



Análise do Desempenho Térmico de um Edifício Existente

CLÁUDIA RAQUEL MAGALHÃES PINTO

julho de 2017

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM EDIFÍCIO EXISTENTE

CLÁUDIA RAQUEL MAGALHÃES PINTO

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientadora: Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva

Supervisor: Pedro Miguel da Costa Cruz (Psc - Engenharia Construção e Imobiliário Lda)

JUNHO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xxiii
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Atividades desenvolvidas no estágio.....	3
Capítulo 3 Regulamentação Térmica de Edifícios em Portugal	5
Capítulo 4 Estudo caso.....	41
Capítulo 5 Considerações Finais	105
Referências Bibliográficas	107
Anexo I – Perdas por transmissão - Método detalhado antes reabilitação	109
Anexo II – Inércia térmica.....	113
Anexo III – Perdas de transmissão de referência - Método detalhado.....	115
Anexo IV – Cálculo da ventilação L _{nec} – Método detalhado	119
Anexo V – EREN – Método detalhado	123
Anexo VI – Cálculo da ventilação L _{nec} – Método simplificado	125

ÍNDICE GERAL

Anexo VII – Perdas por transmissão – Método simplificado	129
Anexo VIII – Perdas por transmissão de referência– Método simplificado	133
Anexo IX – Inércia - Método detalhado antes reabilitação	137
Anexo X – Perdas por transmissão - Método detalhado antes reabilitação	139
Anexo XI – Cálculo da ventilação Lnec – Método detalhado antes.....	143
Anexo XII – Folha ITEcons Fração piso 1 oeste	147
Anexo XIII– Folha ITEcons Frações todas Método simplificado	157
Anexo XIV– Resultados finais	159

RESUMO

Este relatório pretende avaliar o desempenho térmico de um edifício existente, construído em 1970, e comparar com o que apresentará após ser sujeito a diversas intervenções nas soluções construtivas adotadas e nos equipamentos.

Nos dias que hoje decorrem, as condições de qualidade de vida das populações têm vindo a melhorar e por isso os sistemas construtivos dos edifícios têm que ser aperfeiçoados até porque a legislação assim o obriga.

A atual regulamentação de desempenho térmico dos edifícios, o Decreto-Lei nº 118/2013 já sofreu quatro alterações e a sua metodologia de cálculo também tem sido alvo de modificações importantes realizadas através de publicações de diversas Portarias.

No caso de estudo apresentado, foi adotada a metodologia definida nesta legislação para um edifício misto existente e comparados os resultados obtidos após o edifício ser reabilitado. Para esta análise utilizou-se: o método detalhado realizado manualmente e através da folha de *Excel* desenvolvida pelo ITEcons e o método simplificado com o método detalhado no antes da reabilitação.

A folha de cálculo da ITEcons faz a avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético dos edifícios e disponibiliza o preenchimento de toda a informação necessária à emissão de Pré-Certificados e Certificados Energéticos.

Por fim avaliaram-se as medidas propostas na reabilitação e os impactos que teriam na certificação energética das frações estudadas.

Palavras-chave: Certificação energética; Comportamento Térmico; Reabilitação

ABSTRACT

The aim of this report is to evaluate the thermal performance of an existing building, which was built in 1970.

Nowadays, the quality of our lives is better, so we must start to improve our buildings as the law implies.

The current regulation of thermal in buildings, Decree-Law 118/2013, has been updated from various Ordinances.

To give the example, the methodology defined in this legislation was chosen for a mixed building, comparing the rehabilitated building with the results obtained in the detailed method done manually with the resulting values of the Excel sheet. Then, simplified method with the detailed method in the before the rehabilitation.

The ITEcons spreadsheet assesses the thermal performance and energy performance of buildings, where it provides all the necessary information for the issuance of Pre-Certificates and Energy Certificates.

Finally, the measures proposed in the rehabilitation were evaluated and the impacts they would have on the energy certification of the studied fractions.

Keywords: Energy certification; Thermal Behavior; Rehabilitation

AGRADECIMENTOS

Para a realização do meu relatório de estágio era impensável esquecer-me daqueles que me ajudaram a concretizá-lo, pois não o seria possível sem o apoio deles.

À minha família, pais, e irmã, com o carinho que me deram durante a vida académica. Principalmente, o esforço que fizeram para eu terminar mais uma das etapas da minha vida.

À minha orientadora, Engenheira Teresa Neto, que esteve sempre presente para a realização deste relatório desde do início para executá-lo da melhor forma, através do seu excelente conhecimento.

Ao meu supervisor, Engenheiro Pedro Cruz, que me deu oportunidade de estar na sua empresa a realizar o meu estágio curricular, e que disponibilizou todas ferramentas para eu conseguir realizar o meu estudo caso deste relatório de estágio.

“O esforço para unir a sabedoria e o poder raramente dá certo e somente por tempo muito curto.”

Albert Einstein

ÍNDICE DE TEXTO

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	Objetivos deste relatório	1
1.3	Estrutura do relatório	2
Capítulo 2	Atividades desenvolvidas no estágio	3
Capítulo 3	Regulamentação Térmica de Edifícios em Portugal	5
3.1	Diretiva 2010/31/EU	5
3.2	DL 118/2013.....	5
3.3	Legislação suplementar	7
3.4	Requisitos da qualidade da térmica da envolvente.....	9
3.4.1	Envolvente opaca em zona corrente	9
3.4.2	Pontes térmicas planas.....	10
3.4.3	Vãos envidraçados.....	10
3.4.4	Valor mínimo da taxa renovação de ar	12
3.4.5	Requisitos dos sistemas técnicos.....	12
3.5	Dados climáticos	16
3.5.1	Zona climática.....	16
3.6	Balço energético na estação de aquecimento.....	16
3.6.1	Perdas de calor por transmissão pela envolvente.....	17
3.6.2	Perdas por renovação de ar.....	19

3.6.3	Ganhos térmicos úteis	21
3.6.4	Inércia térmica	23
3.6.5	Valor limite das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil.....	25
3.7	Balanço energético na estação de arrefecimento	27
3.7.1	Trocas de calor por transmissão pela envolvente	27
3.7.2	Trocas de calor por renovação de ar	27
3.7.3	Ganhos térmicos prejudiciais.....	28
3.7.4	Ganhos solares.....	28
3.7.5	Valor das necessidades de arrefecimento	30
3.8	Energia para a preparação águas quentes sanitárias	30
3.9	Necessidades de energia primária	31
3.10	Certificação energética.....	34
3.11	Regras de simplificação para edifícios sujeitos a grandes intervenções e existentes.....	35
3.11.1	Coeficiente de redução de perdas.....	35
3.11.2	Transferência de calor pela envolvente.....	35
3.11.3	Ventilação	38
3.11.4	Eficiência dos sistemas técnicos	38
3.11.5	Contribuição dos sistemas solares térmicos.....	39
Capítulo 4	Estudo caso	41
4.1	Método detalhado – Análise de desempenho térmico após a reabilitação.....	41
4.1.1	Descrição do edifício.....	41
4.1.2	Dimensões	44
4.1.3	Dados Climáticos.....	45
4.1.4	Coeficiente b_{tr}	46
4.1.5	Definição Envolvente	47
4.1.6	Coeficientes U e verificação dos requisitos mínimos de qualidade da térmica	48
4.1.7	Comportamento térmico na estação de aquecimento	54

4.1.8	Comportamento térmico na estação de arrefecimento	63
4.1.9	Necessidades de energia para preparação de AQS.....	68
4.1.10	Necessidades de Energia Primária.....	68
4.1.11	Valor máximo das Necessidades de energia primária.....	70
4.2	Método simplificado - Análise de desempenho térmico antes da reabilitação	71
4.2.1	Descrição edifício.....	71
4.2.2	Coeficiente b_{tr}	72
4.2.3	Comportamento térmico na estação de aquecimento	72
4.2.4	Comportamento térmico na estação de arrefecimento	77
4.2.5	Necessidades de energia para preparação de AQS.....	81
4.2.6	Necessidades de Energia Primária.....	81
4.2.7	Valor máximo das Necessidades de energia primária.....	82
4.3	Método detalhado – Análise de desempenho térmico antes da reabilitação	83
4.3.1	Coeficientes U.....	83
4.3.2	Comportamento térmico na estação de aquecimento	86
4.3.3	Comportamento térmico na estação de arrefecimento	89
4.3.4	Necessidades de energia para preparação de AQS.....	93
4.3.5	Necessidades de Energia Primária.....	93
4.3.6	Valor máximo das Necessidades de energia primária.....	94
4.4	Discussão dos resultados obtidos	95
Capítulo 5	Considerações Finais	105
5.1	Conclusões	105
5.2	Desenvolvimentos Futuros	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Casas da Barragem	4
Figura 2 - O sombreamento por elementos horizontais/verticais sobre os envidraçados.....	12
Figura 3 - Indicação das dimensões relevantes para avaliar a proteção ao vento da fração-Despacho (extrato) nº15793-K/2013.....	20
Figura 4 - Classes energéticas - representação	34
Figura 5 - Localização	42
Figura 6 - Alçado principal (à esquerda) e corte (à direita).....	43
Figura 7 - Planta piso 1 ao 5 (à esquerda) e planta piso 6 (à direita).....	43
Figura 8 - Levantamento fotográfico das frações.....	44
Figura 9 – Delimitação da envolvente.....	47
Figura 10 – Constituição das paredes exteriores	48
Figura 11 – Constituição parede CHC.....	48
Figura 12 – Constituição pontes térmicas planas.....	49
Figura 13 – Constituição laje de cobertura	50
Figura 14 – Constituição laje de sobre exterior.....	50
Figura 15 – Constituição laje sobre serviços	51
Figura 16 – Sombreamentos verticais.....	53
Figura 17 - Necessidades energia para a estação de aquecimento	96
Figura 18 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento.....	98
Figura 19 – Necessidades de energia primária.....	99
Figura 20 - Necessidades energia para a estação de aquecimento	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 21 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento.....	102
Figura 22 - Necessidades de energia primária	102
Figura 23 - Necessidades energia para a estação de aquecimento	103
Figura 24 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento.....	104
Figura 25 - Necessidades de energia primária	104

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados, $U_{máx}$	9
Tabela 3.2 - Valores fator máximo admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ - Portaria nº349-B/2013	10
Tabela 3.3 - Classificação de desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, rooftop e bomba de calor.	13
Tabela 3.4 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores-Portaria nº 349 – B/2013	15
Tabela 3.5 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores-Portaria nº 349- B/ 2013	15
Tabela 3.6 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} - Portaria nº 349- B/ 2013..	15
Tabela 3.7 - Coeficiente de redução de perdas de um ENU.....	18
Tabela 3.8 - Fator de orientação para as diferentes exposições, X_j - Despacho (extrato) nº15793-I/2013	22
Tabela 3.9 - Fração envidraçada-Despacho nº 15793-K/2013	22
Tabela 3.10 - Classes de inércia térmica interior-Despacho nº 15793-K/2013.....	23
Tabela 3.11 - Massa superficial útil do elemento, EL1, EL2 e EL3	24
Tabela 3.12 - Fator de redução das massas, r , dos elementos EL1 e EL2	25
Tabela 3.13 - Fator de redução das massas, r , dos elementos EL3	25
Tabela 3.14 - Valores de Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} -Portaria 379 -A/2015	26
Tabela 3.15 - Coeficiente de transmissão térmica lineares de referência, Ψ_{ref} -Portaria nº 349 -B/2013	26
Tabela 3.16 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativos, $F_{m,v}$ -Despacho nº 15793 -K/2013.....	29
Tabela 3.17 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$. -Despacho Nº 15793 – k/2013	29

Tabela 3.18 - Valores fator de utilização de ganhos de referência, $\eta_{v,ref}$ -Portaria 349 B/2013.....	30
Tabela 3.19 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação das necessidades de energia primária-Portaria nº 349-B/2013	32
Tabela 3.20 - Edifícios sujeitos a grandes intervenções-relação entre os valores das necessidades nominais de energia e respetivo e limite - Portaria 349-B/2013	33
Tabela 3.21 - Intervalos de valor de R_{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação.	34
Tabela 3.22 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares.....	36
Tabela 3.23 – Regras simplificação.....	37
Tabela 3.24 - Valores base de eficiência para equipamentos convencionais de climatização e de produção de AQS em edifícios existentes.....	39
Tabela 4.1 - NUTS III - Despacho (extrato) Nº 15793-F/2013.....	45
Tabela 4.2 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude tabelados por NUTS III - Despacho (extrato) Nº 15793-F/2013.....	45
Tabela 4.3 - Parâmetros climáticos pertinentes para a estação de arrefecimento	46
Tabela 4.4 – Valores de btr.....	46
Tabela 4.5 – Verificação da área do envidraçado com área compartimento	52
Tabela 4.6 - Sombreamento devido a elementos verticais – arrefecimento	53
Tabela 4.7 - Dados necessários para perdas de transmissão com elementos em contacto com o exterior, H_{ext}	55
Tabela 4.8 - Dados necessários para as pontes térmicas lineares	55
Tabela 4.9 - Dados necessários para as perdas de transmissão com elementos em contacto com espaços não úteis, H_{ENU}	55
Tabela 4.10 - Dados necessários para as pontes térmicas lineares	56
Tabela 4.11 – Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão.....	56
Tabela 4.12 – Cálculo da transferência por ventilação	57
Tabela 4.13 - Área efetiva coletiva da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento	58
Tabela 4.14 – Valores de cada fração dos ganhos térmicos úteis.....	58

Tabela 4.15- Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração	59
Tabela 4.16 - Dados para a perda por transmissão de referência através de elementos em contacto com o exterior, $H_{ext,ref}$	60
Tabela 4.17 - Dados para as pontes térmicas lineares.....	60
Tabela 4.18 - Dados para as perdas por transmissão de referência através dos elementos em contacto com espaços não úteis H_{ENUref}	61
Tabela 4.19 - Dados para as pontes térmicas lineares.....	61
Tabela 4.20 - valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência.....	61
Tabela 4.21 - Valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração	62
Tabela 4.22 - Valor da perda de transferência de calor por transmissão, no verão	63
Tabela 4.23 - Valor da perda de transferência de calor por ventilação, no verão.....	64
Tabela 4.24 - Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados.....	65
Tabela 4.25 – Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior	66
Tabela 4.26 – Cálculo dos ganhos prejudiciais de cada piso, no verão.....	66
Tabela 4.27 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração	67
Tabela 4.28 - Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento	68
Tabela 4.29 - Valor das necessidades de energia primária para cada fração	70
Tabela 4.30 - Valor máximo das necessidades de energia primária para cada fração	70
Tabela 4.31 – Cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente.....	72
Tabela 4.32 - Cálculo para a transferência de calor por ventilação	73
Tabela 4.33 - Cálculo dos ganhos térmicos úteis	75
Tabela 4.34 – Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	75
Tabela 4.35 - Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência.....	76
Tabela 4.36 - Valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração	77
Tabela 4.37 – Cálculo da transferência de calor transmissão por transmissão na estação de arrefecimento	77
Tabela 4.38 – Cálculo da transferência de calor por ventilação, na estação de arrefecimento	78

Tabela 4.39 – Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados	78
Tabela 4.40 – Ganhos solares pela envolvente opaca exterior.....	79
Tabela 4.41 – Cálculos dos ganhos térmicos prejudiciais na estação de arrefecimento	80
Tabela 4.42 - Cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento.....	80
Tabela 4.43 - Valor das necessidades de energia primária de cada piso	82
Tabela 4.44 - Valor máximo das necessidades de energia primária de cada piso	83
Tabela 4.45 - Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão	87
Tabela 4.46 – Cálculo da transferência por ventilação	87
Tabela 4.47 - Área efetiva coletiva da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento	88
Tabela 4.48 - Cálculo para os ganhos úteis na estação de aquecimento.....	88
Tabela 4.49 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração.....	89
Tabela 4.50 - Valor da perda de transferência de calor por transmissão, no verão	90
Tabela 4.51 - Valor da perda de transferência de calor por ventilação, no verão	90
Tabela 4.52 - Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados	91
Tabela 4.53 – Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior	91
Tabela 4.54 – Cálculo dos ganhos prejudiciais de cada piso, no verão.....	92
Tabela 4.55 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração.....	92
Tabela 4.56 - Valor das necessidades de energia primária para cada fração	94
Tabela 4.57 - Valor máximo das necessidades de energia primária para cada fração.....	95
Tabela 4.58 – Perdas na estação de aquecimento	95
Tabela 4.59 – Ganhos úteis	96
Tabela 4.60 - Perdas na estação de arrefecimento	97
Tabela 4.61 - Ganhos prejudiciais.....	97
Tabela 4.62 - Perdas na estação de aquecimento.....	99
Tabela 4.63 – Ganhos úteis	100
Tabela 4.64 - Perdas na estação de arrefecimento	101

Tabela 4.65 - Ganhos prejudiciais 101

ABREVIATURAS

$(Aw)_{int}$ – Área total do vão envidraçado interior (vidro + caixilharia), [m²];

$(Fg)_{enu}$ – Fração envidraçada do vão envidraçado do ENU;

$(Fg)_{int}$ – Fração envidraçada do vão envidraçado do interior;

$(gi)_{enu}$ – Fator solar de inverno, do vão envidraçado ENU;

$(gi)_{int}$ – Fator solar de inverno, do vão envidraçado interior;

A – Área do pavimento em contacto com o solo, medida pelo interior, [m²];

ADENE – Agência para a energia;

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior, [m²];

A_p – Área interior útil de pavimento, [m²];

AQS – Águas Quentes Sanitárias;

$A_{s,i}$ – Área efetiva coletora da radiação solar do vão envidraçado, na estação de aquecimento, [m²];

B_j – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear, medido pelo interior, [m];

btr - Coeficiente de redução de perdas;

ENU- Espaço não útil.

Eren – Energia produzida a partir de fontes de energia renovável, incluindo apenas energia consumida, [kWh/ano];

$E_{solar\ ref}$ - Valor de referência da contribuição anual de sistemas de coletores solares para a produção de AQS, [kWh/ano];

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado;

F_g – Fração envidraçada que depende do tipo de caixilharia;

F_h - Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

ABREVIATURAS

- F_{mv} – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção móvel se encontram totalmente ativado;
- F_o - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
- F_{pu} – Fatores de conversão para primária, de acordo com a fonte de energia do sistema de referência, [kWh_{ep}/kWh];
- $F_{s,i}$ – Fator de obstrução, na estação de aquecimento;
- $F_{s,v}$ – Fator de obstrução;
- F_w – Fator de seletividade angular;
- GD – Número de graus – dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia];
- G_{sul} – Energia solar media mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, [kW/m²/mês];
- g_T - Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar ativados;
- g_{Tmax} - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;
- g_{Tp} - Fator solar global apenas com dispositivos de proteção permanentes;
- g_v – Fator solar na estação de arrefecimento;
- H_{adj} - Coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com os edifícios adjacentes, [W/°C];
- H_{ecs} - Coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o solo, [W/°C];
- H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com os espaços não úteis, [W/°C];
- H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o exterior, [W/°C];
- $H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão, [W/°C];
- $H_{tr,v}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, [W/°C];
- I1, I2 e I3 - Zonas climáticas de inverno;
- I_{sol} – Energia solar acumulada durante a estação, [kWh/m²];
- ITEcons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção;
- L_v - Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas;
- M – Duração da estação de aquecimento, [meses];
- MAQS – Consumo médio diário de AQ0, [l/ocupante.dia];

M_{si} – Massa superficial útil do elemento, [Kg/m²];

n – Número convencional de ocupantes por fração autónoma, FA, definido em função da tipologia, em que se consideram 2 ocupantes para tipologia T0 e $n+1$ para tipologias do tipo T n com $n>0$;

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais, sendo o valor de 365 dias;

N_i - Valor máximo de energia útil para aquecimento, [kWh/m².ano];

N_{ic} - Valor das necessidades anuais de energia útil para aquecimento, [kWh/m².ano];

N_t - Valor máximo das necessidades de energia primária, [kWh_{EP}/m².ano];

N_{tc} - Valor das necessidades nominais anuais de energia primária, [kWh_{EP}/m².ano];

NUTS III - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III;

N_v - Valor máximo de energia útil para arrefecimento, [kWh/m².ano];

N_{vc} - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, [kWh/m².ano];

P_d – Pé direito da fração, [m];

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, [kWh];

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, [kWh];

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

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

$Q_{gu,i,ref}$ - Ganhos de calor úteis de referência na estação de aquecimento, [kWh];

$Q_{gv,ref}$ – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, [kWh];;

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, [kWh];

$Q_{int,v}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, no verão, [kWh];

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmico associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, [kWh];

$Q_{sol,v}$ – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada, [kWh];

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

ABREVIATURAS

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

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

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

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;

REH – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;

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

$R_{ph,i}$ - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, [h^{-1}];

$R_{ph,v}$ - Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento, [h^{-1}];

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

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

SCE - Sistema de Certificação dos Edifícios;

$U_{m\acute{a}x}$ - Coeficiente de transmissão térmica máximo, [$W/m^2 \cdot ^\circ C$];

U_{PTP} - Coeficiente de transmissão térmica superficial na zona de Ponte Térmica Plana, [$W/m^2 \cdot ^\circ C$];

$U_{zona\ corrente}$ - Coeficiente de transmissão térmica superficial na zona corrente, [$W/m^2 \cdot ^\circ C$];

V1, V2 e V3 - Zonas climáticas de verão;

W_{vm} - Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];

Z - Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo, [m^2];

Z - Altitude do local, [m];

Z_{REF} - Altitude de referência, [m];

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

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

ΔT - Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS, [$^\circ C$];

ΔT - Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS, com valor de $35^\circ C$;

η - Eficiência nominal do sistema, tem o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de energia renovável, exceto a queima de biomassa sólida, que se uso o valor do próprio sistema, [%];

η - Fator de utilização dos ganhos térmicos;

η_{RC} - Rendimento do sistema de recuperação de calor, [%];

η_{ref} - Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento e arrefecimento ambiente e preparação AQS, [%];

$\eta_{v,ref}$ - Fator de utilização de ganhos de referência, [%];

$\Theta_{ext,v}$ - Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento;

$\Theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

Ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório surgiu no seguimento do estágio curricular realizado na empresa PSC - Engenharia Construção e Imobiliário, Lda, durante o 2º semestre do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de construções, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O trabalho desenvolvido na empresa foi muito diverso, tendo contemplado tarefas associadas ao acompanhamento de projetos de especialidade de abastecimento de águas e águas residuais, medições do projeto de betão de moradias e preparação da certificação energética de edifícios existentes.

O estudo de caso apresentado está relacionado com o desempenho térmico de um edifício misto, onde se estudou em particular algumas frações de habitação, tendo sido necessário um estudo aprofundado da legislação aplicável a edifícios novos e existentes. Foi também realizada uma análise detalhada sobre as alterações das expressões numéricas que têm vindo a ser propostas nas sucessivas publicações e revogações de Portarias.

Como na empresa é utilizado a folha de excel fornecida pela ITEcons, considerou-se importante neste relatório de estágio usá-la para de forma útil verificar e comparar os seus resultados com os que seriam obtidos se o cálculo tivesse sido realizado sem recurso a essa ferramenta.

1.2 OBJETIVOS DESTE RELATÓRIO

O desenvolvimento deste relatório tem como principais objetivos:

- Estudo da legislação que permite quantificar o desempenho térmico de edifícios novos e existentes; note-se que atualmente os documentos legislativos apresentam alterações significativas relativamente aos estudados ao longo do percurso académico efetuado;
- Análise comparativa do método detalhado com a folha Excel do ITEcons para o edifício reabilitado;

- Análise Comparativa entre o método simplificado e o método detalhado para edifício existente;
- Avaliar soluções de melhoria do comportamento térmico para a reabilitação e analisar o seu impacto nos indicadores previstos na legislação.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Este relatório de Estágio encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo estes, subdivididos em subcapítulos, nos quais estão descritas todas as pesquisas necessárias para o desenvolvimento deste relatório de Estágio Curricular feito na entidade acolhedora.

No primeiro capítulo fez-se uma abordagem da empresa onde se realizou o estágio curricular e quais os objetivos deste relatório.

O segundo capítulo diz respeito às atividades que se desenvolveram durante o período de estágio.

Num segundo terceiro, apresenta-se a legislação de desempenho térmico existente em Portugal para edifícios habitacionais e descreve-se de forma detalhada o método de detalhado e o simplificado.

Seguidamente, o quarto capítulo, diz respeito ao estudo caso, onde se pôs em prática o método detalhado, antes e depois da reabilitação, o simplificado antes da reabilitação, e as medidas de melhoria que foram adotadas para o edifício existente juntamente com a discussão dos resultados.

Por fim, no quinto capítulo, elaboram-se as conclusões deste estudo e o indicam-se quais poderiam ser desenvolvimentos futuros com interesse para este trabalho.

CAPÍTULO 2

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO

A empresa PSC- Engenharia Construção e Imobiliário, Lda, foi criada em 11 fevereiro 2015, e está localizada em Gondomar. Tem como objetivo de executar todos os trabalhos associados à construção e à engenharia em geral, com grande enfoque na eficiência energética.

A PSC é uma microempresa que pretende alargar o seu conhecido na área de engenharia, em termos de execução de projetos, coordenação e fiscalização de obras, levantamento de patologias, avaliações imobiliárias e certificação energética.

Durante o estágio uma das atividades que esteve sempre presente foi desenhar em Autocad as plantas das habitações, no qual tinha que: limitar a envolvente, medir as áreas dos elementos construtivos, definir o tipo de vidro e caixilharia e a referenciar a sua orientação. No fim deste procedimento, tinham que ser inseridos na folha de ITEcons os dados de cada habitação.

Houve a colaboração nos seguintes trabalhos:

- Na realização dos projetos de especialidades de abastecimento de águas, drenagem das mesmas e no projeto de térmica de uma habitação nova;
- Na execução do Plano de Segurança e Saúde, onde foi descrito a Gestão do Plano de Segurança e Saúde, memória descritiva, a caracterização da empreitada, as ações para a prevenção de riscos e a monitorização e acompanhamento da implementação do PSS para a mesma obra, Casa da Barragem.

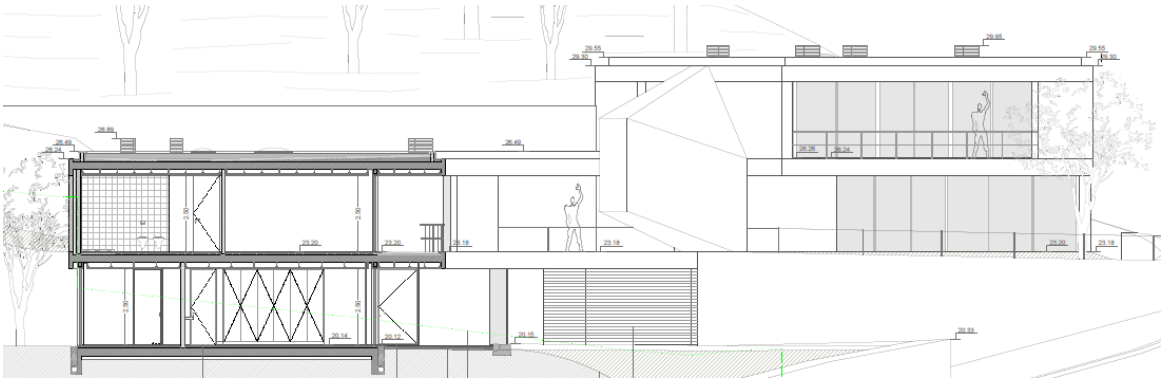
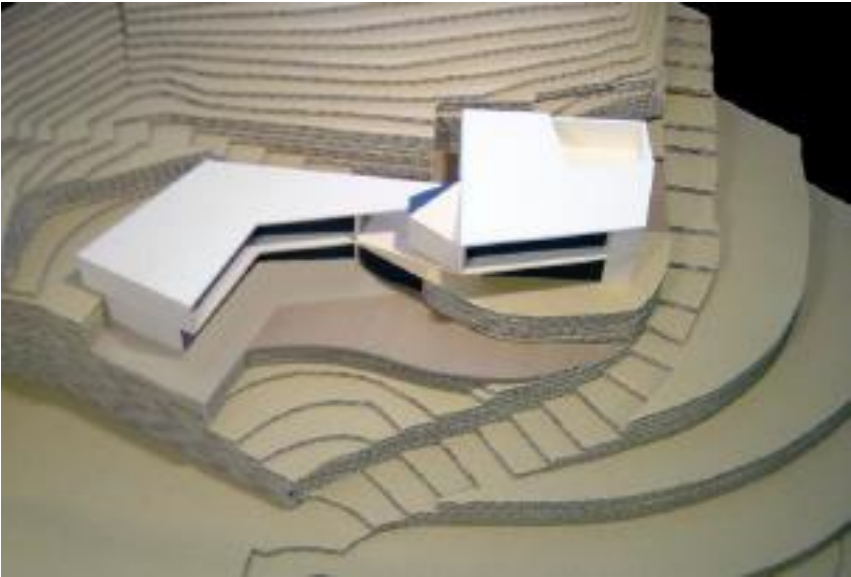


Figura 1 – Casas da Barragem

CAPÍTULO 3

REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA DE EDIFÍCIOS EM PORTUGAL

3.1 DIRETIVA 2010/31/EU

A Diretiva 2010/31/EU fez a revisão a Diretiva 2002/91/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativamente ao desempenho energético dos edifícios (EPBD).

Assim, para esta nova Diretiva as “grandes intervenções” de edifícios existentes constituem uma oportunidade para tomar medidas com rentabilidade económica e que permitam melhorar o desempenho energético. Com base nesta Diretiva foram definidas metas nacionais ambiciosas e planos de incentivos para recuperação do parque edificado existente e para construção de novos “edifícios energia quase zero (NZEB)”.

A União Europeia sublinhou ainda que até 2020 deverá existir uma redução em 20% as emissões de gases com efeito de estufa e do consumo de energia e um aumento em 20% de produção de energia com origem em fontes renováveis. Para além destes objetivos, propõem-se ainda que para 2050, exista uma redução de 80% das emissões de gases com efeito de estufa, aumento de 35% da eficiência energética e uma quota-parte de 60% de energias renováveis.

A Diretiva 2012/27/EU, veio estabelecer medidas de promoção da eficiência energética para assegurar o objetivo da União Europeia, que consiste em atingir um incremento de 20 % em eficiência energética até 2020.

3.2 DL 118/2013

O principal objetivo deste decreto lei é promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios.

O Decreto-Lei nº 118/2013 transpõe para ordem jurídica nacional a Diretiva nº 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, referente ao desempenho energético dos edifícios.

Segundo o Decreto-Lei nº 118/2013, o seu principal objetivo é “assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação dos Edifícios (SCE). Este documento

incorpora dois regulamentos, o Regulamento de Desempenho Energético Dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)”.

O SCE inclui todos os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grandes intervenções, todas as frações já edificadas, caso estas fiquem sujeitas a venda ou arrendamento e “edifícios de comércio ou serviços com área útil igual ou superior a 1000m², ou 500m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas”. As propriedades de entidades públicas, com visitas frequentes por parte do público e com “área superior a 500m², ou 250m² (a partir de 1 de junho de 2015) também ficam sujeitos ao SCE”, conforme indicado nos artigos nº 3 e 8 do Decreto-Lei 118/2013.

É necessário notar que nas situações em que o edifício ainda não disponha de certificado energético e haja a intenção de o anunciar, deverá ser previamente registado um Pré-Certificado (PCE) ou Certificado SCE (CE) válido no Portal SCE por parte de um Perito Qualificado (PQ), de modo a ser conhecida a respetiva classificação energética.

Segundo o artigo nº 4 do Decreto-Lei 118/2013, estão excluídos do SCE, as instalações industriais, agrícolas ou pecuárias, edifícios utilizados como locais de culto ou para atividades religiosas, edifícios ou frações destinados a armazéns, estacionamento e oficinas, edifícios unifamiliares com área útil inferior a 50 m², edifícios de comércio e serviços devolutos, até a sua venda ou locação após a entrada em vigor deste diploma, edifícios em ruína, infraestruturas militares e edifícios afetos aos sistemas de informações ou a forças e serviços de segurança sujeitos a regras de controlo e confidencialidade, monumentos e edifícios considerados com especial valor arquitetónico.

Segundo o Artigo nº 5, secção II, do Decreto-Lei 118/2013 no que diz respeito ao pré certificado e ao certificado a sua existência deve ser verificada no controlo de prévio das operações urbanísticas e na celebração dos contratos de compra e venda ou locação.

A fiscalização do SCE é da competência da Direção-Geral de Energia e Geologia, DGEG. E a gestão do SCE dos edifícios é atribuída à ADENE.

Conforme indica o Artigo nº 22 da secção I, do capítulo III, do Decreto-Lei 118/2013, “o REH estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.”

Este Decreto-Lei foi alterado pelo Decreto-Lei n.º 68 -A/2015, de 30 de abril com o objetivo estabelecer disposições em matéria de eficiência energética e cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à

eficiência energética. O DL 194/2015 procede à segunda alteração ao Decreto -Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, alterado pelo Decreto -Lei n.º 68 -A/2015 de 30 de abril, relativo ao desempenho energético dos edifícios, e à primeira alteração ao Decreto -Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, que estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, que se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional.

3.3 LEGISLAÇÃO SUPLEMENTAR

De forma a complementar o Decreto-Lei nº118/2013, foram publicadas as seguintes Portarias e os Despachos:

- A Portaria nº 349 – A/2013 define as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do Perito Qualificado e do técnico de instalação e de manutenção. Também esclarece as categorias dos edifícios, os tipos de Pré-certificados e Certificados e as responsabilidades de emissão dos mesmos.
- A Portaria nº 349 – B/2013 explica a metodologia utilizada para determinar a classe de desempenho energético e define os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios. Assim, esta Portaria define, para efeitos de cálculo, métodos para determinar valores máximos de necessidades energéticas, os requisitos para a qualidade térmica da envolvente, o valor mínimo da taxa de renovação de ar, os requisitos para os sistemas técnicos e requisitos dos sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis.
- Atualmente, a Portaria 319/2016 procede à segunda alteração da Portaria n.º 349 -B/2013, de 29 de novembro, alterada pela 4724 Diário da República, 1.ª série, n.º 239, 15 de dezembro de 2016, Portaria nº 379-A/2015, de 22 de outubro, 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 térmico e de eficiência de sistemas técnicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção.
- A Portaria nº 349 – C/2013 delimita os elementos que devem constar nos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como a autorização de utilização.
- A Portaria n.º 349 – D/2013 define os Requisitos relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos ou sujeitos a grandes intervenções e dos existentes.

- O Despacho nº 15793 – C/2013 divulga os modelos de pré-certificados e certificados SCE, que vão ser emitidos para edifícios novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes.
- O Despacho nº 15793 – D/2013 esclarece quais são os fatores de conversão entre energia útil e primária a utilizar para determinar do valor das necessidades nominais anuais de energia primária.
- O Despacho nº 15793 – E/2013 define quais são as regras de simplificação que se de utilizam nos edifícios sujeitos a grandes intervenções e existentes, caso se verifique a impossibilidade de obter informações importantes sobre o edifício, tais como, a envolvente, parâmetros térmicos, ventilação, eficiência dos sistemas técnicos e contribuição dos sistemas solares térmicos.
- O Despacho nº 15793 – F/2013 publica os parâmetros para o zonamento climático e os respetivos dados. Desta forma, especifica as zonas climáticas, através da Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos de nível III (NUTS III). Define também um método de cálculo para determinar os parâmetros climáticos de um determinado local, para as estações de aquecimento e arrefecimento.
- O Despacho nº 15793 – H/2013 identifica as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema. Os sistemas para aproveitamento identificados neste despacho são os sistemas solares térmicos, solares fotovoltaicos, eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica e aerotérmica e geotérmica (bombas de calor).
- O Despacho nº 15792 – I/2013 determina os métodos de cálculo para as necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias e as necessidades nominais de energia primária.
- O Despacho nº 15793 – J/2013 publica as regras para determinar a classe energética de um edifício. Para tal é necessário saber o valor das necessidades nominais anuais de energia primária (XYZ) e o valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária (XY). Com estes valores é feito um rácio de classe energética e a classificação é feita consoante este valor.
- O Despacho nº 15793 – K/2013 mostra os parâmetros térmicos para o cálculo dos valores de coeficiente global de transferência de calor, coeficiente de transmissão térmica superficial, coeficiente de transmissão térmica linear, coeficiente de absorção da radiação solar, fator de utilização de ganhos, quantificação da inércia térmica, fator solar de vãos envidraçados, fator de obstrução da radiação solar, fração envidraçada, fator de correção da seletividade angular dos envidraçados, coeficiente de redução de perdas e taxa de renovação do ar.

3.4 REQUISITOS DA QUALIDADE DA TÉRMICA DA ENVOLVENTE

Pode-se definir a envolvente como a linha que separa o meio exterior e interior dos edifícios.

Segundo a Portaria nº 349 – B/2013 define os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Estes requisitos estão decretados relativamente à envolvente opaca em zona corrente, às pontes térmicas planas, aos envidraçados, e o valor mínimo da taxa de renovações de ar.

3.4.1 Envolvente opaca em zona corrente

O coeficiente de transmissão térmica superficial da zona corrente da envolvente opaca (U), cria valores máximos para as três zonas climáticas de Inverno (I1, I2, I3) e para o tipo de elemento da envolvente em zona corrente, sobretudo, para as paredes, coberturas, pavimentos sobre o exterior ou sobre locais não-aquecidos.

Podemos afirmar que o coeficiente de transmissão térmica não deve ser superior ao coeficiente de transmissão térmica máximo.

$$U_{\text{Envolvente opaca}} \leq U_{\text{máx}} \quad (3.1)$$

Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados, $U_{\text{máx}}$.

$U_{\text{máx}} [\text{w}/ (\text{m}^2 \cdot \text{°C})]$		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Portugal Continental				
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou com espaços não uteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos horizontais	1,65	1,30	1,20
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou com espaços não uteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (janelas e portas) U_w		2,80	2,40	2,20

É necessário referir que a envolvente em contacto com o solo não possui valores de $U_{\text{máx}}$.

3.4.2 Pontes térmicas planas

As pontes térmicas planas definem-se para designar fenómenos localizados de transferência de calor na envolvente dos edifícios. Normalmente, a ponte térmica plana inclui as zonas de vigas, pilares e caixas de estores.

Todas as zonas de qualquer elemento opaco exterior que constituem zona de ponte térmica plana deve ter um valor do coeficiente de transmissão térmica (U_{PTP}), calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, não superior a $0,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.4.3 Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados devem apresentar um coeficiente de transmissão médio dia-noite não superior aos valores apresentados na Tabela 3.1.

Relativamente ao fator solar e segundo a Portaria nº 349 – B/2013, os vãos envidraçados estão isentos sempre que a área da envolvente, A_{env} , seja inferior a 5% área de pavimento do compartimento, A_{pav} , ou quando estejam orientados no quadrante Norte (Nordeste, Norte e Noroeste).

Nos restantes envidraçados devem apresentar um fator solar global do vão com os dispositivos de protecção 100 % ativados (g_{Tp}), que obedeça às seguintes condições:

$$A_{env} \leq 15\% A_{pav} \longrightarrow g_T * F_o * F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \quad (3.2)$$

$$A_{env} > 15\% A_{pav} \longrightarrow g_T * F_o * F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} * \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}} \quad (3.3)$$

Tabela 3.2 - Valores fator máximo admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tm\acute{a}x}$ - Portaria nº349-B/2013

INÉRCIA	Zona climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média ou forte	0,56	0,56	0,50

É de referenciar que os valores dos fatores de sombreamento, F_o e F_f devem ser obtidos nas tabelas relativas ao sombreamento por elementos horizontais e verticais, na estação de arrefecimento.

Segundo o despacho nº 15793-K/2013 pode-se considerar uma incidência da radiação solar normal à superfície do vão, corrigida de um fator que traduz a variação da incidência da radiação solar, consoante a orientação, F_w .

O fator solar do vidro aplicado no vão envidraçado, para uma incidência solar normal à superfície, $g_{L,vi}$, deve ser fornecido pelo fabricante. Quando não são possíveis aceder a esses dados, deve-se usar os que estão no Despacho (extrato) nº 15793 – k/2013, onde os valores do fator solar dependem do tipo de vidros simples ou duplos, incluindo vidros planos incolores, coloridos, refletantes e foscos.

Os valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, $g_{L,vc}$, para vidros simples ou duplos, são apresentados na tabela do Despacho (extrato) nº 15793 – k/2013.

Os valores dessa tabela só podem ser usados, no caso de os envidraçados serem de vidro incolor corrente ou com proteção exterior opaca, caso contrário devemos efetuar a respetiva correção.

A cor da proteção pode variar entre clara, média e escura. A classificação da cor é a mesma utilizada para os revestimentos exteriores de paredes e coberturas e encontra-se no despacho (extrato) nº15793-K/2013.

Se forem os vidros forem especiais com proteção exterior não opaca ou com proteção interior devemos usar as expressões seguintes para efetuar a correção aos valores da tabela.

Para vidro simples:

$$g_{Tvc} = \frac{g_{L,vi} * g_{L,cv}}{0,85} \quad (3.4)$$

Para vidro duplo:

$$g_{Tvc} = \frac{g_{L,vi} * g_{L,cv}}{0,75} \quad (3.5)$$

Segundo o Despacho nº 15793-k/2013, para a avaliação do fator de sombreamento do horizonte, F_h , indica o efeito do sombreamento provocado por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou edifícios vizinhos dependendo do ângulo do horizonte, latitude, orientação, clima local, e da duração da estação de aquecimento.

O efeito do sombreamento do horizonte na estação de arrefecimento, o valor do fator F_h toma o valor de 1.

O fator de sombreamento por elementos horizontais, F_o , e verticais, F_f , definem-se pelo sombreamento provocado por elementos do próprio edifício e depende do ângulo da obstrução, da latitude, da exposição e do clima.

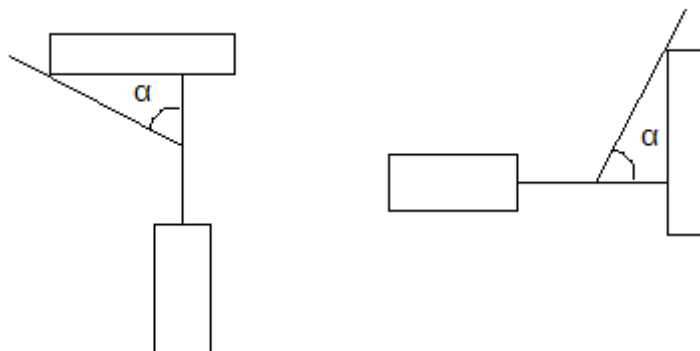


Figura 2 - O sombreamento por elementos horizontais/verticais sobre os envidraçados.

O sombreamento por elementos horizontais/verticais sobre os envidraçados, temos por exemplo as palas horizontais (à esquerda) e verticais (à direita).

3.4.4 Valor mínimo da taxa renovação de ar

Segundo a Portaria 349 – B/2013, nos edifícios de habitação, o valor da taxa de renovação horária de ar deve ser calculado de acordo com as disposições previstas para o efeito no Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia, e deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora.

Caso essa taxa seja inferior ao limite, teremos que alterar as soluções por forma a garantir uma ventilação que obedeça ao valor regulamentar.

3.4.5 Requisitos dos sistemas técnicos

Os requisitos e condições dos sistemas técnicos independentemente do tipo, a cumprir devem ser:

- As instalações de climatização com potência térmica nominal superior a 25 kW devem ser objeto de elaboração de projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), por projetista reconhecido para o efeito, de acordo com especificações previstas para projeto de execução, conforme disposto no artigo 44º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho.
- As redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos, incluindo os sistemas de acumulação, em sistemas de climatização e/ou de preparação de AQS, devem cumprir com os requisitos de conceção aplicáveis definidos através das espessuras mínimas de isolamento de tubagens, das espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios e de equipamentos e depósitos.
- Os sistemas técnicos para climatização devem conter mecanismos de regulação e controlo de forma a garantir um limite máximo e mínimo da temperatura do ar interior;

- A potência térmica nominal dos sistemas técnicos para climatização seja igual ou superior a 50 kW, são necessários mecanismos que garantam a regulação da potência de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos às necessidades do edifício, garantam a possibilidade de controlo do sistema de climatização por espaço ou grupo de espaços, em período de não ocupação e a possibilidade de parametrização de horários de funcionamento.
- As espessuras de isolamento apresentadas serão válidas para materiais com uma condutibilidade térmica de 0,040 W/m.°C a 20°C, sendo que para materiais com condutibilidade térmica diferente, o requisito de espessura mínima deverá ser corrigido de forma a garantir a mesma resistência térmica.
- Os sistemas técnicos devem dispor de marcação CE e devem estar devidamente caracterizados quanto ao seu desempenho energético ou quanto as suas características técnicas que possam determinar ou afetar o seu desempenho.

Os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e *chillers* de arrefecimento devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência, baseados na classificação Eurovent de acordo com a classe de eficiência mínima.

Tabela 3.3 - Classificação de desempenho de unidades split, multissplit, VRF e compactas, rooftop e bomba de calor.

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após 31 dez 2015	Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
			Arrefecimento		Aquecimento	
split, multissplit, VRF e compactas, com permuta ar-água	B		Unidades Split. Multissplit e VRF	Unidades compactas	Unidades Split. Multissplit e VRF	Unidades compactas
		A	EER > 3,20	EER > 3,00	COP > 3,60	COP > 3,40
		B	3,20 ≥ EER > 3,00	3,00 ≥ EER > 2,80	3,6 ≥ COP > 3,40	3,40 ≥ COP > 3,20
			Unidades com permuta exterior a água			

split, multisplit, VRF e compactas, com permuta ar-água		Arrefecimento		Aquecimento	
	A	EER > 3,60	EER > 4,40	COP > 4,00	COP > 4,70
	B	$3,60 \geq \text{EER} > 3,30$	$4,40 \geq \text{EER} > 4,10$	$4,00 \geq \text{COP} > 3,70$	$4,70 \geq \text{COP} > 4,40$
Rooftop		Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
		Arrefecimento		Aquecimento	
	A	EER > 3,60	EER > 4,40	COP > 4,00	COP > 4,70
	B	$3,60 \geq \text{EER} > 3,30$	$4,40 \geq \text{EER} > 4,10$	$4,00 \geq \text{COP} > 3,70$	$4,70 \geq \text{COP} > 4,40$
chiller bomba de calor de compre- ssão		Unidades com permuta exterior a ar		Unidades com permuta exterior a água	
		Arrefecimento		Aquecimento	
	A	EER > 3,10	COP > 3,20	EER > 5,05	COP > 4,45
	B	$3,10 \geq \text{EER} > 2,90$	$3,20 \geq \text{COP} > 3,0$	$5,05 \geq \text{EER} > 4,65$	$4,45 \geq \text{COP} > 4,15$

No caso de sistemas que não constem da lista de produtos certificados na respetiva categoria Eurovent, mas cujo desempenho tenha sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, que resulta tendo por base o menor valor do intervalo previsto na respetiva matriz de classificação.

Os sistemas de aquecimento e/ou preparação de AQS com caldeira(s) ou esquentador(es), como as caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência, na forma de classe de eficiência, e da potência, no caso de esquentadores a gás.

Segundo a Portaria nº 349-B/2013, as “bombas de calor para preparação de água quente destinada a climatização e AQS, devem apresentar o certificado “European Quality Label for Heat Pumps”, ou, em alternativa, o seu desempenho ter sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, EN 14511, tendo um COP mínimo de 2,3”.

Os sistemas de preparação de AQS com recursos a termoacumuladores elétricos devem cumprir com o requisito indicado na tabela seguinte, e a sua eficiência deve ser obtida em função das perdas estáticas do equipamento Q_{pr} .

Tabela 3.4 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores-Portaria nº 349 – B/2013

Caldeiras	Classe de eficiência mínima após 31 dez 2015	Classe eficiência energética	Rendimento nominal (η)
	A		A++ (1)
A+ (2)			$96\% \geq \eta > 92\%$
A			$92\% \geq \eta > 89\%$
Esquentadores	-	Potencia (kw)	Rendimento
		≤ 10	$\geq 0,82$
		>10	$\geq 0,84$

Tabela 3.5 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores-Portaria nº 349- B/ 2013

Volume V [l]	Dispersão térmica Q_{pr} [kWh/24h]
$V \leq 200$	$Q_{pr} \leq (21+10,53 \cdot V^{0,4}) \cdot 24/1000$
$200 < V \leq 500$	$Q_{pr} \leq (26+13,66 \cdot V^{0,4}) \cdot 24/1000$
$500 < V \leq 1000$	$Q_{pr} \leq (31+16,66 \cdot V^{0,4}) \cdot 24/1000$
$1000 < V \leq 2000$	$Q_{pr} \leq (38+16,66 \cdot V^{0,4}) \cdot 24/1000$

Tabela 3.6 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} - Portaria nº 349- B/ 2013

Intervalos de Q_{pr} [kwh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1,00$	0,97
$1,00 \leq Q_{pr} < 1,50$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,50$	0,93

É de notar que, os sistemas de coletores solares térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, propondo com a orientação a Sul e com inclinação de 35° , o planos com área de abertura de $0,65 \text{ m}^2$ por

ocupante convencional, que tenha o rendimento ótico de 73%, que o coeficientes de perdas térmicas $a_1=4,12$ W/(m².K) e $a_2=0,014$ W/(m².K) e o modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

3.5 DADOS CLIMÁTICOS

3.5.1 Zona climática

De acordo com o Despacho 15793-F/2013, o zonamento climático baseia-se nas NUTS nível III, cuja composição por municípios tem por base o decreto lei nº 68/2008 de 1abril de 2008, entretanto alterado pelo decreto lei nº 85/2009, de 3 de abril e pela Lei nº 21/2010 de 23 de agosto.

Para a aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente é necessário, definir três zonas climáticas de inverno (I1, I2, I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3).

As zonas climáticas de inverno são definidas através do número de graus – dias (GD) na base de 18°C, sendo I1 com valores de graus-dias igual ou inferior a 1300°C.dia, I2 compreendido entre 1300 °C.dia e 1800 °C.dia e por fim I3 com valor igual ou superiores a 1800 °C.dia.

As zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\Theta_{ext,v}$), usando V1 se a temperatura exterior for igual ou inferior a 20°C, V2 se a temperatura estiver entre 20°C e 22°C, e V3 se for igual ou superior a 22°C.

Os valores dos parâmetros climáticos X, relacionados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência, X_{REF} , para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local, Z.

As correções de altitude referidas anteriormente, são do tipo linear, com declive α , proporcionais à diferença entre a altitude do local e a uma altitude de referência Z_{REF} para a NUTS III, segundo a expressão seguinte:

$$X = X_{REF} + \alpha * (Z - Z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^\circ\text{C}] \quad (3.6)$$

3.6 BALANÇO ENERGÉTICO NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

O despacho nº 15793-I/2013 apresenta as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício, N_{ic} , é calculado pela expressão seguinte:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}] \quad (3.7)$$

Note-se que, quanto maior for o valor de N_{ic} , mais energia será necessária para manter $1m^2$ da habitação permanentemente a $18^{\circ}C$, durante toda a estação de aquecimento.

3.6.1 Perdas de calor por transmissão pela envolvente

Ao longo de toda a estação de aquecimento e devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, a transferência de calor por transmissão global, que ocorre através da envolvente, traduz-se em perdas de calor calculadas através da expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 * GD * H_{tr,i} \quad [kWh] \quad (3.8)$$

Podemos afirmar que, a transferência de calor por transmissão através da envolvente pode ocorrer por perdas superficiais ou por perdas lineares.

As perdas superficiais são as perdas de calor pelas paredes, pontes térmicas planas, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior, ou através com a ENU e/ou com um edifício adjacente. As perdas de calor pelas paredes e pavimentos também podem efectuar-se em contacto com o solo.

As perdas lineares são as perdas de calor pelas pontes térmicas lineares associadas às paredes exteriores e as paredes para ENU com $b_{tr} > 0,7$.

Segundo o Despacho nº 15793 – k/2013, o coeficiente global de transferência de calor por transmissão é dado pela expressão:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{ENU} + H_{adj} + H_{ecs} \quad [W/^{\circ}C] \quad (3.9)$$

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o exterior, H_{ext} , determina-se através da expressão:

$$H_{ext} = \sum_i (U_i * A_i) + \sum_j (\Psi_j * B_j) \quad [W/^{\circ}C] \quad (3.10)$$

O valor do coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear pode ser determinada na Norma EN ISO 10211, em catálogos de pontes térmicas desde que o cálculo obedeça à EN ISO 14683 e no Despacho 15793- k/2013.

É de salientar que, não se contabilizam pontes térmicas lineares em paredes interiores que intersejam coberturas e pavimentos nem paredes interiores que separam um espaço interior útil de um edifício adjacente ou de um ENU desde que $b_{tr} \leq 0,7$.

Os coeficientes de transferência de calor por transmissão através da envolvente em contacto com ENU, H_{ENU} , e com edifícios adjacentes, H_{adj} , determinam-se de acordo com a expressão seguinte:

$$H_{ENU;adj} = b_{tr} * [(\sum_i U_i * A_i) + (\sum_j \Psi_j * B_j)] \quad [W/^\circ C] \quad (3.11)$$

O Coeficiente de redução de temperatura de um ENU ou edifício adjacente, b_{tr} , pode ser obtido através da consulta da tabela seguinte e que depende do volume do ENU, V_{ENU} , da área do ENU em contacto com habitações, A_i , e da área do ENU em contacto com o exterior, A_u , e da ventilação do espaço em causa.

Tabela 3.7 - Coeficiente de redução de perdas de um ENU

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 < V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} > 200m^3$	
	f	F	F	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,00		1,00		1,00	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,70	0,90	0,80	1,00	0,90	1,00
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,60	0,80	0,70	0,90	0,80	1,00
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,40	0,70	0,50	0,90	0,60	0,90
$A_i/A_u \geq 4$	0,30	0,50	0,40	0,80	0,40	0,80

Para espaços fortemente ventilados b_{tr} , deverá tomar o valor de 1,00.

F – ENU permeável ao ar devido à existencia de ligações e aberturas de ventilação permanentemente

f – ENU com todas as ligações entre elementos bem vedadas e sem aberturas de ventilação permanente abertas.

Caso haja algum edifício adjacente, o coeficiente de redução de temperatura toma o valor de 0,6, e assim pelo que não se contabilizam as pontes térmicas lineares nesse espaço.

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo determina-se de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{ecs} = \sum_i (U_{bfi} * A_i) + \sum_j (Z_j * P_j * U_{bwj}) \quad [W/^\circ C] \quad (3.12)$$

Os valores dos coeficientes dos pavimentos térreos, U_{bf} , e das paredes enterradas, U_{bw} , devem ser obtidos por consulta das tabelas 03 e 04 do Despacho (extrato) nº15793-K/2013.

3.6.2 Perdas por renovação de ar

As perdas de calor por ventilação que correspondem à renovação do ar interior na estação de aquecimento determinam-se de acordo com a expressão:

$$Q_{ve,i} = 0,024 * GD * H_{ve,i} \quad [\text{kWh}] \quad (3.13)$$

Segundo o despacho nº 15793-K/2013, o $H_{ve,i}$, define o coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento.

$$H_{ve,i} = 0,34 * R_{ph,i} * A_p * P_d \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}] \quad (3.14)$$

Se a ventilação for conseguida com auxílio de um recuperador de calor, o valor destas perdas será menor e obtido da seguinte forma:

$$Q_{ve,i} = 0,024 * GD * b_{ve,i} * 0,34 * R_{ph,i} * A_p * P_d \quad [\text{kWh}] \quad (3.15)$$

O fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor, $b_{ve,i}$, calcula-se de acordo com a expressão:

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} * \frac{V_{ins}}{R_{ph,i} * A_p * P_d} \quad (3.16)$$

Para determinar o valor da taxa renovação ar em edifícios com ventilação mecânica teremos que consultar o projeto de ventilação. Os edifícios com ventilação natural têm que estar em conformidade com as normas NP 1037-1 e NP 1037-2.

Caso não se verifique nenhuma das condições anteriores, R_{ph} é definido de acordo com a norma EN 15242 e deve ter em atenção os seguintes aspetos:

- O efeito de permeabilidade do ar;
- A existência de dispositivos de admissão de ar na fachada;
- A existência de condutas de ventilação;
- Os sistemas serem mecânicos ou híbridos;
- O efeito de chaminé;
- O efeito da ação do vento.

Para estes casos acima referidos deve ser utilizada a folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC para determinar o valor de Rph.

O cálculo da Rph deve seguir os seguintes procedimentos:

a) Enquadramento do edifício

Neste ponto é necessário definir:

- Se a região é A ou B: A região A representa todo o território nacional com a exceção dos locais que pertencem à região B. A região B representa as Regiões Autónomas dos Açores e Madeira, todas as regiões situadas a menos de 5 Km da costa e as regiões situadas a uma altitude superior a 600 m;
- Se rugosidade se é I, II ou III: A rugosidade I representa os edifícios situados no interior de uma zona urbana. A rugosidade II representa edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural. A rugosidade III representa edifícios situados em zonas muito expostas ao vento;
- Para definir o número de fachadas expostas ao vento, considera-se só uma fachada exposta se só existir uma fachada, ou se tiver mais do que uma fachada exposta ao vento, esta representar mais de 70% da área total das fachadas da fração e ser a única com aberturas de ventilação. E se não se verificar nenhuma destas condições considera-se duas ou mais fachadas expostas;
- Quanto à classe de proteção da fração, esta pode ser desprotegida, normal ou protegida, dependendo da altura dos edifícios envolvente e da distância destes ao edifício em estudo.

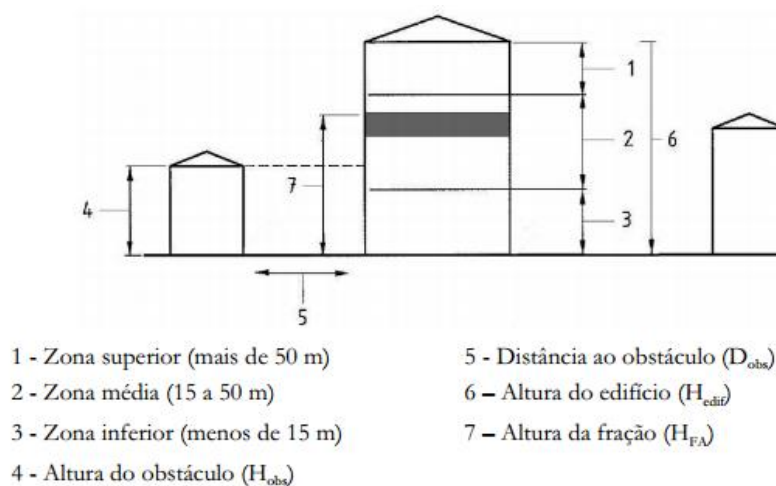


Figura 3 - Indicação das dimensões relevantes para avaliar a proteção ao vento da fração-Despacho (extrato) nº15793-K/2013

b) Permeabilidade ao ar da envolvente

Caso seja realizado um ensaio de premurização, consideramos o valor de n_{50} .

A permeabilidade ao ar das portas e janelas pode ser classificada como sem classificação, classe 1, 2, 3 ou 4. Se for ausente a classe, consideramos sem classificação. Se o edifício for novo, não se considera uma classe de caixilharia igual ou inferior a 2.

A permeabilidade ao ar de caixas de estores é classificada como baixa ou elevada.

c) Aberturas de admissão de ar na fachada

As aberturas de admissão de ar na fachada podem ser aberturas fixas, reguláveis manualmente e aberturas autorreguláveis.

d) Conduatas de ventilação natural

Para determinar R_{ph} deve ser considerado o impacto das conduatas de admissão ou exaustão de ar e das chaminés.

e) Conduatas de insuflação ou de evacuação mecânica do ar

Se tivermos sistemas mecânicos ou híbridos com caudal de ar contínuo, consideramos esse caudal para efeitos de cálculo.

Em sistemas de caudal de ar variável, considera-se o caudal de ar médio diário.

3.6.3 Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos podem ser originários a partir de fontes internas de calor e do aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados. Os ganhos térmicos úteis, $Q_{gu,i}$, e os ganhos solares brutos, $Q_{g,i}$, são calculados a partir das seguintes expressões, respetivamente:

$$Q_{gu,i} = \eta_i * Q_{g,i} \quad [\text{kWh}] \quad (3.17)$$

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [\text{kWh}] \quad (3.18)$$

Os ganhos térmicos internos, Q_{int} , incluem quaisquer fontes de calor situadas no espaço a aquecer, à exceção dos sistemas de aquecimento, e são calculados a partir de:

$$Q_{int,i} = 0,720 * 4 * M * A_p \quad [\text{kWh}] \quad (3.19)$$

Os ganhos solares pelos envidraçados, Q_{sol} , são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} * \sum_j [X_j * \sum_i F_{s,i} * A_{s,i}] * M \quad [\text{kWh}] \quad (3.20)$$

Tabela 3.8 - Fator de orientação para as diferentes exposições, X_j - Despacho (extrato) nº15793-I/2013

Orientação do vão (j)	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
X_j	0,27	0,33	1,00	0,84	0,56	0,89

A área efectivamente colectora de radiação solar, $A_{s,i}$, é calculada considerando a área de envidraçados, A_w , o efeito da caixilharia, F_g , e o fator solar de inverno, g_i .

Tabela 3.9 - Fração envidraçada-Despacho nº 15793-K/2013

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

O fator solar de inverno, se não existirem dispositivos de sombreamento permanentes será:

$$g_i = F_{w,i} * g_{Lvi} = 0,9 * g_{Lvi} \quad (3.21)$$

Segundo o Despacho nº 15793-K/2013 o fator de obstrução da superfície, $F_{s,i}$, representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por obstruções exteriores ao edifício (outros edifícios, vegetação, etc) ou obstruções criadas por elementos do próprio edifício (palas, varandas, outros corpos do edifício).

Assim, o fator de obstrução da superfície calcula-se a partir da expressão:

$$F_s = F_h * F_o * F_f \quad (3.22)$$

O valor dos fatores de sombreamento dependem do ângulo, da orientação e da posição da pala no caso do sombreamento vertical.

E para se contabilizar o efeito de sombreamento do contorno do vão:

$$F_o * F_f \leq 0,9 \quad (3.23)$$

No final, tem sempre que obedecer à seguinte condição:

$$X_j * F_h * F_o * F_f \geq 0,27 \quad (3.24)$$

Para os valores dos fatores de utilização dos ganhos térmicos, calcula-se a partir:

$$\eta \begin{cases} \frac{1-\gamma^\alpha}{1-\gamma^{\alpha+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0 \\ \frac{\alpha}{\alpha+1} & \text{se } \gamma = 1 \\ \frac{1}{\gamma} & \text{se } \gamma < 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

em que α $\begin{cases} 1,80 - \text{inércia térmica fraca} \\ 2,60 - \text{inércia térmica média} \\ 4,20 - \text{inércia térmica forte} \end{cases}$

O coeficiente γ representa a relação entre os ganhos brutos da fração e as perdas:

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}} \quad (3.26)$$

3.6.4 Inércia térmica

Segundo o despacho nº 15793-k/2013, a inércia térmica de uma fração autónoma é função da sua capacidade de armazenamento de calor e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos de construção.

A massa superficial útil de cada elemento de construção, M_{si} , é em função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento e do isolamento térmico.

Assim, o I_t calcula-se através da expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} * S_j * r_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (3.27)$$

Tabela 3.10 - Classes de inércia térmica interior-Despacho nº 15793-K/2013

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 depende do elemento em estudo e existem três tipos de elementos:

EL1 – Elementos da envolvente exterior, elementos em contacto com outra fração, com espaços não úteis ou com um edifício adjacente;

EL2 – Elementos em contacto com o solo;

EL3 – Elementos de compartimentação interior da fração.

Tabela 3.11 - Massa superficial útil do elemento, EL1, EL2 e EL3

Elemento	Constituição do elemento construtivo		M _{si} [kg/m ²]	Obs.
EL1	Sem isolamento solar	Sem caixa de ar	mt/2	M _{si} ≤ 150 kg/m ²
		Com caixa de ar	mpi	
	Com isolamento solar	-	mi	
		Com caixa de ar entre o isolante e a face interior	mpi	
EL2	Sem isolamento térmico	-	150	M _{si} ≤ 150 kg/m ²
	Com isolamento térmico	-	mi	
EL3	Sem isolamento térmico	-	mt	M _{si} ≤ 300 kg/m ²
	Com isolamento térmico	-	∑mi*	

mi* - nestes casos, o valor de M_{si} tem de ser avaliado por elemento de cada lado do isolante térmico, sendo mi a massa do elemento desde o isolante até à face em análise, o valor de mi de cada elemento ≤ 150 kg/m².

Sendo:

mt – Massa total elemento;

mpi – Massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior;

mi – Massa do elemento desde o isolamento até à face interior.

O fator de redução da massa superficial, r, depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, com inclusão da resistência térmica da caixa de ar associada, R, considerando-se a aplicação das seguintes disposições:

Tabela 3.12 - Fator de redução das massas, r, dos elementos EL1 e EL2

Elementos EL1 e EL2	
Resistência térmica do revestimento superficial interior R [m ² .°C/w]	Fator de redução r
R > 0,30	0,00
0,14 ≤ R ≤ 0,3	0,50
R < 0,14	1,00

Tabela 3.13 - Fator de redução das massas, r, dos elementos EL3

Elementos EL3		
Resistência térmica do revestimento superficial interior R [m ² .°C/w]		Fator de redução r
Numa das faces	Noutra face	
R > 0,3	R > 0,30	0,00
	0,14 ≤ R ≤ 0,3	0,25
	R < 0,14	0,50
0,14 ≤ R ≤ 0,30	0,14 ≤ R ≤ 0,30	0,50
	R < 0,14	0,75
R < 0,14	R < 0,14	1,00

3.6.5 Valor limite das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil

Segundo a Portaria nº 349-B/2013, o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_i , deve ser determinado de acordo com a metodologia regulamentada a partir da seguinte expressão:

$$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p} \quad [\text{kWh/m}^2.\text{ano}] \quad (3.28)$$

O valor de referência da transferência de calor por transmissão através da envolvente, $Q_{tr,iref}$, deve se ter em consideração o coeficiente de transmissão térmica superficial de referência, U_{ref} , o coeficiente de transmissão térmica linear, Ψ_{ref} , e a área de vãos até 20% da área útil de pavimento do edifício, sendo a área excedente somada à área da envolvente opaca exterior.

O valor de referência de calor por ventilação através da envolvente, $Q_{ve,iref}$, deve se ter em consideração a taxa de renovação de ar de referência, $R_{rph,ref}$, igual à taxa de renovação para o edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora, $\eta_{iref} = 0,60$.

Tabela 3.14 - Valores de Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} -Portaria 379 -A/2015

U_{ref} [w/(m ² .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir 1 janeiro 2016		
		I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou com ENU com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou ENU com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,60	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas)		2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50		

Tabela 3.15 - Coeficiente de transmissão térmica lineares de referência, Ψ_{ref} -Portaria nº 349 -B/2013

Tipo de ligação	Ψ_{ref} [w/(m.°C)]
Fachada com pavimento térreo Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia zona da caixa de estore	0,20

O cálculo dos ganhos térmicos relacionados com aproveitamento da radiação solar:

$$Q_{\text{sol,i,ref}} = G_{\text{sul}} \times 0,146 \times 0,15 A_p \times M \quad [\text{kWh}] \quad (3.29)$$

3.7 BALANÇO ENERGÉTICO NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Segundo o Despacho n.º 15793 – I/2013, o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento, N_{vc} , calcula-se a partir do balanço energético durante os meses de junho, julho, agosto e setembro.

$$N_{\text{vc}} = \frac{(1-\eta_v) \cdot Q_{\text{gv}}}{A_p} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (3.30)$$

Os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento correspondem ao somatório dos internos com os ganhos devido à radiação solar que incide na envolvente exterior opaca. A parcela destes ganhos que será responsável por haver necessidade de consumir energia para manter a habitação a 25 °C depende também das perdas relacionadas com o efeito da temperatura e que ocorrem por transmissão e por renovação de ar.

3.7.1 Trocas de calor por transmissão pela envolvente

A transferência de calor por transmissão que ocorre através da envolvente calcula-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{\text{tr,v}} = \frac{(25-\theta_{\text{ext,v}}) \cdot 2928 \cdot H_{\text{tr,v}}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (3.31)$$

De acordo com o Despacho n.º 15793 – K/2013 o coeficiente global de transferência de calor por transmissão, $H_{\text{tr,v}}$, define-se a partir da expressão:

$$H_{\text{tr,v}} = H_{\text{ext}} + H_{\text{enu}} + H_{\text{ecs}} \quad [\text{W/}^\circ\text{C}] \quad (3.32)$$

3.7.2 Trocas de calor por renovação de ar

A transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento, $Q_{\text{ve,v}}$, é definida de acordo com a expressão:

$$Q_{\text{ve,v}} = \frac{(25-\theta_{\text{ext,v}}) \cdot 2928 \cdot H_{\text{ve,v}}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (3.33)$$

$$H_{ve,v} = 0,34 * R_{ph,v} * A_p * P_d \quad [\text{kWh}] \quad (3.34)$$

É de salientar que a taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento é sempre considerada maior ou igual a $0,6\text{h}^{-1}$.

Se a ventilação utilizar um recuperador de calor, a transferência de calor por renovação de ar é calculada pela expressão:

$$Q_{ve,v} = b_{ve,v} * 0,34 * R_{ph,v} * A_p * P_d * (25 - \theta_{v,ext}) * 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (3.35)$$

Onde $b_{ve,v}$, é o fator de correção da temperatura, tendo em conta o sistema de recuperação de calor com a expressão:

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} * \frac{V_{ins}}{R_{ph,v} * A_p * P_d} \quad (3.36)$$

3.7.3 Ganhos térmicos prejudiciais

Os ganhos térmicos prejudiciais calculam-se a partir da expressão:

$$Q_{gp,v} = (1 - \eta_v) * Q_{g,v} \quad [\text{kWh}] \quad (3.37)$$

Os ganhos térmicos brutos ter em consideração no cálculo das necessidades nominais de arrefecimento do edifício, são calculados pela seguinte expressão:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad [\text{kWh}] \quad (3.38)$$

Durante toda a estação de arrefecimento, os ganhos devidos às fontes internas são:

$$Q_{int,v} = 4 * A_p * 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (3.39)$$

3.7.4 Ganhos solares

Os ganhos solares na estação de arrefecimento que resultam na radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calculam-se de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{sol,v} = \sum_j [I_{solj} * \sum_n F_{s,v} * A_{s,v}] \quad [\text{kWh}] \quad (3.40)$$

A área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado, deve ser calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,v} = A_w * F_g * g_v \quad [m^2] \quad (3.41)$$

De acordo com o Despacho nº 15793-K/2013, o fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento determina-se através da expressão:

$$g_v = F_{mv} * g_T + (1 - F_{mv}) * g_{Tp} \quad (3.42)$$

A fração de tempo em que o dispositivo de proteção é ativado, F_{mv} , está na tabela 3.16 e o fator solar, se não existirem dispositivos fixos, será obtido por:

$$g_{Tp} = F_{w,v} * g_{\perp,vi} \quad (3.43)$$

Tabela 3.16 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativos, $F_{m,v}$ -Despacho nº 15793 -K/2013

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$F_{m,v}$	0,00	0,40	0,60	0,70	0,60	0,90

Tabela 3.17 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$. -Despacho Nº 15793 – k/2013

Orientação do vão	$F_{w,v}$				
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W
Vidro pano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro pano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

Nota: Para envidraçados horizontais: $F_{w,v}=0,9$

Nos casos de envolvente opaca exterior, a área efetiva coletora de radiação solar do elemento, determina-se a partir da expressão:

$$A_{s,v} = \alpha * U * A_{op} * R_{se} \quad [m^2] \quad (3.44)$$

O valor da razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do parâmetro exterior da fachada e o valor da razão entre o coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção exterior encontram-se no Despacho nº 15793 – K/2013.

O Despacho nº 15793-K/2013 afirma que, o fator de obstrução da superfície do elemento em estudo determina-se, de acordo com o, através da expressão:

$$F_s = 1 * F_O * F_f \quad (3.45)$$

3.7.5 Valor das necessidades de arrefecimento

De acordo com a Portaria nº 349 – B/2013, a metodologia para determinar o valor N_v , é através da expressão:

$$N_v = \frac{(1-\eta_{v,ref}) * Q_{gv,ref}}{A_p} \quad [kWh/m^2.ano] \quad (3.46)$$

Tabela 3.18 - Valores fator de utilização de ganhos de referência, $\eta_{v,ref}$ -Portaria 349 B/2013

$\eta_{v,ref}$	$0,52+0,22*\ln\Delta\theta$	Se $(25-\theta_{ext,v}) > 1,00$
	0,45	Se $0 < (25-\theta_{ext,v}) \leq 1,00$
	0,30	Se $(25-\theta_{ext,v}) \leq 0$

Os ganhos térmicos de referência são dados a partir da seguinte expressão:

$$\frac{Q_{gv,ref}}{A_p} = [4 * 2,928 * 0,43 * 0,20 * I_{sol,ref}] \quad [kwh/m^2] \quad (3.47)$$

3.8 ENERGIA PARA A PREPARAÇÃO ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

A energia útil necessária para a preparação de águas quentes sanitárias anuais é calculada de acordo com a expressão:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} * 4187 * \Delta T * n_d}{3600000} \quad [kWh/ano] \quad (3.48)$$

Fica então em:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} * 4187 * 35 * 365}{3600000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.49)$$

O consumo média diário de AQS de referência, nos edifícios de habitação, determina-se através da seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 * n * f_{eh} \quad [\text{Litros}] \quad (3.50)$$

Assim, o fator de eficiência hídrica, f_{eh} , é aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo igual ou superior a A, $f_{eh}=0,9$ e para os restantes casos, $f_{eh}=1$.

3.9 NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA

As necessidades nominais de energia primária, N_{tc} , de um edifício de habitação, resulta no somatório das necessidades nominais de energia primária para a estação de aquecimento, N_{ic} , arrefecimento, N_{vc} , produção AQS, Q_a/A_p , e ventilação mecânica, W_{vm}/A_p , deduzindo eventuais contribuições de fontes de energia renovável, $E_{ren,p}/A_p$.

Logo, N_{tc} , determina-se de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{tc} = \frac{N_{ic}}{\eta} * F_{pu} + \frac{\delta * N_{vc}}{\eta} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu} + \frac{W_{vm}}{A_p} * F_{pu} - \frac{E_{ren}}{A_p} * F_{pu} \quad [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}] \quad (3.51)$$

Em que:

F_{pu} – Factores de conversão energia útil para primária, $[\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}]$; (Despacho nº 15793-D/2013)

Electricidade: $F_{pu}=2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$;

Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis: $F_{pu}=1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$;

$\delta =1$, Excepto quando na estação de arrefecimento, o valor do factor de utilização de ganhos térmicos seja $> \eta_{ref}$ e neste caso usamos $\delta =0$;

Se o isolamento das tubagens de distribuição de AQS não for especificado, o sistema deve assegurar uma resistência térmica mínima de $0,25 \text{ m}^2.\text{°C}/\text{W}$. Neste caso, o valor da eficiência do sistema deve ser multiplicado por 0,9.

Se o edifício usar de sistemas de ventilação com funcionamento contínuo, o consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores, W_{vm} , deve ser determinado através da expressão:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} * \frac{\Delta p}{\eta_{tot}} * \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.52)$$

Caso não se conheçam os valores de ΔP e η_{tot} , o consumo de energia pode ser calculado pela expressão:

$$W_{vm} = 0,3 * V_f * \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.53)$$

Nos sistemas híbridos e que não se conheça ΔP e η_{tot} , utiliza-se a seguinte expressão para determinar W_{vm} :

$$W_{vm} = 0,03 * V_f * \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (3.54)$$

Se o ventilador for comum a várias frações autónomas, o valor total de W_{vm} deve se considerado proporcionalmente aos caudais de ar nominais, V_f , correspondentes a cada fração.

De acordo com a Portaria n 349 – B/2013, o valor das necessidades máximas de energia primária, N_t , podem ser calculadas a partir da expressão:

$$N_t = \frac{N_i}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{N_v}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * \frac{F_{pu}}{\eta_{ref}} \quad [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}] \quad (3.55)$$

Tabela 3.19 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação das necessidades de energia primária-Portaria nº 349-B/2013

Tipo de sistema	Soluções de referência
<p>Sistemas para aquecimento ambiente</p>	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível. - O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. - Um valor de eficiência igual a 1, no caso de o edifício prever ou dispor de “outros sistemas” com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).

<p align="center">Sistemas para arrefecimento ambiente</p>	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. - Um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável e no caso de “outros sistemas” que não se enquadrem na situação anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
<p align="center">Preparação de AQS</p>	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe. Referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. - Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor. - Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. - Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

Em edifícios sujeitos a grandes intervenções, a relação entre os valores de necessidades nominais de energia e o respetivo limite regulamentar, para aquecimento, arrefecimento e energia primária, deve respeitar os coeficientes indicados na tabela seguinte, em função do ano de construção do edifício.

Tabela 3.20 - Edifícios sujeitos a grandes intervenções-relação entre os valores das necessidades nominais de energia e respetivo e limite - Portaria 349-B/2013

Ano de construção	N_{ic}/N_i	N_{vc}/N_v	N_{tc}/N_t
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

3.10 CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Segundo o Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, no caso de pré-certificados e certificados SCE de edifícios de habitação, a classe energética é determinada através do rácio de classe energética (R_{Nt}), em que onde N_{tc} corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária e N_t corresponde ao valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária.

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \tag{3.56}$$

Tabela 3.21 - Intervalos de valor de R_{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação.

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

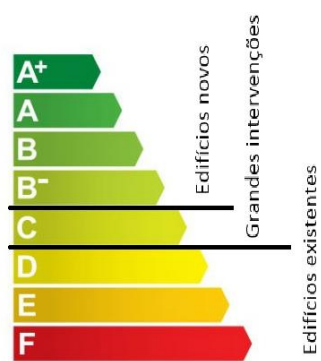


Figura 4 - Classes energéticas - representação

3.11 REGRAS DE SIMPLIFICAÇÃO PARA EDIFÍCIOS SUJEITOS A GRANDES INTERVENÇÕES E EXISTENTES

Segundo o Despacho nº 15793 – E/2013, as medições necessárias ao levantamento dimensional devem ser efetuadas pelo interior, podendo ser aplicadas, de forma isolada ou em simultâneo, com as regras de simplificação seguintes:

Área interior útil de pavimento: ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m;

Área de parede (interior e exterior): ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m;

Área de pavimento (interior e exterior): reduzir o valor da área interior útil de pavimento total em 10% caso a medição da área seja feita de forma global, incluindo a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, isto é, sem compartimentação dos espaços;

Área de cobertura (interior e exterior): a área das coberturas inclinadas (inclinação superior a 10°) pode ser medida no plano horizontal, agravando-se o valor medido em 25%.

Pé-direito médio: em caso de pé-direito variável, deverá ser adotado um valor médio aproximado e estimado em função das áreas de pavimento associadas.

Área de portas (interior e exterior): as portas de envolvente com uma área envidraçada inferior a 25% poderão considerar-se incluídas na secção corrente da envolvente opaca, sendo que no caso contrário poderão ser tratadas globalmente como um vão envidraçado.

3.11.1 Coeficiente de redução de perdas

Para a determinação dos valores dos coeficientes de redução de perdas, b_{tr} para o cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente interior, por elementos em contacto com locais não aquecidos e edifícios vizinhos, devem ter o valor:

- $b_{tr} = 0,8$ para todos os ENU;
- $b_{tr} = 0,6$ para edifícios adjacentes.

3.11.2 Transferência de calor pela envolvente

A caracterização térmica dos elementos em zonas correntes da envolvente, na determinação dos coeficientes de transmissão térmica superficial, devemos de ter em consideração a informação de paças escritas ou

desenhadas e/ou ficha técnica, desde que a sua coerência se verifica com a realidade, as publicações do LNEC e outras fontes de informação reconhecidas pelo SCE.

Nas zonas não correntes, o cálculo das perdas planas de calor por condução através da envolvente, o isolamento térmico contínuo pelo exterior e dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica determinado para a zona corrente, aumentando 35%.

O cálculo das perdas de calor por elementos em contacto com o solo poderá ser determinado o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial por pavimentos em contacto com o solo, U_{bf} , e o valor do coeficiente de transmissão térmica por paredes em contacto com o solo U_{bw} , em função da profundidade enterrada do pavimento e da resistência térmica dos elementos que contactam com o solo, como indica no Despacho nº 15793 – E/2013.

Tabela 3.22 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares

Tipo de ligação	Ψ_{ref} [w/(m.°C)]
Fachada com pavimento térreo Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio	0,70
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,50
Fachada com caixilharia zona da caixa de estore	0,30

A determinação da classe de inércia térmica interior pode ser fraca, média ou forte. Caso hajam dúvidas, usamos o valor mais desfavorável.

Consideramos fraca, quando se tem: teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura), revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira ou paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação.

É média, se não se verificarem os requisitos necessários para se classificar a classe de inércia térmica em forte ou fraca.

Por fim, forte, se não tiver aplicação de isolamento térmico pelo interior o pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado, o revestimento de teto em estuque ou reboco, o revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, com exclusão de soluções de pavimentos flutuantes, as paredes

interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco, as paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco e se paredes da envolvente interior (caixa de escadas) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco.

O cálculo dos ganhos solares brutos, pode ser através da expressão $F_s * F_g$, e este produto $F_s * F_g$, poderá ser calculado assumindo os valores tabelados. Mas na estação de aquecimento temos a condição que, o produto $F_s * F_g$, não deverá ser menor que 0,27.

Tabela 3.23 – Regras simplificação

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regras de aplicação
$F_s * F_g$	Estação de aquecimento	
	Sem sombreamento $F_s * F_g = 0,63$ ($F_s = 0,90$; $F_g = 0,70$)	- Envidraçados orientados a Norte; - Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s * F_g = 0,32$ ($F_s = 0,45$; $F_g = 0,70$)	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45° .
	Fortemente sombreado $F_s * F_g = 0,19$ ($F_s = 0,27$; $F_g = 0,70$)	- Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45° .
	Estação de arrefecimento	
	Sem sombreamento $F_s * F_g = 0,63$	- Envidraçados orientados a norte; - Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s * F_g = 0,56$	Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45° .
	Fortemente sombreado $F_s * F_g = 0,50$ ($F_s = 0,27$; $F_g = 0,70$)	- Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45° .

3.11.3 Ventilação

Relativamente ao que diz respeito à ventilação, quando esta é processada natural e seja realizado um ensaio de pressurização podemos usar o valor de n50, se não conhecermos a área das condutas devemos de ter em consideração a relação entre a área livre da grelha sobre a área total da mesma e se não se souber a classe de permeabilidade ao ar nas caixilharias, mas existam vedantes em todo o perímetro da janela, estas poderão ser consideradas como de classe 2.

Se o edifício dispõe de ventilação mecânica o sistema de renovação do ar interior por ar novo exterior em funcionamento contínuo, e se verifique o bom funcionamento dos mesmos, a taxa de renovação horária (R_{ph}) poderá ser determinada através da expressão:

$$R_{ph} = \frac{V_{enu}}{A_p * P_d} \quad (3.57)$$

Na ausência de informação, devemos usar um caudal de ar extraído de 45 m³/h em cada instalação sanitária e 100 m³/h na cozinha.

Caso não tivermos informação para efeito de cálculo do consumo de energia dos ventiladores podemos considerar uma potência elétrica de 16 W por cada 50 m³/h de ar extraído.

3.11.4 Eficiência dos sistemas técnicos

O cálculo das necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc} , a determinação da eficiência dos equipamentos de produção nos sistemas técnicos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias (AQS) de edifícios existentes devemos de considerar:

- Preferencialmente, pelos resultados de inspeção ou medição realizada no último ano, por entidade habilitada;
- É permitido a utilização de informação técnica fornecida pelos fabricantes, mediante a verificação do adequado funcionamento dos sistemas.

Se não tivermos essa documentação relativamente aos sistemas instalados, pode ser considerado o valor base de eficiência resultante da aplicação seguinte, tendo em conta que o valor de eficiência deve considerar a idade do equipamento mediante o fator de correção, se for realizada uma manutenção do equipamento no último ano, não se aplica o fator de correção e se não for possível determinar o ano de fabrico do equipamento, devemos de considerar o ano de construção do edifício ou da última intervenção realizada aos sistemas.

Tabela 3.24 - Valores base de eficiência para equipamentos convencionais de climatização e de produção de AQS em edifícios existentes

Tipo de sistema	Eficiência	Idade do sistema	Fator
Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-
Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 e 10 anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		>20 anos	0,80
Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95
		Até 1995	0,80
Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		>20 anos	0,80
Sistemas de ar condicionado para arrefecimento ambiente, aquecimento ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.	2,50	Entre 1 e 10 anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		>20 anos	0,80

3.11.5 Contribuição dos sistemas solares térmicos

Segundo o Despacho 1573 – E/2013 a contribuição de sistemas de coletores solares para produção de AQS deve ser calculada com recurso à versão mais recente do programa *Solterm* ou *SCE.ER*.

Se os sistemas de coletores solares térmicos são anteriores a julho de 2006, o valor da contribuição dos referidos sistemas no cálculo das necessidades nominais de energia primária, deve ser calculado de acordo com as seguintes expressões:

$$E_{\text{ren}} = E_{\text{solar ref}} * f_1 * f_2 * f_3 \quad [\text{kWh}] \quad (3.58)$$

$$E_{\text{solar ref}} = 0,44 * A_c * G_h \quad [\text{kWh}] \quad (3.59)$$

Os valores do Fator de redução relativo ao posicionamento ótimo e o fator de redução relativo ao sombreamento é em função do azimute, fator de redução relativo ao tempo de vida depende da idade do equipamento e o valor da radiação solar global na horizontal é em função da zona climática. Estes valores encontram-se no Despacho 15793 – E/2013.

CAPÍTULO 4

ESTUDO CASO

O edifício em análise situa-se na Rua Doutor Alfredo Magalhães, na periferia de uma zona urbana, na União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória, no Porto. Foi construído em 1970 e apresenta dois pisos para comércio, com dois espaços comerciais, e seis pisos para habitação. Confronta com dois edifícios e tem a fachada principal orientada a nascente.

Neste capítulo, apresenta-se o estudo de desempenho térmico de seis frações: duas do R/C sobre o comércio, duas de um piso intermédio e duas do último piso sob o desvão da cobertura. Posteriormente foram comparados os resultados obtidos para as seis frações. O estudo foi desenvolvido em duas fases: a caracterização do comportamento térmico das frações antes de serem alvo de um processo de reabilitação e após a implementação de um conjunto de medidas que foram preconizadas para a melhoria e reabilitação deste edifício. Seguidamente, apresentaram-se os resultados obtidos por um processo de cálculo manual e através das folhas de cálculo fornecidas pelo ITEcons, após a reabilitação, onde se concluí quais as diferenças entre usar nas folhas de cálculo pelo método detalhado ou se usássemos esse método manualmente, na classificação energética de cada fração.

Para a caracterização do desempenho térmico das frações antes do processo de reabilitação foi utilizado o método simplificado e o detalhado, depois da reabilitação o manual e foram analisados os valores obtidos.

4.1 MÉTODO DETALHADO – ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO APÓS A REABILITAÇÃO

4.1.1 Descrição do edifício

As frações em estudo estão localizadas no primeiro piso, sobre ENU, no quarto piso, entre habitações e no sexto piso, sob a cobertura. Todas se situam do lado esquerdo do edifício.

As frações do 1º e 4º piso são de tipologia T1 e no último piso as frações são de tipologia T2.

As frações apresentam uma sala, um quarto, uma instalação sanitária, uma cozinha e zonas de circulação. Apresentam uma área útil de 33,85 m².



Figura 6 - Alçado principal (à esquerda) e corte (à direita)

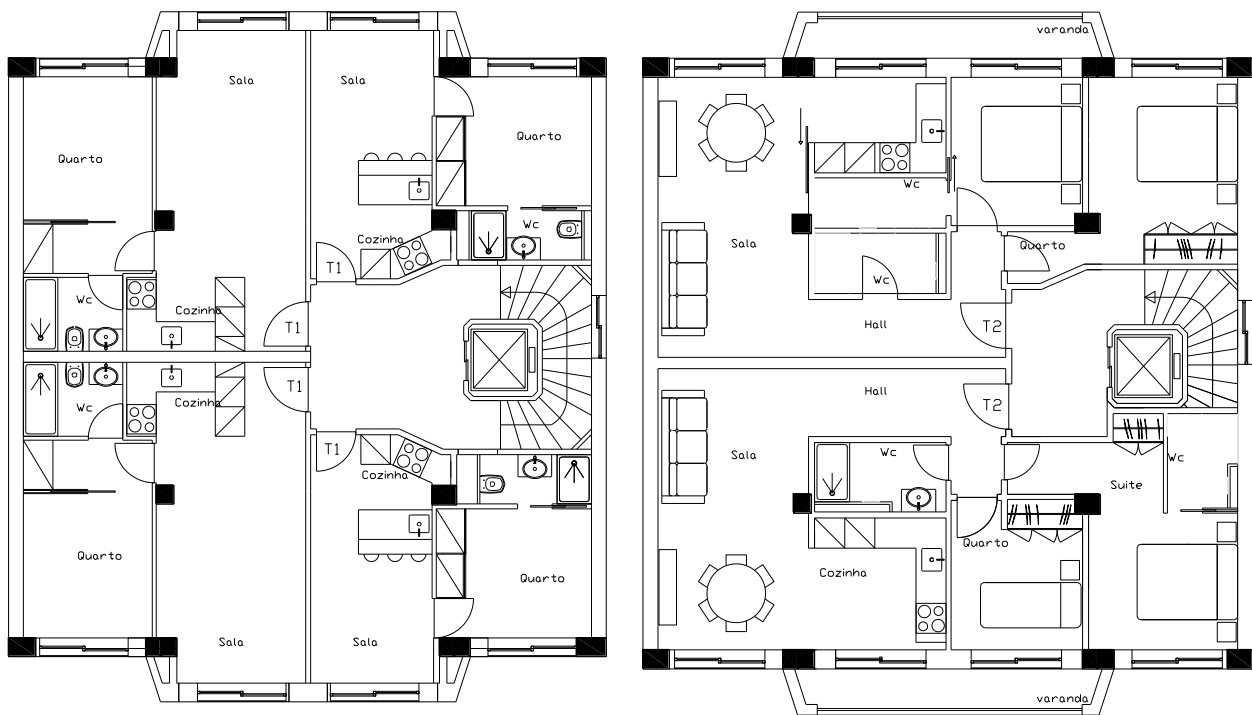


Figura 7 - Planta piso 1 ao 5 (à esquerda) e planta piso 6 (à direita)

ESTUDO CASO

Para simplificação de cálculos e para termos uma análise comparativa com habitações semelhantes optou-se por considerar que o piso 6 apresentava uma tipologia igual à dos pisos de 1 a 5, desta forma estudar-se-á 6 frações com a mesma tipologia e com a mesma área útil de pavimento.



a) Fachada principal



b) Isolamento no teto do último piso



c) Ventilação no wc



d) Cozinha

Figura 8 - Levantamento fotográfico das frações

4.1.2 Dimensões

Cada fração tem uma área útil de 33,85 m², sendo a sala com 20,31 m², o quarto com 10,51 m² e a instalação sanitária com 3,03 m². Os dois envidraçados que se localizam na habitação tem uma área de 3,16 m² cada um.

4.1.3 Dados Climáticos

O edifício situa-se no Porto e, de acordo com do Despacho (extrato) Nº 15793-F/2013, pertence à NUTS III - Grande Porto. A altitude do local é de 121 metros.

Tabela 4.1 - NUTS III - Despacho (extrato) Nº 15793-F/2013

Grande Porto Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia

Tabela 4.2 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude tabelados por NUTS III - Despacho (extrato) Nº 15793-F/2013

	Z [m]	M [meses]		GD [°C.dia]		$\Theta_{ext,i}$ [°C]		G_{Sul} [kW/m ² /mês]
	REF	REF	α [mês/km]	REF	α [°C.dia/km]	REF	α [°C/km]	
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130

Estação Aquecimento

A estação de aquecimento tem a duração de:

$$M = 6,2 + 2 \cdot (0,121 - 0,094) = 6,3 \text{ meses}$$

O número de graus-dias:

$$GD = 1250 + 1600 \cdot (0,121 - 0,094) = 1293^\circ\text{C} \leq 1300^\circ\text{C}, \text{ logo é zona I1.}$$

$$G_{Sul} = 130 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

Estação Arrefecimento

Temperatura exterior média da estação de arrefecimento:

$$\Theta_{ext,v} = 20,9 + 0 \cdot (0,121 - 0,094) = 20,9^\circ\text{C} \quad 20 < 20,9 \leq 22^\circ\text{C}, \text{ logo é zona V2.}$$

Tabela 4.3 - Parâmetros climáticos pertinentes para a estação de arrefecimento

	Z [m]	$\Theta_{ext,v}$ [°C]		I_{sol} [KWh/m ²]		
	REF	REF	α [°C/km]	0°	E	W
Grande Porto	94	20,9	0	800	490	490

4.1.4 Coeficiente b_{tr}

Na tabela seguinte estão indicados todos os valores necessários para a quantificação do coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, b_{tr} .

Para a determinação do valor de b_{tr} , foi necessário consultar o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, que está em função do volume, da ventilação do espaço e do somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil.

Tabela 4.4 – Valores de b_{tr}

	Fração 1.º frente	Fração 1.º trás	Fração 4.º frente	Fração 4.º trás	Fração 6.º frente	Fração 6.º trás
Serviços						
Ai [m ²]	$2*(33,85-2,4)+2*(23,73-2,32)=105,72$	105,72	-	-	-	-
Au [m ²]	$(8,5+11,55+3,82)*2,86=68,27$	68,27	-	-	-	-
Ai/Au	1,55	1,55	-	-	-	-
VENU [m ³]	$107,78*2,86=308,25$	308,25	-	-	-	-
b_{tr}	1,00	1,00	-	-	-	-
Caixa escadas + CHC						
Ai [m ²]	$14,53*2,41*6=210,10$	210,10	210,10	210,10	210,10	210,10
Au [m ²]	$2,74*2,41*7=46,22$	46,22	46,22	46,22	46,22	46,22
Ai/Au	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

VENU [m ³]	16,98*6*2,41+ 4,13*2,86= 257,34	257,34	257,34	2,57	2,57	2,57
b _{tr}	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Desvão cobertura (espaço fortemente ventilado)						
b _{tr}	-	-	-	-	1,00	1,00

Como os edifícios adjacentes com que o edifício de estudo caso confronta foram construídos na mesma época, considerou-se uma envolvente sem requisitos.

4.1.5 Definição Envolvente

Na figura seguinte estão assinalados os diferentes tipos de envolvente de cada fração, na planta e corte dos pisos em estudo.

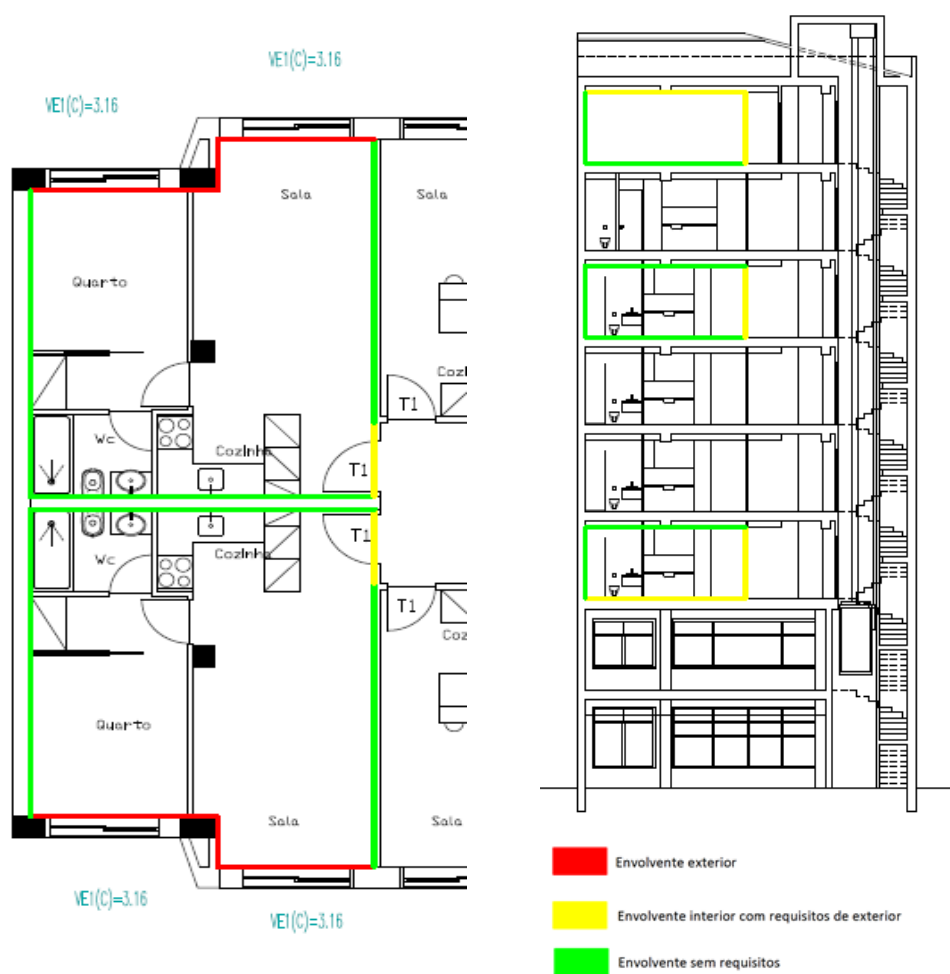


Figura 9 – Delimitação da envolvente

4.1.6 Coeficientes U e verificação dos requisitos mínimos de qualidade da térmica

Para a verificação dos requisitos de qualidade térmica foi necessário quantificar os coeficientes de transmissão térmica referentes aos elementos da envolvente em zona corrente.

Paredes exteriores

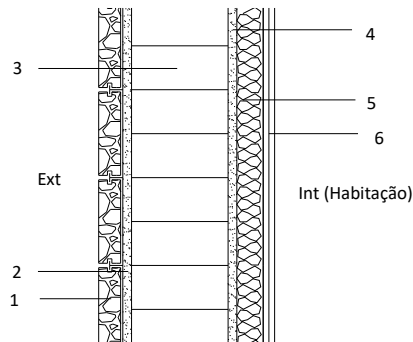


Figura 10 – Constituição das paredes exteriores

1. Revestimento exterior: Pedra granito criando uma fachada ventilada;
2. Reboco exterior (esp: 2 cm; $\lambda= 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);
3. Alvenaria de tijolo furado (esp: 22 cm; $R_t= 0,52 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$);
4. Reboco interior antigo (esp: 2 cm; $\lambda= 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);
5. Lã de rocha (esp: 6 cm; $\lambda= 0,04 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);
6. 2 placas de gesso cartonado (esp: 13+13 mm; $\lambda= 0,25 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,52 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{0,026}{0,25} + 0,13 = 2,42$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,41 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}} = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Parede CHC

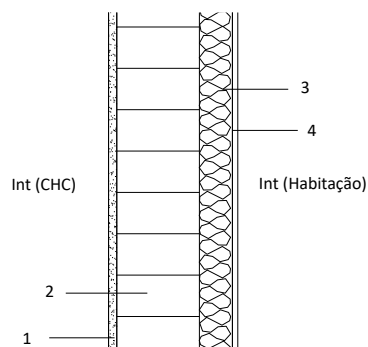


Figura 11 – Constituição parede CHC

1. Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
2. Alvenaria de tijolo furado (esp: 20 cm; $R_t = 0,52 \text{ m}^2\cdot^{\circ}\text{C/W}$);
3. Lã de rocha (esp: 8 cm; $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
4. 1 placa de gesso cartonado (esp: 13 mm; $\lambda = 0,25 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,52 + \frac{0,08}{0,04} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13 = 2,85$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,35 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C} \leq U_{\text{máx}} = 0,5 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

Pontes térmicas planas

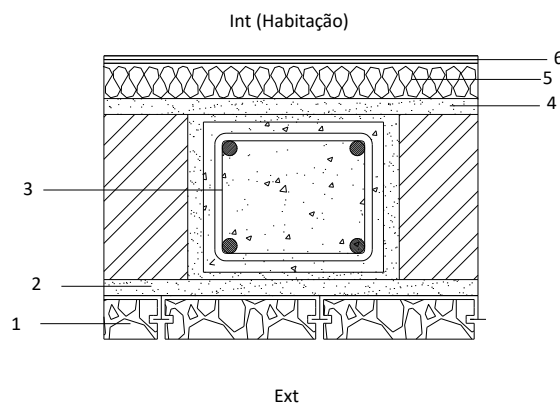


Figura 12 – Constituição pontes térmicas planas

1. Revestimento exterior: Pedra granito criando uma fachada ventilada;
2. Reboco exterior (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
3. Betão (esp=22 cm);
4. Reboco antigo (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
5. Lã rocha (esp: 6 cm; $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$);
6. Gesso cartonado (esp: 13+13 mm; $\lambda = 0,25 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,22}{2} + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{0,026}{0,25} + 0,13 = 2,01$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,50 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C} < 0,9 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

Cobertura

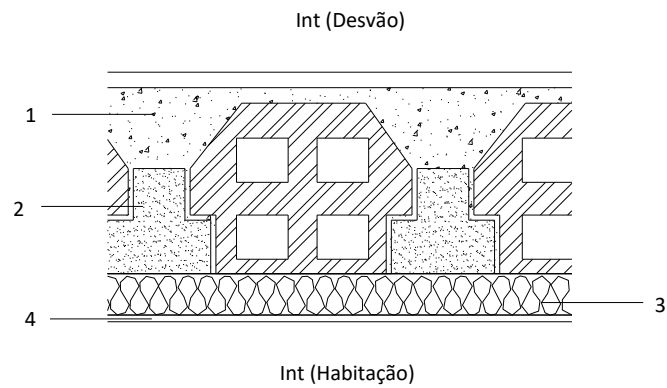


Figura 13 – Constituição laje de cobertura

1. Camada de forma (esp: 5 cm; $\lambda= 1,3 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);
2. Laje aligeirada ($R_t=0,27 \text{ W}^2/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$);
3. Lã de rocha (esp: 10 cm; $\lambda= 0,04 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);
4. Gesso cartonado (esp: 13 mm; $\lambda= 0,25 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$).

$$R = 0,10 + \frac{0,05}{1,3} + 0,27 + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,013}{0,25} + 0,10 = 3,06$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,32 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}} = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Pavimento sobre exterior

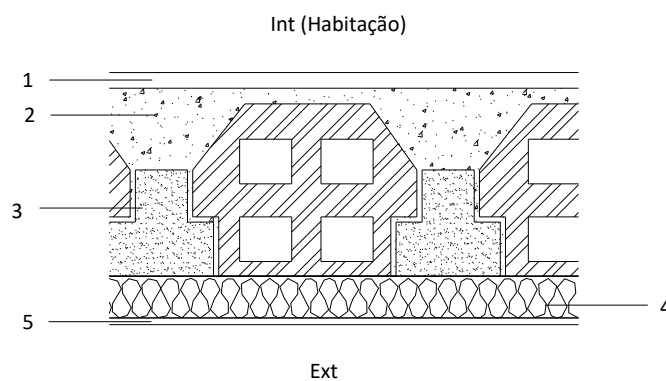


Figura 14 – Constituição laje de sobre exterior

1. Revestimento interior madeira, tacos de madeira (sala);
2. Camada de forma betão leve (esp: 5 cm; $\lambda= 0,33 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$);

3. Laje aligeirada ($R_t=0,30 \text{ W}^2/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$);
4. Lã de rocha (esp: 8 cm; $\lambda= 0,04 \text{ W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$);
5. Teto falso (esp: 13 mm; $\lambda= 0,25 \text{ W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$).

$$R = 0,04 + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,08}{0,04} + 0,30 + \frac{0,05}{0,33} + 0,17 = 2,71$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,37 \text{ W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}}=0,4 \text{ W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

Pavimento sobre ENU

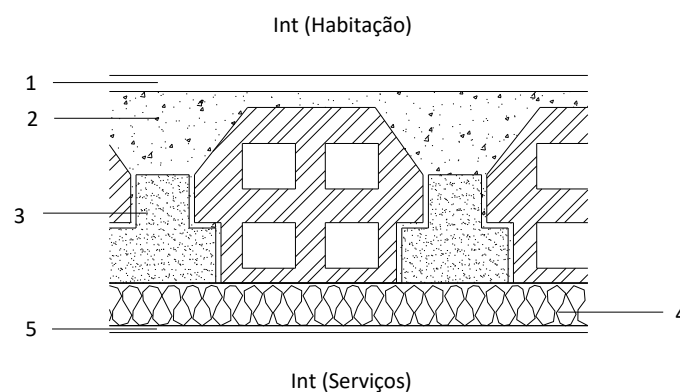


Figura 15 – Constituição laje sobre serviços

1. Revestimento interior;
2. Camada de forma betão leve (esp: 5 cm; $\lambda= 0,33 \text{ W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$);
3. Laje aligeirada ($R_t=0,30 \text{ W}^2/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$);
4. Lã de rocha (esp: 8 cm; $\lambda= 0,04 \text{ W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$);
5. Gesso cartonado (esp: 13 mm; $\lambda= 0,25 \text{ W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$).

$$R = 0,17 + \frac{0,05}{0,33} + 0,30 + \frac{0,08}{0,04} + \frac{0,013}{0,25} + 0,17 = 2,84$$

$$U = \frac{1}{R} = 0,35 \text{ W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C} \leq U_{\text{máx}}=0,4 \text{ W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

Verificamos que requisitos impostos para a envolvente opaca são verificados em todas as soluções adotadas na reabilitação.

Envidraçados

Os envidraçados são de janela dupla com vidros simples + refletante, de caixilharia em metálica de cor escura sem corte térmico, sem quadrícula, com proteção solar cortinas interiores tipo *blackout*.

$$U=2,8 \text{ W/m}^2\text{°C} \leq U_{\text{máx}}=2,8 \text{ W/m}^2\text{.°C}$$

Os envidraçados estão orientados a E e W, pelo que para se verificar os requisitos mínimos da qualidade foi necessário comparar a área de envidraçados de cada compartimento com o valor de 15% da área do mesmo.

Tabela 4.5 – Verificação da área do envidraçado com área compartimento

Andar	Compartimento	A _{pav}	15% A _{pav}	Envidraçado		Verificação
				Área	Orientação	
1º/4º/6º	Sala frente	17,90	2,69	3,16	Oeste	>15%A _{pav}
	Quarto 1 frente	10,51	1,58	3,16	Oeste	>15%A _{pav}
	Sala trás	17,90	2,69	3,16	Este	>15%A _{pav}
	Quarto 1 trás	10,51	1,58	3,16	Este	>15%A _{pav}

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, com o tipo de vidro, da janela e da proteção temos que o fator solar do vidro para a incidência normal ao vão e valor do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente + refletante e dispositivo de proteção solar é dado por:

$$g_{\perp vi}=(0,50)*0,85=0,43$$

$$g_{\perp vc}=0,33*0,50=0,17$$

Os envidraçados apresentam sombreamento devido a elementos verticais provocados pelo edifício adjacente e pelas saliências do próprio edifício. Para efetuar a verificação regulamentar associada ao fator solar do vidro com proteção é necessário quantificar o efeito dos sombreamentos na estação de arrefecimento, de acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013.

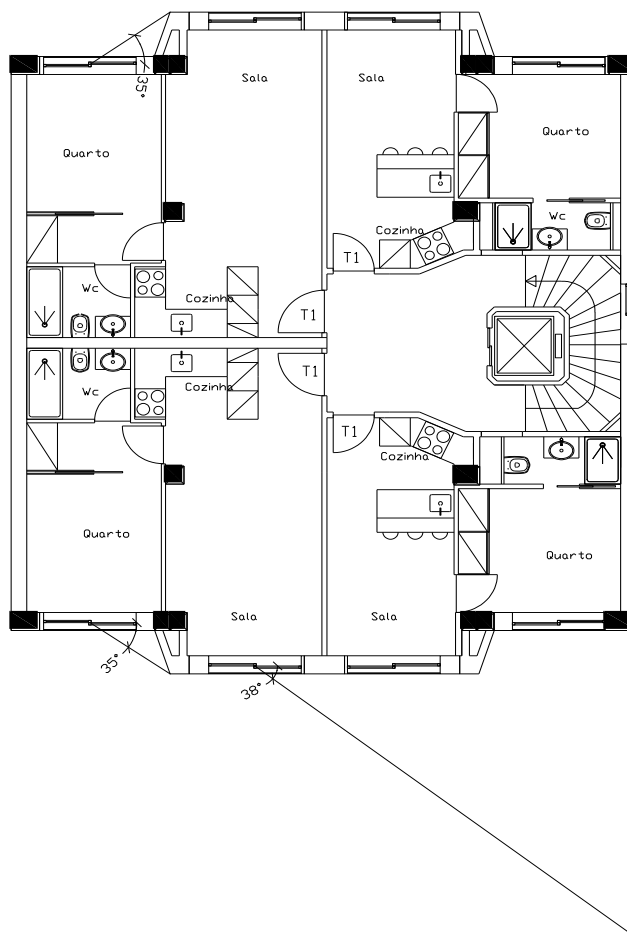


Figura 16 – Sombreamentos verticais

Tabela 4.6 - Sombreamento devido a elementos verticais – arrefecimento

Andar	Compartimento	F _o	F _f	F _o *F _f ≤0,9	F _o *F _f *g _{Tvc}	$\xi_{Tm\acute{a}x} * \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}}$	Verificação
1º/4º/6º	Sala frente	1	0,94	0,90	0,21	0,48	v
	Quarto 1 frente	1	0,94	0,90	0,21	0,28	v
	Sala trás	1	1,00	0,90	0,21	0,52	v
	Quarto 1 trás	1	0,94	0,90	0,21	0,28	v

Como não temos sombreamentos horizontais, o valor F_o, toma o valor de 1.

O fator solar do vidro com a proteção foi de 0,56, uma vez que tal como se demonstra no ponto seguinte a Inércia térmica das frações é média.

Inércia térmica

A inércia térmica é quantificada em função das soluções construtivas dos diferentes elementos construtivos. Salienta-se que foi optado isolamento pelo interior nas paredes exteriores, parede para a CHC e laje da cobertura (desvão). Sendo só aplicado pelo exterior no pavimento sobre ENU (do lado do serviço) e no pavimento exterior. As paredes divisórias são constituídas com gesso cartonado.

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

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} * S_j * r_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2]$$

Os cálculos relativos à inércia térmica estão calculados no Anexo II

Fração 1 Piso

$$I_t = 9795,00/33,85 = 289,37 \text{ kg/m}^2$$

Fração 4 Piso

$$I_t = 10155,00/33,85 = 300,00 \text{ kg/m}^2$$

Fração 6 Piso

$$I_t = 10155,00/33,85 = 300,00 \text{ kg/m}^2$$

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, a inércia em todas as frações é de classe **média**, uma vez que os valores se encontram entre 150 e 400 kg/m².

4.1.7 Comportamento térmico na estação de aquecimento

4.1.7.1 Transferência de calor por transmissão

O valor da transferência de calor por transmissão através da envolvente ao longo da estação de aquecimento foi determinado pela seguinte expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 * GD * H_{tr,i} \quad [\text{kWh}]$$

Em que:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{ENU} \quad [\text{W/}^\circ\text{C}]$$

Tabela 4.7 - Dados necessários para perdas de transmissão com elementos em contacto com o exterior, H_{ext}

Envoltente exterior	A [m ²]	U [W/m ² °C]	A*U [W/°C]
Parede para o exterior	$6,58*2,41-6,32-0,96=8,58$	0,41	3,52
Pilares para o exterior	$0,2*2,41*2=0,96$	0,50	0,48
Pavimento sobre o exterior	2,40	0,37	0,89
Envidraçados	$3,16*2=6,32$	2,8	17,70

Tabela 4.8 - Dados necessários para as pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares	B [m]	Ψ [W/m°C]	B* Ψ [W/°C]
Fachada com pavimento sobre exterior	$2,62+0,92=3,54$	0,75	2,66
Fachada com pavimento sobre ENU	$2,62+0,42=3,04$	0,75	2,28
Fachada com pavimento intermédio	$3,04+3,54=6,58$	0,60	3,95
Fachada com desvão cobertura	6,58	$0,10*1,70=0,17$	1,12
Fachada com caixilharia	$2*2,51+2*1,26=7,54$	0,25	1,89
2 paredes exteriores em ângulo saliente	2,41	0,10	0,24

Tabela 4.9 - Dados necessários para as perdas de transmissão com elementos em contacto com espaços não úteis, H_{ENU}

Envoltente interior	A [m ²]	U [W/m ² °C]	b_{tr}	A*U* b_{tr} [W/°C]
Parede para CHC	$1,15*2,41-1*2=0,77$	0,35	0,80	0,22
Porta para CHC	2,00	2,5	0,80	4,00
Pavimento sobre ENU	31,45	0,35	1,00	11,01
Cobertura	33,85	0,32	1,00	10,83

Tabela 4.10 - Dados necessários para as pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares	B [m]	Ψ [W/m°C]	b_{tr}	$B*\Psi*b_{tr}$ [W/°C]
Parede CHC/ pav sobre ENU	1,15	0,75	1,00	0,86
Parede CHC com pav intermédio	1,15	0,60	0,80	0,55
Parede CHC /cobertura	1,15	0,10	1,00	0,12

Todos os cálculos relativos ao coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o exterior e para espaços não úteis representam-se no Anexo I.

Tabela 4.11 – Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão

Fração	H_{ext} [w/°C]	H_{ENU} [w/°C]	$H_{tr,i}$ [w/°C]	$Q_{tr,i}$ [kwh]
1º Piso	$22,59+12,9=35,49$	$15,23+1,41=16,64$	$35,49+16,64=52,13$	1617,70
4º Piso	$21,70+11,91= 33,61$	$4,22 + 1,10 = 5,32$	$33,61 + 5,32 = 38,93$	1208,08
6º Piso	$21,70 + 9,08 = 30,78$	$15,05 + 0,67 = 15,72$	$30,78 + 15,72 = 46,50$	1442,99

Com estes resultados, verifica-se que o piso com mais perdas pela envolvente é o 1 e o que tem menos é o piso 4. O que seria de esperar uma vez que o piso 4 encontra-se entre pisos e o piso 1 está sobre serviços e também apresenta uma parte do seu pavimento em contacto com o exterior.

4.1.7.2 Transferência por ventilação

No cálculo da ventilação foi usada a folha fornecida pelo LNEC no Anexo IV, onde se considerou que o edifício está na região A, localizado a 121 m de altitude e a mais de 5 km da costa. A rugosidade é do tipo I, uma vez que se situa no interior da zona urbana e só terá uma fachada em exposição ao vento em cada fração. Relativamente à sua altura foi considerada 22 m, sendo 4 m associados ao serviço e 3 m a cada piso de habitação, de uma forma genérica. Como está no centro da cidade, considerou-se que os edifícios ao seu redor têm altura semelhante ao do estudo, o que foi confirmado com uma visita ao local.

No que diz respeito à caixilharia das janelas, como são de caixilharia dupla optou-se por uma classe 1 de permeabilidade ao ar.

As casas de banho de cada fração apresentam uma conduta de exaustão de ventilação natural.

A transferência de calor resultante da renovação de ar, calculou-se a partir da expressão seguinte:

$$Q_{ve,i} = 0,024 * GD * H_{ve,i} \quad [\text{kWh}]$$

O coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento foi calculado a partir:

$$H_{ve,i} = 0,34 * R_{ph,i} * A_p * P_d \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}]$$

Os valores obtidos para a taxa de renovação de ar foram sempre superiores a $0,4\text{h}^{-1}$, garantindo-se assim as exigências regulamentares.

Tabela 4.12 – Cálculo da transferência por ventilação

Fração	$R_{ph} [\text{h}^{-1}]$	$H_{ve,i} [\text{w}/^{\circ}\text{C}]$	$Q_{ve,i} [\text{kWh}]$
1º piso	0,76	21,08	654,16
4º piso	0,70	19,42	602,64
6º piso	0,60	16,64	516,37

Com os valores acima apresentados, verifica-se que a taxa de renovação de ar é mais elevada para o piso 1 do que no último piso, que fará que o piso 1 seja o que apresenta mais perdas por ventilação, logo o pior, e o último piso o melhor.

4.1.7.3 Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos úteis dependem dos ganhos internos associados a fontes internas de calor e dos ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados.

Os ganhos internos associados a fontes internas de calor foram calculados a partir da expressão seguinte:

$$Q_{int,i} = 0,720 * 4 * 6,25 * 33,85 = 609,30 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados calcularam-se pela expressão:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} * \sum_j [X_j * \sum Fs, i * As, i] * M \quad [\text{kWh}]$$

Para a quantificação do sombreamento do horizonte, F_h , foi considerado um ângulo de 45° , em virtude do edifício se situar na zona urbana.

O valor do fator, F_g , é de 0,70, pois as caixilharias são metálicas e sem quadrícula.

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013, o fator de orientação, X , tem o valor de 0,56, porque os envidraçados estão orientados a oeste e a este.

A área efetiva coletora da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento foi calculada com auxílio da tabela:

Tabela 4.13 - Área efetiva coletiva da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento

Envidraçado	F_o	F_f	F_h	$F_o * F_f \leq 0,9$	F_s	X	$F_s * X > 0,27$	g_{Lvi}	F_g	A_w [m ²]	$A_{si} = A_w * F_g * g_{Lvi} * F_w * X * F_s$ [m ²]
Sala frente	1	0,85	0,58	0,85	0,49	0,56	0,27	0,43	0,70	3,16	0,235
Quarto frente		0,82		0,82	0,48		0,27			3,16	0,230
Sala trás		1		0,90	0,52		0,29			3,16	0,249
Quarto trás		0,85		0,85	0,49		0,27			3,16	0,235

Tabela 4.14 – Valores de cada fração dos ganhos térmicos úteis

Fração		$Q_{sol,i}$ [kWh]	$Q_{g,i}$ [kWh]	$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gu,i} = \eta i * Q_{g,i}$ [KWh]
1º Piso	Oeste	377,81	987,11	0,43	0,93	918,01
	Este	393,25	1002,55	0,44	0,92	932,37
4º Piso	Oeste	377,81	987,11	0,55	0,89	878,53
	Este	393,25	1002,55	0,55	0,89	892,27
6º Piso	Oeste	377,81	987,11	0,50	0,91	898,27
	Este	393,25	1002,55	0,51	0,91	912,32

Como em todos os pisos $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$, então $\eta = \frac{1-\gamma^\alpha}{1-\gamma^{\alpha+1}}$ e o α toma o valor de 2,6, uma vez que a inércia é média.

Com os valores acima descritos, verifica-se que os ganhos solares só dependem da orientação e que não dependem do piso das frações, devido ao facto de se considerar o sombreamento do horizonte igual para todos os pisos ($\alpha=45^\circ$).

Como o piso 1 é o que mostra maiores perdas por transmissão da envolvente e pela ventilação, o fator de utilização dos ganhos é o que apresenta valor mais elevado (93%). As frações do piso intermédio apresentam o fator de 89% de ganhos que são efetivamente úteis.

4.1.7.4 Necessidades Nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

O valor das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil, na estação de aquecimento (N_{ic}), é obtido através de um balanço energético entrando em consideração com: os ganhos térmicos úteis, a transferência de calor por transmissão através da envolvente e a transferência de calor resultante por renovação de ar. Todos estes valores já se encontram calculados pelo que é possível determinar N_{ic} :

Tabela 4.15- Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração

Fração	$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p}$ [kWh/m ² .ano]
Piso 1 oeste	$N_{ic} = \frac{1617,70 + 654,16 - 918,01}{33,85} = 39,99$
Piso 1 este	$N_{ic} = \frac{1617,70 + 654,16 - 932,37}{33,85} = 39,57$
Piso 4 oeste	$N_{ic} = \frac{1208,08 + 602,64 - 878,53}{33,85} = 27,54$
Piso 4 este	$N_{ic} = \frac{1208,08 + 602,64 - 892,27}{33,85} = 27,13$
Piso 6 oeste	$N_{ic} = \frac{1442,99 + 516,37 - 898,27}{33,85} = 31,35$
Piso 6 este	$N_{ic} = \frac{1442,99 + 516,37 - 912,32}{33,85} = 30,93$

Verifica-se que as necessidades de energia variam entre 27 kWh/m².ano, para o piso intermédio, e 40 kWh/m².ano, para o piso 1. Ou seja, o piso 1 será o que necessita de mais energia para manter permanentemente a temperatura interior a 18°C, durante toda a estação de aquecimento.

4.1.7.5 Valor Limite das Necessidades para a estação de aquecimento

O valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência, na estação de aquecimento, foi dado pela expressão:

$$Q_{tr,i,ref} = 0,024 * GD * H_{tr,i,ref} \quad [\text{kWh}]$$

Para o cálculo do coeficiente global de transferência de referência de calor por transmissão na estação de aquecimento, os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} , foram retirados na Portaria 379 -A /2015 e o coeficiente de transmissão térmica lineares de referência, Ψ_{ref} , na Portaria nº 349 -B/2013. E calcula-se a partir da expressão:

$$H_{tr,i,ref} = H_{ext} + H_{ENU} \quad [\text{W}/^{\circ}\text{C}]$$

O cálculo relativo ao H_{ext} e H_{ENU} de cada piso encontra-se no Anexo III.

Tabela 4.16 - Dados para a perda por transmissão de referência através de elementos em contacto com o exterior, $H_{ext,ref}$

Envolvente exterior	A [m ²]	U_{ref} [W/m ² °C]	$A * U_{ref}$ [W/°C]
Parede para o exterior	$6,58 * 2,41 - 6,32 - 0,96 = 8,58$	0,50	4,29
Pilares para o exterior	$0,2 * 2,41 * 2 = 0,96$	0,50	0,48
Pavimento sobre o exterior	2,40	0,40	0,96
Envidraçados	$3,16 * 2 = 6,32$	2,8	17,70

Tabela 4.17 - Dados para as pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares	B [m]	Ψ_{ref} [W/m°C]	$B * \Psi_{ref}$ [W/°C]
Fachada com pavimento sobre exterior	$2,62 + 0,92 = 3,54$	0,50	1,77
Fachada com pavimento sobre ENU	$2,62 + 0,42 = 3,04$	0,50	1,52
Fachada com pavimento intermédio	$3,04 + 3,54 = 6,58$	0,50	3,29
Fachada com desvão cobertura	6,58	0,50	3,29

Fachada com caixilharia	$2*2,51+2*1,26=7,54*2$	0,20	3,02
2 paredes exteriores em ângulo saliente	2,41	0,40	0,96

Tabela 4.18 - Dados para as perdas por transmissão de referência através dos elementos em contacto com espaços não úteis H_{ENUref}

Envolvente interior	A [m ²]	U_{ref} [W/m ² °C]	b_{tr}	$A*U*b_{tr}$ [W/°C]
Parede para CHC	$1,15*2,41-1*2=0,77$	0,50	0,80	0,31
Porta para CHC	2,00	0,50	0,80	0,80
Pavimento sobre ENU	31,45	0,40	1,00	12,58
Cobertura	33,85	0,40	1,00	13,54

Tabela 4.19 - Dados para as pontes térmicas lineares

Pontes térmicas lineares	B [m]	Ψ_{ref} [W/m°C]	b_{tr}	$B*\Psi_{ref}*b_{tr}$ [W/°C]
Parede CHC/ pav sobre ENU	1,15	0,50	1,00	0,58
Parede CHC com pav intermédio	1,15	0,50	0,80	0,46
Parede CHC /cobertura	1,15	0,50	1,00	0,58

Tabela 4.20 - valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência

Fração	$H_{ext,ref}$ [w/°C]	$H_{ENU,ref}$ [w/°C]	$H_{tr,i,ref}$ [w/°C]	$Q_{tr,i,ref}$ [kwh]
1º Piso	$23,43+10,56=33,99$	$13,69+1,04=14,73$	$33,99+14,73=48,72$	1511,88
4º Piso	$22,47+10,56=33,03$	$1,11+0,92=2,03$	$33,03+2,03=35,06$	1087,98
6º Piso	$22,47+10,56=33,03$	$14,65+1,04=15,69$	$33,03+15,69=48,72$	1511,88

Valor da transferência por ventilação de referência

A transferência de calor por ventilação de referência, na estação de aquecimento, deve-se considerar a taxa de renovação de ar de referência igual à taxa de renovação das frações em estudo até ao máximo de 0,60 renovações por hora.

O valor de ventilação de referência foi calculado com a expressão:

$$H_{ve,i,ref} = 0,34 * 0,6 * 33,85 * 2,41 = 16,64 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{ve,i,ref} = 0,024 * 1293 * 16,64 = 516,37 \text{ kWh}$$

Ganhos de calor úteis de referência

Para os ganhos de calor úteis de referência, na estação de aquecimento, deve-se considerar:

$$Q_{int,i,ref} = 0,720 * 4 * M * Ap = 609,30 \text{ kWh}$$

$$Q_{sol,i,ref} = 130 * 0,146 * 0,15 * 33,85 * 6,25 = 602,32 \text{ kWh}$$

$$Q_{gu,i,ref} = 0,60 * (609,30 + 602,32) = 726,97 \text{ kWh}$$

Assim valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração tomou o valor de:

Tabela 4.21 - Valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração

Fração	$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p}$ [kWh/m ² .ano]	N_{ic}/N_i
Piso 1 oeste	$N_i = \frac{1511,88 + 516,37 - 726,97}{33,85} = 38,44$	39,99/38,44=1,04
Piso 1 este		39,57/38,44=1,03
Piso 4 oeste	$N_i = \frac{1087,98 + 516,37 - 726,97}{33,85} = 25,92$	27,54/25,92=1,06
Piso 4 este		27,13/25,92=1,05
Piso 6 oeste	$N_i = \frac{1511,88 + 516,37 - 726,97}{33,85} = 38,44$	31,35/38,44=0,82
Piso 6 este		30,93/38,44=0,81

Concluiu-se que os ganhos úteis são iguais nos 3 pisos, o mesmo acontece às perdas por ventilação. Relativamente às perdas pela envolvente são iguais no primeiro e último piso e menores no piso intermédio. O valor limite das necessidades para a estação de aquecimento, tem o valor mais alto no primeiro e último piso.

Curiosamente a razão entre as necessidades de cálculo e as máximas apresenta o seu valor mais baixo para as frações do último piso, no entanto considerando que o edifício foi construído em 1970 e se se trata-se de uma grande reabilitação todas as frações estariam conforme a regulamentação, pois $N_{ic}/N_i < 1,25$.

4.1.8 Comportamento térmico na estação de arrefecimento

4.1.8.1 Transferência de calor por transmissão

O coeficiente global de transferência de calor transmissão na estação de arrefecimento, $H_{tr,v}$, toma o mesmo valor da estação de aquecimento.

Tabela 4.22 - Valor da perda de transferência de calor por transmissão, no verão

Fração	$Q_{tr,v} = 2,928 * (25 - \theta_{ext,v}) * H_{tr,v}$ [kWh]
1º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 52,13 = 625,81$
4º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 38,93 = 467,35$
6º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 46,50 = 558,22$

Na estação de arrefecimento, as perdas pela envolvente são muito importantes pois permitem que o edifício arrefeça por processos naturais, aproveitando, nomeadamente, a amplitude térmica diária. Verifica-se que o piso 1 e 6, atendendo à sua envolvente, são os que apresenta maiores perdas por transmissão.

4.1.8.2 Transferência por ventilação

A transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$ foi definida de acordo com a expressão:

$$Q_{ve,v} = \frac{(\theta_{v,ref} - \theta_{ext,v}) * 2928 * H_{ve,v}}{1000} \quad [\text{kWh}]$$

A taxa nominal de renovação de ar interior na estação de arrefecimento nunca poderá ser inferior a 0,6, logo de acordo com os valores obtidos e apresentados para a estação de aquecimento, os valores dos coeficientes de ventilação para esta estação são exatamente os mesmos. Estes valores vão ser iguais aos que se calculou na folha fornecida pela LNEC. E o coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento foi calculado com a expressão:

$$H_{ve,v} = 0,34 * R_{ph,v} * A_p * P_d \quad [W/°C]$$

Tabela 4.23 - Valor da perda de transferência de calor por ventilação, no verão

Fração	$R_{ph,v} [h^{-1}]$	$H_{ve,v} [w/°C]$	$Q_{ve,v} [kWh]$
1º piso	0,76	21,08	253,15
4º piso	0,70	19,42	233,21
6º piso	0,60	16,64	199,83

Verifica-se que o piso com mais perdas é o 1 e o piso 6 é o que tem menos perdas por ventilação devido ao facto de a taxa de renovação também ser menor.

4.1.8.3 Ganhos solares brutos

Os ganhos solares brutos na estação de arrefecimento são dados pela expressão:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad [kWh]$$

$$Q_{int,v} = 4 * 33,85 * 2,928 = 396,45 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos associados à radiação solar incidente nos vãos envidraçados e envolvente exterior opaca, na estação de arrefecimento, calculam-se com a expressão:

$$Q_{sol,v} = \sum_j [I_{solj} * \sum n F_{s,v} * A_{s,v}] \quad [kWh]$$

Ganhos solares pelos envidraçados na estação de arrefecimento

Os ganhos solares pelos envidraçados estão calculados na tabela seguinte. De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, o valor do fator de correção de seletividade angular dos envidraçados na estação

de arrefecimento, $F_{w,v}$, nas orientações de oeste e este, toma o valor de 0,85, uma vez que as janelas são duplas e funcionam como vidro duplo.

De acordo com o regulamento, o valor do efeito de sombreamento do horizonte é desprezado para a estação de arrefecimento.

O fator solar na estação de arrefecimento, calcula-se com a expressão:

$$gv = F_{mv} * g_{LT} + (1 - F_{mv}) * g_{Lvi} * F_{w,v}$$

A área efetiva coletora da radiação solar, traduz-se na expressão:

$$A_{s,v} = A_w * F_g * gv \quad [m^2]$$

Tabela 4.24 - Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados

Env.	F_h	$F_o * F_r \leq 0.9$	F_s	I_{sol}	$F_{w,v}$	g_{Lvi}	g_{LT}	F_{mv}	gv	F_g	A_w [m ²]	A_{sv} [m ²]	$I_{sol} * \sum F_s * A_s$
Sala frente	1	0,9	0,90	490	0,85	0,43	0,17	0,60	0,25	0,70	3,16	0,55	242,55*2
Quarto frente	1	0,9											
Sala trás	1	0,9											
Quarto trás	1	0,9											242,55*2
Σ oeste= Σ este												485,10	

Fração oeste=este

$$Q_{sol,v} = 485,10 \text{ kWh}$$

Ganhos solares pela envolvente opaca exterior na estação de arrefecimento

De acordo com o Despacho nº 15793 -K/2013, o coeficiente de absorção da radiação solar, α , tem o valor de 0,4, uma vez, que a parede exterior tem cor clara e o valor da resistência térmica superficial, R_{se} , toma o valor de 0,04 porque o fluxo de calor é horizontal.

Tabela 4.25 – Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior

	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	Coef,abs, α	Fator F (Fachadas ventiladas)	I _{sol}	R _{se}	Fator Sombr. F _s	G S Env Opaca Ext [kWh]
Parede Oeste	8,58	0,41	0,40	0,1	490	0,04	1,00	2,76
Parede Este	8,58	0,41	0,40	0,1	490	0,04	1,00	2,76
Pilar Oeste/Este	0,96	0,50	0,40	0,1	490	0,04	1,00	0,38
Σ Ganhos solares pela envolvente opaca exterior cada orientação [kWh]								3,14

O valor dos ganhos térmicos brutos de cada orientação são:

$$Q_{g,v} = 396,45 + 485,10 + 3,14 = 884,69 \text{ kWh}$$

4.1.8.4 Ganhos térmicos prejudiciais

Os ganhos térmicos prejudiciais na estação de arrefecimento foram calculados a partir da expressão:

$$Q_{gp,v} = (1 - \eta_v) * Q_{g,v} \text{ [kWh]}$$

Tabela 4.26 – Cálculo dos ganhos prejudiciais de cada piso, no verão

Fração	$\gamma = \frac{Qg}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gp,v}$ [kWh]
1º Piso	$\frac{884,69}{625,81 + 253,15} = 1,01$	0,72	247,71
4º Piso	$\frac{884,69}{467,35 + 233,21} = 1,26$	0,64	318,49
6º Piso	$\frac{884,69}{558,22 + 199,83} = 1,17$	0,66	300,79

O fator de utilização dos ganhos, η , calculou-se a partir da classe da inércia ($a=2,6$ – inércia média) e com o valor de γ .

Verificou-se que os ganhos solares pelos envidraçados e pela envolvente são iguais para a orientação oeste e este e que apresentam o mesmo valor para os três pisos em análise.

Os ganhos prejudiciais obrigam ao consumo de energia para manter as habitações com temperatura de 25°C, permanentemente durante os meses de junho, julho, agosto e setembro. Como o piso intermédio é o que apresenta o menor valor de perdas, será o que terá o fator de utilização menor e, conseqüentemente, o valor dos ganhos prejudiciais maior.

4.1.8.5 Necessidades Nominais de energia útil para a estação de arrefecimento

Como se calculou os valores dos ganhos térmicos prejudiciais, o valor das necessidades nominais anuais de energia útil na estação de arrefecimento, para cada fração, pode ser determinado com a expressão:

$$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) * Q_{gu,v}}{A_p} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

Tabela 4.27 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração

Fração	$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) * Q_{gu,v}}{A_p} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}]$
Piso 1	$N_{vc} = \frac{247,71}{33,85} = 7,31$
Piso 4	$N_{vc} = \frac{318,49}{33,85} = 9,40$
Piso 6	$N_{vc} = \frac{300,79}{33,85} = 8,89$

Com os valores acima apresentados, verifica-se que o piso com pior valor é o piso intermédio e o melhor é o primeiro piso.

4.1.8.6 Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento

O valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento foi calculado a partir da expressão:

$$N_v = \frac{(1-\eta_{v,ref}) * Q_{gv,ref}}{A_p} \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}]$$

Para o cálculo do fator de utilização de ganhos de referência, $\eta_{v,ref}$, calcularam-se pelas seguintes etapas:

$$\Delta\theta = 25 - \theta_{ext,v} = 25 - 20,9 = 4,10$$

$$\eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 * \ln(4,1) = 0,83$$

Os ganhos térmicos de referência calculam-se pela seguinte expressão:

$$\frac{Q_{gv,ref}}{A_p} = 4 * 2,928 + 0,43 * 0,20 * 490 = 53,85 \text{ kWh/m}^2$$

$$Q_{gv,ref} = 53,85 * 33,85 = 1822,82 \text{ kWh}$$

Tabela 4.28 - Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento

	N_v [kWh/m ² .ano]	N_{vc}/N_v
Piso 1	$\frac{(1 - 0,83) * 1822,82}{33,85} = 9,15$	7,31/9,15=0,80
Piso 4		9,40/9,15=1,03
Piso 6		8,89/9,15=0,97

O valor limite para as necessidades de energia é igual nos três pisos.

Relativamente ao rácio entre as necessidades de energia calculadas e os seus valores máximos, verifica-se que o pior piso é o intermédio e o melhor o primeiro.

Como a razão de N_{vc}/N_v é sempre inferior a 1,25, todas as frações estariam em conformidade com a legislação caso se se trata-se de uma grande reabilitação.

4.1.9 Necessidades de energia para preparação de AQS

As necessidades de energia para preparação de AQS foram determinadas considerando que todas as frações são de tipologia T1, com 2 ocupantes convencionais e sem chuveiros da classe A ou superior.

$$Q_a = \frac{80 * 4187 * 35 * 365}{3600000} = 1188,64 \text{ kWh/ano}$$

4.1.10 Necessidades de Energia Primária

O valor das necessidades de energia primária é dado por:

$$N_{tc} = \frac{N_{ic}}{\eta} * F_{pu} + \frac{\delta * N_{vc}}{\eta} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu} + \frac{W_{vm}}{A_p} * F_{pu} - \frac{E_{ren}}{A_p} * F_{pu} \quad [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}]$$

O único equipamento que existe em todas as frações é um termoacumulador a electricidade para preparação da água quente sanitária.

Considerando:

- o fator de conversão para a electricidade, F_{pu} , de 2,5 $\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$;
- $\delta = 1$ porque η_v (0,66) é inferior ao η_{ref} (0,83);
- Aquecimento: como não está definido nenhum tipo sistema de aquecimento, foi usado um sistema de referência. Neste caso segundo a Portaria nº 349-B/2013, escolheu-se um equipamento a electricidade onde terá $\eta = 1$;
- Arrefecimento: nesta estação também não está definido nenhum equipamento, então considerou-se o equipamento de referência ar condicionado com permuta ar-ar e, de acordo com a Portaria nº 349-B/2013, da classe B com $\eta = 3,01$;
- Para o cálculo das perdas estáticas do termoacumulador, considerou-se um equipamento de 80 litros.

$$Q_{pr} \leq \frac{(21 + 10,33 * V^{0,4})}{1000} * 24 \quad [\text{kWh}/24\text{h}]$$

$$Q_{pr} \leq \frac{(21 + 10,33 * 80^{0,4})}{1000} * 24 = 1,94 \text{ kWh}/24\text{h}$$

Com o valor limite de perda estática de 1,94 $\text{kWh}/24\text{h}$, o termoacumulador terá uma eficiência de 0,93, como as tubagens não estão isolados multiplicou-se por 0,90 e com $F_{pu} = 2,50 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$.

- Para o cálculo da E_{ren} considerou-se o número ocupantes convencionais do edifício:
 - $4 * T1 * 6 \text{ pisos} = 4 * 2 * 6 = 48$ ocupantes
 - Como o serviço é uma loja (tipo vestuário), não necessita de AQS.
 - SCE.ER- E fornecida = 645 kWh por fração com 2 colectores. Os cálculos estão no Anexo V.
- as frações não têm ventilação mecânica.

Tabela 4.29 - Valor das necessidades de energia primária para cada fração

Fração		N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]
1ºPiso	Oeste	$N_{tc} = \frac{39,99}{1} * 2,5 + \frac{1*7,31}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 154,02$
	Este	$N_{tc} = \frac{39,57}{1} * 2,5 + \frac{1*7,31}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 152,97$
4º Piso	Oeste	$N_{tc} = \frac{27,54}{1} * 2,5 + \frac{1*9,40}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 124,63$
	Este	$N_{tc} = \frac{27,13}{1} * 2,5 + \frac{1*9,40}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 123,60$
6º Piso	Oeste	$N_{tc} = \frac{31,35}{1} * 2,5 + \frac{1*8,89}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 133,73$
	Este	$N_{tc} = \frac{30,93}{1} * 2,5 + \frac{1*8,89}{3,01} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 132,68$

Verifica-se que o piso 1 é o pior no inverno (maior N_{ic}) e o piso 4 o melhor (menor N_{ic}) e que na estação de verão o piso intermédio é o pior (maior N_{vc}) e o piso 1 o melhor (menor N_{vc}).

4.1.11 Valor máximo das Necessidades de energia primária

O valor máximo das necessidades de energia primária foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$N_t = \frac{N_i}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{N_v}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu} \text{ [kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}]$$

Tabela 4.30 - Valor máximo das necessidades de energia primária para cada fração

Fração		N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	Classe
1ºPiso	Oeste	$\frac{38,44}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{3,01} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 196,11$	154,02/196,11=0,79	B ⁻
	Este		152,97/196,11=0,78	B ⁻
4ºPiso	Oeste	$\frac{25,92}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{3,01} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 164,81$	124,63/164,81=0,76	B ⁻
	Este		123,60/164,81=0,75	B

6º Piso	Oeste	$\frac{38,44}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{3,01} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 196,11$	133,73/196,11=0,68	B
	Este		132,68/196,11=0,68	B

Conclui-se que o sexto piso é o que terá a classe energética mais elevada. Como a razão de Ntc/Nt é sempre inferior a 1,50, todas as frações estariam em conformidade com a legislação caso se se trata-se de uma grande reabilitação.

4.2 MÉTODO SIMPLIFICADO - ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO ANTES DA REABILITAÇÃO

Este método foi utilizado para caracterizar o desempenho térmico das frações existentes antes da reabilitação. Para a sua aplicação foi considerado o mesmo edifício, as mesmas frações, os equipamentos que existiam, os elementos construtivos nos anos 70 (sem isolamento).

Assim:

- Um termoacumulador de 80l para cada fração;
- Coletores solares para todas as frações;
- As paredes exteriores em alvenaria de tijolo furado (esp: 22 cm) com reboco dos dois lados;
- Parede para caixa de escadas em alvenaria de tijolo furado (esp: 20 cm);
- Paredes divisórias em alvenaria de tijolo furado com reboco,
- Pavimentos em laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas;
- Janelas de vidro simples e com estore veneziano interior.

Para os coeficientes de transmissão térmica do método simplificado foram usadas as tabelas fornecidas pela ADENE e que dependem unicamente do ano de construção e da espessura de parede.

4.2.1 Descrição edifício

No método simplificado, a área útil de pavimento foi medida sem as paredes divisórias dos espaços, sendo depois considerada como área útil o valor de 90% dessa área.

Área fração=34,50 m²

Área útil=0,90*34,50=31,05 m²

4.2.2 Coeficiente b_{tr}

Neste método podem considerar-se os valores definidos por defeitos que neste caso será de 0,8 para o desvão da cobertura, a caixa de escadas e o comércio.

A definição da envolvente da FA com o método simplificado é igual ao método detalhado indicada na figura 9 e como os espaços não úteis têm todos o valor de $b_{tr} > 0,7$, a envolvente interior é com requisitos de exterior.

Como o valor assumido é superior a 0,7 teremos que considerar também as pontes térmicas lineares.

4.2.3 Comportamento térmico na estação de aquecimento

4.2.3.1 Transferência de calor por transmissão

Para a determinação da transferência de calor por transmissão através da envolvente da fração, $Q_{tr,i}$, o método é igual ao detalhado, alterando-se a área de pavimento, os coeficientes de transmissão térmica lineares, Ψ , que foram retirados no Despacho (extrato) nº 15793-E/2013 devido de se tratar das regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, o coeficiente de transmissão térmica da parede exterior foi majorado em 35% devido há existência das pontes térmicas planas nessa parede e o coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis, H_{enu} , vai ser diferente do método detalhado, por causa do b_{tr} , que tem valor de 0,8 para todos os ENU.

O cálculo relativo à transferência de calor por transmissão através dos elementos em contacto com o exterior e para espaços não úteis, encontra-se no Anexo VII.

A determinação da transferência de calor por transmissão através da envolvente foi efetuada a partir do calculo do coeficiente de transmissão, $H_{tr,i}$.

Tabela 4.31 – Cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente

Fração	H_{ext} [w/°C]	H_{ENU} [w/°C]	$H_{tr,i}$ [w/°C]	$Q_{tr,i}$ [kWh]
1º Piso	$52,36+14,95= 67,31$	$41,76+1,28=43,04$	$67,31+43,04=110,35$	3424,38
4º Piso	$47,08+14,94=62,02$	$2,57+1,29=3,86$	$62,02+3,86= 65,88$	2044,39
6º Piso	$47,08+14,95= 62,03$	$72,12+1,28=73,40$	$62,03+73,40=135,43$	4202,66

De acordo com os valores obtidos na tabela anterior, verifica-se que o pior piso é o último, uma vez que tem mais perdas pela envolvente e o melhor é o intermédio.

4.2.3.2 Transferência por ventilação

O cálculo para a transferência de calor por ventilação utiliza as mesmas expressões do método detalhado, apenas com a diferença da área útil de pavimento ser diferente.

Após a utilização da folha de cálculo do LNEC no Anexo VI consta-se que os valores obtidos para as frações são bastante superiores em virtude de apresentarem apenas caixilharia simples sem classificação relativamente à permeabilidade ao ar.

Tabela 4.32 - Cálculo para a transferência de calor por ventilação

Fração	R_{ph} [h^{-1}]	$H_{ve,i}$ [$w/°C$]	$Q_{ve,i}$ [kWh]
1º piso	1,35	34,35	1065,95
4º piso	1,31	33,33	1034,30
6º piso	1,16	29,51	915,75

Assim, verifica-se que o piso com mais perdas através da ventilação é o primeiro, sendo o último piso o melhor. É ainda de salientar que estes valores são muito superiores aos obtidos após a reabilitação.

4.2.3.3 Ganhos térmicos brutos

Os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor são iguais ao método detalhado, com a diferença da área útil de pavimento que é diferente:

$$Q_{int,i} = 0,720 * 4 * 6,25 * 31,05 = 558,90 \text{ kWh}$$

Envidraçados

Os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados são diferentes do método detalhado, devido aos fatores solares dos envidraçados, sendo assim as áreas efetivas coletoras de radiação solar diferentes.

Como o edifício se situa na zona urbana, os envidraçados orientados a oeste e a este, vão se encontrar com obstruções do horizonte e têm palas verticais que conduz a um ângulo de obstrução inferior a 45°.

ESTUDO CASO

Então, $F_s * F_g = 0,32$, com $F_s = 0,45$, $F_g = 0,70$. No entanto $X * F_o * F_f * F_h$ não pode ser inferior a 0,27. Como o fator de orientação, X, para a exposição a oeste e este é de 0,56, a condição $F_s * X$ não é verificada. Por isso temos determinado-se um novo F_s .

$$X * F_h * F_o * F_f \geq 0,27$$

$$X * F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow 0,56 * F_s \geq 0,27 \Leftrightarrow F_s = \mathbf{0,48}$$

A área efetiva coletora de radiação solar dos vãos envidraçados deve ser calculada através da seguinte expressão:

$$A_{si} = A_w * F_g * g_{Lvi} * F_w * X * F_s = 6,32 * 0,70 * 0,85 * 0,9 * 0,56 * \mathbf{0,48} = 0,91 \text{ m}^2$$

Como a fração oeste é igual à este:

$$Q_{sol,i} = 130 * 0,91 * 6,25 = 739,38 \text{ kWh}$$

$$Q_{g,i} = 558,90 + 739,38 = 1298,28 \text{ kWh}$$

Verifica-se que, o edifício antes da reabilitação apresentava no inverno muitos mais ganhos solares do que após a reabilitação, tal facto resulta de inicialmente o edifício ter apenas vidro simples com estore veneziano interior.

4.2.3.4 Inércia

De acordo com as regras do método simplificado, todas as frações apresentam inércia térmica forte porque se verificam os requisitos necessários para se classificar nessa classe, uma vez que havia revestimento do teto em reboco, as paredes interiores de compartimentação eram em alvenaria com revestimentos de reboco e as paredes exteriores eram em alvenaria revestida a reboco.

4.2.3.5 Ganhos térmicos úteis

Os passos para a determinação dos ganhos térmicos úteis no método simplificado são iguais ao método detalhado:

Tabela 4.33 - Cálculo dos ganhos térmicos úteis

Fração		$Q_{g,i}$ [kWh]	$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gu,i} = \eta i * Q_{g,i}$ [kWh]
1º Piso	Oeste	1298,28	$\frac{1298,28}{3424,38 + 1065,95} = 0,29$	0,99	1285,29
4º Piso	Oeste		$\frac{1298,28}{2044,39 + 1034,30} = 0,42$	0,98	1272,31
6º Piso	Oeste		$\frac{1298,28}{4202,66 + 915,75} = 0,25$	0,99	1285,29

Nesta análise o valor do coeficiente a é 4,2, uma vez que a inércia é forte.

4.2.3.6 Necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

A metodologia de cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, N_{ic} , para o método simplificado é igual à do método detalhado.

Tabela 4.34 – Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento

Fração	N_{ic} [kWh/m ² .ano]
Piso 1	$N_{ic} = \frac{3424,38+1065,95-1285,29}{31,05} = 103,22$
Piso 4	$N_{ic} = \frac{2044,39+1034,30-1272,31}{31,05} = 58,18$
Piso 6	$N_{ic} = \frac{4202,66+915,75-1285,29}{31,05} = 123,45$

Observa-se que o N_{ic} antes da reabilitação é muito maior do que após a reabilitação e que o valor para o piso intermédio é cerca de 50% inferior ao dos restantes pisos.

4.2.3.7 Valor Limite das Necessidades para a estação de aquecimento

Os processos para o cálculo do valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência, na estação de aquecimento, do método simplificado é igual ao método detalhado. Para o cálculo do coeficiente global de transferência de calor de referência é necessário consultar as mesmas tabelas do

regulamento, para se saber os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial de referência, U_{ref} , e dos coeficientes de transmissão térmica de referência, Ψ_{ref} . Os valores destes coeficientes são iguais aos valores determinados no método detalhado.

Os cálculos relativos ao $H_{ext,ref}$ e $H_{ENU,ref}$ de cada piso encontram-se no Anexo VIII.

Tabela 4.35 - Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência.

Fração	$H_{ext,ref}$ [W/°C]	$H_{ENU,ref}$ [W/°C]	$H_{tr,i,ref}$ [W/°C]	$Q_{tr,i,ref}$ [kWh]
1º Piso	$23,44+10,56=34,00$	$10,28+0,92=11,20$	$34,00+11,20=45,20$	1402,65
4º Piso	$22,47+10,56=33,03$	$1,11+0,92=2,03$	$33,03+2,03=35,06$	1087,98
6º Piso	$22,47+10,56=33,03$	$11,05+0,92=11,97$	$33,03+11,97=45,00$	1396,44

Valor da transferência por ventilação de referência

A transferência de calor por ventilação de referência, na estação de aquecimento, deve-se considerar a taxa de renovação de ar de referência igual à taxa de renovação das frações em estudo até ao máximo de 0,60 renovações por hora, como no método detalhado, mas alterando a área útil de pavimento no método simplificado.

O valor de ventilação de referência foi calculado com a expressão:

$$H_{ve,i,ref} = 0,34 * 0,6 * 31,05 * 2,41 = 15,27 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$Q_{ve,i,ref} = 0,024 * 1293 * 15,27 = 473,85 \text{ kWh}$$

Ganhos de calor úteis de referência

Para os ganhos de calor úteis de referência, na estação de aquecimento, considerou-se conforme o método simplificado o valor dos ganhos térmicos associados a fontes internas de calor tem o valor igual calculado para as necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento:

$$Q_{int,i,ref} = Q_{int,i} = 558,90 \text{ kWh}$$

$$Q_{sol,i,ref} = 130 \times 0,146 \times 0,15 * 31,05 \times 6,25 = 589,33 \text{ kWh}$$

$$Q_{gu,i,ref} = 0,60 * (558,90 + 589,33) = 688,94 \text{ kWh}$$

Assim valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração toma o valor apresentado na Tabela 4.36.

Tabela 4.36 - Valor limite das necessidades para a estação de aquecimento para cada fração

Fração	N_i [kWh/m ² .ano]
Piso 1	$N_i = \frac{1402,65 + 473,85 - 688,94}{31,05} = 38,25$
Piso 4	$N_i = \frac{1087,98 + 473,85 - 688,94}{31,05} = 28,11$
Piso 6	$N_i = \frac{1396,44 + 473,85 - 688,94}{31,05} = 38,05$

O valor máximo de energia que é permitido na estação de arrefecimento é menor para o piso intermédio e igual para os outros dois.

4.2.4 Comportamento térmico na estação de arrefecimento

4.2.4.1 Transferência de calor por transmissão

O coeficiente global de transferência de calor transmissão na estação de arrefecimento, $H_{tr,v}$, adquire o mesmo valor do obtido na estação de aquecimento.

Tabela 4.37 – Cálculo da transferência de calor transmissão por transmissão na estação de arrefecimento

Fração	$Q_{tr,v} = 2,928 * (25 - \theta_{ext,v}) * H_{tr,v}$ [kWh]
1º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 110,35 = 1324,73$
4º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 65,88 = 790,88$
6º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 135,43 = 1625,81$

Verifica-se que as perdas pela envolvente são maiores do último piso e menor no intermédio, o que faz que o piso intermédio seja o pior.

4.2.4.2 Transferência por ventilação

A transferência de calor correspondente à renovação de ar interior durante a estação de arrefecimento, $Q_{ve,v}$, é igual ao método detalhado com a diferença da área de pavimento.

A taxa nominal de renovação de ar interior na estação de arrefecimento vai ser a mesma que se calculou na folha fornecida pela LNEC.

Tabela 4.38 – Cálculo da transferência de calor por ventilação, na estação de arrefecimento

Fração	$R_{ph,v}$ [h^{-1}]	$H_{ve,v}$ [$w/°C$]	$Q_{ve,v}$ [kWh]
1º piso	1,35	34,35	412,51
4º piso	1,31	33,33	400,26
6º piso	1,16	29,51	354,38

Pode-se concluir que o piso 1 é o melhor porque tem mais perdas e o último é o pior.

4.2.4.3 Ganhos solares brutos

Os ganhos térmicos associados a fontes internas para o método simplificado apenas são diferentes do método detalhado devido à área útil de pavimento ser diferente.

$$Q_{int,v} = 4 * 31,05 * 2,928 = 363,66 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar vão ser diferentes do método detalhado, porque no método simplificado os valores dos fatores solares dos envidraçados são considerados de uma forma simplificada, mas áreas efetivas coletoras de radiação são iguais às determinadas no método detalhado.

Tabela 4.39 – Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados

Env.	F_h	$F_o * F_{fi} \leq 0,9$	$F_s * F_g$	I_{sol}	$F_{w,v}$	g_{Lvi}	g_{LT}	F_{mv}	gv	Aw [m^2]	$I_{sol} * F_s * F_g * Aw * gv$
Sala frente	1	0,9	0,56	490	0,90	0,85	0,45	0,60	0,56	3,16	485,58*2
Quarto frente	1	0,9									
Sala trás	1	0,9									485,58*2
Quarto trás	1	0,9									

Σ oeste= Σ este	971,16
-------------------------------	--------

Como o edifício se situa na zona urbana, para os envidraçados orientados a oeste e a este, consideraram-se as obstruções do horizonte e palas verticais que conduzem a um ângulo de obstrução inferior a 45°.

Note-se que o produto de F_s por F_g toma sempre o valor de 0,56.

O fator solar na estação de arrefecimento e a área efetiva coletora da radiação solar, são obtidos pelas expressões de cálculo já mencionadas.

Fração oeste=este

$$Q_{sol,v} = 971,16 \text{ kWh}$$

Conclui-se que os ganhos solares pelos envidraçados iniciais são praticamente o dobro dos ganhos após a reabilitação dos envidraçados.

Os ganhos solares pela envolvente opaca exterior deveria ser igual ao método detalhado, mas como o coeficiente U é diferente o valor final é diferente.

O fator F toma o valor de 1, porque a fachada antes da reabilitação não era ventilada.

Tabela 4.40 – Ganhos solares pela envolvente opaca exterior

	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	Coef,abs, α	Fator F (Fachadas ventiladas)	I_{sol}	Rse	Fator Sombr. F_s	G S Env Opaca Ext [kWh]
Parede Oeste/este	6,58*2,41- 6,32=9,54	1,30*1,35=1,76	0,40	1	490	0,04	1,00	131,63
Σ Ganhos solares pela envolvente opaca exterior [kWh]								131,63

Os ganhos térmicos brutos são:

$$Q_{g,v} = 363,66 + 971,16 + 131,63 = 1466,45 \text{ kWh}$$

Verifica-se que os ganhos pela envolvente opaca são muito superiores antes da reabilitação.

4.2.4.4 Ganhos térmicos prejudiciais

Os ganhos térmicos prejudiciais na estação de arrefecimento foram calculados a partir da expressão:

$$Q_{gp,v} = (1 - \eta_v) * Q_{g,v} \quad [\text{kWh}]$$

Tabela 4.41 – Cálculos dos ganhos térmicos prejudiciais na estação de arrefecimento

Fração	$\gamma = \frac{Qg}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gp,v}$ [kWh]
1º Piso	$\frac{1466,45}{1324,35+412,51} = 0,84$	0,87	190,64
4º Piso	$\frac{1466,45}{790,88+400,26} = 1,23$	0,72	410,61
6º Piso	$\frac{1466,45}{1625,81+354,38} = 0,74$	0,91	131,98

Verifica-se que os ganhos prejudiciais são maiores no piso intermédio, apenas porque são as frações com menos perdas durante esta estação, o que é comprovado pelo valor de 0,72 para o fator η .

4.2.4.5 Necessidades Nominais de energia útil para a estação de arrefecimento

A metodologia de cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_{vc} , para o método simplificado é igual ao do método detalhado.

Tabela 4.42 - Cálculo para a determinação das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento

Fração	$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v)*Q_{gu,v}}{A_p}$ [kWh/m ² .ano]
Piso 1	$N_{vc} = \frac{190,64}{31,05} = 6,14$
Piso 4	$N_{vc} = \frac{410,61}{31,05} = 13,22$

Piso 6	$N_{vc} = \frac{131,98}{31,05} = 4,26$
--------	--

4.2.4.6 Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento

O modo de cálculo do N_v no método simplificado é igual ao valor no método detalhado com a diferença da área útil.

$$N_v = \frac{(1-\eta_{v,ref}) * Q_{gv,ref}}{A_p} \quad [\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}]$$

Para o cálculo do fator de utilização de ganhos de referência, $\eta_{v,ref}$, calcularam-se pelas seguintes etapas:

$$\Delta\theta = 25 - \theta_{ext,v} = 25 - 20,9 = 4,10$$

$$\eta_{v,ref} = 0,52 + 0,22 * \ln(4,1) = 0,83$$

Os ganhos térmicos de referência foram:

$$\frac{Q_{gv,ref}}{A_p} = 53,85 \text{ kWh}/\text{m}^2$$

$$Q_{gv,ref} = 53,85 * 31,05 = 1672,04 \text{ kWh}$$

$$N_v = \frac{(1-0,83) * 1672,04}{31,05} = 9,15 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

4.2.5 Necessidades de energia para preparação de AQS

O valor das necessidades de energia para a preparação de AQS é igual ao método detalhado.

$$Q_a = 1188,64 \text{ kWh}/\text{ano}$$

4.2.6 Necessidades de Energia Primária

No edifício existente tinha para cada fração um termoacumulador elétrico de 80 litros para AQS, com mais de 20 anos, e coletores solares aplicados antes de julho de 2006. Então, segundo o Despacho (extrato) nº 15793-E/2013, o termoacumulador tem uma eficiência de 0,9 e o fator de idade do equipamento toma o valor de 0,8.

Piso 4: $\delta = 1$ porque $\eta_v (0,72 < \eta_{ref} (0,83))$

Piso 1 e 6: $\delta = 0$, $\eta_v (0,87 > \eta_{ref} (0,83))$, porque, segundo o Despacho (extrato) nº 15793-I/2013, as condições de risco de sobreaquecimento estão minimizadas.

Relativamente aos coletores solares, o valor da contribuição destes para o cálculo das necessidades nominais de energia primária, deverá ser calculado de acordo com as seguintes expressões:

$$E_{ren} = E_{solar\ ref} * f_1 * f_2 * f_3 \quad [kWh]$$

$$E_{solar\ ref} = 0,44 * A_c * G_h \quad [kWh]$$

$$E_{ren} = 0,44 * 1,30 * 1590 * 1 * 1 * 0,5 = 454,74\ kWh$$

O valor das necessidades de energia primária é dado por:

$$N_{tc} = \frac{N_{ic}}{\eta} * F_{pu} + \frac{\delta * N_{vc}}{\eta} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu} + \frac{W_{vm}}{A_p} * F_{pu} - \frac{E_{ren}}{A_p} * F_{pu} \quad [kWh_{EP}/m^2.ano]$$

Tabela 4.43 - Valor das necessidades de energia primária de cada piso

Fração	N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]
1º Piso	$\frac{103,22}{1} * 2,5 + \frac{0*6,14}{2,5*0,8} * 2,5 + \left[\frac{(1188,64-454,74)}{31,05} * 2,5 + \frac{454,74}{31,05} * 1 \right] + 0 - \frac{454,74}{31,05} * 1,00 = 349,24$
4º Piso	$\frac{58,18}{1} * 2,5 + \frac{13,22}{2,5*0,80} * 2,5 + \left[\frac{(1188,64-454,74)}{31,05} * 2,5 + \frac{454,74}{31,05} * 1 \right] + 0 - \frac{454,74}{31,05} * 1,00 = 253,16$
6º Piso	$\frac{123,45}{1} * 2,5 + \frac{0*4,26}{2,5*0,80} * 2,5 + \left[\frac{(1188,64-454,74)}{31,05} * 2,5 + \frac{454,74}{31,05} * 1 \right] + 0 - \frac{454,74}{31,05} * 1,00 = 399,81$

As frações do piso intermédio são as que apresentam um valor de necessidades de energia primária mais baixo, apesar de serem as únicas em que é contabilizada a energia primária para a estação de arrefecimento.

4.2.7 Valor máximo das Necessidades de energia primária

O valor máximo das necessidades de energia primária, tendo em conta os valores de referência, foi calculado para cada piso de acordo com a tabela seguinte.

Para os valores de referência, optou-se para a estação de arrefecimento um equipamento de ar condicionado tipo split com permuta de ar-ar de classe C (antes de 2015) com $\eta_{ref}=2,8$.

Para o valor de referência do termoacumulador de acordo com a Portaria nº 349-B/2013 usou-se para $\eta_{ref}=0,95$.

Como não temos nenhum equipamento de climatização para a estação de aquecimento, segundo a Portaria nº 349-B/2013, considerou-se um equipamento de referência com eficiência de valor 1.

Tabela 4.44 - Valor máximo das necessidades de energia primária de cada piso

Fração	$N_t = \frac{N_i}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{N_v}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu}$ [kWh _{EP} /m ² .ano]	$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	Classe
1ºPiso	$\frac{38,25}{1,00} * 2,50 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{\frac{31,05}{0,95}} * 2,5 = 204,53$	349,24/204,53=1,71	D
4ºPiso	$\frac{28,11}{1,00} * 2,50 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{\frac{31,05}{0,95}} * 2,5 = 179,19$	253,16/179,19=1,42	C
6ºPiso	$\frac{38,05}{1,00} * 2,50 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{\frac{31,05}{0,95}} * 2,5 = 204,04$	399,81/204,04=1,95	D

Pode-se verificar que o piso intermédio é o que obteve melhor classe energética.

4.3 MÉTODO DETALHADO – ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO ANTES DA REABILITAÇÃO

Aplicou-se o método detalhado às frações existentes e nas condições em que o edifício se encontrava antes de ser alvo de um processo de alteração/renovação de algumas das suas soluções construtivas.

Neste caso teremos que considerar que a área útil de pavimento deverá ser o somatório das áreas de todos os compartimentos e iremos admitir o valor utilizado após a reabilitação, 33,85 m², em virtude de neste caso as paredes divisórias serem em alvenaria (posteriormente passaram a pladur) e nas paredes da envolvente terem sido aplicados isolamentos pelo lado interior das habitações.

O valor do b_{tr} vai ter o mesmo que o valor determinado após reabilitação, com valor de 1 para cobertura e serviços e de 0,8 para a caixa horizontal comum.

A definição das envolventes também se mantém.

4.3.1 Coeficientes U

As paredes não tinham nenhum tipo de isolamento nas paredes nem nos pavimentos. Então o coeficiente de transmissão térmica tem o valor de:

ESTUDO CASO

Paredes exteriores:

- Reboco exterior (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$);
- Alvenaria de tijolo furado (esp: 22 cm; $R_t = 0,52 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$);
- Reboco interior antigo (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,52 + \frac{0,02}{1,3} + 0,04 = 0,72$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,39 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Parede CHC

- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$);
- Alvenaria de tijolo furado (esp: 20 cm; $R_t = 0,52 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$);
- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,52 + \frac{0,02}{1,3} + 0,13 = 0,81$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,24 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Parede divisórias

- Reboco (esp: 2 cm);
- Alvenaria de tijolo furado (esp: 7 cm);
- Reboco (esp: 2 cm).

Pontes térmicas planas

- Reboco exterior (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$);
- Betão (esp=22 cm);
- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$).

$$R = 0,13 + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,22}{2} + \frac{0,02}{1,3} + 0,04 = 0,31$$

$$U = \frac{1}{R} = 3,22 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Cobertura

- Camada de forma (esp: 5 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.°C}$);
- Laje aligeirada ($R_t = 0,27 \text{ W}^2/\text{m.°C}$);
- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.°C}$).

$$R = 0,10 + \frac{0,05}{1,3} + 0,27 + \frac{0,02}{1,3} + 0,10 = 0,52$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,92 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Pavimento sobre exterior

- Camada de forma betão leve (esp: 5 cm; $\lambda = 0,33 \text{ W/m.°C}$);
- Laje aligeirada ($R_t = 0,30 \text{ W}^2/\text{m.°C}$);
- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.°C}$).

$$R = 0,04 + \frac{0,02}{1,3} + 0,30 + \frac{0,05}{0,33} + 0,17 = 0,68$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,47 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Pavimento sobre serviço

- Camada de forma betão leve (esp: 5 cm; $\lambda = 0,33 \text{ W/m.°C}$);
- Laje aligeirada ($R_t = 0,30 \text{ W}^2/\text{m.°C}$);
- Reboco (esp: 2 cm; $\lambda = 1,3 \text{ W/m.°C}$).

$$R = 0,17 + \frac{0,02}{1,3} + 0,30 + \frac{0,05}{0,33} + 0,17 = 0,81$$

$$U = \frac{1}{R} = 1,24 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Envidraçados

Caixilharia metálica, vidro simples, estore interior veneziano de cor clara com U de 4,8 W/m²°C.

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, com o tipo de vidro, da janela e da proteção temos que o fator solar do vidro para a incidência normal ao vão e valor do fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar é dado por:

$$g_{L_{vi}}=0,85$$

$$g_{L_{vc}}=0,45$$

Os sombreamentos são exatamente os mesmos dos considerados na situação após a reabilitação.

Inércia térmica

A inércia térmica é quantificada em função das soluções construtivas dos diferentes elementos construtivos. Salienta-se não existe isolamento nas paredes de divisórias, paredes exteriores, parede para a CHC, laje da cobertura (desvão), no pavimento sobre ENU e no pavimento exterior.

Os cálculos relativos à inércia térmica estão calculados no Anexo IX.

Fração 1 Piso

$$I_t = 17531,09/33,85 = 517,91 \text{ kg/m}^2$$

Fração 4 Piso

$$I_t = 13803,5/33,85 = 407,78 \text{ kg/m}^2$$

Fração 6 Piso

$$I_t = 13803,5/33,85 = 407,78 \text{ kg/m}^2$$

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, a inercia em todas as frações é de classe **forte**, uma vez que os valores se encontram acima de 400 kg/m².

4.3.2 Comportamento térmico na estação de aquecimento

4.3.2.1 Transferência de calor por transmissão

O valor da transferência de calor por transmissão através da envolvente, ao longo da estação de aquecimento, foi calculado utilizando a metodologia já explicada e admitindo perdas pela envolvente exterior e para espaços não úteis.

Todos os cálculos relativos ao coeficiente de transferência de calor através dos elementos em contacto com o exterior e para espaços não úteis representam-se no Anexo X.

Tabela 4.45 - Cálculo do valor de transferência de calor por transmissão

Fração	H_{ext} [w/°C]	H_{ENU} [w/°C]	$H_{tr,i}$ [w/°C]	$Q_{tr,i}$ [kWh]
1º Piso	48,89+12,90=61,79	41,75+1,41=43,16	61,79+43,16=104,95	3256,81
4º Piso	45,36+11,91=57,27	2,75+1,10=3,85	57,27+3,85=61,12	1896,68
6º Piso	45,36+9,08=54,44	67,74+0,67=68,41	54,44+68,41=122,85	3812,28

De acordo com os valores obtidos na tabela anterior, verifica-se que o pior piso é o último, uma vez que tem mais perdas pela envolvente e o melhor é o intermédio.

4.3.2.2 Transferência por ventilação

Para o cálculo da taxa de ventilação foi usada a folha fornecida pelo LNEC no Anexo XI.

Os passos deste método são iguais ao método detalhado aplicado no após reabilitação com a diferença do tipo de caixilharia que, neste caso é metálica sem classificação.

Tabela 4.46 – Cálculo da transferência por ventilação

Fração	R_{ph} [h ⁻¹]	$H_{ve,i}$ [w/°C]	$Q_{ve,i}$ [kWh]
1º piso	1,24	34,39	1067,19
4º piso	1,20	33,28	1032,75
6º piso	1,06	29,40	912,34

Com os valores acima apresentados, verifica-se que a taxa de renovação de ar é mais alta no piso 1 do que no último piso, que fará que o piso 1 seja o pior com mais perdas por ventilação e o último piso o melhor.

4.3.2.3 Ganhos térmicos úteis

Os ganhos internos são iguais ao método detalhado.

$$Q_{int,i} = 0,720 * 4 * 6,25 * 33,85 = 609,30 \text{ kWh}$$

Para os ganhos térmicos úteis não houve alteração dos fatores F_g , F_w , X e das áreas de envidraçados, A_w .

A área efetiva coletiva da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento foi calculada com a tabela:

Tabela 4.47 - Área efetiva coletiva da radiação solar do vão envidraçado, A_{si} , para cada compartimento

Envidraçado	F_o	F_f	F_h	$F_o * F_f \leq 0,9$	F_s	X	$F_s * X > 0,27$	g_{Lvi}	F_g	A_w [m ²]	$A_{si} = A_w * F_g * g_{Lvi} * F_w * X * F_s$ [m ²]
Sala frente	1	0,85	0,58	0,85	0,49	0,56	0,27	0,85	0,70	3,16	0,464
Quarto frente		0,82		0,82	0,48		0,27			3,16	0,455
Sala trás		1		0,90	0,52		0,29			3,16	0,492
Quarto trás		0,85		0,85	0,49		0,27			3,16	0,464

Tabela 4.48 - Cálculo para os ganhos úteis na estação de aquecimento

Fração		$Q_{sol,i}$ [kWh]	$Q_{g,i}$ [kWh]	$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gu,i} = \eta i * Q_{g,i}$ [KWh]
1º Piso	Oeste	746,69	1355,99	0,31	0,99	1342,43
	Este	776,75	1386,05	0,32	0,99	1372,19
4º Piso	Oeste	746,69	1355,99	0,46	0,98	1328,87
	Este	776,75	1386,05	0,47	0,98	1358,32
6º Piso	Oeste	746,69	1355,99	0,28	1,00	1355,99
	Este	776,75	1386,05	0,29	1,00	1386,05

Verifica-se que o piso sexto é o que tem mais ganhos úteis.

Com os valores acima descritos, constata-se que os ganhos solares só dependem da orientação e que não dependem do piso das frações, devido ao facto de se considerar o sombreamento do horizonte igual a todos os pisos ($\alpha=45^\circ$).

Como no piso 6 ocorrem as maiores perdas por transmissão da envolvente e pela ventilação, o fator de utilização dos ganhos é o que apresenta valor mais elevado (100%). As frações do piso intermédio apresentam o fator de 98% de ganhos que são efetivamente úteis.

4.3.2.4 Necessidades Nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento

O valor das Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil, na estação de aquecimento (N_{ic}), foi:

Tabela 4.49 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração

Fração	$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p}$ [kWh/m ² .ano]
Piso 1 oeste	$N_{ic} = \frac{3256,81 + 1067,19 - 1342,43}{33,85} = 88,08$
Piso 1 este	$N_{ic} = \frac{3256,81 + 1067,19 - 1372,19}{33,85} = 87,20$
Piso 4 oeste	$N_{ic} = \frac{1896,68 + 1032,75 - 1328,87}{33,85} = 47,28$
Piso 4 este	$N_{ic} = \frac{1896,68 + 1032,75 - 1358,32}{33,85} = 46,41$
Piso 6 oeste	$N_{ic} = \frac{3812,28 + 912,34 - 1355,99}{33,85} = 99,52$
Piso 6 este	$N_{ic} = \frac{3812,28 + 912,34 - 1386,05}{33,85} = 98,63$

Verifica-se o piso intermédio tem um valor de N_{ic} de 47 kWh/m².ano e o piso 6 de 99 kWh/m².ano, o que precisa de mais energia para manter a temperatura de conforto durante a estação de arrefecimento.

4.3.2.5 Valor Limite das Necessidades para a estação de aquecimento

O valor de transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência, na estação de aquecimento é igual ao valor que se obteve para o edifício intervencionado, pois as áreas consideradas são as mesmas.

4.3.3 Comportamento térmico na estação de arrefecimento

4.3.3.1 Transferência de calor por transmissão

O coeficiente global de transferência de calor transmissão na estação de arrefecimento é igual ao da estação de aquecimento e as perdas são apresentadas na tabela 4.50.

Tabela 4.50 - Valor da perda de transferência de calor por transmissão, no verão

Fração	$Q_{tr,v} = 2,928 * (25 - \theta_{ext,v}) * H_{tr,v} [kWh]$
1º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 104,95 = 1259,92$
4º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 61,12 = 733,73$
6º Piso	$2,928 * (25 - 20,9) * 122,85 = 1474,79$

Verifica-se que, tal como no método simplificado, os pisos 1 e 6 são os que apresentam mais perdas, permitindo que a habitação arrefeça com mais facilidade, nesta estação.

4.3.3.2 Transferência por ventilação

Os valores obtidos pela folha de cálculo do LNEC para a taxa de renovação de ar nominal são superiores a 0,6, pelo que os valores destas perdas se encontram na tabela 4.51.

Tabela 4.51 - Valor da perda de transferência de calor por ventilação, no verão

Fração	$R_{ph,v} [h^{-1}]$	$H_{ve,v} [w/°C]$	$Q_{ve,v} [kWh]$
1º piso	1,24	34,39	412,85
4º piso	1,20	33,28	399,52
6º piso	1,06	29,40	352,94

Verifica-se que o piso com mais perdas é o 1 e o piso 6 com menos perdas por ventilação, devido ao facto de a taxa de renovação também ser menor.

4.3.3.3 Ganhos solares brutos

Os ganhos solares brutos na estação de arrefecimento resultam dos ganhos internos e dos solares que ocorrem pelos envidraçados e pela envolvente opaca exterior.

Os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor mantêm-se inalterados.

Os ganhos solares pelos envidraçados estão calculados na tabela seguinte. É de salientar a alteração do valor do fator de correção de seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$, pois para vidro simples e nas orientações de oeste e este, toma o valor de 0,90.

Tabela 4.52 - Cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados

Env.	F_h	$F_o * F_f \leq 0.9$	F_s	I_{sol}	$F_{w,v}$	g_{Lvi}	g_{LT}	F_{mv}	g_v	F_g	A_w [m ²]	A_{sv} [m ²]	$I_{sol} * \sum F_s * A_s$
Sala frente	1	0,9	0,90	490	0,90	0,85	0,45	0,60	0,56	0,70	3,16	1,24	546,84*2
Quarto frente	1	0,9											
Sala trás	1	0,9											
Quarto trás	1	0,9											546,84*2
Σ oeste= Σ este												1093,68	

Ganhos solares pela envolvente opaca exterior na estação de arrefecimento foram calculados considerando agora que o fator F toma o valor de 1, porque a fachada antes da reabilitação não era ventilada.

Tabela 4.53 – Cálculo dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior

	Área [m ²]	U [W/m ² °C]	Coef,abs, α	Fator F (Fachadas ventiladas)	I_{sol}	Rse	Fator Sombr. F_s	G S Env Opaca Ext [kWh]
Parede Oeste	8,58	1,39	0,40	1	490	0,04	1,00	93,50
Parede Este	8,58	1,39	0,40	1	490	0,04	1,00	93,50
Pilar Oeste/Este	0,96	3,22	0,40	1	490	0,04	1,00	24,24
Σ Ganhos solares pela envolvente opaca exterior cada orientação [kWh]								117,74

O valor dos ganhos térmicos brutos é igual para todas as frações e é o seguinte:

$$Q_{g,v} = 396,45 + 1093,68 + 117,74 = 1607,87 \text{ kWh}$$

4.3.3.4 Ganhos térmicos prejudiciais

Os ganhos térmicos prejudiciais na estação de arrefecimento foram calculados considerando inércia térmica forte.

Tabela 4.54 – Cálculo dos ganhos prejudiciais de cada piso, no verão

Fração	$\gamma = \frac{Qg}{Q_{tr} + Q_{ve}}$	$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$Q_{gp,v}$ [kWh]
1º Piso	$\frac{1607,87}{1259,92+412,85} = 0,96$	0,82	289,42
4º Piso	$\frac{1607,87}{733,73+399,52} = 1,42$	0,65	562,75
6º Piso	$\frac{1607,87}{1474,79+352,94} = 0,88$	0,86	225,10

Os ganhos prejudiciais obrigam ao consumo de energia para se manter as habitações com temperatura de 25°C. O piso intermédio apresenta os mesmos ganhos, mas como é que tem menor perdas, irá apresentar um valor de 45% de ganhos que serão responsáveis pela necessidade de usar energia para o arrefecimento da fração.

As Necessidades Nominais de energia útil para a estação de arrefecimento estão na tabela 4.55.

Tabela 4.55 - Cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para cada fração

Fração	$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) * Q_{gu,v}}{A_p}$ [kWh/m ² .ano]
Piso 1	$N_{vc} = \frac{289,42}{33,85} = 8,55$
Piso 4	$N_{vc} = \frac{562,75}{33,85} = 16,63$
Piso 6	$N_{vc} = \frac{255,10}{33,85} = 7,54$

Com os valores acima apresentados, verifica-se que o piso com pior valor é o piso intermédio e o melhor é o último piso, sendo o valor cerca do triplo do valor do 6 piso.

4.3.3.5 Valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento

O valor limite das necessidades de energia para a estação de arrefecimento, N_v , é igual obtido no edifício intervencionado.

4.3.4 Necessidades de energia para preparação de AQS

O valor das necessidades de energia para a preparação de AQS é igual em todos os métodos e em todas as situações.

4.3.5 Necessidades de Energia Primária

O valor das necessidades de energia primária é calculado considerando:

- O único sistema de equipamentos que temos em todas as frações é um termoacumulador a eletricidade para a preparação das AQS; Como foi feita uma visita ao imóvel, verificou-se que o termoacumulador tinha uma eficiência de 0,8, e como as tubagens não tinham isolamento multiplicou-se pelo fator 0,9;
- Como não temos nenhum equipamento de climatização para a estação de aquecimento considerou-se um equipamento por defeito com eficiência de valor 1;
- Para a estação de arrefecimento um equipamento por defeito de ar condicionado tipo split com permuta de ar-ar de classe C (antes de 2015) com $\eta_{ref}=2,8$;
- No Piso 1 e 4: $\delta= 1$ porque $\eta_v (0,82 < \eta_{ref} (0,83))$;
- No Piso 6: $\delta= 0$ porque $\eta_v (0,86 > \eta_{ref} (0,83))$, porque representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado;
- SCE.ER- Eforneida= 645 kwh por fração com 2 colectores;
- Não existe ventilação mecânica.

Tabela 4.56 - Valor das necessidades de energia primária para cada fração

Fração		N_{tc} [kWh _{EP} /m ² .ano]
1º Piso	Oeste	$N_{tc} = \frac{88,08}{1} * 2,5 + \frac{1*8,55}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 283,60$
	Este	$N_{tc} = \frac{87,20}{1} * 2,5 + \frac{1*8,55}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 281,40$
4º Piso	Oeste	$N_{tc} = \frac{47,28}{1} * 2,5 + \frac{1*16,63}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 188,81$
	Este	$N_{tc} = \frac{46,41}{1} * 2,5 + \frac{1*16,63}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 186,64$
6º Piso	Oeste	$N_{tc} = \frac{99,52}{1} * 2,5 + \frac{0*7,54}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 304,56$
	Este	$N_{tc} = \frac{98,63}{1} * 2,5 + \frac{0*7,54}{2,8} * 2,5 + \left(\frac{(1188,64-645)}{33,85} * 2,5 + \frac{645}{33,85} * 1 \right) + 0 - \frac{645}{33,85} * 1 = 297,34$

4.3.6 Valor máximo das Necessidades de energia primária

O valor máximo das necessidades de energia primária foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$N_t = \frac{N_i}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{N_v}{\eta_{ref}} * F_{pu} + \frac{Q_a}{A_p} * F_{pu} \text{ [kWh}_{EP}/m^2.\text{ano]}$$

Para os valores de referência, optou-se para a estação de arrefecimento um equipamento de ar condicionado tipo split com permuta de ar-ar de classe C (antes de 2015) com η_{ref} de 2,8.

Para o valor de referência do termoacumulador de acordo com a Portaria nº 349-B/2013 usou-se para η_{ref} o valor de 0,95.

Como não temos nenhum equipamento de climatização para a estação de aquecimento considerou-se um equipamento de referência com eficiência de valor 1.

Tabela 4.57 - Valor máximo das necessidades de energia primária para cada fração

Fração		N_t [kWh _{EP} /m ² .ano]	$R_{Nt} = N_{tc}/N_t$	Classe
1º Piso	Oeste	$\frac{38,44}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 196,68$	283,60/196,68=1,44	C
	Este		281,40/196,68=1,43	C
4º Piso	Oeste	$\frac{25,92}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 165,38$	188,81/165,38=1,14	C
	Este		186,64/165,38=1,13	C
6º Piso	Oeste	$\frac{38,44}{1} * 2,5 + \frac{9,15}{2,8} * 2,5 + \frac{1188,64}{33,85} * 2,50 = 196,68$	304,56/196,68=1,55	D
	Este		297,34/196,68=1,51	D

Concluiu-se que a partir do rácio o piso intermédio é melhor que primeiro e que o último. Apesar de o primeiro e o intermédio apresentar classe energética C e o último D.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

No anexo XIV encontra-se um quadro resumo dos resultados obtidos para as diversas frações e pelos diferentes métodos utilizados.

Em seguida, apresenta-se uma súmula dos valores e considera-se importante realçar os seguintes aspetos:

Antes da reabilitação

Como se efetuou os cálculos para o método simplificado e para o método detalhado no edifício existente, podem-se observar diferenças ao nível das perdas por transmissão e ventilação.

Tabela 4.58 – Perdas na estação de aquecimento

	Método simplificado		Método detalhado	
	$Q_{tr,i}$ [kWh]	$Q_{ve,i}$ [kWh]	$Q_{tr,i}$ [kWh]	$Q_{ve,i}$ [kWh]
1º Piso	3424,38	1065,95	3256,81	1067,19
4º Piso	2044,39	1034,30	1896,68	1032,75
6º Piso	4202,66	915,75	3812,28	912,34

Verifica-se que as perdas na estação de aquecimento dos dois métodos dão valores muito semelhantes, sendo os do método simplificado superiores entre 5% e 10%.

As frações do último piso são as que apresentam os valores mais elevados, embora as perdas por ventilação sejam inferiores à medida que a posição em altura no edifício aumenta.

Tabela 4.59 – Ganhos úteis

	Método simplificado	Método detalhado
	$Q_{gu,i}$ [kWh]	$Q_{gu,i}$ [kWh]
1º Piso	1285,29	1342,43
4º Piso	1272,31	1328,87
6º Piso	1285,29	1355,99

Os ganhos úteis na estação de aquecimento nos dois métodos dão valores muito semelhantes, sendo os do método detalhado superiores entre 5% e 10%.

As frações do último piso são as que apresentam os valores mais elevados dos ganhos úteis em função do fator de utilização dos ganhos ser superior (1) pois são as que apresentam um valor para o quociente entre ganhos e perdas menor.

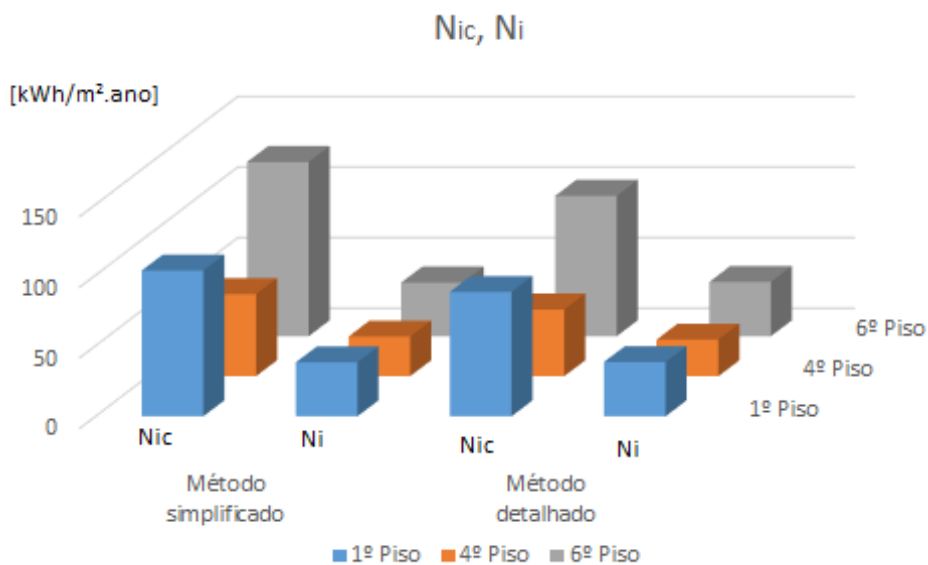


Figura 17 - Necessidades energia para a estação de aquecimento

Na estação de aquecimento, as frações que apresentam os valores mais elevados para as necessidades de energia, e de acordo com o esperado, são as do último piso.

Os valores de cálculo pelo método simplificado são superiores em cerca de 20% e os valores dos limites regulamentares são muito próximos nos dois métodos.

O método simplificado conduz a um rácio N_{ic} / N_i superior, ou seja, é um método mais "conservador".

Nos meses de junho, julho, agosto e setembro, existem perdas que resultam do efeito da temperatura média exterior ser inferior à temperatura de conforto.

Tabela 4.60 - Perdas na estação de arrefecimento

	Método simplificado		Método detalhado	
	$Q_{tr,v}$ [kWh]	$Q_{ve,v}$ [kWh]	$Q_{tr,v}$ [kWh]	$Q_{ve,v}$ [kWh]
1º Piso	1324,73	412,51	1259,92	412,85
4º Piso	790,88	400,26	733,73	399,52
6º Piso	1625,81	354,38	1474,79	352,94

Verifica-se que as perdas apresentam valores superiores em cerca de 5% a 10% quando obtidas pelo método simplificado.

As perdas por transmissão são superiores no último piso e as perdas por ventilação são superiores no 1º piso e são obviamente iguais nos dois métodos.

Tabela 4.61 - Ganhos prejudiciais

	Método simplificado	Método detalhado
	$Q_{gp,v}$ [kWh]	$Q_{gp,v}$ [kWh]
1º Piso	190,64	289,42
4º Piso	410,61	562,75
6º Piso	131,98	225,10

Os valores dos ganhos prejudiciais são superiores em cerca de 40% no piso intermédio e no 1º piso, quando calculados pelo método detalhado.

As frações do piso intermédio são as que apresentam um valor de ganhos prejudiciais superior, em virtude de serem as que têm menores perdas e de apresentarem todas os mesmos valores de ganhos úteis.

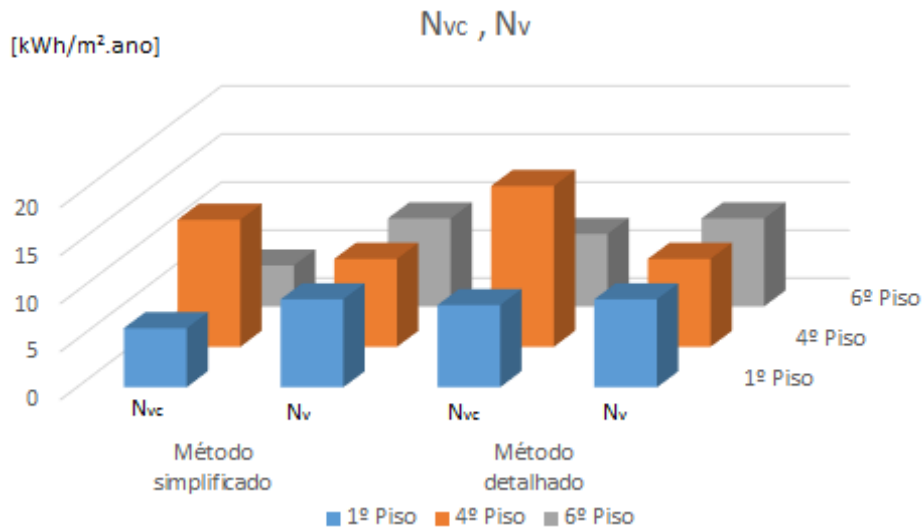


Figura 18 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento

Verifica-se que os valores máximos de energia para arrefecimento são iguais para todas as frações e nos dois métodos.

As frações que apresentam pior desempenho térmico são as do piso intermédio, contrariamente ao esperado, e confirmado pelos dois métodos.

Os valores obtidos pelo método detalhado revelam-se "mais conservadores".

Relativamente às necessidades de energia primária que contabilizam também o tipo de equipamento utilizado, foi realizado o gráfico seguinte.

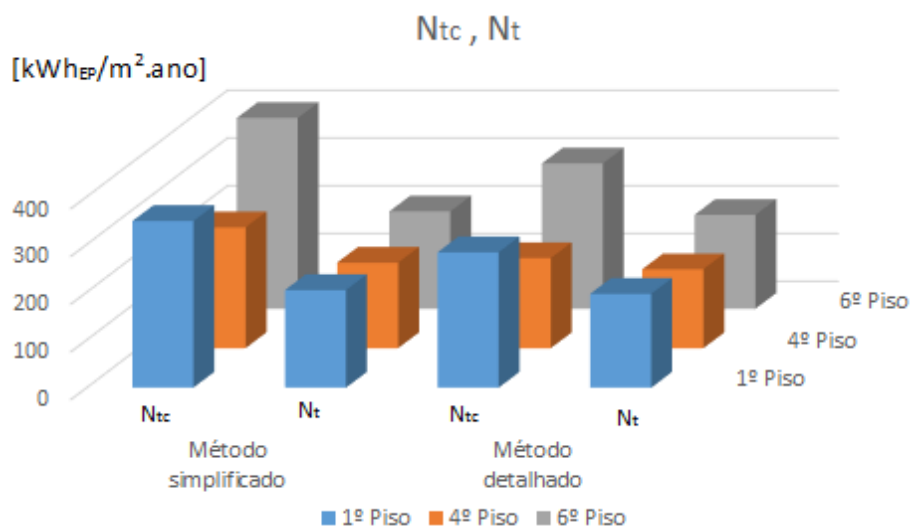


Figura 19 – Necessidades de energia primária

Verifica-se que os valores das necessidades de energia são superiores no último piso.

Os valores nas necessidades de energia primária são superiores no método simplificado em cerca de 30%.

Os valores limites obtidos pelos dois métodos são superiores e iguais para o 1º e último piso e os valores limites de energia primária são superiores quando obtidos pelo método simplificado.

Os rácios entre os valores de cálculo e os máximos permitidos são superiores no método simplificado.

Antes e depois da reabilitação

Como foram efetuados os cálculos para o método detalhado para o edifício existente e para a reabilitação, pode-se comparar o desempenho energético do antes e depois da reabilitação.

Tabela 4.62 - Perdas na estação de aquecimento

	Após reabilitação		Existente	
	$Q_{tr,i}$ [kWh]	$Q_{ve,i}$ [kWh]	$Q_{tr,i}$ [kWh]	$Q_{ve,i}$ [kWh]
1º Piso	1617,7	654,16	3256,81	1067,19
4º Piso	1208,08	602,64	1896,68	1032,75
6º Piso	1442,99	516,37	3812,28	912,34

As perdas por transmissão nas frações existente são muito superiores às obtidas após a reabilitação, sendo cerca do dobro para os valores do 1º piso, sendo no edifício existente também a fração do 1º piso com perdas mais elevadas.

No edifício reabilitado a fração com perdas mais elevadas é a do primeiro piso.

Assim, no inverno as frações com as novas soluções construtivas implementadas terão perdas de energia substancialmente mais baixas.

Tabela 4.63 – Ganhos úteis

	Após reabilitação	Existente
	$Q_{gu,i}$ [kWh]	$Q_{gu,i}$ [kWh]
1º Piso	918,01	1342,43
4º Piso	878,5	1328,87
6º Piso	898,27	1355,99

No edifício existente os ganhos de inverno são muito superiores (cerca de 50%), tal facto resulta de os envidraçados iniciais serem em vidro simples.

O edifício existente os ganhos são mais elevados para o último piso e no edifício reabilitado os valores são mais elevados para as frações do 1º piso.

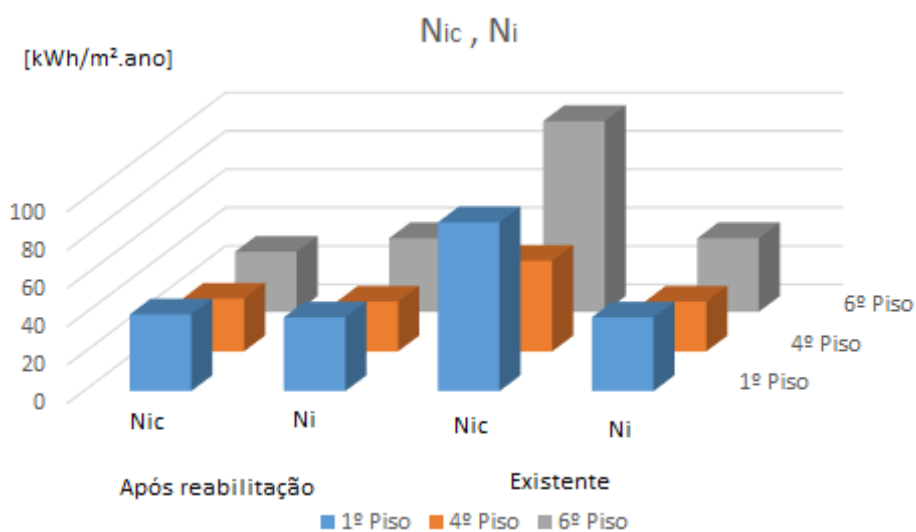


Figura 20 - Necessidades energia para a estação de aquecimento

Verifica-se que os valores das necessidades de energia diminuiram consideravelmente com a reabilitação, obteve-se metade no 1º piso, para 40% no piso intermédio e para 60% no último piso. Os valores máximos permitidos são iguais no antes e depois da reabilitação.

Embora a reabilitação tenha prejudicado os ganhos solares pelos envidraçados, a diminuição das perdas foi bastante mais importante e o balanço global mostra efetivamente redução de necessidades de energia muito significativas.

Nos meses de junho a setembro, a comparação entre as perdas que resultam do efeito da temperatura está na Tabela 4.64.

Tabela 4.64 - Perdas na estação de arrefecimento

	Após reabilitação		Existente	
	Q _{tr,v} [kWh]	Q _{ve,v} [kWh]	Q _{tr,v} [kWh]	Q _{ve,v} [kWh]
1º Piso	625,81	253,15	1259,92	412,85
4º Piso	467,35	233,21	733,73	399,52
6º Piso	558,22	199,83	1474,79	352,94

As perdas na estação de arrefecimento são muito inferiores após a reabilitação, o que no verão revela que o edifício terá mais dificuldade em arrefecer por processos naturais.

As frações reabilitadas apresentam mais perdas no 1º piso e as existentes são as do último piso.

Tabela 4.65 - Ganhos prejudiciais

	Após reabilitação	Existente
	Q _{gp,v} [kWh]	Q _{gp,v} [kWh]
1º Piso	247,71	289,42
4º Piso	318,49	566,49
6º Piso	300,79	225,10

Os ganhos prejudiciais são mais elevados no piso intermédio, em virtude de ser o que apresenta menores perdas, e tal situação ocorre nas duas situações, existente e reabilitado.

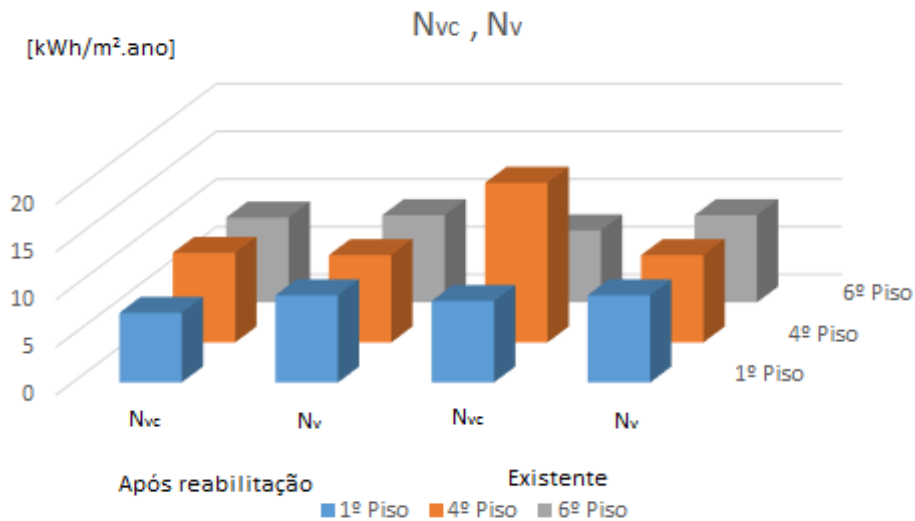


Figura 21 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento

Verifica-se que com a exceção do piso intermédio, os valores das necessidades de energia são muito semelhantes, o que nesta estação a reabilitação não teve praticamente impacto no desempenho térmico das frações.

Relativamente às necessidades de energia primária os valores encontram-se no gráfico seguinte:

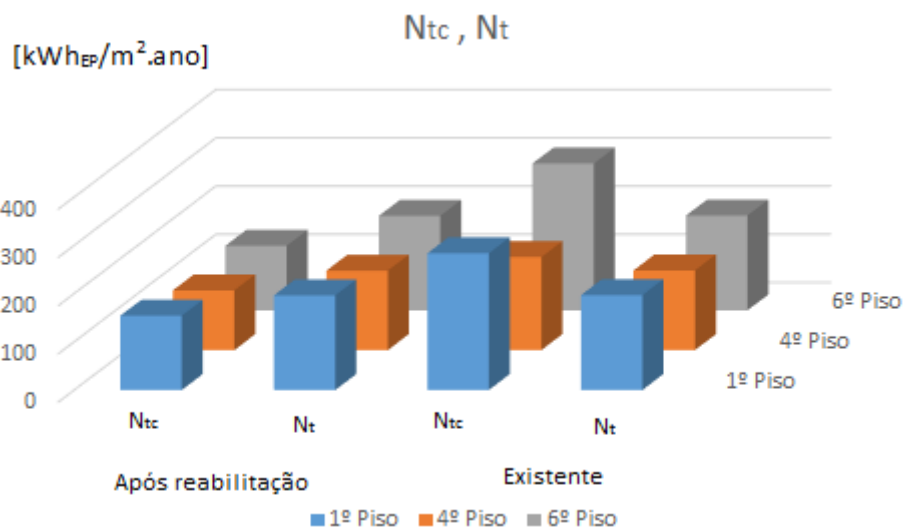


Figura 22 - Necessidades de energia primária

Os valores das necessidades de energia primária são bastante inferiores no edifício reabilitado, sendo essa diferença muito significativa para as frações do último piso.

As frações que tinham a sua classe energética de C passam para B e as da classe D passaram para B.

Estas diferenças revelam a importância que os equipamentos ainda têm nas classes energéticas obtidas.

Após reabilitação

No edifício reabilitado, os cálculos foram realizados manualmente com recurso as tabelas do Excel e com o software fornecido pelo ITEcons e que era utilizado na empresa acolhedora do estágio. Pode-se apresentar uma análise comparativa das necessidades de energia de aquecimento, arrefecimento e de energia primária obtidas pelos dois modos.

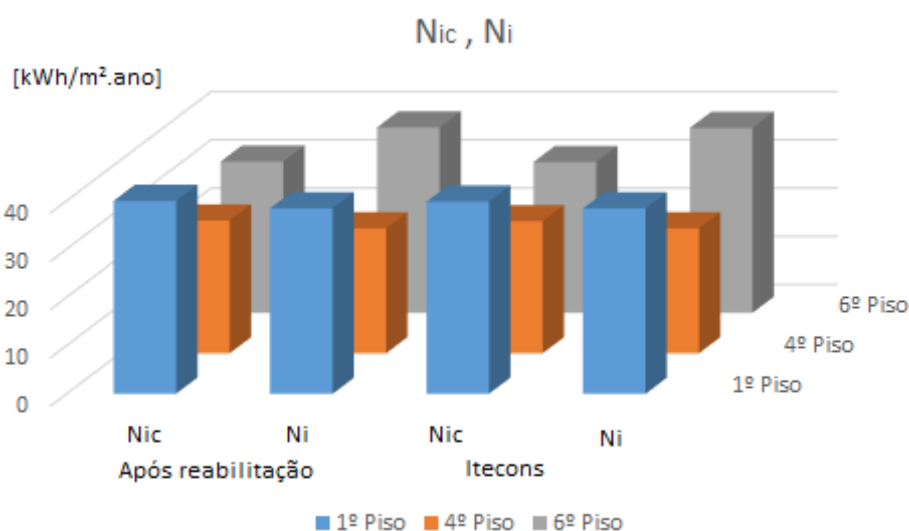


Figura 23 - Necessidades energia para a estação de aquecimento

Verifica-se que os valores dos dois métodos são iguais, uma vez que as diferenças de valores são inferiores a 1%, e a folha da ITEcons apresentar quase sempre os valores superiores aos do método manual.

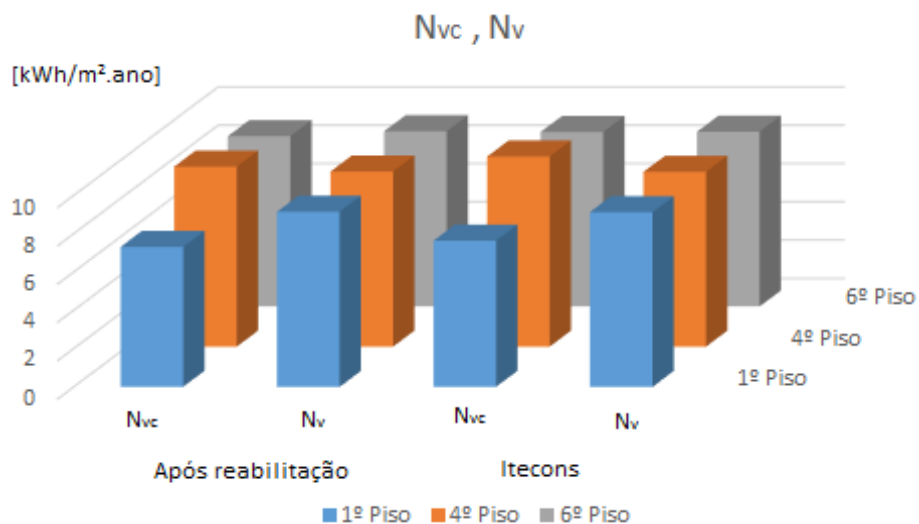


Figura 24 - Necessidades energia para a estação de arrefecimento

Verifica-se que a folha da ITEcons apresenta os valores de cálculo das necessidades de energia superiores aos do método manual, entre 2% a 5%, e os valores limite inferiores, cerca de menos de 1%. Isto verifica-se devido aos arredondamentos efetuados quando se faz o cálculo manual.

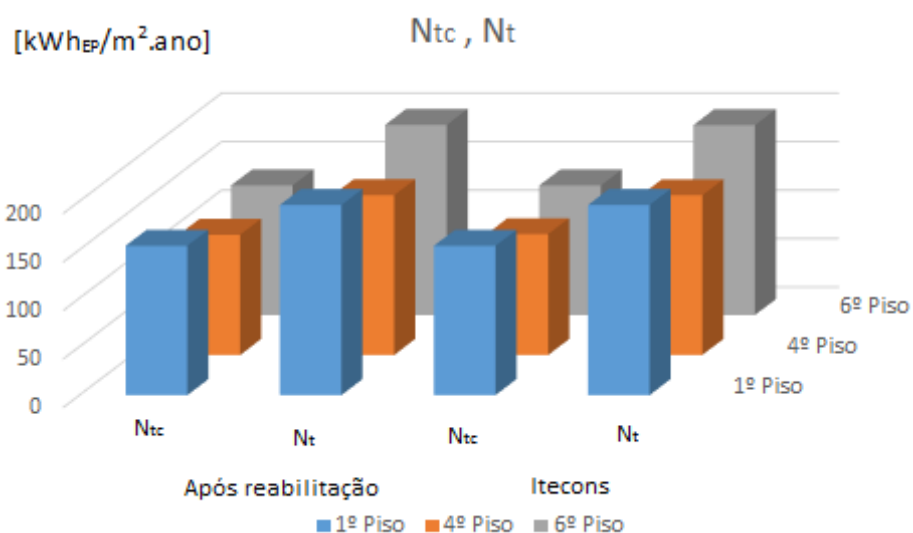


Figura 25 - Necessidades de energia primária

Verifica-se que os valores obtidos com a ferramenta do ITEcons e o manual são iguais, devido que as diferenças de valores são inferiores a 1%, pelo que as classes energéticas também serão iguais.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Este relatório de estágio permitiu sistematizar a análise do desempenho térmico de um edifício existente e após ser submetido a uma reabilitação.

Concluiu-se que a reabilitação nem sempre melhora o desempenho energético na estação de arrefecimento.

Nesta estação e, nomeadamente, com a alteração dos envidraçados, os valores dos ganhos solares brutos são inferiores, mas com o aumento das espessuras do isolamento, que diminui as perdas pela envolvente, a redução da taxa de renovação de ar e a diminuição da inércia térmica, o edifício terá valores de ganhos prejudiciais muito semelhantes, mas que na prática o desconforto sentido pelos ocupantes poderá ser maior, devido à dificuldade de arrefecimento passivo das habitações.

Na estação de aquecimento, o desempenho térmico do edifício melhorou, devido às soluções implementadas.

O resultado final expresso pelo quociente entre necessidade de energia primárias de cálculo e os respetivos valores máximos é sempre inferior devido à influência que as diversas soluções construtivas têm no comportamento térmico de inverno e à eficiência que os equipamentos atualmente dispõem.

Este foi um exemplo de comparação, que aplicando a legislação Portuguesa, nos mostra a procura de melhorar as habitações existentes de uma forma sustentável e através de um conjunto de medidas facilmente implementadas, procurando obter uma edificação que não prejudique o meio ambiente, com melhor conforto térmico, uma reduzida necessidade de consumo de energia e que melhore a qualidade de vida dos seus habitantes.

Note-se, no entanto, que no nosso país, algumas das soluções preconizadas na legislação poderão implicar maiores gastos de energia na estação de arrefecimento.

Deve-se referir que é muito importante desenvolver corretamente um projeto de térmica e acompanhar a sua implementação em obra. Sabe-se que para cumprir a legislação, e obter uma classe energética A ou A⁺,

por vezes as opções construtivas conduzem-nos a soluções e materiais com um custo elevado, mas durante o ciclo de vida do imóvel esse investimento inicial poderá ser recuperado, tendo em atenção os menores consumos energéticos na climatização e preparação de AQS.

Relativamente ao facto de fazer um estágio curricular na área da certificação energética, foi sem dúvida uma mais valia pois possibilitou um trabalho contínuo nesta área e em particular para os edifícios que são alvo de intervenções e permitiu ainda obter um conhecimento mais aprofundado à cerca do tipo de construção que existe em Portugal, particularmente na zona do Grande Porto. Foi uma oportunidade para o desenvolvimento de competências profissionais e pessoais, que de certeza serão importantes num futuro profissional que se espera próximo.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como foram implementadas algumas alterações de equipamentos e de coletores solares poderia propor-se a utilização de equipamentos com classe energética mais elevada, para a climatização, e, para a preparação das águas quentes sanitárias, usar um termoacumulador mais eficiente o que se refletia num consumo de energia menor com o mesmo perfil de consumo. Para aprofundar esta proposta e usando os resultados obtidos nos casos de estudo analisados seria importante o estudo económico dos custos da energia consumida antes e depois da sua implementação.

Outro aspeto interessante a estudar seria avaliar quais eram as medidas necessárias, e o respetivo custo, para que cada fração apresentasse um balanço energético o mais próximo do zero possível, NZEB, tal como será obrigatório para todas as novas construções a partir de 31 de dezembro de 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADENE, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos Opacos da Envolvente dos Edifícios*, 2013.
- [2] ADENE. *Perguntas & Respostas SCE*. Versão 0. Maio 2015.
- [3] Decreto-lei nº118/2013 de 20 de Agosto; *Diário da República*, Nº 159/2013 -1ª série. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa. Assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).
- [4] Despacho (extrato) nº 15793-D/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.
- [5] Despacho (extrato) nº 15793-E/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.
- [6] Despacho (extrato) nº 15793-F/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.
- [7] Despacho (extrato) nº 15793-H/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.
- [8] Despacho (extrato) nº 15793-I/2013; *Diário da República* Nº 234-2ª série, - 3 de dezembro 2013.
- [9] Despacho (extrato) nº 15793-J/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.
- [10] Despacho (extrato) nº 15793-K/2013; *Diário da República*, Nº 234-2ª série - 3 de dezembro 2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [11]Matias. L, Pina dos Santos. A, Ite_50 - *Coeficientes de transmissão térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, 2010, LNEC.
- [12]Portaria nº 379-A/2015 de 22 de outubro; *Diário da República, Nº 207 -1ª série* —Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa. 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 intervenções.
- [13]Portaria nº 349 – B/2013; *Diário da República, Nº 232 -1ª série* - 29 de novembro de 2013
- [14]Portaria nº 349 – C/2013 de 2 de dezembro; *Diário da República Nº 233 - 1ª série* –Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.

ANEXO I – PERDAS POR TRANSMISSÃO - MÉTODO DETALHADO ANTES REABILITAÇÃO

Fração piso1	
Envolvente exterior	
	A*U [W/° C]
Parede para o exterior	3,52
Pilares para o exterior	0,48
Pavimento sobre o exterior	0,89
Envidraçados	17,70
Σ	22,59
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ[W/° C]
Fachada com pavimento sobre exterior	2,66
Fachada com pavimento sobre ENU	2,28
Fachada com pavimento intermédio	3,95
Fachada com caixilharia	7,54*2*0,25=3,77
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Σ	12,90
Paredes em contacto ENU	
	A*U*btr [W/° C]
Parede para CHC	0,22
Porta para CHC	4,00

Pavimento sobre ENU	11,01
Σ	15,23
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi*btr [W/^{\circ} C]$
Parede CHC/ pav sobre ENU	0,86
Parede CHC com pav intermédio	0,55
Σ	1,41
Fração piso 4	
Envolvente exterior	
	$A*U[W/^{\circ} C]$
Parede para o exterior	3,52
Pilares para o exterior	0,48
Envidraçados	17,70
Σ	21,70
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi[W/^{\circ} C]$
Fachada com pavimento intermédio	$2*6,58*0,60=7,90$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,25=3,77$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Σ	11,91
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*btr [W/^{\circ} C]$
Parede para CHC	0,22
Porta para CHC	4,00
Σ	4,22
Pontes térmicas lineares	

	$B*\Psi*btr [W/^{\circ}C]$
Parede CHC com pav intermédico	$2*1,15*0,60*0,80=1,10$
Σ	1,10
Fração piso 6	
Envolvente exterior	
	$A*U[W/^{\circ}C]$
Parede para o exterior	3,52
Pilares para o exterior	0,48
Envidraçados	17,70
Σ	21,70
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi [W/^{\circ}C]$
Fachada com pavimento intermédico	3,95
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,25=3,77$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Fachada com desvão cobertura	1,12
Σ	9,08
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*btr [W/^{\circ}C]$
Parede para CHC	0,22
Porta para CHC	4,00
Cobertura	10,83
Σ	15,05
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi*btr [W/^{\circ}C]$
Parede CHC com pav intermédico	0,55
Parede CHC /cobertura	0,12

	Σ 0,67
--	---------------

ANEXO II – INÉRCIA TÉRMICA

Fração piso 1						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores/pilares	0	-	-	-	-
	Pav sobre exterior	Laje aligeirada>300 150	2,4	0,01/0,23 = 0,04	1,00	360,00
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	0	-	-	-	-
	Pavimento para ENU	Laje aligeirada>300 150	31,45	0,04	1,00	4717,50
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	150	33,85	0,04	1	5077,50
Elementos interiores	Paredes divisórias	0	-	-	-	-
					Σ	9795,00

Fração piso 4						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores	0	-	-	-	-
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	0	-	-	-	-
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	150	33,85	0,04	1	5077,50
	Pavimento	Laje aligeirada>300 150	33,85	0,01/0,23 = 0,04	1,00	5077,50
					Σ	10155,0

Fração piso 6						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores	0	-	-	-	-
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	0	-	-	-	-
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	-	-	-	-	-
	Pavimento	Laje aligeirada>300 150	33,85	0,01/0,23 = 0,04	1,00	5077,5
Elementos interiores	Paredes divisórias	0	-	-	-	-
					Σ	5077,5

ANEXO III – PERDAS DE TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA - MÉTODO DETALHADO


Fração piso1	
Envolvente exterior	
	A*U [W/° C]
Parede para o exterior	4,29
Pilares para o exterior	0,48
Pavimento sobre o exterior	0,96
Envidraçados	17,70
Σ	23,43
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ _{ref} [W/° C]
Fachada com pavimento sobre exterior	1,77
Fachada com pavimento sobre ENU	1,52
Fachada com pavimento intermédio	3,29
Fachada com caixilharia	7,54*2*0,20=3,02
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,96
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	A*U*btr [W/° C]
Parede para CHC	0,31
Porta para CHC	0,80


Pavimento sobre ENU	12,58
Σ	13,69
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref} \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC/ pav sobre ENU	0,58
Parede CHC com pav intermédio	0,46
Σ	1,04
Fração piso 4	
Envolvente exterior	
	$A \cdot U$ [W/° C]
Parede para o exterior	4,29
Pilares para o exterior	0,48
Envidraçados	17,70
Σ	22,47
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref}$ [W/° C]
Fachada com pavimento intermédio	$6,58 \cdot 2 \cdot 0,50 = 6,58$
Fachada com caixilharia	$7,54 \cdot 2 \cdot 0,20 = 3,02$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,96
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	$A \cdot U \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede para CHC	0,31
Porta para CHC	0,80
Σ	1,11
Pontes térmicas lineares	


	$B \cdot \Psi_{ref} \cdot b_{tr} [W/^\circ C]$
Parede CHC com pav intermédio	$1,15 \cdot 2 \cdot 0,50 \cdot 0,8 = 0,92$
Σ	0,92
Fração piso 6	
Envolvente exterior	
	$A \cdot U [W/^\circ C]$
Parede para o exterior	4,29
Pilares para o exterior	0,48
Envidraçados	17,70
Σ	22,47
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref} [W/^\circ C]$
Fachada com pavimento intermédio	3,29
Fachada com caixilharia	$7,54 \cdot 2 \cdot 0,20 = 3,02$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,96
Fachada com desvão cobertura	3,29
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	$A \cdot U \cdot b_{tr} [W/^\circ C]$
Parede para CHC	0,31
Porta para CHC	0,80
Cobertura	13,54
Σ	14,65
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref} \cdot b_{tr} [W/^\circ C]$
Parede CHC com pav intermédio	0,46
Parede CHC /cobertura	0,58

Σ	1,04
----------	------

ANEXO IV – CÁLCULO DA VENTILAÇÃO LNEC – MÉTODO DETALHADO

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL	Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
	Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12			
1. Enquadramento do edifício				
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m2): 33,9		
Local (município)	PORTO	Pd (m): 2,41		
Região	A	N.º de pisos da fração: 1		
Rugosidade	I	Velocidade vento Defeito REH		
Altitude do local (m)	121	Vento (u10REH: 3,6) (m/s):		
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1	Vol (m3): 82		
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	Texterior (°C): 9,7		
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22	Zref (m): 94		
Altura da fração (H _{fraç}) em m	7	Aer/Au: 19%		
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25	Proteção do edifício: Protegido		
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23	Zona da fachada: Inferior		
2. Permeabilidade ao ar da envolvente				
Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas		
Área dos vãos (m2)	6,32	0		
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	1	Sem classificação		
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem		
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente				
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não			
Tipo de abertura				
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)				
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)	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Baixa			
Altura da conduta (m)	18			
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)			
Número de condutas semelhantes	1			
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado				
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)				
Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
7. Verão - Recuperador de calor				
8. Resultados				
8.1 - Balanço de Energia - Edifício				
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,76	ok		
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,76			
W _{vm} (kWh)	0,0			
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência				
R _{ph,i REF} (h-1)	0,60			
8.3 - Caudal mínimo de ventilação				
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00			
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40			
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R _{ph} min			
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.				
			Técnico:	
			Data:	02/08/2017

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habituação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	33,9
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	1			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	82
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texteior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{F,A}) em m	16			Aen/Au:	19%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Média
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m2)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	1	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	9				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,70				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,70				
W _{vm} (kW/h)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i} REF (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R_{ph} min				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	02/06/2017

 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, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação				
Local (município)	PORTO				
Região	A				
Rugosidade	I				
Altitude do local (m)	121				
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1				
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim				
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22				
Altura da fração (H _{FRA}) em m	22				
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25				
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23				
		Área útil (m ²):	33,9		
		Pd (m):	2,41		
		N.º de pisos da fração	1		
		Velocidade vento	Defeito REH		
		Vento (u10REH: 3,6) (m/s)			
		Vol (m ³):	82		
		Texterior (°C)	9,7		
		Zref (m)	94		
		Aenv/Au:	19%		
		Proteção do edifício:	Protegido		
		Zona da fachada:	Média		
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m ²)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	1	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	3				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m ³ /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
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					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,60				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,60				
W _{em} (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i,REF} (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R_{ph} min				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: _____ Data: 02/06/2017					

ANEXO V – EREN – MÉTODO DETALHADO

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH		1/2																																																																																																																
Sumário																																																																																																																		
Instalação em Centro do Porto (Porto) 2 coletores Padrão REH » painel com 1,30 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 80 l, modelo adequado (REH)																																																																																																																		
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar: 645 kWh (54%) - satisfeitas pelo apoio: 543 kWh (46%)																																																																																																																		
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 99% produtividade: 496 kWh/m ² perdas: 46%																																																																																																																		
Local e clima																																																																																																																		
NUTS III: Grande Porto Município: Porto Local: Centro do Porto elevação: 120 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 1,3 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 80 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado. Circuito primário com 16 m de comprimento, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante. Apoio energético fornecido por sistema elétrico (l) com eficiência nominal 100%, montagem ao depósito, controlo temporizado.																																																																																																																		
2 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas $\alpha_1 = 4,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $\alpha_2 = 0,014 \text{ W/m}^2\text{K}^2$, rendimento óptico = 73%. 1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 80 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C. Apoio energético fornecido por sistema elétrico (l) com eficiência nominal 84%. Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.																																																																																																																		
Necessidades de energia																																																																																																																		
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td>edifício:</td> <td><u>Residências</u></td> <td><u>T1</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td>nº frações desta tipologia</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>nº ocupantes por fração</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>consumo diário por ocupante (litros)</td> <td>40</td> </tr> </table>			edifício:	<u>Residências</u>	<u>T1</u>		nº frações desta tipologia	1		nº ocupantes por fração	2		consumo diário por ocupante (litros)	40																																																																																																				
edifício:	<u>Residências</u>	<u>T1</u>																																																																																																																
	nº frações desta tipologia	1																																																																																																																
	nº ocupantes por fração	2																																																																																																																
	consumo diário por ocupante (litros)	40																																																																																																																
temperaturas																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pretendido no consumo</td> <td>53</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>51</td> <td>50</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>50</td> <td>51</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>53</td> <td></td> </tr> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	°C	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13		pretendido no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53																																																																							
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	°C																																																																																																					
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13																																																																																																						
pretendido no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53																																																																																																						
energia diária																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>3,7</td> <td>3,6</td> <td>3,5</td> <td>3,3</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,7</td> <td>2,8</td> <td>3,0</td> <td>3,3</td> <td>3,5</td> <td>3,7</td> <td></td> </tr> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	kWh	segunda-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		terça-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		quarta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		quinta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		sexta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		sábado	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7		domingo	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	kWh																																																																																																					
segunda-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
terça-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
quarta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
quinta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
sexta-feira	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
sábado	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
domingo	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,3	3,5	3,7																																																																																																						
perfil de consumo																																																																																																																		
<table border="0"> <tr> <td>hora</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>40%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>10%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>hora</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>40%</td> <td>10%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>			hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(período diurno)	40%	-	-	-	-	-	10%	-	-	-	-	-	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	(período nocturno)	40%	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																												
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																						
(período diurno)	40%	-	-	-	-	-	10%	-	-	-	-	-																																																																																																						
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																																						
(período nocturno)	40%	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																						

Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação 2/2

Aproveitamento do recurso solar

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar directa													
horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	0,9	0,5	2,8 kWh/m².dia
incidente nos colectores	1,5	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	1,8	1,0	3,2 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores	1,5	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	1,8	1,0	3,0 kWh/m².dia
radiação solar global													
média	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
no topo da atmosfera	1,7	2,7	4,1	5,3	6,4	7,3	7,4	6,4	4,9	3,1	2,0	1,3	4,4 kWh/m².dia
incidente nos colectores	2,6	4,0	5,1	5,8	6,2	6,8	7,0	6,7	6,0	4,3	3,0	1,9	4,9 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores	2,2	3,4	4,4	4,9	5,1	5,4	5,6	5,8	5,2	3,6	2,6	1,6	4,1 kWh/m².dia

Desempenho energético

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
temperaturas													
ambiente	9,9	11,0	12,6	13,9	16,2	19,7	21,8	21,7	20,3	16,9	13,4	11,2	15,7 °C
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	16 °C
base do armazenamento	21	25	28	30	32	34	36	37	35	28	24	20	29 °C
topo do armazenamento	43	44	45	46	46	47	50	50	49	44	43	42	46 °C
pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	51 °C
massas													
pretendida no consumo	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80 litros/dia
extraída do armazenamento	80	80	78	77	75	74	71	70	73	79	80	80	76 litros/dia
nota: adicionada	0	0	2	3	5	6	9	10	7	1	0	0	4 litros/dia
balanços de energia													
- sistema solar													

nota: radiação solar na horizontal	67	99	165	207	257	285	297	259	192	126	76	52	2 081 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	104	144	207	227	250	263	281	272	234	171	117	77	2 347 kWh
energia solar captada	49	65	96	108	112	120	133	134	116	83	58	36	1 110 kWh
perdas térmicas no circuito primário	0,8	2	2	3	3	3	3	4	3	2	1	0,5	26 kWh
perdas térmicas no armazenamento	25	29	39	42	46	49	57	59	51	38	28	22	485 kWh
consumos eléctricos parasíticos	4	4	5	5	5	5	5	6	5	5	4	3	57 kWh
energia final (calor de origem solar)	38	53	80	86	94	102	113	114	98	68	46	28	920 kWh
- sistema de apoio													
energia primária (l)	117	87	75	60	53	37	32	33	44	78	100	125	841 kWh
energia final (calor)	98	73	63	50	45	31	27	28	37	66	84	105	706 kWh
- circuito de distribuição													
perdas térmicas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5 kWh
- fornecimento de água quente													
necessidades (consumo de energia útil)	116	102	108	99	96	86	85	86	89	101	106	114	1 188 kWh
energia de origem solar (útil)	32	43	60	62	65	66	69	70	65	51	37	24	645 kWh
energia com origem no apoio (útil)	84	59	47	37	31	20	16	17	24	50	68	90	543 kWh


Desempenho global do sistema


fracção solar	54% em termos de energia útil	
produtividade	496 kWh/m² de coletor	
i.e.	41% da produtividade limite dos colectores, 1220 kWh/m²	
rendimento - definição física	39% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	31% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	51% da energia solar captada	


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

02/06/2017 15:58 software SCE.ER - versão 1.2. Licenciado a teresa

ANEXO VI – CÁLCULO DA VENTILAÇÃO LNEC – MÉTODO SIMPLIFICADO

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013. Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12	
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	31,1
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	I			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	75
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texterior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{fra}) em m	7			Aem/Au:	20%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Inferior
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m2)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	18				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,35				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,35				
W _m (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i REF} (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R _{ph} min				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	07/06/2017

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnecc.pt	
				Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	31,1
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	I			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	75
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texterior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	16			Aerw/Au:	20%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Média
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m2)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	9				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,31				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,31				
Wvm (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i REF} (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	Não regulamentar Rph min				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	07/06/2017

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1. do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m ²):	31,1
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	I			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m ³):	75
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texteior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	22			Aenv/Au:	20%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Média
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m ²)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	3				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m ³ /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
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					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,16				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,16				
W _{vm} (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i REF} (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R_{ph} min				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	07/06/2017

ANEXO VII – PERDAS POR TRANSMISSÃO – MÉTODO SIMPLIFICADO

Fração piso1	
Envolvente exterior	
	$A*U$ [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58*2,41-6,32)*1,3*1,35=16,74$
Pavimento sobre o exterior	$2,40*2,2=5,28$
Envidraçados	$3,16*2*4,8=30,34$
Σ	52,36
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi$ [W/° C]
Fachada com pavimento sobre exterior	$3,54*0,70=2,48$
Fachada com pavimento sobre ENU	$3,04*0,70=2,13$
Fachada com pavimento intermédio	$6,58*0,70=4,61$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,30=4,52$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41*0,50=1,21$
Σ	14,95
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*b_{tr}$ [W/° C]
Parede para CHC	$2,77*1,16*0,8=2,57$
Pavimento sobre ENU	$(31,05-2,4)*1,71*0,8=39,19$

Σ	41,76
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \psi \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC/ pav sobre ENU	$1,15 \cdot 0,70 \cdot 0,80 = 0,64$
Parede CHC com pav intermédio	$1,15 \cdot 0,70 \cdot 0,80 = 0,64$
Σ	1,28
Fração piso 4	
Envolvente exterior	
	$A \cdot U$ [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58 \cdot 2,41 - 6,32) \cdot 1,3 \cdot 1,35 = 16,74$
Envidraçados	$3,16 \cdot 2 \cdot 4,8 = 30,34$
Σ	47,08
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \psi$ [W/° C]
Fachada com pavimento intermédio	$2 \cdot 6,58 \cdot 0,70 = 9,21$
Fachada com caixilharia	$7,54 \cdot 2 \cdot 0,30 = 4,52$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41 \cdot 0,50 = 1,21$
Σ	14,94
Paredes em contacto ENU	
	$A \cdot U \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede para CHC	$2,77 \cdot 1,16 \cdot 0,8 = 2,57$
Σ	2,57
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \psi \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC com pav intermédio	$2 \cdot 1,15 \cdot 0,70 \cdot 0,80 = 1,29$
Σ	1,29

Fração piso 6	
Envolvente exterior	
	A*U [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58*2,41-6,32)*1,30*1,35=16,74$
Envidraçados	$3,16*2*4,8=30,34$
Σ	47,08
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ [W/° C]
Fachada com pavimento intermédio	$6,58*0,7=4,61$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,3=4,52$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41*0,5=1,21$
Fachada com desvão cobertura	$6,58*0,7=4,61$
Σ	14,95
Paredes em contacto ENU	
	A*U*b_{tr} [W/° C]
Parede para CHC	$2,77*1,16*0,8=2,57$
Cobertura	$31,05*2,8*0,8=69,55$
Σ	72,12
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ*b_{tr} [W/° C]
Parede CHC com pav intermédio	$1,15*0,70*0,80=0,64$
Parede CHC /cobertura	$1,15*0,70*0,80=0,64$
Σ	1,28

ANEXO VIII – PERDAS POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA– MÉTODO SIMPLIFICADO

Fração piso1	
Envolvente exterior	
	A*U [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58*2,41-6,32)*0,5=4,78$
Pavimento sobre o exterior	$2,40*0,40=0,96$
Envidraçados	$3,16*2*2,8=17,70$
Σ	23,44
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ _{ref} [W/° C]
Fachada com pavimento sobre exterior	$3,54*0,50=1,77$
Fachada com pavimento sobre ENU	$3,04*0,50=1,52$
Fachada com pavimento intermédio	$6,58*0,50=3,29$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,20=3,02$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41*0,40=0,96$
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	A*U*b _{tr} [W/° C]
Parede para CHC	$2,77*0,50*0,8=1,11$
Pavimento sobre ENU	$(31,05-2,4)*0,40*0,8=9,17$

Σ	10,28
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref} \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC/ pav sobre ENU	$1,15 \cdot 0,50 \cdot 0,80 = 0,46$
Parede CHC com pav intermédio	$1,15 \cdot 0,50 \cdot 0,80 = 0,46$
Σ	0,92
Fração piso 4	
Envolvente exterior	
	$A \cdot U$ [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58 \cdot 2,41 - 6,32) \cdot 0,5 = 4,77$
Envidraçados	$3,16 \cdot 2 \cdot 2,8 = 17,70$
Σ	22,47
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref}$ [W/° C]
Fachada com pavimento intermédio	$2 \cdot 6,58 \cdot 0,50 = 6,58$
Fachada com caixilharia	$7,54 \cdot 2 \cdot 0,20 = 3,02$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41 \cdot 0,40 = 0,96$
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	$A \cdot U \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede para CHC	$2,77 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 1,11$
Σ	1,11
Pontes térmicas lineares	
	$B \cdot \Psi_{ref} \cdot b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC com pav intermédio	$2 \cdot 1,15 \cdot 0,50 \cdot 0,80 = 0,92$
Σ	0,92

Fração piso 6	
Envolvente exterior	
	$A*U$ [W/° C]
Parede para o exterior	$(6,58*2,41-6,32)*0,5=4,77$
Envidraçados	$3,16*2*2,8=17,70$
Σ	22,47
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi_{ref}$ [W/° C]
Fachada com pavimento intermédio	$6,58*0,5=3,29$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,2=3,02$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	$2,41*0,4=0,96$
Fachada com desvão cobertura	$6,58*0,5=3,29$
Σ	10,56
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*b_{tr}$ [W/° C]
Parede para CHC	$2,77*0,5*0,8=1,11$
Cobertura	$31,05*0,4*0,8=9,94$
Σ	11,05
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi_{ref}*b_{tr}$ [W/° C]
Parede CHC com pav intermédio	$1,15*0,5*0,80=0,46$
Parede CHC /cobertura	$1,15*0,5*0,80=0,46$
Σ	0,92

ANEXO IX – INÉRCIA - MÉTODO DETALHADO ANTES REABILITAÇÃO

Fração piso 1						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores	Tij 22 220/2=110	8,58	0,02/1,3=0,015	1,00	943,8
	Pav sobre exterior	Laje aligeirada>300 150	2,4	0,01/0,23 = 0,04	1,00	360,00
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	Tij 20 220/2=110	2,77	0,02/1,3=0,015	1,00	304,7
	Pavimento para ENU	Laje aligeirada>300 150	31,45	0,04	1,00	4717,50
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	150	33,85	0,02/1,3=0,015	1	5077,50
	Paredes	Tij 20 220/2=110	43,11	0,02/1,3=0,015	1,00	4742,63
Elementos interiores	Paredes divisórias	120	20	0,02/1,3=0,015	1	2400
					Σ	17531,09

Fração piso 4						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores	Tij 22 220/2=110	8,58	0,02/1,3=0,015	1,00	943,8
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	Tij 20 220/2=110	2,77	0,02/1,3=0,015	1,00	304,7
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	150	33,85	0,02/1,3=0,015	1	5077,50
	Pavimento	Laje aligeirada>300 150	33,85	0,01/0,23 = 0,04	1,00	5077,50
Elementos interiores	Paredes divisórias	120	20	0,02/1,3=0,015	1	2400
					Σ	13803,50

Fração piso 6						
		Msi [Kg/m ²]	Si	Rt [m ² .°C/W]	r	Msi*Si*r
Elementos da envolvente exterior	Paredes exteriores	Tij 22 220/2=110	8,58	0,02/1,3=0,015	1,00	943,8
Elementos em contacto com ENU	Parede para a CHC	Tij 20 220/2=110	2,77	0,02/1,3=0,015	1,00	304,7
	Desvão	Laje aligeirada>300 150	33,85	0,02/1,3=0,015	1,00	5077,50
Elementos em contacto com outra habitação	Teto	-	-	-	-	-
	Pavimento	Laje aligeirada>300 150	33,85	0,01/0,23 = 0,04	1,00	5077,5
Elementos interiores	Paredes divisórias	120	20	0,02/1,3=0,015	1	2400
					Σ	13803,50

ANEXO X – PERDAS POR TRANSMISSÃO - MÉTODO DETALHADO ANTES REABILITAÇÃO

Fração piso1	
Envolvente exterior	
	A*U [W/° C]
Parede para o exterior	8,58*1,39=11,93
Pilares para o exterior	0,96*3,22=3,09
Pavimento sobre o exterior	2,4*1,47=3,53
Envidraçados	6,32*4,8=30,34
Σ	48,89
Pontes térmicas lineares	
	B*Ψ[W/° C]
Fachada com pavimento sobre exterior	2,66
Fachada com pavimento sobre ENU	2,28
Fachada com pavimento intermédio	3,95
Fachada com caixilharia	7,54*2*0,25=3,77
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Σ	12,90
Paredes em contacto ENU	
	A*U*btr [W/° C]
Parede para CHC	2,77*1,24*0,8=2,75
Pavimento sobre ENU	31,45*1,24*1=39,00


Σ	41,75
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi*btr [W/^\circ C]$
Parede CHC/ pav sobre ENU	0,86
Parede CHC com pav intermédio	0,55
Σ	1,41
Fração piso 4	
Envolvente exterior	
	$A*U[W/^\circ C]$
Parede para o exterior	$8,58*1,39=11,93$
Pilares para o exterior	$0,96*3,22=3,09$
Envidraçados	$6,32*4,8=30,34$
Σ	45,36
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi[W/^\circ C]$
Fachada com pavimento intermédio	$2*6,58*0,60=7,90$
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,25=3,77$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Σ	11,91
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*btr [W/^\circ C]$
Parede para CHC	$2,77*1,24*0,8=2,75$
Σ	2,75
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi*btr [W/^\circ C]$
Parede CHC com pav intermédio	$2*1,15*0,60*0,80=1,10$


Σ	1,10
Fração piso 6	
Envolvente exterior	
	$A*U[W/^{\circ}C]$
Parede para o exterior	$8,58*1,39=11,93$
Pilares para o exterior	$0,96*3,22=3,09$
Envidraçados	$6,32*4,8=30,34$
Σ	45,36
Pontes térmicas lineares	
	$B*\Psi [W/^{\circ}C]$
Fachada com pavimento intermédio	3,95
Fachada com caixilharia	$7,54*2*0,25=3,77$
2 paredes exteriores em ângulo saliente	0,24
Fachada com desvão cobertura	1,12
Σ	9,08
Paredes em contacto ENU	
	$A*U*btr [W/^{\circ}C]$
Parede para CHC	$2,77*1,24*0,8=2,75$
Cobertura	$33,85*1,92*1=64,99$
Σ	67,74
Pontes térmicas lineares	


ANEXO

	B*Ψ*btr [W/° C]
Parede CHC com pav intermédio	0,55
Parede CHC /cobertura	0,12
Σ	0,67

ANEXO XI – CÁLCULO DA VENTILAÇÃO LNEC – MÉTODO DETALHADO ANTES

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m ²):	33,9		
Local (município)	PORTO	Pd (m):	2,41		
Região	A	N.º de pisos da fração	1		
Rugosidade	1	Velocidade vento	Defeito REH		
Altitude do local (m)	121	Vento (u10REH: 3,6) (m/s)			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1	Vol (m ³):	82		
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim	Texterior (°C)	9,7		
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22	Zref (m)	94		
Altura da fração (H _{F,aj}) em m	7	Aenv/Au:	19%		
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obst}) em m	25	Proteção do edifício:	Protegido		
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obst}) em m	23	Zona da fachada:	Inferior		
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m ²)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	18				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m ³ /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
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					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,24	ok			
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,24				
W _{vm} (KWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i} REF (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	Não regulamentar Rph min				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
					Técnico: _____
					Data: 16/06/2017

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		<h2>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</h2>		Aplicação desenvolvida por: Amando Pinto. apinto@lnecc.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	33,9
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	I			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	82
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texterior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	16			Aenv/Au:	19%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Média
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m2)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
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)	Sim	Não		Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	9				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,20				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,20				
W _{vm} (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i} REF (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério R _{ph} mínimo	Não regulamentar R_{ph} min				
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	16/06/2017

 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, 2014. v2.0a, 2014-02-12					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	33,9
Local (município)	PORTO			Pd (m):	2,41
Região	A			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	1			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	121			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	82
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texterior (°C)	9,7
Altura do edifício (H _{edif}) em m	22			Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	22			Aenv/Au:	19%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	25			Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	23			Zona da fachada:	Média
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas			
Área dos vãos (m2)	6,32	0			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
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)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	3				
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	1,06				
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	1,06				
W _{vm} (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i,REF} (h-1)	0,60				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,00				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	Não regulamentar Rph min				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	16/06/2017

ANEXO XII – FOLHA ITECONS FRAÇÃO PISO 1 OESTE

Folha de Cálculo A									
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR					A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
TRANSMISSÃO DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA									
PAREDES EXTERIORES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES		Área A m ²	U _{ref} W/m ² .°C	U.A W/°C
PDE1	PFPDE1	8,58	0,41	3,52	correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil		0,00	0,50	4,29
		0,96	0,50	0,48			0,96	0,50	0,48
TOTAL				4,00	TOTAL				4,77
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
PVE1		2,40	0,37	0,89	PVE1		2,40	0,40	0,96
TOTAL				0,89	TOTAL				0,96
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m ²	U _{envidraço} W/m ² .°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m ²	U _{envidraço} W/m ² .°C	U.A W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
VÁOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	VÁOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	2 (VE1)	3,16	2,80	8,85	1 (VE1)	3,16	2,80	8,85	8,85
		3,16	2,80	8,85	2 (VE1)	3,16	2,80	8,85	8,85
TOTAL				17,70	TOTAL				17,70
VÁOS OPACOS EXTERIORES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	VÁOS OPACOS EXTERIORES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B	U W/m ² .°C	U.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B	U W/m ² .°C	U.B W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU		3,54	0,25	2,65	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU		3,54	0,50	1,77
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU		3,04	0,75	2,28	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU		3,04	0,50	1,52
Fachada com pavimento intermédio		6,58	0,60	3,95	Fachada com pavimento intermédio		6,58	0,50	3,29
Fachada com calilharia		7,54	0,25	1,89	Fachada com calilharia		7,54	0,20	1,51
Fachada com calilharia		7,54	0,25	1,89	Fachada com calilharia		7,54	0,20	1,51
Duas paredes verticais em ângulo saliente		2,41	0,10	0,24	Duas paredes verticais em ângulo saliente		2,41	0,40	0,96
TOTAL				12,89	TOTAL				10,56
Coeficiente de transmissão de calor por transmissão o pelo envolvente exterior H _{ext} = $\frac{35,28}{33,99}$ W/°C									
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
PD11	VO11	0,77	0,35	0,27	PD11	0,77	0,50	0,39	0,31
		2,00	2,50	4,00	VO11	2,00	0,50	0,80	0,80
TOTAL				4,27	TOTAL				1,11
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
PV11		31,45	0,35	11,01	PV11	31,45	0,40	12,58	12,58
TOTAL				11,01	TOTAL				12,58

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	TOTAL	0,00	U.A.b _{tr} W/°C	b _{tr}	TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	TOTAL	0,00	U.A.b _{tr} W/°C	b _{tr}	TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m ²	U W/m ² ·°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	TOTAL	0,00	U.A.b _{tr} W/°C	b _{tr}	TOTAL	0,00
<p>PONTES TÉRMICAS LINEARES</p> <p>(APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b_{tr} > 1,15 m, com pavimento sobre o exterior ou ENU) Facha de com pavimento intermédio</p> <p>Comp. B m</p> <p>W W/m·°C</p> <p>b_{tr}</p> <p>0,75 1,00</p> <p>0,60 0,80</p> <p>TOTAL 1,41</p> <p>W.B.b_{tr} W/°C</p> <p>0,86 1,00</p> <p>0,55 0,80</p> <p>TOTAL 1,41</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão o pela envolvente interior H_{int} 16,64 W/°C</p>															
<p>PONTES TÉRMICAS LINEARES</p> <p>(APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b_{tr} > 1,15 m, com pavimento sobre o exterior ou ENU) Facha de com pavimento intermédio</p> <p>Comp. B m</p> <p>W W/m·°C</p> <p>b_{tr}</p> <p>0,75 1,00</p> <p>0,60 0,80</p> <p>TOTAL 1,41</p> <p>W.B.b_{tr} W/°C</p> <p>0,86 1,00</p> <p>0,55 0,80</p> <p>TOTAL 1,41</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int} 16,64 W/°C</p>															
<p>A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO</p> <p>PAREDES ENTERRADAS</p> <p>Área m²</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>Área m</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>Área m</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p>															
<p>A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,ref} 35,48 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int,ref} + H_{ext,ref} 16,64 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,ref} 52,11 W/°C</p> <p>A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,ref} 35,48 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int,ref} 16,64 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,ref} 52,11 W/°C</p>															
<p>A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO</p> <p>PAREDES ENTERRADAS</p> <p>Área m</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>Área m</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p> <p>Área m</p> <p>U_{tr} W/m²·°C</p> <p>TOTAL 0,00</p>															
<p>A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,ref} 33,99 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int,ref} + H_{ext,ref} 14,72 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,ref} 48,71 W/°C</p> <p>A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext,ref} 33,99 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{int,ref} 14,72 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ext,ref} 0,00 W/°C</p> <p>Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr,ref} 48,71 W/°C</p>															

Folha de Cálculo B
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{rec,i}$ $\frac{1}{0,00} \times$

Caudal médio diário insuflado V_{ins} $\frac{0}{61,82} \text{ m}^3/\text{h}$

Coefficiente de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$ $\frac{1,00}{0,34}$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{rh,i}$ $\frac{0,76}{33,85} \text{ h}^{-1}$

Área útil de pavimento A_b $\frac{2,41}{33,85} \text{ m}^2$

Pé direito médio da fracção P_d $\frac{2,41}{2,41} \text{ m}$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$ $\frac{21,02}{21,02} \text{ W/}^\circ\text{C}$

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{rh,i,ref}$ $\frac{0,60}{33,85} \text{ h}^{-1}$

Área útil de pavimento A_b $\frac{33,85}{33,85} \text{ m}^2$

Pé direito médio da fracção P_d $\frac{2,41}{2,41} \text{ m}$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i,ref}$ $\frac{15,64}{15,64} \text{ W/}^\circ\text{C}$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{rec,v}$ $\frac{1}{0} \times$

Caudal médio diário insuflado V_{ins} $\frac{0}{61,82} \text{ m}^3/\text{h}$

Coefficiente de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$ $\frac{1,00}{0,34}$

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{rh,v}$ $\frac{0,76}{33,85} \text{ h}^{-1}$

Área útil de pavimento A_b $\frac{33,85}{33,85} \text{ m}^2$

Pé direito médio da fracção P_d $\frac{2,41}{2,41} \text{ m}$

Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$ $\frac{21,02}{21,02} \text{ W/}^\circ\text{C}$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0,72 \\ & \times \\ \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,25} \text{ meses} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{33,85} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & \boxed{609,69} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,39	3,16	0,48	0,70	0,41	0,56	0,23
2 (VE1)	Oeste	0,39	3,16	0,49	0,70	0,42	0,56	0,24
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto $X \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	0,47

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i \cdot g_{i,ENU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No cálculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp,vi}$ afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.</i>							TOTAL	0,00

$$\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{0,47} \text{ m}^2$$

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6,25} \text{ meses}$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \boxed{379,62} \text{ kWh/ano}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad \boxed{609,69} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad \boxed{379,62} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad \boxed{989,31} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \quad \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad 0,15 \\
 &\quad \quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad \quad \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{33,85} \text{ m}^2 \\
 &\quad \quad \quad \quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad \boxed{6,25} \text{ meses} \\
 &\quad \quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad \boxed{602,70} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad \boxed{609,69} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad \boxed{1212,39387} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D**GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO****D.1 - GANHOS INTERNOS**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \quad \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de arrefecimento } L_e \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{33,85} \text{ m}^2 \\
 &\quad \quad = \\
 &\quad \quad \quad 1000 \\
 &\quad \quad = \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},v} \quad \boxed{396,45} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{mlv}	FS Global Prot. Móveis e Perm. gr	FS Global Prot. Perm. gr	FS de Verão g _v =F _{mlv} ·g _v +(1-F _{mlv})·g _{tp}	Área Efectiva A _{lv} =A _w ·F _g ·g _v	Factor de Obstrução F _{lv} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{lv}	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _{lv} ·A _{lv} kWh/ano
1 (VE1)	Oeste	3,16	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,17	0,39	0,26	0,57	0,90	490,00	250,51
2 (VE1)	Oeste	3,16	Simplex	0,70	0,90	0,60	0,17	0,39	0,26	0,57	0,90	490,00	250,51
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													501,01

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{mlv}	FS de Verão do vão interior g _{v,int}	FS de Verão do vão do ENU g _{v,ENU}	B _{v,int} ·B _{v,ENU}	Área Efectiva A _{lv} =A _w ·F _g ·g _{v,int} ·g _{v,ENU}	Factor de Obstrução F _{lv} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{lv}	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _{lv} ·A _{lv} kWh/ano
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													0,00

*Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_{lv} é igual a 1;
Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar g_{v,ENU} é igual a 1.*

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² .°C	R _{se} (m ² .°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _s =F _h ·F _o ·F _f	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _s ·A _e kWh/ano
PDE1	Oeste	0,04	8,58	0,41	-	0,01	1,00	490,00	2,76
PTPDE1	Oeste	0,04	0,96	0,50	0,04	0,00	1,00	490,00	0,38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									3,13

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² .°C	R _{se} (m ² .°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _s ·A _e kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² .°C	R _{se} (m ² .°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _s ·A _e kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² .°C	R _{se} (m ² .°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _s =F _h ·F _o ·F _f	Intensidade da Radiação I _{sol} kWh/m ² .ano	I _{sol} ·F _s ·A _e kWh/ano
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00

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

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

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

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int} W/m²
 x
 Duração da Estação de Arrefecimento L_v horas
 ÷
 1000
 +
 factor solar de verão de referência g_{v,REF}
 x
 A_w/A_{p,REF}
 x
 Radiação solar média de referência I_{sol,REF} kWh/m².ano
 =
 kWh/m².ano
 x
 Área útil de Pavimento A_p m²
 =
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento Q_{g,v,REF} kWh/ano

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	52,11 W/°C	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	48,71 W/°C
+		+	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar H_{ve}	21,02 W/°C	Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve, REF}$	16,64 W/°C
=		=	
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,r}$	73,13 W/°C	Coefficiente de transferência de calor $H_{t,r, REF}$	65,35 W/°C
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
	0,024		0,024
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 293 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 293 °C.dias
x		x	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	52,11 W/°C	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	48,71 W/°C
=		=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	1 617,43 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	1 511,77 kWh/ano
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
	0,024		0,024
x		x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 293 °C.dias	Número de graus-dias de aquecimento GD	1 293 °C.dias
x		x	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar H_{ve}	21,02 W/°C	Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve, REF}$	16,64 W/°C
=		=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ve}	652,32 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve, REF}$	516,51 kWh/ano
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício	Média		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	989,31 kWh/ano		
+			
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr} + Q_{ve}$	2 269,76 kWh/ano		
=			
parâmetro γ	0,44		
parâmetro a_i	2,60 W/°C		
Factor de utilização dos ganhos η	0,93	Factor de utilização dos ganhos η_{REF}	0,6
x		x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	989,31 kWh/ano	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b, REF}$	1 212,39 kWh/ano
=		=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u}$	921,48 kWh/ano	Ganhos totais úteis $Q_{g,u, REF}$	727,44 kWh/ano
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr}	1 617,43 kWh/ano	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	1 511,77 kWh/ano
+		+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ve}	652,32 kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve, REF}$	516,51 kWh/ano
-		-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u}$	921,48 kWh/ano	Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u, REF}$	727,44 kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)			
=		=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	1 348,28 kWh/ano	Necessidades Anuais na estação de aquecimento	1 300,85 kWh/ano
÷		÷	
Área útil de pavimento A_p	33,85 m ²	Área útil de pavimento A_p	33,85 m ²
=		=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_u	39,83 kWh/m ² .ano	Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{u, REF}$	38,43 kWh/m ² .ano

Folha de Cálculo F

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

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{t1} \quad \boxed{52,11} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{vev} \quad \boxed{21,02} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{L1} \quad \boxed{73,13} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{t1} \quad \boxed{52,11} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &x \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,est}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\ &x \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\ &\div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr1} \quad \boxed{625,61} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{vev} \quad \boxed{21,02} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &x \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,est}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\ &x \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\ &\div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{vev} \quad \boxed{252,31} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS **F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gb} \quad \boxed{900,60} \text{ kWh/ano} \\ &\div \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr1} + Q_{vev} \quad \boxed{877,92} \text{ kWh/ano} \\ &= \\ &\text{parâmetro } \gamma_v \quad \boxed{1,03} \\ &\text{parâmetro } a_v \quad \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,71} \end{aligned}$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,83}$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO **F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$$\begin{aligned} &(1 - \eta_i) \quad \boxed{0,29} \\ &x \\ &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{gb} \quad \boxed{900,60} \text{ kWh/ano} \\ &\div \\ &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{33,85} \text{ m}^2 \\ &= \\ &\text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{v1} \quad \boxed{7,64} \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,17} \\ &x \\ &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{gb,REF} \quad \boxed{1822,89} \text{ kWh/ano} \\ &\div \\ &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{33,85} \text{ m}^2 \\ &= \\ &\text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{v2} \quad \boxed{9,13} \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

6.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{e,u}$	f_i	δ	Eficiência Nominal η_h	Factor de Conversão $F_{p,ac}$	Necessidades de Energia Final $f_e, \delta, N_{e,u}, \eta_h, A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_e, \delta, N_{e,u}, F_{p,ac}, \eta_h$	Limite das Necessidades de Energia Útil N_u	Fonte de Energia	Electricidade	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_e, N_u, F_{p,ac}, \eta_h$	Factor de Conversão $F_{p,ac}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{h,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ac}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_e, N_u, F_{p,ac}, \eta_h$
Sistema por defeito	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	1,00		1	2,5	kWh/ano	$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/m^2 \cdot ano$	Electricidade	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/m^2 \cdot ano$	1	2,5	$kWh/m^2 \cdot ano$
						TOTAL	1348,28	99,58					TOTAL			96,07

6.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{e,r}$	f_r	δ	Eficiência Nominal η_c	Factor de Conversão $F_{p,ar}$	Necessidades de Energia Final $f_r, \delta, N_{e,r}, \eta_c, A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_r, \delta, N_{e,r}, F_{p,ar}, \eta_c$	Limite das Necessidades de Energia Útil N_r	Fonte de Energia	Electricidade	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_r, N_r, F_{p,ar}, \eta_c$	Factor de Conversão $F_{p,ar}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{c,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ar}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_r, N_r, F_{p,ar}, \eta_c$
Sistema por defeito	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	1,00		3	2,5	kWh/ano	$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/m^2 \cdot ano$	Electricidade	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	$kWh/m^2 \cdot ano$	3	2,5	$kWh/m^2 \cdot ano$
						TOTAL	86,17	6,36					TOTAL			7,61

6.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS

CONSUMO DE AQDS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS

consumo médio diário de referência M_{AQDS} l

l de ocupantes de cada fracção n ocupantes \times \times \times \times \times dias

factor de eficiência hídrica \times dias

méio diário de referência M_{AQDS} l

\times \times m^2 \times $kWh/m^2 \cdot ano$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS $Q_{u,AQDS}$ $kWh/m^2 \cdot ano$

6.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_u	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{h,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ac}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_e, N_u, F_{p,ac}, \eta_h$
Sistema por defeito	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	1,00	1	2,5	$kWh/m^2 \cdot ano$
						TOTAL

6.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_r	f_r	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{c,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ar}$	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_r, N_r, F_{p,ar}, \eta_c$
Sistema por defeito	Electricidade	$kWh/m^2 \cdot ano$	1,00	3	2,5	$kWh/m^2 \cdot ano$
						TOTAL

6.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQDS DE REFERÊNCIA

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS

consumo médio diário de referência M_{AQDS} l

l de ocupantes de cada fracção n ocupantes \times \times \times \times \times dias

factor de eficiência hídrica \times dias

consumo médio diário de referência M_{AQDS} l

\times \times m^2 \times $kWh/m^2 \cdot ano$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQDS $Q_{u,AQDS}$ $kWh/m^2 \cdot ano$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p	δ	f_a	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Conversão F_{conv}	Necessidades de Energia Final $T.S.Q./h$	Necessidades de Energia primária $T.S.Q./A_p \cdot F_{conv}/\eta_{ref}$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p	I_o	Eficiência Nominal de Referência η_{ref}	Factor de Conversão F_{conv}	Limite das Necessidades de Energia primária $T.S.Q./A_p \cdot F_{conv}/\eta_{ref}$
Sistema 1	Electricidade	35,12	1	0,84	0,84	2,5	640,51	47,97	Sistema 1	Electricidade	35,12	1,00	0,95	2,5	92,41
Sistema 2	Renovável Térmica	0,54		0,80	0,80	2,5	643,00	19,05	Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
Sistema por defeito	Electricidade	0,60		0,86	0,86	2,5	1294,51	67,02	TOTAL	Electricidade					92,41

6.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vent} kWh/ano

$W_{vent} = 0 \text{ kWh/ano} + 33,85 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{KWh} = 0,00 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Área útil de Pavimento A_p m^2

Factor de Conversão $OF_{F_{ref}}$ $\text{kWh}_{el}/\text{KWh}$

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação $\text{kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

6.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	Factor de Conversão F_{conv}	Energia primária E_{prim}
Sistema 2	Renovável Térmica	1	19,05
Bombas de Clor	Renovável Térmica	1	0,00
TOTAL			19,05

6.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento $99,58 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária para arrefecimento $6,36 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária para a preparação de AQS $67,02 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica $0,00 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável $19,05 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{glob} $153,91 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

6.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento $99,58 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária para arrefecimento $7,61 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Energia primária para a preparação de AQS $92,41 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{limite} $196,09 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2/\text{ano}$

ANEXO XIV– RESULTADOS FINAIS

		Piso 1 oeste	Piso 1 este	Piso 4 oeste	Piso 4 este	Piso 6 oeste	Piso 6 este
Método detalhado após reabilitação	N _{ic}	39,99	39,57	27,54	27,13	31,35	30,93
	N _i	38,44		25,92		38,44	
	N _{vc}	7,31		9,40		8,89	
	N _v	9,15					
	N _{tc}	154,02	152,97	124,63	123,60	133,73	132,68
	N _t	196,11		164,81		196,11	
Método detalhado - ITEcons após reabilitação	N _{ic}	39,83	39,20	27,38	26,82	31,25	30,92
	N _i	38,43		25,91		38,34	
	N _{vc}	7,64		9,93		9,11	
	N _v	9,13					
	N _{tc}	153,91	152,32	124,69	123,30	133,68	132,86
	N _t	196,09		164,79		195,86	
Método simplificado antes reabilitação	N _{ic}	103,22		58,18		123,45	
	N _i	38,25		28,11		38,05	
	N _{vc}	6,14		13,22		4,25	
	N _v	9,15					
	N _{tc}	349,24		253,16		399,81	
	N _t	204,53		179,19		204,04	
Método detalhado antes reabilitação	N _{ic}	88,08	87,20	47,28	46,41	99,52	98,63
	N _i	38,44		25,92		38,44	
	N _{vc}	8,55		16,63		7,54	
	N _v	9,15					
	N _{tc}	283,60	281,40	188,81	186,64	304,56	297,34
	N _t	196,68		165,38		196,68	

