve-se um novo valor da taxa de renovação do ar interior de 0,92 h⁻¹, sendo superior ao valor obtido sem a aplicação do requisito de ventilação previsto no Decreto-Lei 95/2019.

3.10.3. Necessidades de energia - Verificação regulamentar

Com a aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019, os valores das necessidades de energia para aquecimento são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Verificação regulamentar na estação de aquecimento com a aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019

Parâmetro	N _{ic} kWh/(m ² .ano)	N _i kWh/(m ² .ano)	N _{ic} / N _i	Requisito
Necessidades nominais de energia para aquecimento	84,40	53,50	1,57	Sem requisitos

Como se pode verificar, o valor de N_{ic} subiu consideravelmente com a aplicação dos novos requisitos. Isto deve-se ao facto das perdas por transmissão, Q_{tr,i} e por ventilação Q_{ve,i} terem aumentado bastante comparativamente ao valor inicial. Os coeficientes de transmissão dos elementos da envolvente são bastante superiores e a taxa de renovação de ar também quase que duplicou.

É importante também comparar as perdas lineares da solução inicial, que foram contabilizadas por $\psi.B$, pelas perdas lineares contabilizadas através dos U.áreas neste subcapítulo. Na solução inicial, o valor resultante das perdas térmicas lineares ($\psi.B$) foi de 31,12 (W/°C) para a envolvente exterior e 0,73 (W/°C) para a envolvente interior, resultando num valor de H_{tr,i} igual a 99,90 (W/°C) . Com a aplicação dos novos requisitos,

as perdas lineares a serem contabilizadas pelos U.áreas, resultou num valor de 160,63 (W/°C) para $H_{tr,i}$.

Relativamente aos valores das necessidades de energia para arrefecimento, são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Verificação regulamentar na estação de arrefecimento com a aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019

Parâmetro	N_{vc} kWh/(m ² .ano)	N_v kWh/(m ² .ano)	N_{vc}/N_v	Requisito
Necessidades nominais de energia para arrefecimento	13,65	9,10	1,50	Sem requisitos

Como se pode verificar, as necessidades de energia para arrefecimento subiram um pouco. Isto deve-se principalmente ao facto do novo valor η_v ter diminuído, pois o valor de $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$ aumentou e o valor de $Q_{g,v}$ diminuiu, o que faz com o o valor do $(1 - \eta_v)$ seja maior.

Visto que um dos objetivos deste caso de estudo é comparar o rácio da classe energética sem a aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019 e com a aplicação dos requisitos, na tabela seguinte é mostrado o rácio com a aplicação dos requisitos do mais recente Decreto-Lei.

Tabela 27 - Verificação regulamentar das necessidades de energia primária com a aplicação dos requisitos do Decreto-Lei 95/2019

Parâmetro	N_{tc} kWh _{EP} /(m ² .ano)	N_t kWh _{EP} /(m ² .ano)	N_{tc}/N_t	Requisito
Necessidades de energia primária	296,29	213,39	1,38	Cumpre

$$N_{tc} = \frac{N_{ic} \cdot f_i \cdot F_{pu,i}}{\eta_k} + \frac{N_{vc} \cdot f_v \cdot \delta \cdot F_{pu,v}}{\eta_k} + \frac{f_a \cdot \frac{Q_a}{A_p} \cdot F_{pu}}{\eta_k} + \frac{W_{vm} \cdot F_{pu}}{A_p} = 211 + 11,37 + 64,84 + 9,08 = 296,29 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Como o valor do N_{tc} aumentou bastante, faz com que o rácio da classe energética aumente, neste caso, para 1,38 e passe a ser classe C.

Analisando os valores obtidos, é de notar que a aplicação do Decreto-Lei 95/2019 faz com que as necessidades de energia aumentem. No entanto, existe a vantagem de que

os novos requisitos não são tão exigentes em relação aos anteriores, o que incentiva a reabilitação de edifícios.

3.11. Aplicabilidade das Energias Renováveis

De forma a analisar a contribuição que diferentes equipamentos de aproveitamento de energia renovável têm na determinação da classe de eficiência energética, neste subcapítulo será realizado um estudo dos sistemas de aproveitamento de energias renováveis que podem ser instalados nesta habitação.

Devido há impossibilidade de instalação de alguns sistemas, como por exemplo de energia geotérmica, de produção de energia elétrica com base em mini-hídricas e energia eólica, atendendo à localização da habitação, procedeu-se à análise de sistemas de aproveitamento de energia solar para a produção de águas quentes sanitárias (sistema solar térmico) e para a produção de energia elétrica (sistema solar fotovoltaico). O objetivo também passa por analisar a aplicabilidade das fontes de energias renováveis mais convencionais em edifícios de habitação.

3.11.1. Sistema solar térmico

Os sistemas solares térmicos têm como fonte de energia o sol e conseguem aquecer a água durante quase todo o ano, tendo como princípio de funcionamento o efeito de estufa, tornando-se assim no sistema mais simples, eficiente e económico para o aquecimento das águas quentes sanitárias.

Este sistema funciona através da transformação da luz solar em calor aproveitável, pela superfície do painel, onde o fluido circula. Em sistemas do tipo termossifão, o fluido circula de forma natural através das diferenças de densidade entre a água fria e a água quente. No sistema de circulação forçada, a água é transportada com a ajuda de uma bomba através de tubos devidamente isolados, até ao depósito de água quente, sendo que não está localizado perto dos coletores. Assim, a água quente fica disponível num depósito acumulador. O material isolante deste, impede o arrefecimento da água, sendo

possível utilizar a água quente através da energia solar em períodos onde não existe sol, como por exemplo, durante a noite.

Para se determinar a energia produzida por um sistema solar térmico, usou-se o *software* "SCE.ER" do LNEC.

Visto que os sistemas de coletores solares térmicos a instalar numa habitação devem produzir tanto ou mais energia que o valor obtido para o sistema constituído por coletores padrão, as características do coletor padrão, são apresentadas na Tabela 28 e Tabela 29 [43].

Tabela 28 - Características técnicas do coletor solar padrão

Parâmetro	Valor
Área de abertura [m ²]	0,75
Rendimento ótico [%]	73
Coeficiente de perdas a1 [W/m ² .K]	4,12
Coeficiente de perdas a2 [W/m ² .K ²]	0,014

Tabela 29 - Contribuição dos sistemas solares térmicos padrão do tipo termossifão ou circulação forçada

Parâmetro	Termossifão	Circulação forçada
Número de coletores	3	3
Área coletora total [m ²]	4,5	5,3
Localização do depósito	Exterior	Interior
Capacidade do depósito [l]	200	200
Posição do depósito	Horizontal	Vertical
Apoio	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico
Energia fornecida [kWh/ano]	752	1221

Após a análise dos resultados da tabela anterior, é necessário dimensionar um sistema capaz de produzir a mesma ou mais energia face aquela apresentada na Tabela 21 para os diferentes sistemas. Para efeitos de dimensionamento, foram utilizados os coletores da marca "BAXI", modelo STS 200 2.0 (termossifão) e JUNKERS FKt-2S (circulação forçada), com principais características exibidas na Tabela 30.

Tabela 30 - Características técnicas dos coletores solares da marca "Junkers"

Parâmetro	STS 200 2.0	FKC-2S
Área de abertura [m ²]	1,92	2,55
Rendimento ótico [%]	74	81
Coefficiente de perdas a1 [W/m ² .K ⁻¹]	3900	3480
Coefficiente de perdas a2 [W/m ² .K ⁻²]	0,013	0,016

A energia produzida pelos sistemas anteriormente referidos, com auxílio do programa "SCE.ER" é exibida na Tabela 31, sendo que esta é a contribuição que cada sistema irá promover na determinação da nova classe de eficiência energética. Os relatórios dos sistemas criados pelo programa são apresentados em anexo, tanto para o sistema termossifão como para o sistema de circulação forçada.

No sistema termossifão seria ideal usar 4 coletores solares, para a energia fornecida se aproximar do máximo aproveitável (1782,96 [kWh/ano]). No entanto, tal não é possível, pois um kit de sistema termossifão só pode conter no máximo 3 coletores.

Tabela 31 - Contribuição dos sistemas solares térmicos do tipo termossifão ou circulação forçada

Parâmetro	Termossifão	Circulação forçada
Número de coletores	3	3
Área coletora total [m ²]	5,76	7,28
Localização do depósito	Exterior	Interior
Capacidade do depósito [l]	200	200
Posição do depósito	Horizontal	Vertical
Apoio	Termoacumulador elétrico	Termoacumulador elétrico
Energia fornecida [kWh/ano]	1252	1611

A determinação da classe de eficiência energética com a utilização deste tipo de sistemas é apresentada na Tabela 32.

Tabela 32 - Classe de eficiência energética com sistema solar térmico

Parâmetro	Solução base	Termossifão	Circulação forçada
Necessidades nominais de energia primária [kWhEP/(m ² .ano)]	178,20	118,20	115,70
Necessidades nominais de energia máximas [kWhEP/(m ² .ano)]	213,40	213,04	213,40
Rácio de eficiência energética	0,83	0,55	0,54
Classe de eficiência energética	B⁻	B	B

Com a energia fornecida tanto pelo sistema termossifão como pelo sistema de circulação forçada, as necessidades nominais de energia primárias desceram consideravelmente para ambos os sistemas, fazendo com que o rácio de eficiência energética diminuísse igualmente, e por isso, a classe energética passou de B⁻ para B.

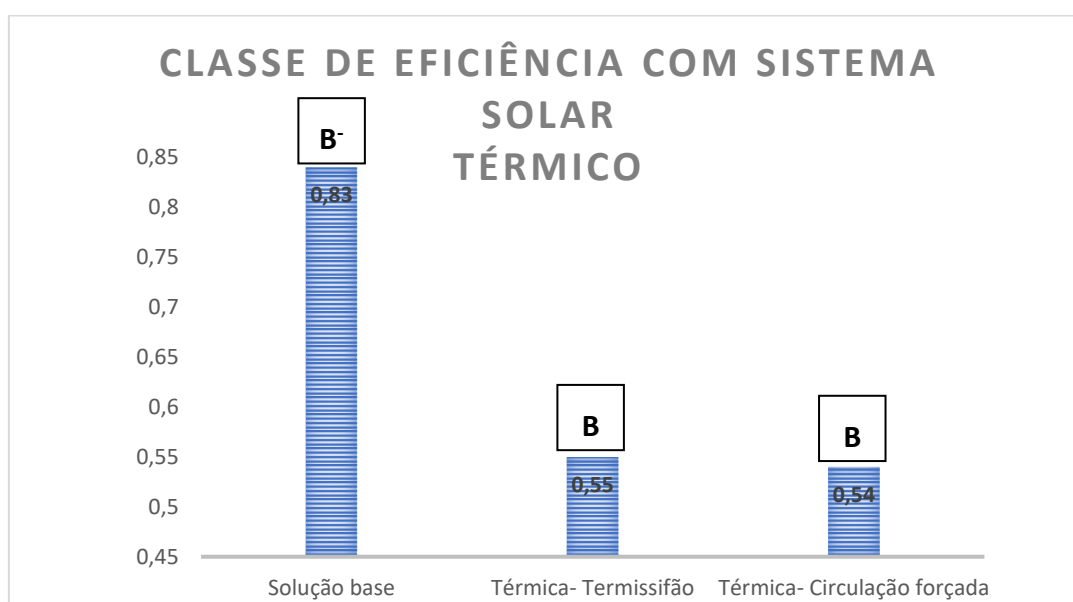


Figura 22 - Classe de eficiência com sistema solar térmico

Como se pode verificar no gráfico acima, os sistemas apresentados são idênticos em termos de contribuição de energia e determinação de classe energética, visto que a diferença no rácio de eficiência energética é mínima entre os ambos. Comparando com a solução base, apresenta um valor do rácio da eficiência energética cerca de 30% inferior.

3.11.2. Sistema solar fotovoltaico

Sendo também o sol a fonte de energia dos sistemas solares fotovoltaicos, estes têm como função a produção de energia elétrica. A luz solar é composta por partículas minúsculas (fotões), que possuem energia e criam tensão elétrica ao embater nos painéis. Ao entrarem em contacto com os painéis, os fotões transferem a sua energia para os eletrões presentes nos átomos de silício forçando a sua deslocação. Este fenómeno denomina-se “efeito fotovoltaico” e tem semelhanças com um jogo de snooker. No entanto, uma dispersão dos eletrões não é suficiente para criar uma corrente elétrica: é preciso que o movimento seja contínuo e sempre para o mesmo lado. As propriedades do silício permitem assegurar a circulação de energia [43].

O desempenho energético dos painéis fotovoltaicos varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo a eficiência de conversão da ordem dos 15%. O nosso país, devido às suas características climáticas, possui excelentes condições para a conversão fotovoltaica, com índices de produção entre 1 e 1,7 kWh por ano, por cada Wp instalado [43].

Tratando-se de um projeto de reabilitação de uma habitação em que não é possível obter consumos reais de energia elétrica para o dimensionamento correto de um sistema solar fotovoltaico, o sistema analisado é constituído por 3 módulos de 335 Wp cada, e por isso, uma potência total de 1,005 kWp. A energia produzida por este sistema fotovoltaico será apenas para aquecimento e arrefecimento da habitação.

Os módulos fotovoltaicos utilizados são os módulos comercializados pela marca “Upsolar”, modelo UP-M335P, com as suas principais características apresentadas na Tabela 33.

Tabela 33 - Principais características dos módulos fotovoltaicos BYD

Dados Técnicos	BYD P6C-30-SERIES-4BB
Rendimento [%]	17,3
Tensão em vazio [V]	47
Corrente curto circuito [A]	9,22
Tensão nominal [V]	37,3

Corrente nominal [A]	8,98
Potência nominal [W]	335

Da energia produzida pelo sistema fotovoltaico, só uma fração dessa energia será consumida. Com recurso ao *software* "SCE.ER" obteve-se uma previsão da produção média mensal para o sistema constituído por 3 módulos. Em anexo encontra-se disponível o relatório obtido pelo "SCE.ER", onde se pode verificar não só a produção, mas também outros dados relativos ao sistema fotovoltaico.

Para determinar o consumo de energia por ano, para aquecimento e arrefecimento, são efetuados os seguintes cálculos:

- Aquecimento

$$N_{ic} = 38,40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Valor dos consumos para aquecimento por ano = $38,40 \times 43,42$ (área) = 1667,3 kWh/ano

Visto que na folha de cálculo usada (PTNZEB) foi assumida a eficiência nominal de 3,1 para o sistema split: $\frac{1667,3}{3,1} = 537,83$ kWh/ano

Como a habitação se situa na região do Grande Porto, a estação de aquecimento tem a duração de 6,3 meses, começando em outubro e acabando em abril.

Então,

$$\text{Energia necessária para aquecimento por mês} = \frac{537,83}{6,3} = 86,7 \text{ kWh/mês}$$

- Arrefecimento

$$N_{vc} = 9,90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Valor dos consumos para arrefecimento por ano = $9,90 \times 43,42$ (área) = 429,8 kWh/ano

Valor dos consumos para arrefecimento por ano (com eficiência do sistema split) = $\frac{429,85}{3,5} = 122,81$ kWh/ano

Duração da estação de arrefecimento: 4 meses (Junho até Setembro).

Então,

$$\text{Energia necessária para arrefecimento por mês} = \frac{122,81}{4} = 30,7 \text{ kWh/mês}$$

Após a realização destes cálculos, é possível saber a quantidade de energia que será consumida em cada mês, na habitação em estudo. Na tabela 34 são mostrados os valores da produção, consumo e energia contabilizada em cada mês.

Tabela 34 – Estimativa da produção do sistema fotovoltaico e consumo elétrico da habitação

Mês	Produção de energia [kWh]	Consumo de energia [kWh]	Energia contabilizada [kWh]
Janeiro	46	86,7	46
Fevereiro	59	86,7	59
Março	84	86,7	84
Abril	91	26	26,4
Maio	100	0	0
Junho	107	30,7	35,8
Julho	109	30,7	35,8
Agosto	106	30,7	35,8
Setembro	92	30,7	35,8
Outubro	69	86,7	69
Novembro	51	86,7	51
Dezembro	34	86,7	34
Total	948	669	512,6

Com a tabela acima, pode-se verificar que cerca de 70% da energia produzida pelo sistema fotovoltaico será realmente consumida. Isto deve-se ao facto de haver pouca produção fotovoltaica nos meses de inverno e de haver produção excessiva no verão, o que faz com que haja sempre energia desperdiçada, uma vez que não há armazenamento da mesma. No gráfico seguinte, são apresentadas as curvas de produção e consumo.

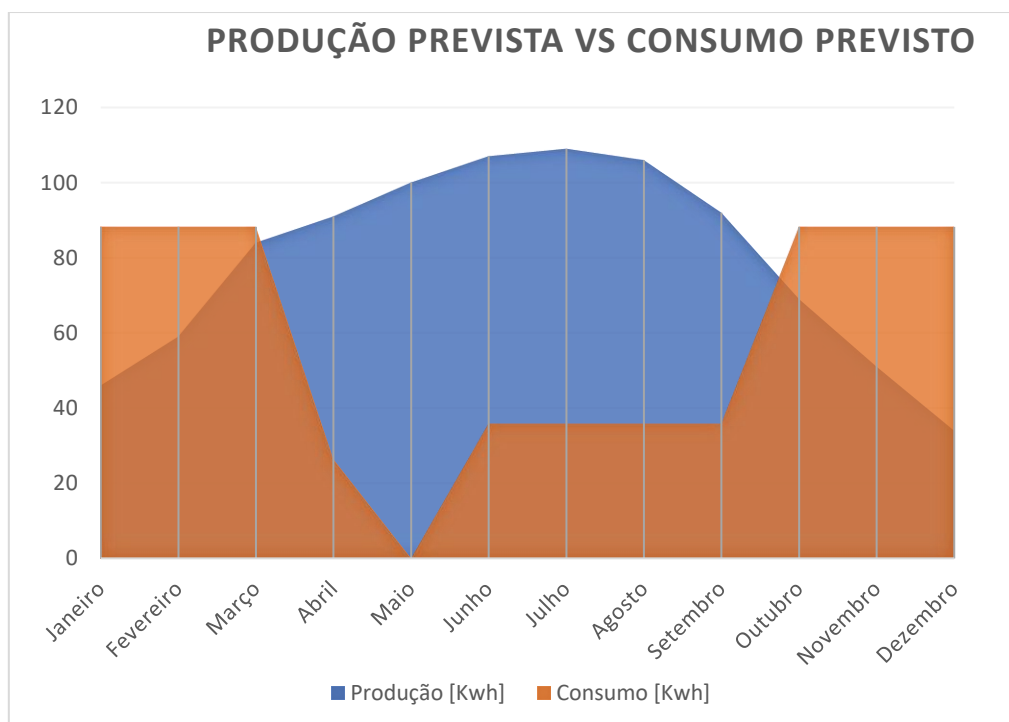


Figura 23 - Produção estimada vs Consumo estimado

Com o consumo obtido pela tabela anterior, é possível estimar a nova classe de eficiência energética da habitação, presente na Tabela 35, com a instalação deste tipo de sistema. Face aos resultados obtidos, o sistema solar fotovoltaico indica uma redução de 12% no rácio de eficiência energética e assim a classe passa a ser B, como se pode verificar na Figura 24.

Tabela 35 - Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico

Parâmetro	Solução base	Sistema fotovoltaico
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	178,20	153,70
Necessidades nominais de energia primária máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	213,40	213,40
Rácio de eficiência energética	0,83	0,72
Classe de eficiência energética	B⁻	B

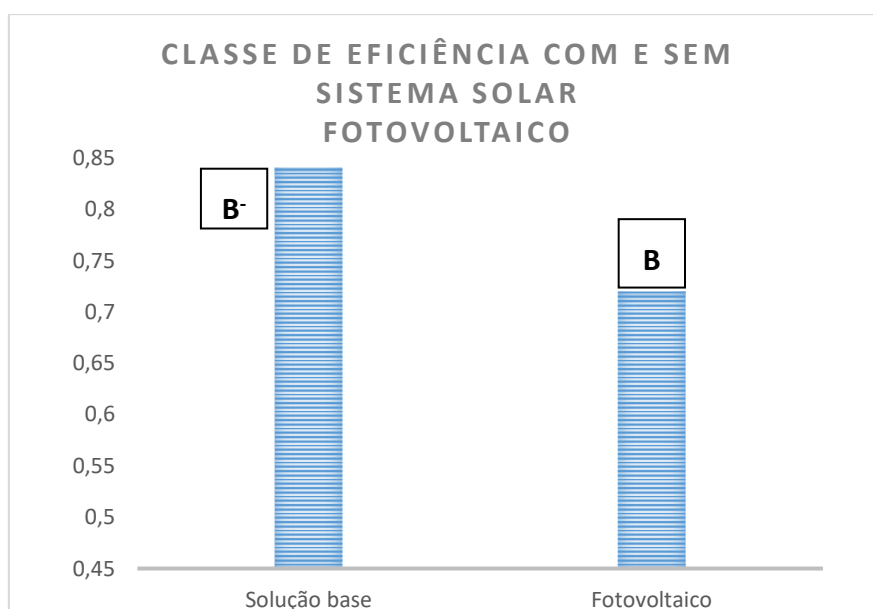


Figura 24 - Classe de eficiência energética com sistema solar fotovoltaico

3.11.3. Sistema solar térmico e sistema solar fotovoltaico

Como se pode verificar nos dois pontos anteriores, tanto o sistema solar térmico como o sistema solar fotovoltaico ajudam melhorar a classe energética da habitação em estudo. Ainda assim, a incorporação destes dois sistemas em simultâneo poderá ser mais eficaz para diminuir as necessidades nominais de energia primária, obtendo provavelmente uma classe energética ainda melhor da que foi obtida com cada sistema analisado anteriormente. Com isto, na PTNZEB adicionou-se os valores relativos ao

sistema solar térmico termossifão e o sistema solar fotovoltaico apresentados antes e obteve-se a classe energética apresentada na Tabela 36.

Tabela 36 - Classe de eficiência energética com sistema solar térmico e sistema solar fotovoltaico

Parâmetro	Solução base	Térmico + Fotovoltaico
Necessidades nominais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	178,20	93,3
Necessidades nominais de energia primária máximas [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	213,40	213,4
Rácio de eficiência energética	0,83	0,44
Classe de eficiência energética	B⁻	A

De facto, a implementação dos dois sistemas solares em simultâneo na habitação reflete-se numa melhoria significativa da classe energética. Como é demonstrado na Tabela anterior, a classe energética passou a ser A, melhorando 40% em relação à solução base. No gráfico seguinte é possível verificar a diferença entre as duas soluções.

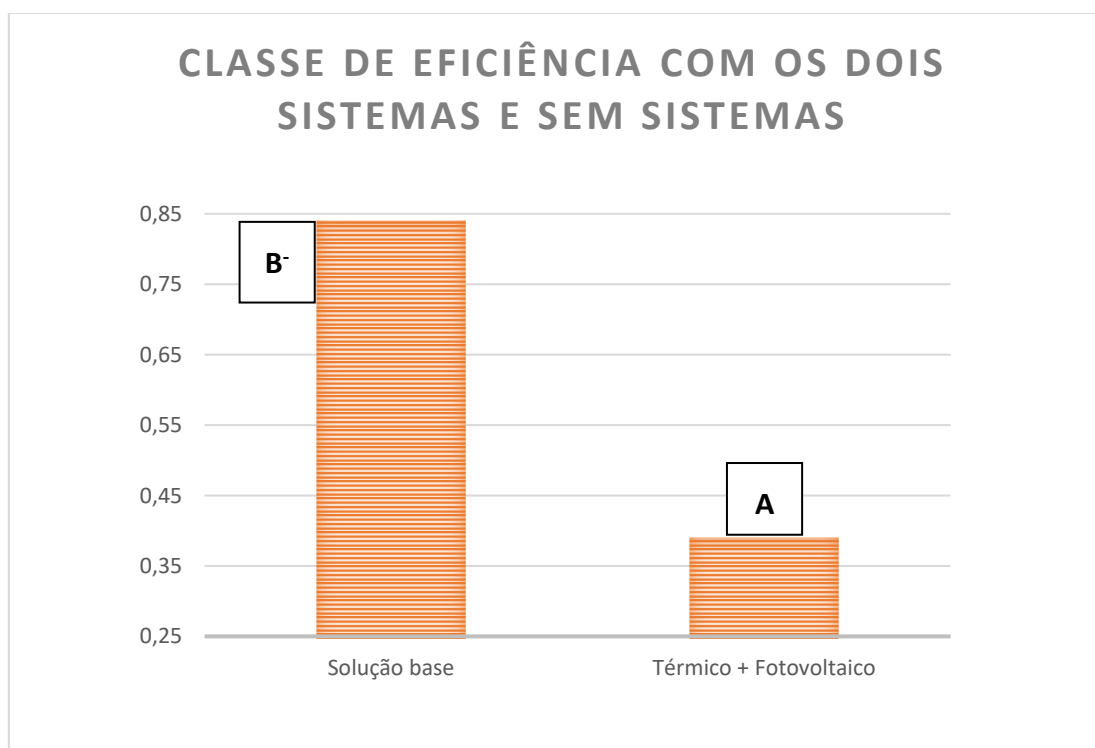


Figura 25 - Classe de eficiência com os dois sistemas e sem sistemas

3.11.4. Análise dos resultados

Os valores obtidos com a utilização dos sistemas estudados estão representados na Figura 26. O sistema que traduz maior contribuição para a determinação da nova classe de eficiência energética é o sistema solar térmico do tipo circulação forçada, traduzindo uma diminuição do rácio de eficiência energética em 30%. Pelo contrário, o sistema que origina menor contribuição é aquele que apenas tem como função a produção de eletricidade, o sistema fotovoltaico, que apenas diminui o rácio em 12%. Se for possível implementar o sistema solar térmico com o sistema solar fotovoltaico em simultâneo consegue-se a maior contribuição para a classe energética. No entanto, o uso dos dois sistemas implica um investimento financeiro elevado quando comparado com apenas um sistema de energia solar, sendo que não é tão comum.

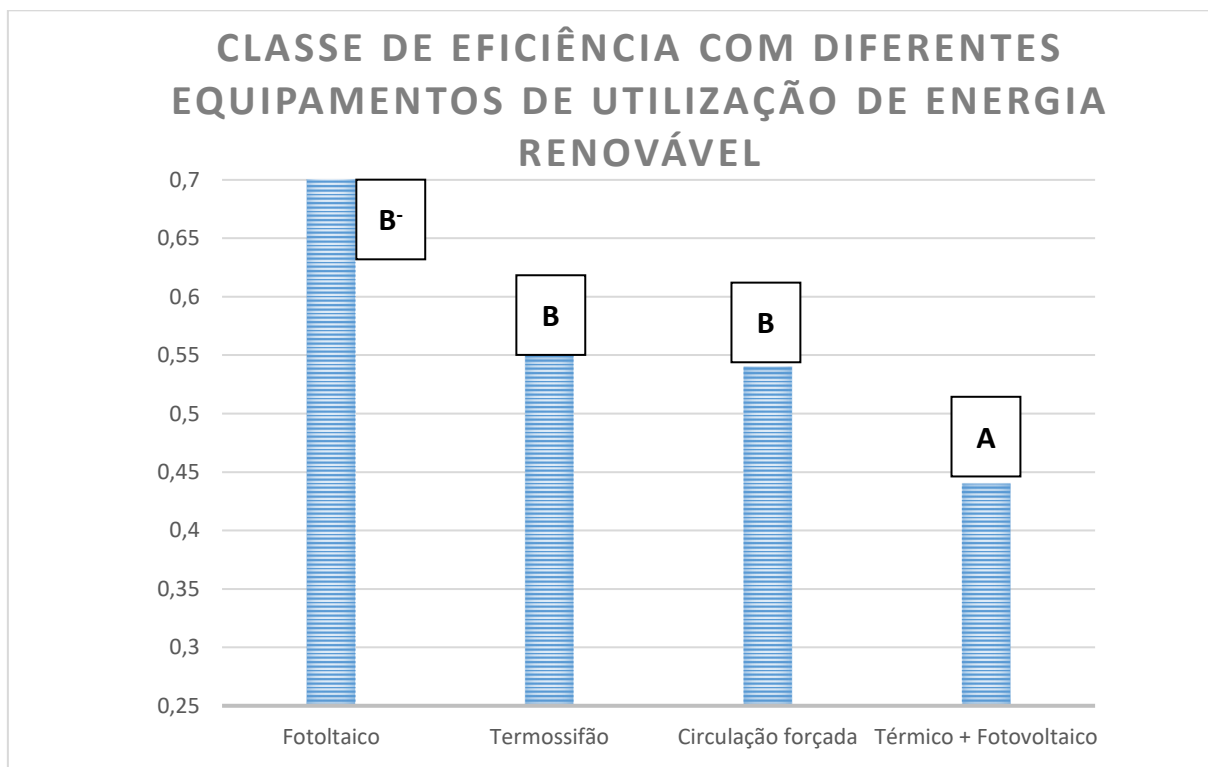


Figura 26 - Classe de eficiência energética com sistemas de energia renovável

4. ANÁLISE ECONÓMICA

Para se proceder à análise económica de cada sistema de energia renovável apresentado no capítulo anterior, é necessário saber o investimento a efetuar para cada uma das soluções propostas. Posto isto, começou-se por realizar uma análise de investimento por cada ponto percentual que é diminuído no rácio da eficiência energética, relativamente à solução inicial, com vista a apurar qual dos sistemas necessita de menos investimento para aumentar a classe energética da habitação em estudo.

Na Tabela 37 são apresentados os preços de cada sistema, sendo que apenas foi possível saber o preço dos equipamentos sem o custo de instalação.

Tabela 37 - Investimentos necessários a instalação de cada sistema e diminuição percentual

Sistema	Investimento	Diminuição percentual
	€	%
Solar térmico- Termossifão	1015	28
Solar térmico- Circulação forçada	1455	29
Fotovoltaico	1550	11

A Figura 27 mostra o investimento a realizar em cada sistema, por cada ponto percentual.

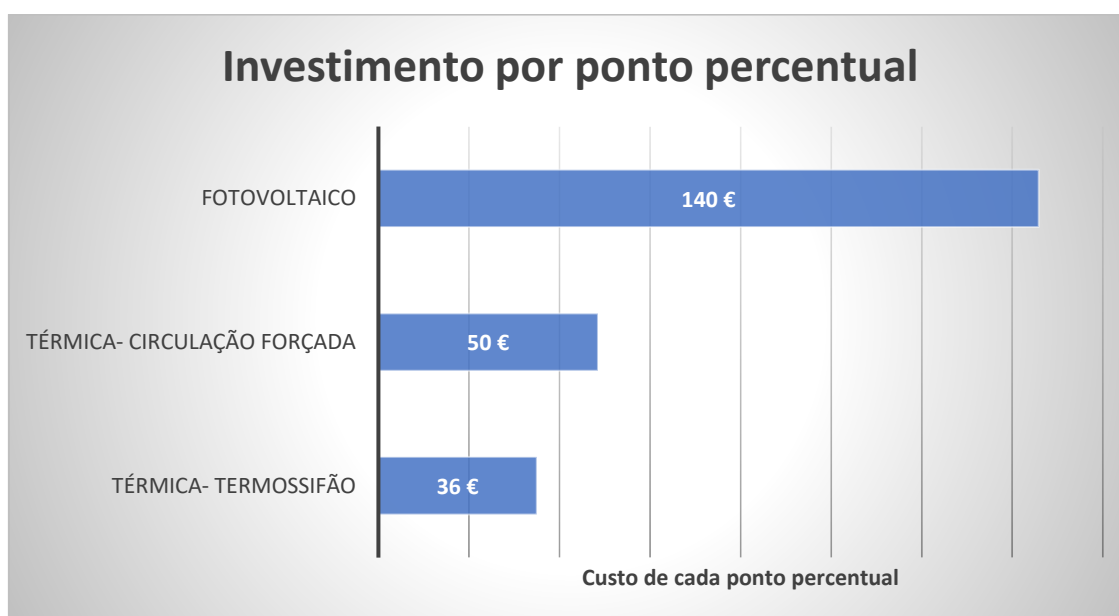


Figura 27 - Investimento por ponto percentual

Analisando gráfico anterior, verifica-se que o sistema que necessita de menos investimento em termos financeiros, com vista a melhorar a classe de eficiência energética, é o sistema solar térmico termossifão, pois cada ponto percentual que o sistema contribui para a eficiência energética tem o custo de 36€. O sistema com menor viabilidade em relação ao investimento por ponto percentual é o sistema fotovoltaico, pois é necessário um investimento elevado e a sua contribuição não é muito significativa, com um custo por ponto percentual de 140€. O facto ser um sistema em que parte da energia que produz nunca é consumida, faz também com que o investimento neste tipo de sistemas não seja tão viável como os sistemas solar térmicos.

Ainda em relação à análise económica de cada sistema de energia renovável, o período de retorno (PR) do investimento é importante quando se pretende tomar a decisão correta em termos financeiros.

O período de retorno ou *payback period* é o tempo necessário para que os custos com a instalação de um sistema de produção de energia solar se paguem e, desde esse momento, o investimento comece a dar lucro. Para efetuar o cálculo, é preciso saber o custo do investimento e dividi-lo pela poupança produzida todo mês. A fórmula para isso é [45]:

$$PR \text{ (meses)} = \frac{\text{Custo do investimento (€)}}{\text{energia produzida } \left(\frac{kWh}{\text{mês}}\right) \times \text{valor da tarifa } \left(\frac{€}{kWh}\right)} \quad (4.1)$$

O valor da tarifa da eletricidade que foi considerado neste caso foi de 0,1442 €/kWh, comercializado pela EDP no ano de 2020, tendo em consideração o caso específico do preço da eletricidade na opção de horário simples para uma potência contratada de 4,6 kVA, sendo o mais recomendável para este caso de estudo ([46], [47]).

Da energia produzida anualmente através de cada sistema solar, já mostrado anteriormente, dividiu-se por 12 meses a fim de se obter uma média de energia produzida mensalmente. O custo do investimento de cada tecnologia também já foi apresentado acima.

Assim, foi possível calcular o período de retorno do investimento para cada um dos sistemas analisados, como se pode verificar na Tabela 38.

Tabela 38 - Período de retorno para cada sistema solar

Sistema	Custo do investimento €	Energia produzida kWh/mês	Valor da tarifa €/kWh	Período de retorno meses	Período de retorno anos
Solar - Termossifão	1015	104,3	0,1442	67	5 anos e 7 meses
Solar - Circulação forçada	1455	134,2		75	6 anos e 3 meses
Fotovoltaico	1550	78,58		136	11 anos e 4 meses
Termossifão + Fotovoltaico	2565	182,8		97	8 anos

Analisando a tabela acima, verifica-se que o tempo necessário para que os custos da instalação de um sistema de produção de energia solar comecem a dar lucro, variam significativamente. Entre os sistemas estudados, o sistema solar térmicos são os que tem um período de retorno menor, sendo que o de circulação forçada demora 6 anos e 3 meses a ter retorno do investimento e o sistema solar térmico termossifão demora 5 anos e 7 meses. O sistema solar fotovoltaico analisado é o que apresenta um período de retorno bem superior, chegando aos 11 anos e 4 meses. Em relação ao período de retorno dos dois sistemas instalados em simultâneo, é de 8 anos.

5. CONCLUSÃO

Para analisar a aplicabilidade que os sistemas de energia renovável têm na reabilitação urbana de edifícios de habitação, utilizou-se uma fração habitacional localizada no Porto e obteve-se a classe energética da habitação, sem a contribuição de energia renovável. Preenchendo a folha de cálculo *PTNZEB*, usada para este estudo, chegou-se então à solução base, obtendo a classe B⁻ de eficiência energética.

Feita a análise da solução base, procedeu-se à análise da classe energética com a implementação das energias renováveis, introduzindo na *PTNZEB* os dados relativos a cada sistema. Relativamente aos sistemas de produção de águas quentes sanitárias, o sistema solar térmico, tanto termossifão como circulação forçada, traduzem uma melhoria da eficiência energética da habitação em cerca de 30 pontos percentuais, o que corresponde a um incremento da classe de eficiência energética para B. A implementação de um sistema solar fotovoltaico traduz-se na diminuição de 12%, fazendo aumentar a classe energética igualmente para B. A solução que faz melhorar mais significativamente a classe energética da habitação em estudo é a implementação do sistema solar térmico e fotovoltaico em simultâneo, fazendo a classe subir para A, o que se revela bastante satisfatório quando comparado com as outras soluções apresentadas.

Em relação à análise económica da implementação de cada solução apresentada, mais propriamente do custo de investimento por ponto percentual, a preparação de AQS através de um sistema termossifão é mais económico que os restantes, pois, por cada ponto reduzido o investimento é de 36€. Relativamente ao período de retorno do investimento, revela que o sistema solar térmico do tipo termossifão é o que apresenta menos tempo, sendo 5 anos e 7 meses. Em ambas as análises económicas realizadas, verifica-se que o sistema solar fotovoltaico é o menos rentável de todos, apresentando um custo por ponto percentual de 140€ e 11 anos e 4 meses de período de retorno.

Comparando os dois sistemas para produção de AQS, o investimento no sistema termossifão é mais baixo e a instalação mais simples. Funciona de forma autónoma, sem recurso a bomba auxiliar para fazer a circulação do líquido. A manutenção é mais simples. O sistema de circulação forçada tem um rendimento superior, dado que a gestão da energia é mais eficaz por ser regulada através de um controlador diferencial.

O sistema solar fotovoltaico, por ser um sistema destinado a produzir apenas energia elétrica a partir de fontes renováveis, as suas necessidades nominais anuais de energia primária serão pouco diferentes das necessidades sem qualquer tipo de sistema, uma vez que, a energia produzida apenas traduzirá um aumento da eficiência e não uma minimização da energia necessária.

Assim, chegou-se à conclusão de que o sistema solar térmico é o mais rentável numa pequena habitação reabilitada. Ainda assim, é preferível optar por um sistema solar térmico do tipo termossifão em vez de circulação forçada, sendo que provavelmente este tipo de sistema será mais rentável numa habitação com mais ocupantes. Se houver disponibilidade financeira para a implementação em simultâneo de um sistema solar térmico e solar fotovoltaico, é garantido que em termos de eficiência energética, a habitação atinge o melhor nível.

O facto de a habitação inicial não ter uma boa classe de eficiência energética sem a contribuição de qualquer tipo de sistema de energia renovável, faz com que esta análise seja importante, verificando-se que a implementação deste tipo de sistemas faz realmente diminuir a classe energética, contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Note-se, no entanto, que a implementação destas soluções não interfere com o desempenho térmico das habitações e apenas contribuem para diminuir a fatura mensal de energia para aquecimento ou arrefecimento, produção de AQS e, eventualmente, ventilação mecânica.

No futuro, seria aconselhável o estudo da aplicabilidade das energias renováveis em outro tipo de edifícios, como edifícios destinados a indústria, outros edifícios de comércio e serviços ou habitações com grande número de ocupantes. Também seria pertinente o estudo de outros sistemas, como sistemas de produção de energia através de energia eólica e através de bombas de calor geotérmicas. São duas tecnologias com bastante desenvolvimento a nível mundial, pelo que poderão ter um impacto positivo significativo na eficiência energética de uma habitação.

REFERÊNCIAS

- [1] G. H. Brundtland, *Our common future*, Oxford: Oxford University Press, 1987.
- [2] P. França, “Aquecimento global e degradação da camada de ozono,” Porto, 2002.
- [3] Direção Geral de Energia e Geologia, “Edifícios,” Março 2020. [Online]. Available: <http://www.dgeg.gov.pt/>. [Acedido em 23 Março 2020].
- [4] Agência Portuguesa do Ambiente, “Alterações Climáticas,” [Online]. Available: www.apambiente.pt. [Acedido em 4 Abril 2020].
- [5] Comissão Europeia, “The EU climate and energy package,” 2012.
- [6] Agência Portuguesa do Ambiente, “Acordo de Paris,” [Online]. Available: <http://apambiente.pt/>. [Acedido em 29 Abril 2020].
- [7] LNEC; INE, “O Parque Habitacional e a sua Reabilitação,” 2013.
- [8] R. Machado, “Reabilitação de Edifícios visando a Eficiência Energética,” p. 5, Novembro 2014.
- [9] Jornal "Público", “CORONAVÍRUS,” 4 Abril 2020. [Online]. Available: <https://www.publico.pt/>. [Acedido em 30 Abril 2020].
- [10] Agência Portuguesa do Ambiente, “As alterações climáticas: A Cimeira do Rio e a UNFCCC,” [Online]. Available: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=49> 4. [Acedido em 18 Abril 2020].
- [11] Agência Europeia do Ambiente, “Quem somos. O que fazemos. Como fazemos.,” 2015.
- [12] D. Barroso, ““Europa 2020”: a estratégia europeia de crescimento,” em *Conselho Europeu informal*, 2012.

- [13] Comissão Europeia, “Preparing the ground for raising long-term ambition - EU Climate Action Progress Report 2019,” 2019.
- [14] Agência Europeia do Ambiente, “Share of renewable energy in gross final energy consumption in Europe,” 19 Dezembro 2019. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/>. [Acedido em 26 Abril 2020].
- [15] Eurostat, “Energy consumption in 2018,” 4 Fevereiro 2020. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/>. [Acedido em 27 04 2020].
- [16] E. S. Nicolás, “Why is EU off track for 2020 energy efficiency target?,” Euobserver, 11 Fevereiro 2020. [Online]. Available: <https://euobserver.com/>. [Acedido em 27 Abril 2020].
- [17] Comissão Europeia, “The 2030 climate and energy framework,” 2014. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/>. [Acedido em 26 Abril 2020].
- [18] United Nations, “Doha Amendment to the Kyoto Protocol,” *Adoption of Amendment*, 8 Dezembro 2012.
- [19] Conselho Europeu, “Acordo de Paris sobre as alterações climáticas,” [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/>. [Acedido em 29 Abril 2020].
- [20] Agência Europeia do Ambiente, “Adaptação às alterações climáticas,” 27 Novembro 2019. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/>. [Acedido em 2020 Abril 20].
- [21] Portal da Eficiência Energética, “Conceitos,” [Online]. Available: <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt>. [Acedido em 2020 Abril 21].
- [22] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013,” em *1ª série - N.º 70*, 2013.
- [23] Portugal Energia, “PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA 2021-2030,” [Online]. Available: <https://www.portugalenergia.pt/>. [Acedido em 2020 Abril 21].
- [24] Portugal Energia, “Setor Energético,” [Online]. Available: <https://www.portugalenergia.pt/>. [Acedido em 2020 Abril 21].

- [25] S. F. Tadeu, “Rentabilidade da Reabilitação Energética de Edifícios,” p. 26, 2015.
- [26] I. Sartori e H. A. G., “Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings;,” *Volume 39*, pp. 249-257, 2007.
- [27] T. C. Neto, “A Sustentabilidade como mais valia - uma abordagem do ponto de vista da Física das Construções,” em *2^{as} Jornadas da Especialização em Direção e Gestão da Construção*, 2015.
- [28] ADENE, “Guia SCE – Certificação Energética dos Edifícios,” 13 Março 2020. [Online]. Available: <https://www.sce.pt/>. [Acedido em 30 Abril 2020].
- [29] R. A. Machado, “Reabilitação de Edifícios visando a Eficiência Energética,” p. 29, 2014.
- [30] Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, “Tipos de certificado energético,” [Online]. Available: <https://www.sce.pt/>.
- [31] F. Henriques, “Reabilitação Térmica de Edifícios,” 2017.
- [32] S. Fernandes, “Projeto de reabilitação térmica de um edifício antigo em Viseu,” 2016.
- [33] M. Almeida, “Reabilitação Energética de Edifícios: Perspectiva da Engenharia Civil,” 25 Outubro 2012.
- [34] R. A. Machado, “Reabilitação de Edifícios visando a Eficiência Energética,” pp. 34-45, Novembro 2014.
- [35] LNEC; INH, *Guia técnico da Reabilitação Habitacional*, 2006.
- [36] Direção-Geral de Energia e Geologia, “Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais,” p. 34, Novembro 2004.
- [37] Republica Portuguesa, “Perguntas e respostas sobre reabilitar como regra,” 17 Setembro 2019. [Online]. Available: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=b49cece2-7a24-44fc-b5c2-01abe52d71d4>. [Acedido em 27 05 2020].

- [38] Presidência do Conselho de Ministros, “Decreto-Lei n.º 95/2019,” em *Diário da República n.º 136/2019, Série I de 2019-07-18*, 2019.
- [39] Ambiente e Transição Energética, “Portaria n.º 297/2019,” em *Diário da República n.º 172/2019, Série I de 2019-09-09*, 2019.
- [40] Ministério do Ambiente; Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia, “Despacho n.º 15793-F/2013,” em *Diário da República n.º 234/2013, 3º Suplemento, Série II de 2013-12-03*, 2013.
- [41] Ministério do Ambiente; Ordenamento do Território e Energia, “Portaria n.º 349-B/2013,” em *Diário da República n.º 232/2013, 1º Suplemento, Série I de 2013-11-29*, 2013.
- [42] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 80/2006,” em *Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04*, 2006.
- [43] P. Isolani, “Eficiência energética nos edifícios residenciais,” Maio 2008. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding_portuguese_guide_edificios_residenciais_pt.pdf. [Acedido em 2020 Junho 2].
- [44] Comissão Europeia, “Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios,” 2019.
- [45] Agência Portuguesa do Ambiente, “Relatório do Estado do Ambiente,” 2019.
- [46] Comissão Europeia, “Share of renewable energy sources in the EU Member States,” Eurostat, 2020.

ANEXO I – FOLHA DE CÁLCULO *PTNZEB*

- Imóvel- informação

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA REH		Topo da Folha	
✓ PROCESSO DE LICENCIAMENTO / AUTORIZAÇÃO DE EDIFICAÇÃO			
Região	Portugal Continental	Motivo da Certificação	Reabilitação / Intervenção (com ou sem processo camarário)
Início do processo	A partir de 1 de janeiro de 2016	(Data de início do processo de licenciamento ou de autorização de edificação)	
✓ TIPO DE EDIFÍCIO			
	Habitação		
✓ NATUREZA DA EMISSÃO			
Tipo de certificado	Pré-certificado		
Contexto da certificação	Grande Intervenção		
✓ DEFINIÇÃO DO ENQUADRAMENTO			
Enquadramento	Licença de edificação		
✓ IDENTIFICAÇÃO DO IMÓVEL			
Tipo de imóvel	Fração autónoma (com PH constituída)		
Tipo de fração	Privado		
Nome do Empreendimento			

LOCALIZAÇÃO

Código do Ponto de Entrega (CPE)			
Código postal	4450-592		
Concelho	Matosinhos		
Freguesia	União das Freguesias de Matosinhos e Leça da Palmeira		
Artéria	Guilherme Gomes Fernandes		
Porta	88,94,96,98 e 100	Alojamento	21
Altitude (m)	12	Rugosidade	interior de uma zona urbana
		Distância à costa	<5km
Coordenadas GPS	graus-minutos-segundos		Zonamento climático
(g-m-s) N	41	11	21,00
		(g-m-s) W	8 41 54,00
Latitude (graus decimais)	Longitude (graus decimais)		

IDENTIFICAÇÃO REGISTRAL

Conservatória omissa?	não		
Número da Conservatória	Conservatória do Registo Predial de	Matosinhos	Sob o n.º
			5115

CARATERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

Tipo de utilização	habitação	Possui elevador?	não
Número total de pisos do edifício	4	Altura do edifício (Hedif) (m)	12
O ano de construção é conhecido?	não	Ano aproximado	
		Período	anterior a 1918
		Localizado em zona granítica?	sim

CARATERÍSTICAS DA FRAÇÃO

Número total de pisos da fração	1	Altura da fração (HFA) (m)	9
Descrição dos pisos	2.º andar		Número de fachadas com aberturas (Nfach)
			2 ou mais
Situação face a outras frações	Entre pisos		Tipologia
			T2 (conforme consta da Caderneta Predial e
Dispõe de rede de gás?	não	Rede de AQS isolada?	sim

- Cálculo Btr's

CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO DE PERDAS b_{tr}

[Topo da Folha](#)

✓ Cálculo de acordo com a Tabela 22, do despacho n.º15793-K/2013

Designação	Tabela 22 do despacho n.º15793-K/2013		Solário, marquise, etc.
	Descrição	b_{tr}	
Adjacente	Edifício adjacente	0,6	não
Esp. btr=0,3	Circulação Comum	0,3	não
Esp. btr=1	Lavandaria piso 2; 0; 0; 0	1	não
			não
			não
			não
			não
			não
			não

- Elementos opacos - Paredes

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE PAREDES

Copiar

Topo da Folha

Parede exterior ParE1

Parede exterior, fluxo 'horizontal', constituída do exterior para o interior por: Reboco delgado armado; Parede de granito com espessura entre 0,3 a 0,4 m de espessura, espessura de 0,300m, resistência térmica de 0,107m²·°C/W; Pannel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C), espessura de 0,080m, resistência térmica de 2,286m²·°C/W; Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,013m, resistência térmica de 0,052m²·°C/W.

Tipo de elemento	Parede	Coefficiente de transmissão térmica superficial U [W/(m ² ·°C)]	0,38
Tipo de envolvente	exterior	Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	10
Designação do elemento	ParE1	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² ·°C)/W]	0,052
Sentido do fluxo	horizontal	Fator de redução da massa superficial r _i	1,00
Tipo de solução	Parede simples com isolamento térmico pelo interior		

face em contacto com o exterior
Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² ·°C)/W]	Descrição	m (kg/m ³)
	Resistência térmica superficial exterior - R_{se}		0,04		
Material homogéneos (genéricos)	Reboco delgado armado		0,000		0
Revestimento de paredes					
Material homogéneos (genéricos)	Parede de granito com espessura entre 0,3 a 0,4 m de espessura	0,300	0,107		750
Pedra natural "granito", incluindo juntas de assentamento, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2500kg/m ³ e 2700kg/m ³					
ISOVER (lã de vidro e lã de rocha)	Pannel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C)	0,080	2,286		0
ISOVER ECO 035, 80 mm (panel semi-rígido MW revestido c/ barreira ao vapor), lambda=0,035 W/(m·°C), 1350x600x80 mm					
Material homogéneos (genéricos)		0,013	0,052		10
Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³					

Parede exterior ParE2

Parede exterior, fluxo 'horizontal', constituída do exterior para o interior por: Reboco delgado armado; Pedra natural "granito", incluindo juntas de assentamento, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2500kg/m³ e 2700kg/m³, espessura de 0,150m, resistência térmica de 0,054m²·°C/W.

Tipo de elemento	Parede	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² ·°C)/W]	Coefficiente de transmissão térmica superficial U [W/(m ² ·°C)]	4,46
Tipo de envolvente	exterior		Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	150
Designação do elemento	ParE2		0,054	
Sentido do fluxo	horizontal		Fator de redução da massa superficial r _i	1,00
Tipo de solução	Parede simples sem isolamento térmico			

face em contacto com o exterior

Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² ·°C)/W]	Descrição	m (kg/m ²)
	Resistência térmica superficial exterior - R_{se}		0,04		
Materiais homogéneos (genéricos)	Reboco delgado armado		0,000		0
Revestimento de paredes					
Materiais homogéneos (genéricos)	Parede de granito com espessura entre 0,3 a 0,4 m de espessura	0,300	0,107		750
Pedra natural "granito", incluindo juntas de assentamento, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2500kg/m ³ e 2700kg/m ³					
ISOVER (lã de vidro e lã de rocha)	Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C)	0,080	2,286		0
ISOVER ECO 035, 80 mm (painel semi-rígido MW revestido c/ barreira ao vapor), lambda=0,035 W/(m·°C), 1350x600x80 mm					
Materiais homogéneos (genéricos)		0,013	0,052		10

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE PAREDES

Copiar

Topo da Folha

Parede interior Parl1

Parede interior, fluxo 'horizontal', constituída do espaço não útil (ENU) para o interior por: Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,026m, resistência térmica de 0,104m²·°C/W; Pannel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C), espessura de 0,100m, resistência térmica de 2,857m²·°C/W; Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,026m, resistência térmica de 0,104m²·°C/W.

Tipo de elemento	Parede	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² ·°C)/W]	Coeficiente de transmissão térmica superficial U [W/(m ² ·°C)]	0,30
Tipo de envolvente	interior		Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	20
Designação do elemento	Parl1		Fator de redução da massa superficial r _i	1,00
Sentido do fluxo	horizontal			
Tipo de solução	Parede dupla com isolamento térmico no espaço de ar			

face em contacto com outros espaços

Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² ·°C)/W]	Descrição	m (kg/m ²)
	Resistência térmica superficial exterior - R _{s,e}		0,13		
Materiais homogéneos (genéricos)		0,026	0,104		20
	Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³				
ISOVER (lã de vidro e lã de rocha)	Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C)	0,100	2,857		0
	ISOVER ECO 035, 100 mm (painel semi-rígido Mw revestido c/ barreira ao vapor), lambda=0,035 W/(m·°C), 1350x600x100 mm				
Materiais homogéneos (genéricos)		0,026	0,104		20
	Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³				

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE PAREDES

Copiar

Topo da Folha

Parede interior Parl2

Parede interior, fluxo 'horizontal', constituída do espaço não útil (ENU) para o interior por: Reboco tradicional de cimento ou cal, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 1800kg/m³ e 2000kg/m³, espessura de 0,020m, resistência térmica de 0,015m²·°C/W; Parede de granito com espessura entre 0,3 a 0,4 m de espessura, espessura de 0,300m, resistência térmica de 0,107m²·°C/W; Paineis de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C), espessura de 0,080m, resistência térmica de 2,286m²·°C/W; Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,013m, resistência térmica de 0,052m²·°C/W.

Tipo de elemento	Parede	Coefficiente de transmissão térmica superficial U [W/(m ² ·°C)]	0,37
Tipo de envolvente	interior	Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	10
Designação do elemento	Parl2	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² ·°C)/W]	0,052
Sentido do fluxo	horizontal	Fator de redução da massa superficial r _i	1,00
Tipo de solução	Parede simples com isolamento térmico pelo interior		

face em contacto com outros espaços

Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² ·°C)/W]	Descrição	m (kg/m ³)
	Resistência térmica superficial exterior - R_s		0,13		
Materiais homogéneos (genéricos)		0,020	0,015		36
	Reboco tradicional de cimento ou cal, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 1800kg/m ³ e 2000kg/m ³				
Materiais homogéneos (genéricos)	Parede de granito com espessura entre 0,3 a 0,4 m de espessura	0,300	0,107		750
	Pedra natural "granito", incluindo juntas de assentamento, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 2500kg/m ³ e 2700kg/m ³				
ISOVER (Lã de vidro e lã de rocha)	Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m·°C)	0,080	2,286		0
Materiais homogéneos (genéricos)		0,013	0,052		10
	Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³				

- Elementos opacos – Cobertura

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE COBERTURAS

Copiar

Topo da Folha

Cobertura interior Cobl1

Cobertura interior, fluxo vertical ascendente, constituída do espaço não útil (ENU) para o interior por: Madeira maciça "densa", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 870kg/m³, espessura de 0,022m, resistência térmica de 0,096m².°C/W; Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m.°C), espessura de 0,040m, resistência térmica de 1,143m².°C/W; Placa Osb, espessura de 0,020m, resistência térmica de 0,154m².°C/W; Espaço de ar não ventilado com espessura de 150mm, espessura de 0,220m, resistência térmica de 0,160m².°C/W; Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m.°C), espessura de 0,040m, resistência térmica de 1,143m².°C/W; Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,013m, resistência térmica de 0,052m².°C/W.

Tipo de elemento	Cobertura	Coefficiente de transmissão térmica superficial (fluxo ascendente) U [W/(m ² .°C)]	0,34
Tipo de envolvente	interior	Coefficiente de transmissão térmica superficial (fluxo descendente) U [W/(m ² .°C)]	0,32
Designação do elemento	Cobl1	Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	10
Sentido do fluxo	vertical ascendente	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² .°C)/W]	0,052
Tipo de solução	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior	Fator de redução da massa superficial r _i	1,00

face em contacto com outros espaços

Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² .°C)/W]		Descrição	m (kg/m ²)
	Resistência térmica superficial exterior - R_{s,e}			0,10		
Materiais homogéneos (genéricos)		0,022		0,096		17
Madeira maciça "densa", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 870kg/m ³						
Espaços de ar não ventilados	Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m.°C)	0,040	1,143	1,143		0
Materiais homogéneos (genéricos)	Placa Osb	0,020	0,154	0,154		0
Espaços de ar não ventilados		0,220		0,160		0
Espaço de ar não ventilado com espessura de 150mm						
Materiais homogéneos (genéricos)	Painel de Lã de Rocha com barreira para vapor e lambda de 0,035 W/(m.°C)	0,040	1,143	1,143		0
(Mw) Isolamento térmico em "lã de rocha", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 35kg/m ³ e 100kg/m ³						
Materiais homogéneos (genéricos)		0,013		0,052		10
Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³						

- Elementos opacos- Pavimento

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS

Copiar

Topo da Folha

Pavimento interior Pav1

Pavimento interior, fluxo 'vertical descendente', constituído do interior para o espaço não útil (ENU) por: Revestimento de piso (madeira, flutuante, cerâmico, pedra); Placa de OSB, espessura de 0,020m, resistência térmica de 0,154m².°C/W; Espaço de ar não ventilado com espessura de 150mm; (MW) Isolamento térmico em "lã de rocha", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 35kg/m³ e 100kg/m³, espessura de 0,040m, resistência térmica de 1,000m².°C/W; Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m³ e 1000kg/m³, espessura de 0,013m, resistência térmica de 0,052m².°C/W.

Tipo de elemento	Pavimento	Coefficiente de transmissão térmica superficial (fluxo descendente) U [W/(m ² .°C)]	0,57
Tipo de envolvente	interior	Coefficiente de transmissão térmica superficial (fluxo ascendente) U [W/(m ² .°C)]	0,64
Designação do elemento	Pav1	Massa superficial útil do elemento Ms _i (kg/m ²)	26
Sentido do fluxo	vertical descendente	Resistência térmica do revestimento superficial interior (incluindo eventual caixa de ar) R [(m ² .°C)/W]	
Tipo de solução	Pavimento com isolamento térmico pelo exterior	Fator de redução da massa superficial r _i	1,00

face em contacto com o interior da fração/edifício
Definição do elemento por camadas

Biblioteca	Camadas	Esp. (m)	R _t [(m ² .°C)/W]		Descrição	m (kg/m ²)
	Resistência térmica superficial interior - R_{si}			0,170		
Material homogéneo (genéricos)				0,000		0
Revestimento de piso (madeira, flutuante, cerâmico, pedra)						
Material homogéneo (genéricos)	Placa de OSB	0,020	0,154	0,154		0
Espaços de ar não ventilados						
				0,220		0
Espaço de ar não ventilado com espessura de 150mm						
Isolamentos térmicos (genéricos)		0,040		1,000		1
(MW) Isolamento térmico em "lã de rocha", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 35kg/m ³ e 100kg/m ³						
Material homogéneo (genéricos)		0,013		0,052		10
Placas de gesso cartonado, com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 1000kg/m ³						

- Elementos opacos – Porta

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE VÃOS OPACOS

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL DE VÃOS OPACOS

Designação do elemento	Tipo de envolvente	Descrição	U [W/(m ² ·C)]	
Prt1	interior	Porta, fluxo 'horizontal', constituída por: Madeira maciça "densa", com massa volúmica aparente seca compreendida entre 750kg/m ³ e 870kg/m ³ , espessura de 0,030m, resistência térmica de 0,130m ² ·°C/W.	2,56	

- Envidraçados

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL E FATOR SOLAR DE ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

[Base de dados](#)
[Copiar](#)
[Topo da Folha](#)

Envidraçado exterior VenE1

Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:
- caixilharia em madeira, com U_w máx de 2,40 W/(m²·°C) Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4

Posição	vertical	Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão (g_{i-v})	0,40	
Composição	simples	Fator solar do vão c/ dispositivos de proteção permanente (caso existam) (g_{TP})	---	
Ocupação noturna	importante	Fator solar do vão c/ dispositivos de proteção permanente (caso existam) e móveis totalmente ativados (g_i)	0,19	
Vidro plano?	sim	Fração envidraçada (F_g)	0,65	
Sujeito a Intervenção?	sim	Coefficiente de transmissão térmica superficial do vão sem dispositivo de oclusão noturna (U_w) [W/(m ² ·°C)]	2,4	
		Coefficiente de transmissão térmica superficial médio dia-noite do vão (U_{wdn}) [W/(m ² ·°C)]	1,8	

face em contacto com o exterior			
Proteção permanente	não existe		F. red (%)
Proteção móvel exterior			Cor clara
Descrição personalizada			Δr
Descrição			
Caixilharia 1 (solução)	Personalizada	Caixilharia em madeira	Quadricula não
Descrição personalizada	madeira, com U_w máx de 2,40 W/(m ² .°C)		U_w 2,4
Descrição	madeira, com U_w máx de 2,40 W/(m ² .°C)		
Vidro 1 (solução)	Personalizada	Vidro duplo	$g_{\perp vi}$ 0,4
Descrição personalizada	Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4		$g_{\perp vi}$ 0,40
Descrição	Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4		
Proteção móvel intermédia			Cor clara
Descrição personalizada			Δr
Descrição			
Caixilharia 2 (solução)			Quadricula
Descrição personalizada			U_w
Descrição			
Vidro 2 (solução)			$g_{\perp vi}$
Descrição personalizada			$g_{\perp vi}$
Descrição			
Proteção móvel interior	genérica	Portadas opacas	Cor clara
Descrição personalizada			Δr
Descrição	O sistema de proteção solar é constituído por 'Portadas opacas', de cor 'clara' (proteção móvel interior).		
face em contacto com o interior da fração/edifício			

Envidraçado exterior VenE2

Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:
- caixilharia em alumínio com corte térmico, com U_w máx de 2,40 W/(m².°C) Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4

Posição	vertical	Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão ($g_{\perp vi}$)	0,40	
Composição	simples	Fator solar do vão $c/$ dispositivos de proteção permanente (caso existam) (g_{TP})	0,36	
Ocupação noturna	importante	Fator solar do vão $c/$ dispositivos de proteção permanente (caso existam) e móveis totalmente ativados (g_T)	0,17	
Vidro plano?	sim	Fração envidraçada (F_g)	0,70	
		Coefficiente de transmissão térmica superficial do vão sem dispositivo de oclusão noturna (U_w) [W/(m ² .°C)]	2,4	
Sujeito a Intervenção?	sim	Coefficiente de transmissão térmica superficial médio dia-noite do vão (U_{win}) [W/(m ² .°C)]	1,8	

face em contacto com o exterior

Proteção permanente	existe	Janela gradada com grades metálicas fixas com secção 1 cm ² e malha de 5 cm	F. red (%)	10
Proteção móvel exterior			Cor	clara
Descrição personalizada			Δr	
Descrição				
Caixilharia 1 (solução)	Personalizada	Caixilharia em alumínio com corte térmico	Quadrícula	não
Descrição personalizada		alumínio com corte térmico, com U_w máx de 2,40 W/(m ² .°C)	U_w	2,4
Descrição		alumínio com corte térmico, com U_w máx de 2,40 W/(m ² .°C)		
Vidro 1 (solução)	Personalizada	Vidro duplo	$g_{\perp vi}$	0,4
Descrição personalizada		Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4	$g_{\perp vi}$	0,40
Descrição		Vidro duplo com facto solar máximo de 0,4		
Proteção móvel intermédia			Cor	clara
Descrição personalizada			Δr	
Descrição				

Caixilharia 2 (solução)		Quadrícula	
Descrição personalizada		U_w	
Descrição			
Vidro 2 (solução)		g_{i-vi}	
Descrição personalizada		g_{i-vi}	
Descrição			
Proteção móvel interior	genérica	Portadas opacas	Cor clara
Descrição personalizada			Δr
Descrição	O sistema de proteção solar é constituído por 'Portadas opacas', de cor 'clara' (proteção móvel interior).		
face em contacto com o interior da fração/edifício			

- Áreas horizontais

ÁREAS DA ENVOLVENTE HORIZONTAL DO EDIFÍCIO					
Piso	Compartimento - Espaço interior útil	Conta para Tn (n.º de ocupantes - AQS)?	A	Pd	A x Pd
		T1	(m ²)	(m)	(m ³)
2.º andar	Quarto 2	Sim	9,04	2,90	26,22
2.º andar	Hall		2,65	2,90	7,69
2.º andar	Quarto 1		7,47	2,90	21,66
2.º andar	Sala/cozinha		21,23	2,90	61,57

- Áreas verticais

ÁREAS DA ENVOLVENTE VERTICAL DO EDIFÍCIO										
Seleção	Opção		Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior
Prtl	« « « « Mostrar/Ocultar		ParE	ParE	ParE	ParE	ParE	ParE	ParE	ParE
Piso	Compartimento - Espaço interior útil	Pd	P1	P2	P3	P4				
		(m)	ParE1	ParE2	ParE1	ParE1				
			NW	NW	SW	SE				
2.º andar	IS	2,90				4,09				
2.º andar	Quarto 2	2,90			5,80	8,41				
2.º andar	Hall	2,90								
2.º andar	Quarto 1	2,90			7,25					
2.º andar	Sala/cozinha	2,90	11,48	8,91	5,77					

ÁREAS DA ENVOLVENTE VERTICAL DO			1	2	3	4	5	6	7	8
Seleção	Opção		Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior
Prtl	« « « « Mostrar/Ocultar		VenE-ParE2	VenE-ParE2	VenE-ParE2	VenE-ParE1	VenE-ParE1	VenE-ParE1	VenE-ParE1	VenE-ParE1
Piso	Compartimento - Espaço interior útil	Pd	P2	P2	P2	P3	P3	P3	P4	P4
		(m)	VenE1	VenE1	VenE1	VenE1	VenE1	VenE1	VenE2	VenE2
			NW	NW	NW	SW	SW	SW	SE	SE
2.º andar	IS	2,90								0,79
2.º andar	Quarto 2	2,90						2,36	0,79	
2.º andar	Hall	2,90								
2.º andar	Quarto 1	2,90					2,47			
2.º andar	Sala/cozinha	2,90	1,87	1,87	1,87	2,47				

ÁREAS DA ENVOLVENTE VERTICAL DO							
Seleção	Opção		ENU	ENU	ENU	ENU	ENU
Prtl	« « « « Mostrar/Ocultar		Parl	Parl	Prtl-Parl1	Prtl	Prtl
Piso	Compartimento - Espaço interior útil	Pd (m)	P1	P2	P1		
			Parl1	Parl2	Prtl1		
			Esp. btr=0,5	Esp. btr=1	Esp. btr=0,5		
2.º andar	IS	2,90	6,09	2,76			
2.º andar	Quarto 2	2,90					
2.º andar	Hall	2,90	5,31				
2.º andar	Quarto 1	2,90					
2.º andar	Sala/cozinha	2,90	7,66		2,43		

- Pontes térmicas lineares

PONTES TÉRMICAS LINEARES

PONTES TÉRMICAS LINEARES EXTERIORES

Configurações tipo:	B (m)	ψ [W/(m·°C)]	ψ_{ref} [W/(m·°C)]	Método	ψ [W/(m·°C)]	Localização do isolamento
Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	41,94	0,25	0,20	Valores tabelados		Interior
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	19,58	0,60	0,50	Valores tabelados		Interior
Fachada com varanda	6,09	0,60	0,50	Valores tabelados		Interior
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	25,67	0,17	0,50	Valores tabelados		Interior
Doas paredes verticais em ângulo saliente	8,70	0,10	0,40	Valores tabelados		Interior

PONTES TÉRMICAS LINEARES

PONTES TÉRMICAS LINEARES PARA A ENVOLVENTE INTERIOR COM $b_{tr} > 0,7$

Configurações tipo:	B (m)	ψ [W/(m·°C)]	ψ_{ref} [W/(m·°C)]	ENU	b_{tr}	Método	ψ [W/(m·°C)]	Localização do isolamento
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	0,95	0,60	0,50	Esp. btr=1	1	Valores tabelados		Interior
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	0,95	0,17	0,50	Esp. btr=1	1	Valores tabelados		Interior

- Inércia térmica

INÉRCIA TÉRMICA

[Topo da Folha](#)

Cálculo da inércia de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento

A classe de inércia térmica do edifício ou fração determina-se, de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento.

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, I_t , calcula-se através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M s_i \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$M s_i$ - Massa superficial útil do elemento i , (kg/m²)

r_i - Fator de redução da massa superficial útil do elemento i

S_i - Área da superfície interior do elemento i , (m²)

A_p - Área interior útil de pavimento, (m²)

$$\frac{\Sigma(Ms_i \cdot r_i \cdot S_i)}{A_p} = I_t$$

4548,51	÷	43,42	=	104,76
---------	---	-------	---	--------

Classe de inércia térmica	I_t (kg/m ²)
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

INÉRCIA TÉRMICA

Topo da Folha

EL1 - Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente

EL2 - Elementos em contacto com o solo

EL3 - Elementos de compartimentação interior da fração autónoma (parede ou pavimento)

Elementos	Ms_i (kg/m ²)	r_i	S_i (m ²)	$Ms_i \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)	Elementos	Ms_i (kg/m ²)	r_i	S_i (m ²)	$Ms_i \cdot r_i \cdot S_i$ (kg)
Elementos tipo EL1									
ParE1	10,00	1,00	33,92	339,20					
ParE2	150,00	1,00	3,30	495,00					
ParI1	20,00	1,00	0,00	0,00					
ParI2	10,00	1,00	2,76	27,60					
Cobl1	9,75	1,00	20,32	198,12					
PavI1	26,00	1,00	0,00	0,00					
ParEL1.1	20,00	1,00	10,06	201,26					
PavEL1.1	48,75	1,00	43,42	2116,73					
CobEL1.1	10,00	1,00	23,10	231,00					
Elementos tipo EL2									
Elementos tipo EL3									

- Requisitos mínimos

REQUISITOS MÍNIMOS I		Qualidade térmica	Proteção s
▼ 1 - QUALIDADE TÉRMICA DA ENVOLVENTE			
Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e vãos envidraçados, $U_{m\acute{a}x}$ [W/(m ² ·°C)]			
$U_{m\acute{a}x}$ [W/(m ² ·°C)]		Zona climática de inverno	
		I1	
Elementos opacos da envolvente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0,7$	verticais	0,50	Dispensada a verificação desde que $U_{PTP} \leq 0,90$ [W/(m ² ·°C)]
	horizontais	0,40	
Elementos opacos da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}\leq 0,7$	verticais	2,00	
	horizontais	1,65	
Pontes térmicas planas da envolvente em contacto com o exterior	verticais	0,90	
	horizontais	0,90	
Pontes térmicas planas da envolvente em contacto com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0,7$	verticais	1,75	
	horizontais	1,25	
Pontes térmicas planas da envolvente em contacto com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}\leq 0,7$	verticais	2,00	
	horizontais	1,65	
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w ou $U_{w,sn}$)		2,80	

Elemento	U	$U_{m\acute{a}x}$	Verificação
	[W/(m ² ·°C)]		
ParE1	0,38	0,50	Cumpre
ParE2	4,46	0,50	Sem requisitos
ParI2	0,37	0,50	Cumpre
Cobl1			
VenE1	1,80	2,80	Cumpre
VenE2	1,80	2,80	Cumpre

2 - PROTEÇÃO SOLAR DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS ($g_T \times F_o \times F_f$)

Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, g_{Tmax}

g_{Tmax}		Zona climática de verão
		V2
Classe de Inércia	Fraca	0,10

ID Vão	Localização	Designação do Tipo de Solução	Orientado no quadrante norte?	g_T	F_o	F_f	$g_T \cdot F_o \cdot F_f$	Aenv	Apav	Aenv/Apav V	Valor máximo		Verificação
								(m ²)			$g_{Tmax} \cdot 0,15 / (Aenv/Apav)$	g_{Tmax}	
1	Sala/cozinha (2.º andar)	VenE1	sim	0,19	1,00	1,00	0,19	0,00	0,00	0,12	----	----	Sem requisitos
2	Sala/cozinha (2.º andar)	VenE1	sim	0,19	1,00	1,00	0,19	0,00	0,00	0,12	----	----	Sem requisitos
3	Sala/cozinha (2.º andar)	VenE1	sim	0,19	1,00	1,00	0,19	0,00	0,00	0,12	----	----	Sem requisitos
4	Sala/cozinha (2.º andar)	VenE1	não	0,19	0,86	0,98	0,16	0,00	0,00	0,12	----	0,10	Não cumpre
5	Arrumo (2.º andar)	VenE1	não	0,19	0,86	0,97	0,16	0,00	0,00	0,33	0,05	----	Não cumpre
6	Quarto (2.º andar)	VenE1	não	0,19	0,86	0,93	0,15	0,00	0,00	0,35	0,04	----	Não cumpre
7	Quarto (2.º andar)	VenE2	não	0,17	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,35	0,04	----	Não cumpre
8	IS (2.º andar)	VenE2	não	0,17	1,00	1,00	0,17	0,00	0,00	0,26	0,06	----	Não cumpre

3 - VALOR MÍNIMO DA TAXA DE RENOVAÇÃO DE AR

Nos edifícios de habitação, o valor de taxa de renovação horária de

Rph estimada	Rph mínimo	Verificação
	(h ⁻¹)	
0,42	0,40	Cumpre

- Necessidades nominais anuais globais de energia primária

Folha de Cálculo A			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·°C)]	U.A (W/°C)
<i>Paredes em contacto com o exterior</i>			
ParE1	11,48	0,38	4,36
ParE2	3,30	4,46	14,72
ParE1	11,52	0,38	4,38
ParE1	10,92	0,38	4,15
TOTAL			27,61
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·°C)]	U.A (W/°C)
<i>Verticais</i>			
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,87	1,80	3,37
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,87	1,80	3,37
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,87	1,80	3,37
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	2,47	1,80	4,45
VenE1-Arrumo (2.º andar)	2,47	1,80	4,45
VenE1-Quarto (2.º andar)	2,36	1,80	4,25
VenE2-Quarto (2.º andar)	0,79	1,80	1,42
VenE2-IS (2.º andar)	0,79	1,80	1,42
TOTAL (fluxo do interior para o exterior)			26,08
TOTAL (fluxo do exterior para o interior)			26,08
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comprimento B (m)	ψ [W/(m·°C)]	ψ.B (W/°C)
Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	41,94	0,25	10,49
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	19,58	0,60	11,75
Fachada com varanda	6,09	0,60	3,65
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	25,67	0,17	4,36
Dois paredes verticais em ângulo saliente	8,70	0,10	0,87
TOTAL			31,12
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ed} (fluxo do interior para o exterior)		84,81	W/°C
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{ed} (fluxo do exterior para o interior)		84,81	W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·°C)]	b _{tr}	U.A.b _{tr} (W/°C)
<i>Paredes em contacto com espaços não úteis</i>				
Par1	16,62	0,30	0,50	2,49
Par2	2,76	0,37	1,00	1,02
TOTAL				3,51
<i>Vãos opacos em contacto com espaços não úteis</i>				
Prt1	2,43	2,56	0,50	3,11
TOTAL				3,11
<i>Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis) (fluxo ascendente)</i>				
Cob1	20,32	0,34	0,70	4,84
TOTAL				4,84
<i>Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis) (fluxo descendente)</i>				
Cob1	20,32	0,32	0,70	4,55
TOTAL				4,55
TOTAL (fluxo do interior para ENU's)				11,46
TOTAL (fluxo de ENU's para o interior)				11,18

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO ÚTEIS COM $b_e > 0,7$)	Comprimento B (m)	ψ [W/(m·°C)]	b_e	$\psi \cdot A \cdot b_e$ (W/°C)
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	0,95	0,60	1,00	0,57
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	0,95	0,17	1,00	0,16
TOTAL				0,73

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaços não-úteis H_{enu} (fluxo do interior para ENU's)	12,19	W/°C
Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaços não-úteis H_{enu} (fluxo de UNU's para o interior)	11,91	W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

INVERNO	Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext}	84,81	W/°C
	(da folha de cálculo A.1)	+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{ext}$	12,19	W/°C
	(da folha de cálculo A.2)	+	
	Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ecb}		W/°C
(da folha de cálculo A.3)	-		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,v}$	97,00	W/°C	
VERÃO	$\Delta\theta = (\theta_{v,ext} - \theta_{v,int})$	4,10	°C
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext}	84,81	W/°C
	(da folha de cálculo A.1)	+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu}	12,19	W/°C
	(da folha de cálculo A.2)	+	
Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ecb}		W/°C	
(da folha de cálculo A.3)	-		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,v}$	97,00	W/°C	

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U _{ref} [W/(m ² ·°C)]	U _{ref} A (W/°C)
<i>Paredes em contacto com o exterior</i>			
ParE1	11,48	0,50	5,74
ParE2	5,55	0,50	2,77
ParE1	14,45	0,50	7,22
ParE1	11,55	0,50	5,78
TOTAL			21,52

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U _{REF} [W/(m ² ·°C)]	U _{ref} A (W/°C)
<i>Verticais</i>			
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,12	2,80	3,14
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,12	2,80	3,14
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,12	2,80	3,14
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	1,48	2,80	4,14
VenE1-Arquivo (2.º andar)	1,48	2,80	4,14
VenE1-Quarto (2.º andar)	1,41	2,80	3,96
VenE2-Quarto (2.º andar)	0,47	2,80	1,33
VenE2-IS (2.º andar)	0,47	2,80	1,33
TOTAL			24,30

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comprimento B (m)	ψ _{ref} [W/(m·°C)]	ψ _{ref} B (W/°C)
Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	41,94	0,20	8,39
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	19,58	0,50	9,79
Fachada com varanda	6,09	0,50	3,05
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	25,67	0,50	12,84
Dois paredes verticais em ângulo saliente	8,70	0,40	3,48
TOTAL			37,54

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ed REF} 83,36 W/°C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A (m ²)	U _{ref} [W/(m ² ·°C)]	b _e	U _{ref} ·A·b _e (W/°C)
<i>Paredes em contacto com espaços não úteis</i>				
Parl1	16,62	0,80	0,50	6,65
Parl2	2,76	0,50	1,00	1,38
<i>PTP em contacto com espaços não úteis (Paredes)</i>				
<i>Vãos opacos em contacto com espaços não úteis</i>				
Prli1	2,43	0,80	0,50	0,97
<i>Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)</i>				
Cobl1	20,32	0,60	0,70	8,53
<i>PTP (tectos sob espaços não-úteis) (Coberturas interiores)</i>				
TOTAL				17,53

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO ÚTEIS COM b _e >0,7)	Comprimento B (m)	ψ _{ref} [W/(m·°C)]	b _e	ψ _{ref} ·A·b _e (W/°C)
Fachada com pavimento de nível intermédio com teto falso	0,95	0,50	1,00	0,48
Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura com tecto falso	0,95	0,50	1,00	0,48
TOTAL				0,95

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis H_{ntu, REF} 18,48 W/°C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext REF}$	83,36	W/°C
(da folha de cálculo A.5)	+	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente Interior $H_{int REF} + H_{ext REF}$	18,48	W/°C
(da folha de cálculo A.5)	+	
Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{sca REF}$		W/°C
(da folha de cálculo A.7)	-	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	101,84	W/°C

Folha de Cálculo B	
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
	1
	-
Rendimento do sistema de recuperação de calor η_{RC}	
	x
Caudal médio diário Insuflado V_{ins}	
	m^3/h
	+
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	52,89
	m^3/h
	-
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{w,v}$	1,00
	x
	0,34
	x
Taxa nominal de renovação do ar Interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,42
	h^{-1}
	x
Área Interior útil de pavimento A_p	43,42
	m^2
	x
Pé direito médio da fração P_d	2,90
	m
	-
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{w,v}$	17,98
	W/°C

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO	
	1
	-
Rendimento do sistema de recuperação de calor η_{RC}	
	x
Caudal médio diário Insuflado V_{ins}	
	m^3/h
	+
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	75,55
	m^3/h
	-
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{w,v}$	1,00
	x
	0,34
	x
Taxa nominal de renovação do ar Interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,60
	h^{-1}
	x
Área Interior útil de pavimento A_p	43,42
	m^2
	x
Pé direito médio da fração P_d	2,90
	m
	-
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{w,v}$	25,69
	W/°C

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA	
B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,ref}$	$\frac{0,34}{x} = 0,42 \text{ h}^{-1}$
Área interior útil de pavimento A_p	$\frac{x}{43,42} = \text{m}^2$
Pé direito médio da fração P_d	$\frac{x}{2,90} = \text{m}$
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{v,ref}$	$\frac{-}{17,98} = \text{W/}^\circ\text{C}$

Folha de Cálculo C
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO
C.1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno g_i	Área A_w (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{o,i} \cdot F_{o,j} \cdot F_{o,l}$	Fração Envidraçada F_d	Área efetiva coletora $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_{d,i} \cdot g_i$ (m ²)	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ (m ²)
<i>Verticals</i>								
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	0,36	1,87	0,90	0,65	0,39	0,33	0,13
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	0,36	1,87	0,90	0,65	0,39	0,33	0,13
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	0,36	1,87	0,90	0,65	0,39	0,33	0,13
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	SW	0,36	2,47	0,83	0,65	0,48	0,84	0,40
VenE1-Arrumo (2.º andar)	SW	0,36	2,47	0,78	0,65	0,45	0,84	0,38
VenE1-Quarto (2.º andar)	SW	0,36	2,36	0,56	0,65	0,31	0,84	0,26
VenE2-Quarto (2.º andar)	SE	0,04	0,79	0,90	0,70	0,02	0,84	0,02
VenE2-IS (2.º andar)	SE	0,04	0,79	0,90	0,70	0,02	0,84	0,02
<i>Horizontals</i>								
TOTAL								1,47

Em nenhum caso o produto $X_i \cdot F_{o,i} \cdot F_{o,j} \cdot F_{o,l}$ deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,i} \cdot F_{o,j}$ deve ser inferior ou igual a 0.9.

Área efetiva total equivalente na orientação a Sul $\Sigma X \cdot A_{e,i}$ 1,47 m²

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sol} 130 kWh/(m²·mês)

Duração da estação de aquecimento M 6,0 meses

Ganhos solares brutos Q_{sol} 1146,60 kWh/ano

C.2 - GANHOS INTERNOS	
Ganhos Internos médios q_{int}	$\frac{0,72}{x} = 4,00 \text{ W/m}^2$
Duração da estação de aquecimento M	$\frac{x}{6,0} = \text{meses}$
Área Interior útil de pavimento A_p	$\frac{x}{43,42} = \text{m}^2$
Ganhos Internos brutos Q_{int}	$\frac{-}{750,30} = \text{kWh/ano}$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS	
Ganhos solares provenientes de sistemas solares passivos (estufas) Q_{ss}	[] kWh/ano
+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,j}$	1146,60 kWh/ano
(da folha de cálculo C.1)	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	750,30 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	-
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j}$	1896,90 kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA	
C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,j}$	741,70 kWh/ano
(GSul x 0,146 x 0,15 x Ap x M)	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	750,30 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	-
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j,ref}$	1492,00 kWh/ano

Folha de Cálculo D													
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO													
D.1 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES													
Designação do envidraçado	Orientação	Área A_w (m ²)	Tipo de vidro	Fração Envidraçada F_g	Fator de correção da Seletividade Angular $F_{w,v}$	Fração Tempo Proteções Móveis ativas $F_{m,v}$	FS Global Proteções Móveis e Permanentes g_T	FS Global Proteções Permanentes g_p	FS de verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_p$	Área efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{h,v} \cdot F_{s,v} \cdot F_{iv}$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_{o,v} \cdot A_{e,v}$ (kWh/ano)
<i>Verticais</i>													
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	1,87	duplo	0,65	0,85	0,40	0,19	0,34	0,28	0,34	0,90	350	107,10
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	1,87	duplo	0,65	0,85	0,40	0,19	0,34	0,28	0,34	0,90	350	107,10
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	NW	1,87	duplo	0,65	0,85	0,40	0,19	0,34	0,28	0,34	0,90	350	107,10
VenE1-Sala/cozinha (2.º andar)	SW	2,47	duplo	0,65	0,85	0,70	0,19	0,34	0,24	0,39	0,84	490	160,52
VenE1-Arromo (2.º andar)	SW	2,47	duplo	0,65	0,85	0,70	0,19	0,34	0,24	0,39	0,83	490	158,61
VenE1-Quarto (2.º andar)	SW	2,36	duplo	0,65	0,85	0,70	0,19	0,34	0,24	0,37	0,80	490	145,04
VenE2-Quarto (2.º andar)	SE	0,79	duplo	0,70	0,85	0,70	0,17	0,36	0,23	0,13	0,90	490	57,33
VenE2-IS (2.º andar)	SE	0,79	duplo	0,70	0,85	0,70	0,17	0,36	0,23	0,13	0,90	490	57,33
<i>Horizontais</i>													
TOTAL													900,14

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA									
PAREDES, COBERTURAS EXTERIORES, VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A_{op} (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	R_{se} (m ² ·C/W)	Área efetiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_o = F_{h,v} \cdot F_{s,v} \cdot F_i$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_o \cdot A_e$ (kWh/ano)
<i>Paredes exteriores</i>									
ParE1	NW	0,40	11,48	0,38	0,04	0,07	1,00	350	24,50
ParE2	NW	0,40	3,30	4,46	0,04	0,24	1,00	350	84,00
ParE1	SW	0,40	11,52	0,38	0,04	0,07	1,00	490	34,30
ParE1	SE	0,40	10,92	0,38	0,04	0,07	1,00	490	34,30
TOTAL									177,10

Coberturas sob desvão										
Cob11	H	0,40	20,32	0,32	0,04	0,10	1,00	800	80,00	
									TOTAL	80,00
PTP Coberturas sob desvão										
									TOTAL	
									TOTAL	257,10

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	900,14	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	257,10	kWh/ano
	-	
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,y}$	1157,24	kWh/ano

D.2 - GANHOS INTERNOS	
Ganhos internos médios q_{int}	4 W/m ²
	x
Duração da estação de arrefecimento L_y	2928 horas
	x
Area Interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	+
	1000
	-
Ganhos Internos brutos $Q_{int,y}$	508,54 kWh/ano

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,y}$	1157,24 kWh/ano
(da folha de cálculo D.1)	+
Ganhos Internos brutos $Q_{int,y}$	508,54 kWh/ano
(da folha de cálculo D.2)	-
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,y}$	1665,77 kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA	
D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos internos médios q_{int}	4 W/m ²
	x
Duração da Estação de Arrefecimento L_y	2928 horas
	+
	1000
	+
Fator solar de verão de referência $g_{v,ref}$	0,43
	x
$(A_w/A_o)_{ref}$	0,2
	x
Radiação solar média de referência $I_{sol,ref}$	490 kWh/(m ² -ano)
	-
	53,85 kWh/(m ² -ano)
	x
Area Interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	-
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,ref}$	2338,25 kWh/ano

Folha de Cálculo E	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
	0,024
	X
Número de graus-dias de aquecimento GD	1119 °C-dias
	X
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,j}$	97,00 W/°C
(da folha de cálculo A.4)	-
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,j}$	2605,11 kWh/ano

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR	
	0,024
	X
Número de graus-dias de aquecimento GD	1119 °C-dias
	X
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{w,j}$	17,98 W/°C
(da folha de cálculo B.1)	-
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{w,j}$	482,90 kWh/ano

E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS	
Inércia do edifício	Fraca
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j}$	1896,90 kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	+
$Q_{t,j} + Q_{w,j}$	3088,01 kWh/ano
(das folhas de cálculo E.1 e E.2)	-
parâmetro γ_i	0,51
	parâmetro a_i 1,80
	Fator de utilização dos ganhos η_i 0,78
	Fator de utilização dos ganhos η_i 0,78
	X
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j}$	1896,90 kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	-
Ganhos totais úteis $Q_{gu,j}$	1479,58 kWh/ano

E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,j}$	2605,11 kWh/ano
(da folha de cálculo E.1)	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{w,j}$	482,90 kWh/ano
(da folha de cálculo E.2)	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,j}$	1479,58 kWh/ano
(da folha de cálculo E.3)	-
Necessidades anuais na estação de aquecimento	1608,43 kWh/ano
	+
Area interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	-
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c	38,40 kWh/(m ² -ano)

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,REF}$	101,84 W/°C
(da folha de cálculo A.8)	+
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{w,REF}$	17,98 W/°C
(da folha de cálculo B.3)	-
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,REF}$	119,82 W/°C

E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
	0,024
	X
Número de graus-dias de aquecimento GD	1119 °C-dias
	X
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	101,84 W/°C
(da folha de cálculo A.8)	-
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	2735,05 kWh/ano

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
	0,024
	X
Número de graus-dias de aquecimento GD	1119 °C-dias
	X
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{re, REF}$	17,98 W/°C
(da folha de cálculo B.3)	-
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re, REF}$	482,90 kWh/ano

E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos totais úteis	
	0,60
Fator de utilização dos ganhos η_{ref}	
	X
Ganhos térmicos brutos $Q_{gb, REF}$	1492,00 kWh/ano
(da folha de cálculo C.4)	-
Ganhos totais úteis $Q_{gu, REF}$	895,20 kWh/ano

E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	2735,05 kWh/ano
(da folha de cálculo E.6)	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re, REF}$	482,90 kWh/ano
(da folha de cálculo E.7)	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu, REF}$	895,20 kWh/ano
(da folha de cálculo E.8)	-
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2322,75 kWh/ano
	+
Área interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	-
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_i	53,5 kWh/(m ² -ano)

Folha de Cálculo F	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	97,00 W/C
(da folha de cálculo A.4)	+
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{re,v}$	25,69 W/C
(da folha de cálculo B.2)	-
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	122,69 W/C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	97,00 W/C
(da folha de cálculo A.4)	x
$\Delta\theta=(\theta_{i,ref}-\theta_{v,ref})$	4,10 °C
	x
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928 horas
	+
	1000
	-
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	1164,50 kWh/ano
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{re,v}$	25,69 W/C
(da folha de cálculo B.2)	x
$\Delta\theta=(\theta_{i,ref}-\theta_{v,ref})$	4,10 °C
	x
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928 horas
	+
	1000
	-
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{re,v}$	308,37 kWh/ano
F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS	
Inércia do edifício	Fraca
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	1665,77 kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	+
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v}+Q_{re,v}$	1472,87 kWh/ano
(das folhas de cálculo F.2 e F.3)	-
parâmetro γ_i	1,13
parâmetro a_v	1,80
Fator de utilização dos ganhos η_v	0,60
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
$(1 - \eta_v)$	0,40
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	1665,77 kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	+
Área interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	-
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_e	9,90 kWh/(m ² -ano)
LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_{v,ref}$	0,83
F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	
$(1 - \eta_{v,ref})$	0,17
	x
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,ref}$	2338,25 kWh/ano
(da folha de cálculo D.4)	+
Área interior útil de pavimento A_p	43,42 m ²
	-
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	9,1 kWh/(m ² -ano)

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

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.7)	133,74	kWh _{EP} /(m ² -ano)
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.8)	7,61	kWh _{EP} /(m ² -ano)
	+	
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.9)	72,04	kWh _{EP} /(m ² -ano)
	-	
Limite da necessidades nominais anuais globais de energia primária N _g	213,39	kWh _{EP} /(m ² -ano)

- Balanço de energia

BALANÇO DE ENERGIA Inverno

PARÂMETROS CLIMÁTICOS E TEMPERATURA INTERIOR

	Inverno		Verão
Zona	11	Zona	V2
M (meses)	6	M (meses)	4
θ_{ext} (°C)	10,5	θ_{ext} (°C)	20,9
GD (°C-dias)	1119	GD (°C-dias)	---
θ_{int} (°C)	18	θ_{int} (°C)	25

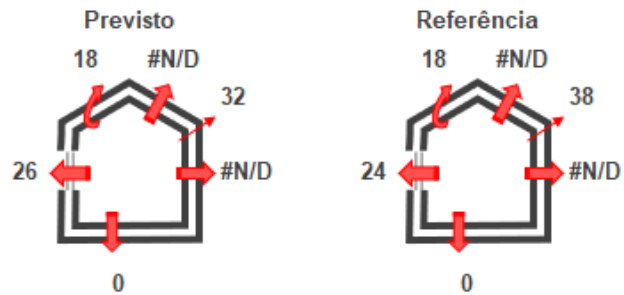
INVERNO - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

Coefficientes de transferência de calor - H (W/°C)

$$H_{ve} = b_{ve} \cdot 0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d \text{ (W/°C)}$$

$$b_{ve} = 1 - \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d}$$

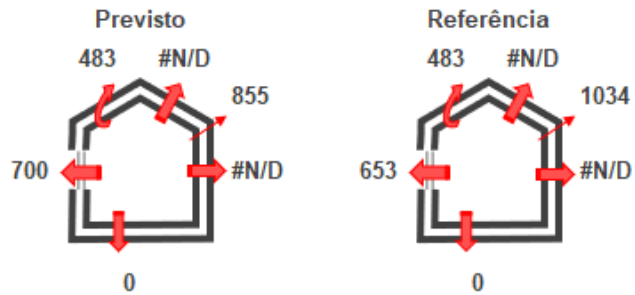
$$H_{tr} = b_{tr} \cdot A \cdot U \text{ (W/°C)}$$



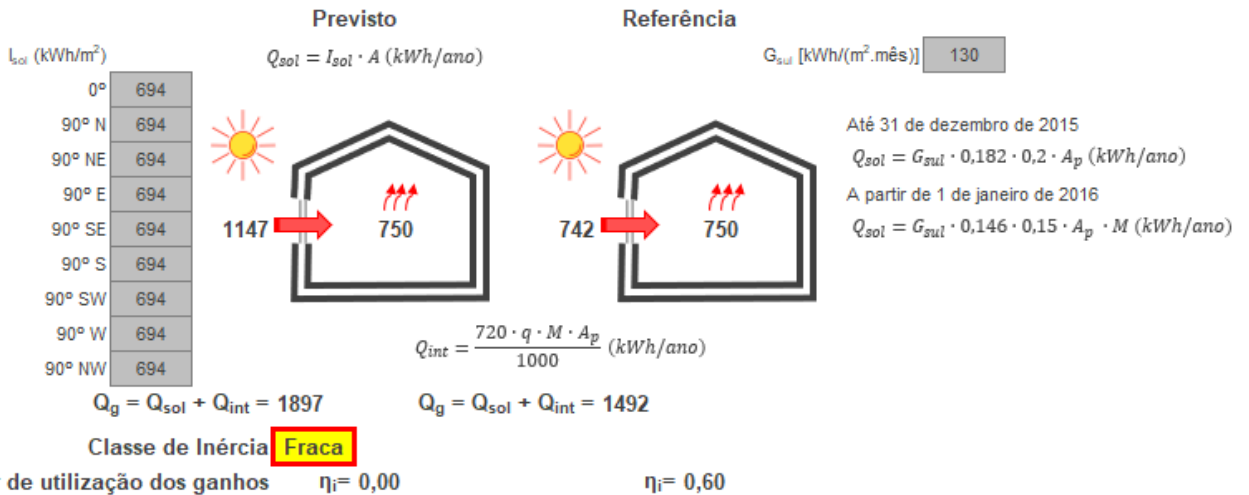
Energia transferida - Q (kWh/ano)

$$Q_{tr} = \frac{24 \cdot GD \cdot H_{tr}}{1000} \text{ (kWh/ano)}$$

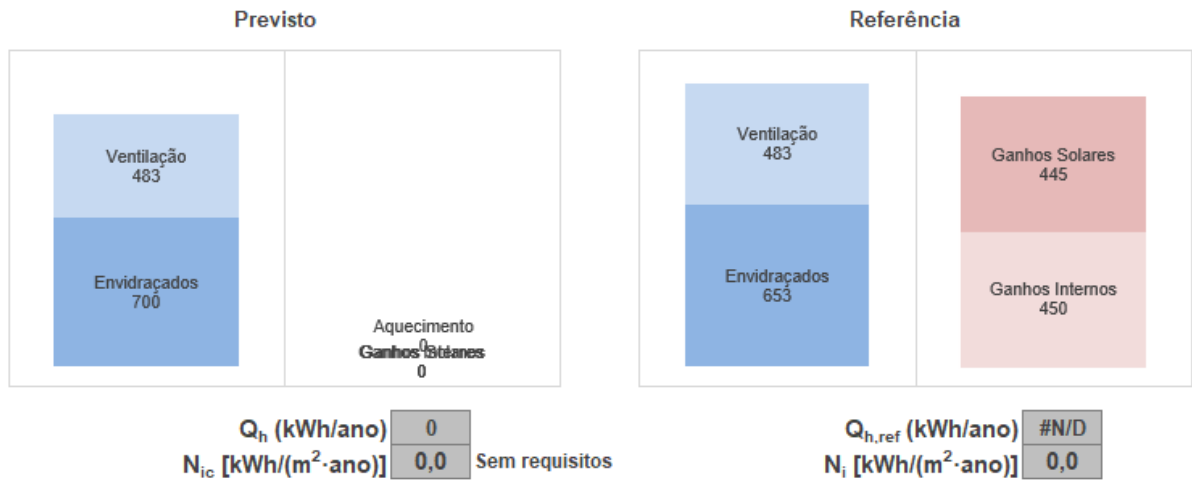
$$Q_{ve} = \frac{24 \cdot GD \cdot H_{ve}}{1000} \text{ (kWh/ano)}$$



Ganhos de energia - Q_g (kWh/ano)

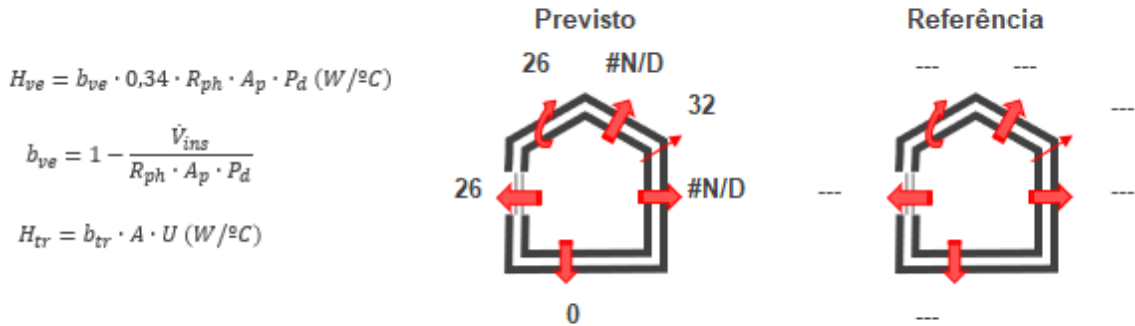


Balanço Anual de Energia na estação de aquecimento - Inverno (kWh)

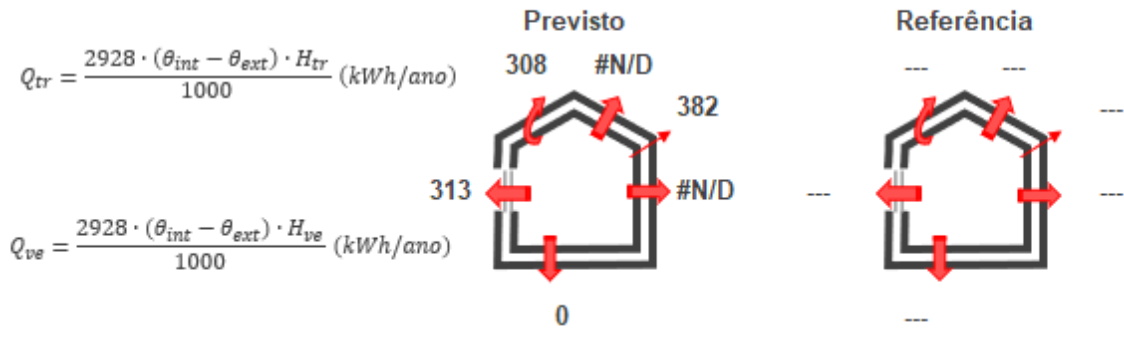


VERÃO - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

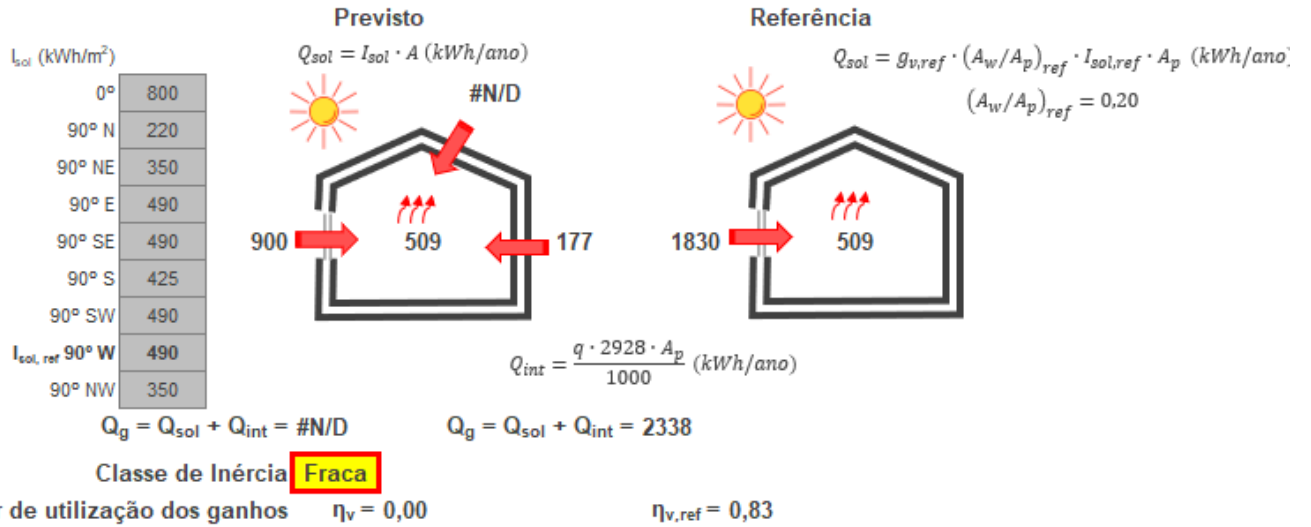
Coeficientes de transferência de calor - H (W/°C)



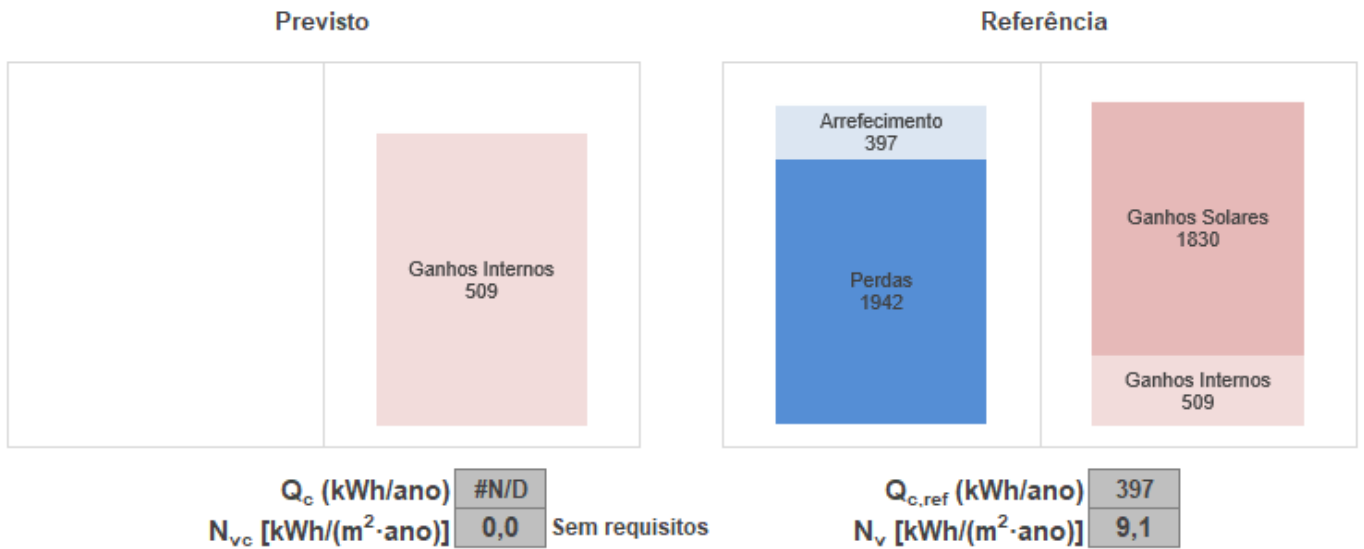
Energia transferida - Q (kWh/ano)



Ganhos de energia - Q_g (kWh/ano)



Balço Anual de Energia na estação de arrefecimento - Verão (kWh)



- Classe energética/Necessidades nominais de energia primária (sem FER)

ENERGIA PRIMÁRIA **Classe Energética B-** **83%**

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

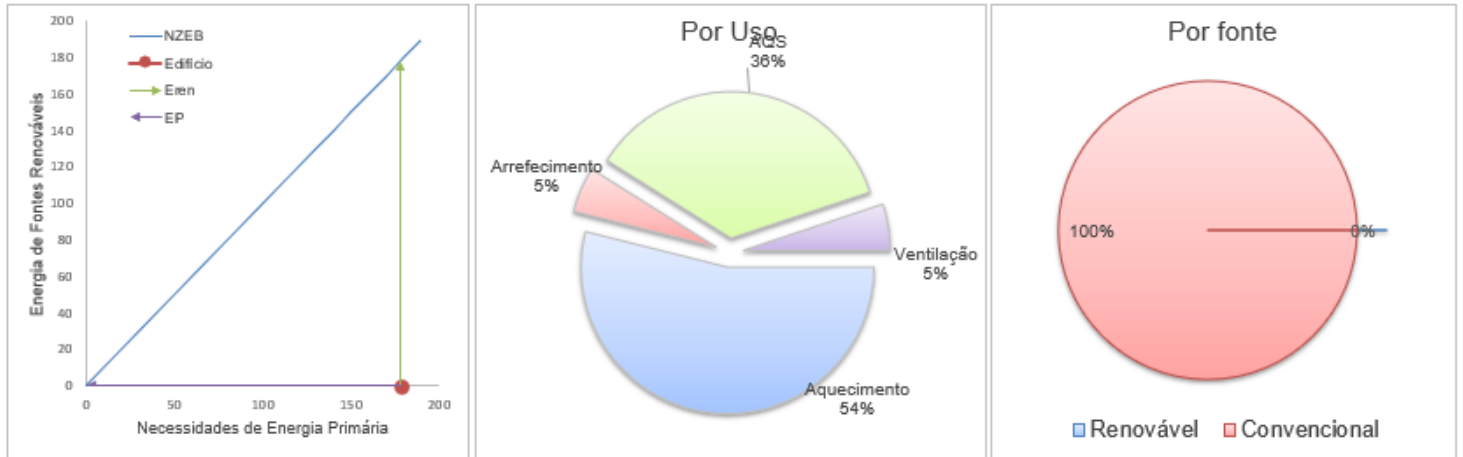
		Previsto		Referência	
Para aquecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_i \cdot N_{i,c} / \eta_i) \cdot F_{pu}$	96,0	54%	$(f_i \cdot N_{i,c} / \eta_{i,ref}) \cdot F_{pu}$	133,7
		+		+	
Para arrefecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_v \cdot \delta \cdot N_{v,c} / \eta_v) \cdot F_{pu}$	8,2	5%	$(f_v \cdot N_{v,c} / \eta_{v,ref}) \cdot F_{pu}$	7,6
		+		+	
Para preparação de águas quentes sanitárias [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_a] \cdot F_{pu}$	65	36%	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_{a,ref}] \cdot F_{pu}$	72
		+			
Para ventilação mecânica [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(W_{vm} / A_p) \cdot F_{pu}$	9	5%		
		-			
Supridas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(E_{ren} / A_p) \cdot F_{pu}$	0	0%		
		=		=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	N_{tc}	178,2	100%	N_t	213,4

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

REQUISITOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS

	Previsto	Referência		
Energia útil para aquecimento [kWh/(m ² ·ano)]	38,4	53,5	$N_{u,c} / N_i$	0,72 Sem requisitos
Energia útil para arrefecimento [kWh/(m ² ·ano)]	9,9	9,1	$N_{u,v} / N_v$	1,08 Sem requisitos
Energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	178,2	213,4	$N_{u,c} / N_t$	0,83 Cumpr

COMPARAÇÃO EDIFÍCIO/NZEB



- Classe energética/Necessidades nominais de energia primária (com FER-terrossifão)

ENERGIA PRIMÁRIA **Classe Energética B** **55%**

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

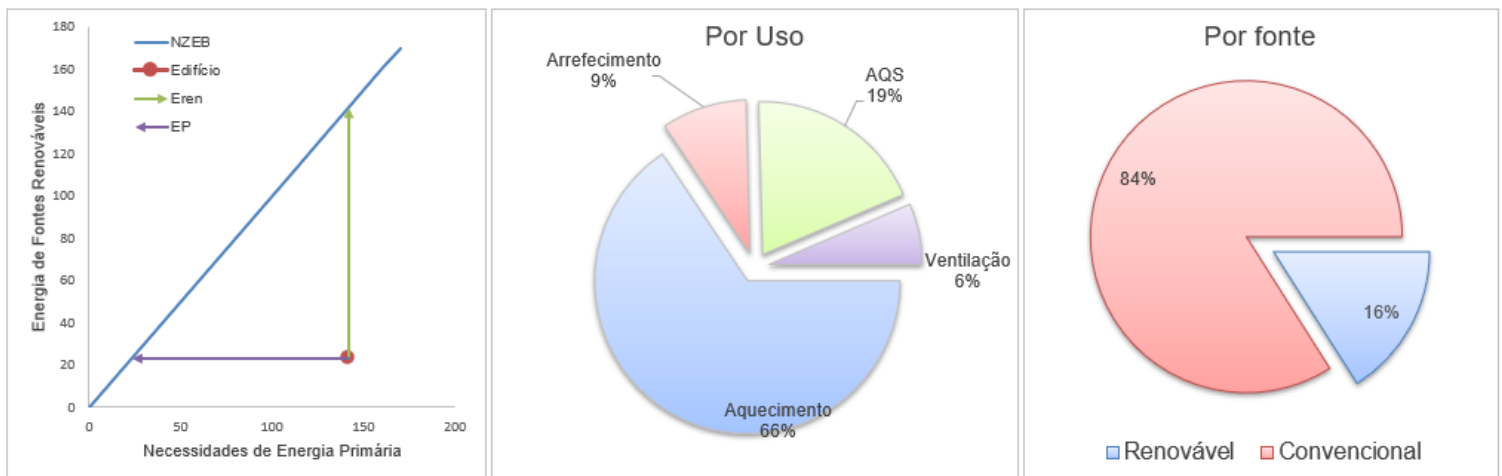
		Previsto		Referência
Para aquecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_i \cdot N_{ic} / \eta_i) \cdot F_{pu}$	92,6	66%	$(f_i \cdot N_i / \eta_{i,ref}) \cdot F_{pu}$ 133,7
		+		+
Para arrefecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v) \cdot F_{pu}$	12,7	9%	$(f_v \cdot N_v / \eta_{v,ref}) \cdot F_{pu}$ 7,6
		+		+
Para preparação de águas quentes sanitárias [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_a] \cdot F_{pu}$	27	19%	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_{a,ref}] \cdot F_{pu}$ 72
		+		
Para ventilação mecânica [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(W_{vm} / A_p) \cdot F_{pu}$	9	6%	-
		-		
Supridas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(E_{ren} / A_p) \cdot F_{pu}$	23	16%	=
		=		=
Necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	N_c	118,2	####	N_t 213,4

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

REQUISITOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS

	Previsto	Referência		
Energia útil para aquecimento [kWh/(m ² ·ano)]	37,0	53,5	N_{ic} / N_i 0,69	Sem requisitos
Energia útil para arrefecimento [kWh/(m ² ·ano)]	15,2	9,1	N_{vc} / N_v 1,67	Sem requisitos
Energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	118,2	213,4	N_c / N_t 0,55	Cumpre

COMPARAÇÃO EDIFÍCIO/NZEB



- Classe energética/Necessidades nominais de energia primária (com FER-circulação forçada)

ENERGIA PRIMÁRIA **Classe Energética B** **54%**
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

		Previsto		Referência
Para aquecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_i \cdot N_{ic} / \eta_i) \cdot F_{pu}$	92,6	66%	$(f_i \cdot N_{ic} / \eta_{i,ref}) \cdot F_{pu}$ 133,7
		+		+
Para arrefecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v) \cdot F_{pu}$	12,7	9%	$(f_v \cdot N_{vc} / \eta_{v,ref}) \cdot F_{pu}$ 7,6
		+		+
Para preparação de águas quentes sanitárias [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_a] \cdot F_{pu}$	25	18%	$[f_a \cdot (Q_a / A_p) / \eta_{a,ref}] \cdot F_{pu}$ 72
		+		
Para ventilação mecânica [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(W_{vm} / A_p) \cdot F_{pu}$	9	7%	
		-		
Supridas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(E_{ren} / A_p) \cdot F_{pu}$	24	17%	
		=		=
Necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	N_{tc}	115,0	100%	N_t 213,4

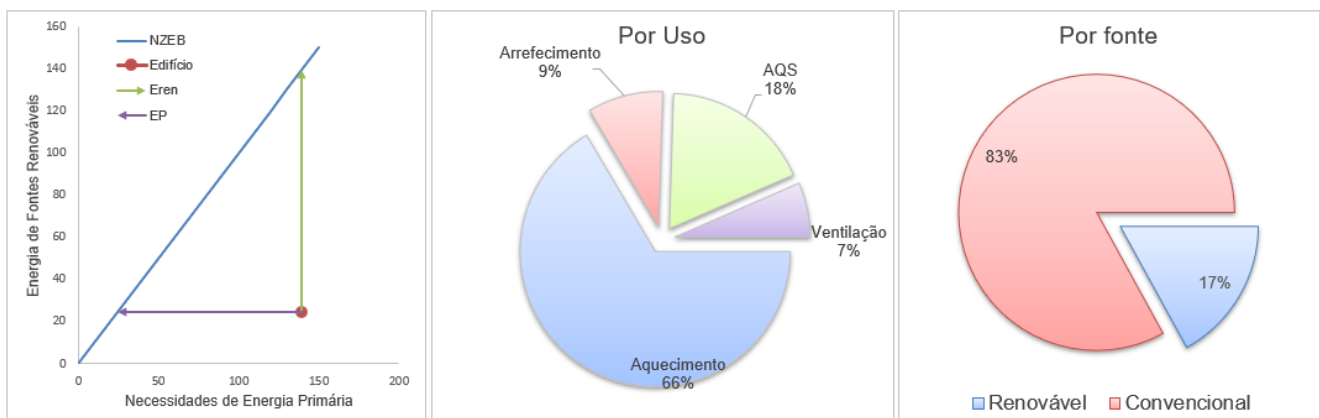
$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot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

•

REQUISITOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS

	Previsto	Referência		
Energia útil para aquecimento [kWh/(m ² ·ano)]	37,0	53,5	N_{ic} / N_i	0,69 Sem requisitos
Energia útil para arrefecimento [kWh/(m ² ·ano)]	15,2	9,1	N_{vc} / N_v	1,67 Sem requisitos
Energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	115,0	213,4	N_{tc} / N_t	0,54 Cumpre

COMPARAÇÃO EDIFÍCIO/NZEB



- Classe energética/Necessidades nominais de energia primária (com FER-fotovoltaico)

ENERGIA PRIMÁRIA **Classe Energética B** **72%**
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

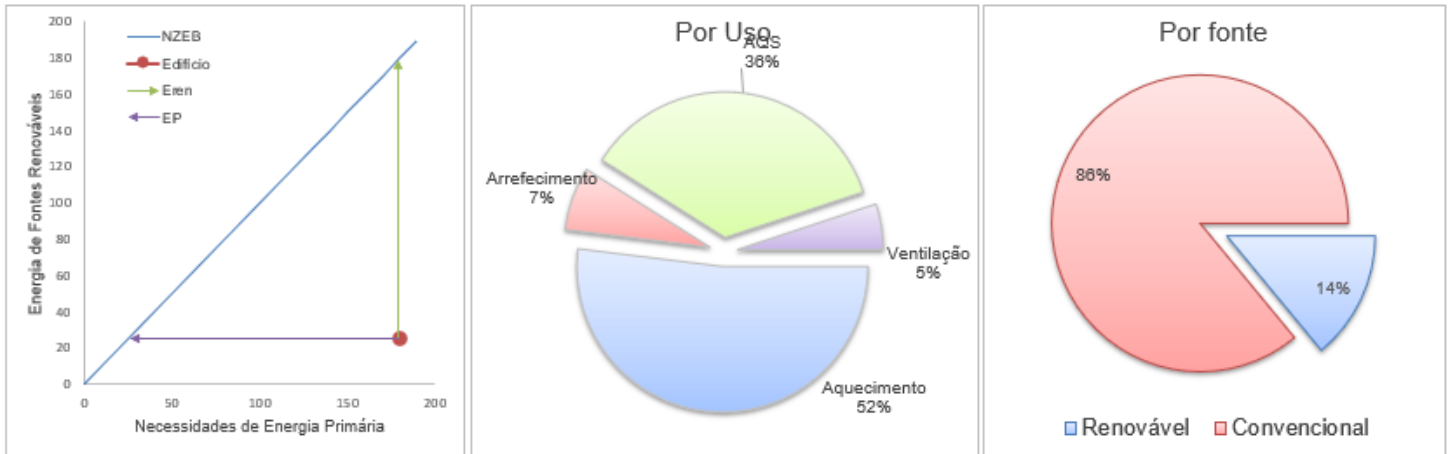
		Previsto		Referência
Para aquecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_i \cdot N_{i,1}) \cdot F_{p,i}$	92,7	52%	$(f_i \cdot N_{i,1,ref}) \cdot F_{p,i}$
		+		+
Para arrefecimento [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(f_i \cdot \delta \cdot N_{i,2}) \cdot F_{p,i}$	12,7	7%	$(f_i \cdot N_{i,2,ref}) \cdot F_{p,i}$
		+		+
Para preparação de águas quentes sanitárias [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$[f_i \cdot (Q_s / A_{p,i})] \cdot F_{p,i}$	65	36%	$[f_i \cdot (Q_s / A_{p,i,ref})] \cdot F_{p,i}$
		+		
Para ventilação mecânica [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(W_{vm,j} / A_p) \cdot F_{p,j}$	9	5%	
		-		
Supridas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	$(E_{ren,p} / A_p) \cdot F_{p,p}$	26	14%	
		=		=
Necessidades nominais anuais globais de energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	N_i	153,7	100%	N_i

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


REQUISITOS ENERGÉTICOS ESPECÍFICOS

	Previsto	Referência		
Energia útil para aquecimento [kWh/(m ² ·ano)]	37,0	53,5	$N_{i,u} / N_i$	0,69 Sem requisitos
Energia útil para arrefecimento [kWh/(m ² ·ano)]	15,2	9,1	$N_{u,v} / N_i$	1,67 Sem requisitos
Energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	153,7	213,4	$N_{i,u} / N_i$	0,72 Cumpre

COMPARAÇÃO EDIFÍCIO/NZEB



ANEXO II – RENOVAÇÃO DE AR: LNEC

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lneec.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, 2018. v2.0b, 2018-04-20					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação				
Local (município)	Matosinhos				
Região	B				
Rugosidade	1				
Altitude do local (m)	12				
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais				
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim				
Altura do edifício (H_{edif}) em m	12				
Altura da fração (H_{fa}) em m	9				
Altura do obstáculo situado em frente (H_{obst}) em m	3				
Distância ao obstáculo situado em frente (D_{obst}) em m	5				
		Área útil (m ²):	43,4		
		Pd (m):	2,90		
		N.º de pisos da fração	1		
		Velocidade vento	Defeito REH		
		Vento (u10REH: 3,8) (m/s)			
		Vol (m ³):	128		
		Texterior (°C)	10,5		
		Zref (m)	94		
		Aenv/Au:	33%		
		Proteção do edifício:	Desprotegido		
		Zona da fachada:	Inferior		
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:					
Área dos vãos (m ²)	14,49				
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	2				
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem				
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
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 (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)	0	0	0	45	
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta					
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)	não	não	não	não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	sim				
Escoamento de ar	Exaustão	0	0	0	
Caudal nominal (m ³ /h)	0	0	0	0	
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	não	0	0	0	
Pressão total (Pa)	0	0	0	0	
Rendimento total do ventilador(%)	0	0	0	0	
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos					
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m ³ /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
$R_{ph,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,48				
$R_{ph,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60				
Wm (kWh)	157,7				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
$R_{ph,i,REF}$ (h-1)	0,48				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,48				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	Satisfatório				
Técnico: _____					

ANEXO III – SCE.ER: FOLHA DE CÁLCULO E RELATÓRIOS

- Sistema solar térmico termostifão

DGEG
SCE.ER

Sistema Solar Térmico : kit (sistema integrado)

outros sistemas

v 1.6.4

Instalação em **Leça da Palmeira** (Matosinhos, Grande Porto)

Necessidades regulamentares (REH).

ⓘ Kit de modelo **BAXI STS 200 2.0 B** (termostifão)

um coletor Mediterrâneo 200 (**40°** inclinação e **0°** azimute),
e depósito Sole STS 200 horizontal .

Apoio **elétrico** com rendimento **100%** .

ⓘ montado **ao depósito** com controlo temporizado ⓘ

Circuito de distribuição em tubagens com diâmetro **18 mm**, com comprimento
20 m para a zona de consumo, isolamento em **lã de vidro** de **25 mm**.

Simular

Relatório de simulação de desempenho de kit solar térmico

1/2

N.B. O certificado n.a deste sistema está actualmente caducado.

Sumário

Instalação em Leça da Palmeira (Matosinhos)

Kit baxi3

» coletores: 5,76 m² (inclinação 40° e azimute 0°)
» depósito: 200 litros

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 1 782 kWh
- satisfeitas por origem solar **1 252 kWh** 70% de fração solar
- satisfeitas pelo apoio 530 kWh 30%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 25%
produtividade: 217 kWh/m²
perdas: 65%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto Município: Matosinhos Local: Leça da Palmeira elevação: 12 m albedo: 20%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S
altura angular:

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W
altura angular:

Configuração do sistema solar

Sistema solar térmico integrado baxi3

3x coletor modelo Baxi Mediterrâneo 200 com 1,92 m² de área de abertura com inclinação 40° e orientação 0° em azimute.

Armazenamento de água sanitária em depósito de modelo exemplo 200 L, capacidade de 200 litros, posição horizontal.

Sistema integrado com circulação em termostifão.

Kit NÃO CERTIFICADO ou certificação desconhecida.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico (j) com eficiência nominal 100%; montagem ao depósito, controlo temporizado.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por lã de vidro com espessura 25 mm, com cerca de 20 m entre depósito e ponto de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências IZ
nº frações desta tipologia 1
nº ocupantes por fracção 3
consumo diário por ocupante (litros) 40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
abastecimento de água pretendida no consumo	13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14
	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2

perfil de consumo

	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	.	10%
	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Relatório de simulação de kit solar térmico - continuação													2/2	
N.B. O certificado 078/000178 deste sistema está actualmente caducado.														
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	1,8	2,6	3,3	3,6	3,8	4,3	4,7	4,7	4,3	2,7	2,1	1,3	3,3 kWh/m².dia
	absorvida pelos colectores	1,7	2,5	3,1	3,4	3,3	3,7	4,0	4,3	4,0	2,6	2,0	1,3	3,0 kWh/m².dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m².dia
	na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	2,9	4,1	5,2	5,8	6,1	6,6	6,9	6,7	6,1	4,4	3,4	2,3	5,0 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	4,8	4,8	5,1	5,4	5,6	5,2	3,7	2,8	1,9	4,1 kWh/m².dia	
Desempenho energético														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	11	12	13	15	17	20	23	22	21	18	14	12	16 °C
	abastecimento de água	13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14	16 °C
	base do armazenamento	27	31	35	37	38	41	44	44	42	34	30	26	36 °C
	topo do armazenamento	47	48	49	51	51	53	55	55	54	49	47	46	50 °C
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C	
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	pretendida no consumo	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120 litros/dia
	extraída do armazenamento	120	119	117	115	114	111	106	106	109	118	120	120	114 litros/dia
	nota: adicionada	0	1	3	5	6	9	14	14	11	2	0	0	6 litros/dia
balanços de energia	- sistema solar													
	nota: radiação solar na horizontal	90	126	210	264	328	362	378	330	244	161	102	71	2 666 kWh
	energia primária (radiação solar incidente)	148	188	265	286	311	324	347	340	298	222	165	115	3 010 kWh
	energia solar captada	72	92	130	142	147	154	170	179	157	114	84	55	1 497 kWh
	perdas térmicas no circuito primário	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	2 kWh
	perdas térmicas no armazenamento	35	38	50	51	56	60	68	67	61	48	39	33	607 kWh
	consumos eléctricos parasiticos													kWh
	energia final (calor de origem solar)	61	79	114	122	130	137	152	161	141	100	72	46	1 315 kWh
	- sistema de apoio													
	energia primária (l)	131	97	78	66	62	36	25	29	38	85	108	142	897 kWh
	energia final (calor)	131	96	78	66	61	36	25	29	38	84	108	142	895 kWh
	- circuito de distribuição													
	perdas térmicas	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2 kWh
	- fornecimento de água quente													
	necessidades (consumo de energia útil)	164	146	158	150	150	138	138	139	137	149	151	161	1 782 kWh
energia de origem solar (útil)	52	66	94	98	102	109	119	117	108	81	60	40	1 046 kWh	
energia com origem no apoio (útil)	112	80	64	53	48	29	20	21	29	68	91	121	736 kWh	
Desempenho global do sistema														
fracção solar	59% em termos de energia útil										(*)			
produtividade	545 kWh/m² de coletor										(*)			
i.e. rendimento - definição física	42% da produtividade limite dos colectores, 1292 kWh/m²										(*)			
rendimento - definição estatística	44% em relação à energia solar no plano dos colectores										(*)			
perdas térmicas e consumos parasiticos	39% em relação à energia solar na horizontal										(*)			
	41% da energia solar captada										(*)			
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														

- Sistema solar térmico circulação forçada

Sistema Solar Térmico : consumo AQS

outros sistemas

v 1.6.4

Sistema instalado em **Leça da Palmeira** (Matosinhos, Grande Porto)

Necessidades de AQS regulamentares em **1** zona.

Utilizados **1** coletores de modelo **Junkers FKT-2S** com área de abertura **2,55 m²** (i.e. painel com **2,6 m²** de abertura), em **montagem fixa** orientação **0°** em azimute e inclinação **35°**.

Armazenamento **central** em **1** depósito de modelo **típico (200 L)** utilizado em modo **água sanitária** e numa posição **vertical**

Apoio do tipo **elétrico** com rendimento **100%**

com montagem **ao depósito** e controlo temporizado

Circuito primário em circulação forçada, tubagens de diâmetro nominal **12 mm**, comprimento de **10 m** no exterior e **7 m** até ao depósito, isoladas com **lã de vidro** de espessura **20 mm**. Fluido circulante com **25%** de anticongelante.

Bombas de potência **20 W** proporcionando um caudal de **46** litro/m² por hora.

Circuito de distribuição em tubagens de diâmetro nominal **18 mm**, comprimento de **20 m** para a zona de consumo e isolamento **poliuretano** de **20 mm**.

Simular

Resultados (sumário)

fracção solar: **68%**

Necessidades: **1 782 kWh**

satisfeitas via apoio » **566 kWh**

satisfeitas via solar » **1 216 kWh (E_{ren})**

Relatório detalhado

O certificado do colector Junkers FKT-25 (011-752080 F) está caducado.

Sumário

Instalação em Leça da Palmeira (Matosinhos) 3 colectores Junkers FKT-25 » painel de 7,28 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 300 l, modelo exemplo 300 L	Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 782 kWh - satisfeitas por origem solar 1 611 kWh 90% - satisfeitas pelo apoio 170 kWh 10%	Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 22% produtividade: 221 kWh/m ² perdas: 38%
--	---	---

Local e clima

NUTS III: Grande Porto Município: Matosinhos Local: Leça da Palmeira elevação: 12 m albedo: 20%

obstruções do horizonte

azimute: E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	.....																
azimute: S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	.....																

Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 7,3 m² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 300 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 18 mm, isolamento em lã de vidro com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 43 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

3 colectores Junkers FKT-25 - certificado 011-752080 F de DIN CERTCO (DE), dados inseridos por DGEG (CADUCADO).
Área de abertura 2,43 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,86 W/m²K e a2 = 0,013 W/m²K², rendimento óptico = 79%.

1 depósito de modelo exemplo 300 L, com capacidade 300 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 4,0 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 95°C.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:	Residências	T2
	nº fracções desta tipologia	1
	nº ocupantes por fracção	3
	consumo diário por ocupante (litros)	40

temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água pretendida no consumo		13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14	°C
		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C

energia diária		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
terça-feira		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
quarta-feira		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
quinta-feira		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
sexta-feira		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
sábado		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
domingo		5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh

perfil de consumo		hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)			15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%
		hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6
(período nocturno)			15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Relatório de simulação de kit solar térmico - continuação													2/2
N.B. O certificado 078/000178 deste sistema está actualmente caducado.													
Aproveitamento do recurso solar													
radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	1,8	2,6	3,3	3,6	3,8	4,3	4,7	4,7	4,3	2,7	2,1	1,3	3,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	1,7	2,5	3,1	3,4	3,3	3,7	4,0	4,3	4,0	2,6	2,0	1,3	3,0 kWh/m ² .dia
radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m ² .dia
incidente nos colectores	2,9	4,1	5,2	5,8	6,1	6,6	6,9	6,7	6,1	4,4	3,4	2,3	5,0 kWh/m ² .dia
absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	4,8	4,8	5,1	5,4	5,6	5,2	3,7	2,8	1,9	4,1 kWh/m ² .dia
Desempenho energético													
temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente	11	12	13	15	17	20	23	22	21	18	14	12	16 °C
abastecimento de água	13	14	15	15	17	18	19	19	19	17	15	14	16 °C
base do armazenamento	27	31	35	37	38	41	44	44	42	34	30	26	36 °C
topo do armazenamento	47	48	49	51	51	53	55	55	54	49	47	46	50 °C
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C
massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120 litros/dia
extraída do armazenamento	120	119	117	115	114	111	106	106	109	118	120	120	114 litros/dia
nota: adicionada	0	1	3	5	6	9	14	14	11	2	0	0	6 litros/dia
balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
nota: radiação solar na horizontal	90	126	210	264	328	362	378	330	244	161	102	71	2 666 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	148	188	265	286	311	324	347	340	298	222	165	115	3 010 kWh
energia solar captada	72	92	130	142	147	154	170	179	157	114	84	55	1 497 kWh
perdas térmicas no circuito primário	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	2 kWh
perdas térmicas no armazenamento	35	38	50	51	56	60	68	67	61	48	39	33	607 kWh
consumos eléctricos parasíticos													kWh
energia final (calor de origem solar)	61	79	114	122	130	137	152	161	141	100	72	46	1 315 kWh
- sistema de apoio	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária ()	131	97	78	66	62	36	25	29	38	85	108	142	897 kWh
energia final (calor)	131	96	78	66	61	36	25	29	38	84	108	142	895 kWh
- circuito de distribuição	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
perdas térmicas	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2 kWh
- fornecimento de água quente	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
necessidades (consumo de energia útil)	164	146	158	150	150	138	138	139	137	149	151	161	1 782 kWh
energia de origem solar (útil)	52	66	94	98	102	109	119	117	108	81	60	40	1 046 kWh
energia com origem no apoio (útil)	112	80	64	53	48	29	20	21	29	68	91	121	736 kWh
Desempenho global do sistema													
fracção solar	59%	em termos de energia útil											
produtividade	545 kWh/m ²	de colector											
i.e.	42%	da produtividade limite dos colectores, 1292 kWh/m ²											
rendimento - definição física	44%	em relação à energia solar no plano dos colectores											
rendimento - definição estatística	39%	em relação à energia solar na horizontal											
perdas térmicas e consumos parasíticos	41%	da energia solar captada											
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.													

• Sistema solar fotovoltaico

Sistema Solar Fotovoltaico

v.1.6.4

outros sistemas

Sistema instalado em **Leça da Palmeira** (Matosinhos, Grande Porto)
 Utilizados **3** módulos fotovoltaicos **Up solar** (214 W)
 em **1** string de potência nominal 0,6 kW (6 m²), **montagem fixa**
 orientação **0°** em azimute e **35°** em inclinação.
 Bloco inversor/controlador **típico A+ (97%)** com eficiência 97,0%
 Perdas de eficiência PV por variação espectral de **0,5%**
 Perdas por problemas de limpeza dos painéis de **0,5%**
 Perdas em interconexões **1,0%** e outras perdas resistivas gerais **0,7%**
 Auto-consumos de **3** kWh em ventiladores e **0** kWh em seguimento do sol
 Tempo diurno gasto em resolução de avarias e manutenção de **6** horas por ano
 Perdas adicionais na ligação à rede de **0,5%**
 Sistema explorado em modo de **autoconsumo** Capacidade de baterias **0,0** kWh

(1) definição Europeia (2) da produção em DC (3) da produção em AC

Desempenho (resumo)

performance ratio: 85%

Necessidades (AC): 1 580 kWh

Produção (AC): 1 315 kWh

para injeção na RESP » 402 kWh

autoconsumo (AC) » 541 kWh (E_{con})

Relatório detalhado

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																
Sumário																
Instalação em Leça da Palmeira (Matosinhos)			energia solar incidente: 10 428 kWh/ano			Índices de desempenho										
5,8 m² de módulos Up solar			produção fotovoltaica potencial (DC): 1 084 kWh/ano			produtividade técnica: 1449 kWh/kW instalado										
montagem fixa com inclinação 35° e orientação 0°.			perdas de sistema (DC): -29 kWh/ano			aproveitado: 901 kWh/kW instalado										
Potência: 0,6 kW (nominal)			perdas e consumos parasíticos (AC): -58 kWh/ano			rendimento relativo: 80% (performance ratio)										
			produção (AC): 943 kWh/ano			i.e.: 9% da energia incidente										
			autoconsumo (AC): 541 kWh/ano			necessidades cobertas: 34%										
Local e clima																
NUTS III: Grande Porto			Município: Matosinhos			Local: Leça da Palmeira			elevação: Grande Porto m albedo: 5%							
obstruções do horizonte																
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S																
altura angular: 3																
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W																
altura angular: 3																
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Up solar (5,8 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.																
Potência nominal da instalação 0,6 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 29 V.																
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).																
Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.																
Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.																
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.																
Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).																
Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Consumos parasíticos: 0,00 kWh/ano para ventilação.																
Sem baterias.																
Sistema explorado em regime de autoconsumo.																
Aproveitamento do recurso solar																
radiação solar directa																
			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)			3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m².dia
incidente nos módulos			6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m².dia
absorvida pelos módulos			6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,9	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m².dia
radiação solar global																
			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera			14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)			6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m².dia
incidente nos módulos			10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m².dia
absorvida pelos módulos			9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,7	kWh/m².dia
Desempenho energético																
temperatura																
			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)			11	12	13	15	17	20	23	22	21	18	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)			32	33	36	35	37	41	45	50	50	45	41	34	40	°C
energia																
			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente			496	635	910	994	1 096	1 152	1 230	1 191	1 028	756	555	385	10 428	kWh
produção fotovoltaica (DC)			54	68	96	105	114	122	125	120	105	79	59	41	1 084	kWh
perdas do sistema (DC)			-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-29	kWh
consumos parasíticos (AC)			-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22	kWh
outras perdas (AC)			-2	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-2	-1	-37	kWh
produção disponível (AC)			46	59	84	91	100	107	109	106	92	69	51	34	943	kWh
necessidades do edifício (AC)			134	121	134	130	134	134	134	134	130	134	130	134	1 580	kWh
autoconsumo (AC)			32	37	47	50	55	56	58	55	49	43	35	25	541	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)			14	37	73	115	159	206	258	308	351	377	393	402	402	kWh
Avaliação do desempenho																
rendimento global: 9% da energia incidente			produtividade técnica: 1449 kWh/kW instalado													
rendimento relativo: 80% (performance ratio)			i.e.: 160 kWh/m² instalado													
			exploração real: 901 kWh/kW instalado													
			i.e.: 93 kWh/m² instalado													
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																
Potência do sistema: 0,6 kW			— deve ser menor que a potência contratada													
943 kWh < 1 580 kWh			[produção anual < consumo anual]													

ANEXO V – FICHAS TÉCNICAS DOS SISTEMAS SOLARES

- Sistema solar térmico termossifão



3. CARACTERÍSTICAS DO COLECTOR VS260

Tipo:	Plano selectivo
Caixilharia:	Alumínio
Dimensões:	2040 X 1273 X 80 (mm)
Área de Abertura:	2,3 m ²
Área de Absorção:	2,36 m ²
Área total:	2,61 m ²
Peso em vazio:	47 kg
Pressão máxima de trabalho:	10 bar
Temperatura de Estagnação:	173° C
Rendimento (η _s):	0,74
a ₁ (Coeficiente global de perdas de 1º grau):	3900 Wm ⁻² K ⁻¹
a ₂ (Coeficiente global de perdas de 2º grau):	0,013 Wm ⁻² K ⁻²
Coeficiente Absorção:	95 %
Coeficiente Emissão:	5 %
Isolamento:	Isolamento 40 mm (posterior) e 20 mm (lateral)

- Sistema solar térmico circulação forçada

Gama	Excellence		Comfort		Smart
Modelo	FKT-2 S	FKT-2 W	FKC-2 S	FKC-2 W	FCC-2 S
Montagem	vertical	horizontal	vertical	horizontal	vertical
Dimensões (AxLxP)	1.175x2.170x87	2.170x1.175x87	1.175x2.017x87	2.017x1.175x87	1.032x2.026x87
Área total (m ²)	2,55	2,55	2,37	2,37	2,09
Área de abertura (m ²)	2,43	2,43	2,25	2,25	1,94
Área do absorvedor (m ²)	2,35	2,35	2,18	2,18	1,92
Volume do absorvedor (l)	1,6	1,96	0,94	1,35	0,8
Peso vazio (kg)	44,8	44,8	40	40	30
Pressão de trabalho máxima (bar)	10	10	6	6	6
Caudal nominal (l/h)	50	50	50	50	50
Moldura	Fibra de vidro com tecnologia SMC	Fibra de vidro com tecnologia SMC	Fibra de vidro com tecnologia SMC	Fibra de vidro com tecnologia SMC	Alumínio
Isolamento	Lã mineral, com 55mm de espessura	Lã mineral, com 55mm de espessura	Lã mineral, com 55mm de espessura	Lã mineral, com 55mm de espessura	Lã mineral, com 25mm de espessura
Absorvedor	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo	Altamente seletivo
Cobertura do absorvedor	PVD	PVD	PVD	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Dupla serpentina	Dupla serpentina	Grelha de tubos	Grelha de tubos	Grelha de tubos
Curva de rendimento instantâneo segundo EN 12975-2 (com base na área de abertura)					
Fator de eficiência η_i	0,79	0,802	0,766	0,77	0,761
Coef. perdas linha [W/m ² K]	3,86	3,833	3,216	3,871	4,083
Coef. perdas secundárias [W/m ² K ²]	0,013	0,015	0,015	0,012	0,012

- Sistema solar fotovoltaico

Poly Series | 6" PV Module 72 cells

Electrical Characteristics

MODEL	UP-M325P	UP-M330P	UP-M335P	UP-M340P	UP-M345P	UP-M350P
Max Power Pm (Wp)	325	330	335	340	345	350
Max Power Voltage Vm (V)	36.9	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9
Max Power Current Im (A)	8.81	8.89	8.98	9.07	9.15	9.23
Open-Circuit Voltage Voc (V)	46.6	46.8	47.0	47.2	47.4	47.6
Short-Circuit Current Isc (A)	9.06	9.14	9.22	9.32	9.40	9.49
Module Efficiency	16.7%	17.0%	17.3%	17.5%	17.8%	18.0%
Maximum System Voltage (V)	1000(IEC)/1000(UL), 1500(IEC)/1500(UL)					
Power Tolerance	0/+3%					
Series Fuse Rating (A)	20A					

STC: Irradiance 1000 W/m², Module temperature 25°C, AM=1.5

Components & Mechanical Data

Front Glass	High Transparency Tempered Glass 0.125" // 3.2 mm
Junction Box	IP 65 or above
Bypass Diode	3 diodes
Output Cables	1.0 m // IEC, UL approved (4 mm ² , 12AWG) (PV Wire Type)
Connectors	MC4 compatible (IP67, IEC and UL approved)
Frame	Anodized aluminium alloy type 6063-T5
Encapsulation Material	EVA (0.018" // 0.45 mm ± 0.001" // 0.03 mm thickness)
Back Sheet	White multilayer polymer film
Temperature Range	-40°F to +194°F // -40°C to +90°C
Max Load	75 lbs / ft ² (UL Standard) // 5400 Pa (IEC Standards)
Impact Resistance	Steel ball - 118 lbs // 535 g dropped from 51" // 1.3 m high

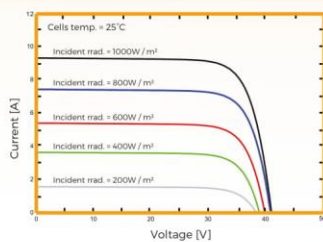
Specifications

Cells	Polycrystalline silicon solar cells 6" x 6" // 156 mm x 156 mm
Number of Cells	72 (6 x 12)
Dimensions (in // mm)	77.01 x 39.06 x 1.57 // 1956 x 992 x 40
Weight (lb // kg)	50.0 // 22.7

Temperature Coefficients

NOCT (°C)	45 ± 2
Temperature Coefficients of Isc (% / °C)	0.05 ± 0.01
Temperature Coefficients of Voc (% / °C)	-0.30 ± 0.02
Temperature Coefficients of Im (% / °C)	-0.02 ± 0.02
Temperature Coefficients of Vm (% / °C)	-0.42 ± 0.03
Temperature Coefficients of Pm (% / °C)	-0.40 ± 0.05

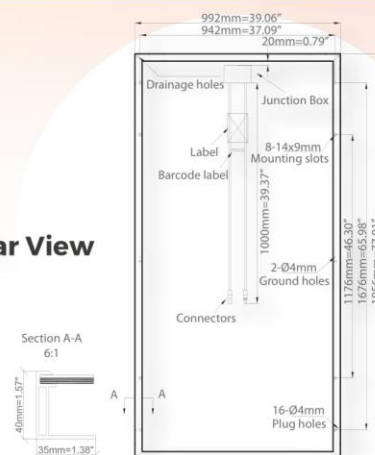
IV Curves



Options Available

SolarEdge Integrated

Rear View



Upsolar is not responsible for damages caused by errors or omissions on this data sheet. All information is subject to change without notice.

www.upsolar.com | 08