

# **EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA DE EDIFÍCIOS**

## **Estudo Comparativo**

**MARÍLIA PARENTE RODRIGUES**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JANEIRO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais  
e irmã

*Tudo evolui; não há realidades eternas: tal como não há verdades absolutas*

*Friedrich Nietzsche*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao concluir este trabalho, queria deixar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a sua concretização e que conviveram comigo durante estes últimos meses.

- À Professora Maria Helena Póvoas Corvacho, por ter proporcionado a oportunidade de elaborar esta dissertação e pelos ensinamentos e experiências transmitidos durante este período, bem como pelo acompanhamento e apoio prestados;
- A todos os meus amigos, engenheiros e futuros engenheiros, que me acompanharam ao longo destes anos, em todos os momentos inesquecíveis, e pelo apoio, incentivo e companheirismo constante;
- À Joana, por todo o incentivo e apoio em todas as alturas que necessitei e com quem partilhei inúmeras experiências ao longo destes anos;
- Ao Carlos, por toda a companhia, paciência, dedicação e apoio constante ao longo do curso, e pela confiança que sempre demonstrou;
- À minha irmã, por todo o companheirismo, ajuda constante, dedicação e auxílio com programas que tornaram algumas tarefas muito mais simplificadas e por ter tornado todos os momentos de trabalho muito mais agradáveis;
- Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem incondicionalmente, por todo o carinho, dedicação incansável, atenção, preocupação e paciência que tiveram em momentos mais críticos, dando sempre todo o incentivo e confiança.



## **RESUMO**

A recente evolução do comportamento da sociedade, da tecnologia e do conhecimento técnico e científico, bem como a consciencialização da proteção do meio ambiente e da utilização cada vez mais equilibrada dos recursos do planeta tem desencadeado diversas medidas de otimização no que diz respeito ao desempenho térmico de edifícios, nomeadamente no sector residencial dado que este sector constitui uma elevada parcela dos consumos globais energéticos.

Neste contexto, a presente dissertação pretende avaliar o impacto que as alterações na regulamentação térmica provocam nas necessidades de energia e na certificação energética dos edifícios de habitação, bem como avaliar as dificuldades e a influência do cálculo de determinados parâmetros.

Numa primeira abordagem, faz-se a descrição da metodologia adotada pelo Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) com o desenvolvimento suficiente de modo a permitir a aplicação adequada ao projeto. Numa segunda fase, descreve-se, detalhadamente, a metodologia adotada pela nova regulamentação de térmica, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

Após a descrição das duas metodologias, faz-se a aplicação, para um mesmo grupo de casos de estudo, de ambos os regulamentos. A análise incide em quatro unidades de habitação, duas vivendas e duas frações autónomas de um edifício multifamiliar, todos de tipologia T3, com localizações diferentes e processos construtivos diversificados, de modo a obter um conjunto de resultados bastante abrangente. Após estimar, para ambas as versões, as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento e as necessidades nominais globais de energia primária, pretende-se verificar o cumprimento do regulamento para as diversas situações e o nível de exigência de cada um, através de um estudo de sensibilidade, onde será testada a influência do valor da taxa de renovação do ar, e verificada a possibilidade de utilização de uma forma diferente de obtenção do valor deste parâmetro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Térmica, regulamento, certificação, habitação, taxa de renovação do ar.



## **ABSTRACT**

The progress of the society behaviour, along with the developments of the scientific and technical knowledge and the awareness of environmental protection and the rational use of the planet resources arouse the development of several optimisation measures in what concerns the thermal performance of the buildings, particularly in the residential sector which represents a significant part of the global energy consumption.

In this context, this thesis aims to assess the impact of the most recent modifications in thermal regulation for residential buildings, as well as the influence of several significant parameters used in the regulamentary methodology.

To accomplish this objective, the methodology used in RCCTE, the former national regulation for thermal performance of buildings is described and compared with the methodology used in the new regulation, REH.

Both methodologies are analysed and compared based on the results of case studies with two independent houses and two fractions of a multifamily building, all with a T3 typology. In order to obtain a wider range of results considering different scenarios, various locations and diversified construction processes were considered in the analysis carried out based on both regulations.

The nominal needs of energy for heating and cooling as well as the nominal needs of primary energy are estimated for all the proposed scenarios of the case studies.

The influence of the air renovation rate parameter in the results of the performed analysis is assessed and the possibility to obtain this parameter through a different approach is verified.

Furthermore, a sensitivity study of several parameters is carried out and the verifications required by both standards are evaluated considering different combinations and possibilities and also distinct requirement levels.

Key-words: Thermal, regulation, certification, housing, air renovation rate



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES.....	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2. ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>3</b>
2.1. EVOLUÇÃO LEGISLATIVA .....	3
2.2. DIRETIVAS EUROPEIAS .....	3
2.3. REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA EM PORTUGAL.....	4
2.4. METODOLOGIA DO RCCTE (DL n.º 80/2006) .....	5
2.4.1. INTRODUÇÃO .....	5
2.4.2. DADOS CLIMÁTICOS .....	6
2.4.2.1. Zonas climáticas.....	6
2.4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA .....	8
2.4.3.1. Definição da envolvente .....	8
2.4.3.2. Coeficiente de transmissão térmica- U .....	9
2.4.3.3. Fator solar .....	10
2.4.3.4. Inércia térmica.....	12
2.4.3.5. Taxa de renovação do ar .....	15
2.4.4. LIMITAÇÕES DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA.....	18
2.4.4.1. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento- $N_{ic}$ .....	18
2.4.4.2. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento- $N_{vc}$ .....	27
2.4.4.3. Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias- $N_{ac}$ .....	30
2.4.4.4. Necessidades nominais globais de energia primária- $N_{tc}$ .....	32
<b>2.5. NOVA REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA (REH) .....</b>	<b>34</b>
2.5.1. INTRODUÇÃO .....	34
2.5.2. DADOS CLIMÁTICOS .....	36
2.5.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA .....	41

2.5.3.1. Taxa de renovação do ar .....	41
2.5.3.2. Fator solar .....	44
2.5.4. LIMITAÇÕES DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA.....	48
2.5.4.1. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento- $N_{ic}$ .....	48
2.5.4.2. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento- $N_{vc}$ .....	59
2.5.4.3. Necessidade de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias- $Q_a$ .....	63
2.5.4.4. Energia produzida a partir de fontes de origem renovável- $E_{ren}$ .....	64
2.5.4.5. Necessidades nominais globais de energia primária $-N_{tc}$ .....	65
<b>3. CASOS DE ESTUDO .....</b>	<b>69</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>3.2 EDIFÍCIOS RECENTES .....</b>	<b>69</b>
3.2.1 MORADIA (1º CASO) .....	69
3.2.1.1 Descrição do imóvel .....	70
3.2.1.2 Peças desenhadas .....	71
3.2.2 EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLETIVA (2º CASO).....	74
3.2.2.1 Descrição do imóvel .....	75
3.2.2.2 Peças desenhadas .....	76
<b>3.3 EDIFÍCIOS ANTERIORES A 1990 .....</b>	<b>78</b>
3.3.1 MORADIA (3º CASO) .....	78
3.3.1.1 Descrição do imóvel .....	78
3.3.1.2 Peças desenhadas .....	79
3.3.2 EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLETIVA (4º CASO).....	82
3.3.2.1 Descrição do imóvel .....	82
3.3.2.2 Peças desenhadas .....	83
<b>4. ESTUDO COMPARATIVO .....</b>	<b>87</b>
<b>4.1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DO ESTUDO COMPARATIVO .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2 APLICAÇÃO E DIFERENÇAS DAS DUAS METODOLOGIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>92</b>
<b>4.4 INFLUÊNCIA DO VALOR DA TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR.....</b>	<b>101</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>106</b>
<b>5.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>109</b>
<b>5.2. PERSPETIVAS DE FUTURO SOBRE O TEMA .....</b>	<b>110</b>
BIBLIOGRAFIA .....	111
ANEXOS .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Balanço térmico em edifícios [1] .....	6
Fig. 2.2 – Zonamento climático de Portugal continental [20] ] .....	7
Fig. 2.3 – Tipos de envolvente de um edifício [7].....	8
Fig. 2.4 – Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica interior [5].....	13
Fig. 2.5 – Classes de inércia térmica interior [5].....	15
Fig. 2.6 – Relação do fator de utilização dos ganhos térmicos em função do parâmetro $\gamma$ e da classe de inércia térmica interior [5].....	22
Fig. 2.7 – Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte em planta [7] .....	24
Fig. 2.8 – Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte (alçados) [7] .....	24
Fig. 2.9 – Exemplos de medição do ângulo $\alpha$ de palas e de outros elementos "horizontais" (secção vertical) sobrepostos ao vão envidraçado [7] .....	25
Fig. 2.10 – Exemplos de medição do ângulo $\beta$ de palas verticais (secção horizontal) [7] .....	25
Fig. 2.11 – Classes energéticas [adaptada de 20].....	33
Fig. 2.12 – Exemplo do certificado de desempenho energético e da qualidade do ar interior [20].....	34
Fig. 2.13 – Exemplo de pré-certificado [17] .....	35
Fig. 2.14 – NUTS III [15].....	36
Fig. 2.15 – Zonas climáticas de Portugal para a estação de inverno e verão [15] .....	37
Fig. 2.16 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento [15].....	39
Fig. 2.17 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento [15] .....	40
Fig. 2.18 – Exemplo da folha de cálculo utilizada para o cálculo do valor da taxa de renovação do ar .....	42
Fig. 2.19 – Caudais-tipo a admitir nos compartimentos principais [8] .....	43
Fig. 2.20 – Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão, $g_{\perp,vi}$ [10].....	44
Fig. 2.21 – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, $F_{w,v}$ [10].....	45
Fig. 2.22 – Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, $F_{mv}$ [10].	46
Fig. 2.23 – Coeficiente de absorção da radiação solar, $a$ [10].....	46
Fig. 2.24 – Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar $g_{Tvc}$ [10] .....	47
Fig. 2.25 – Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares $\Psi$ [10]....	50
Fig. 2.26 – Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, $b_{tr}$ [10] .....	51
Fig. 2.27 – Fator de orientação para as diferentes exposições, $X_j$ [11] .....	55

Fig. 2.28 – Fração envidraçada, $F_g$ [10] .....	55
Fig. 2.29 – Fator de sombreamento do horizonte [1] .....	56
Fig. 2.30 – Fatores de sombreamento $F_o$ e $F_f$ [1].....	57
Fig. 3.1 – Alçado do 1º caso de estudo [22] .....	69
Fig. 3.2 – Esquema da rede do sistema solar térmico [22].....	71
Fig. 3.3 – Planta do piso 0 do 1º caso de estudo [22].....	71
Fig. 3.4 – Planta do piso 1 do 1º caso de estudo [22].....	72
Fig. 3.5 – Alçado do 2º caso de estudo [19] .....	74
Fig. 3.6 – Planta do edifício [19].....	76
Fig. 3.7 – Planta da fração autónoma em estudo (2º caso) [19].....	76
Fig. 3.8 – Alçado do 3º caso de estudo [19] .....	78
Fig. 3.9 – Planta do piso 0 do 3º caso de estudo [19].....	79
Fig. 3.10 – Planta do piso 1 do 3º caso de estudo [19].....	80
Fig. 3.11 – Alçado do 4º caso de estudo [19] .....	82
Fig. 3.12 – Planta do edifício [19].....	83
Fig. 3.13 – Planta da fração autónoma em estudo (4º caso) [19].....	84
Fig. 4.1 – Delimitação das zonas climáticas de inverno referente ao RCCTE e ao REH [adaptado de 15 e 20] .....	88
Fig. 4.2 – Delimitação das zonas climáticas de Verão referente ao RCCTE e ao REH [adaptado de 15 e 20].....	89
Fig. 4.3 – Variação da taxa de renovação do ar para diferentes distâncias ao edifício em frente .....	91
Fig. 4.4 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e o seu máximo regulamentar ( $N_{i,c}/N_i$ ) pelo RCCTE (vermelho - não cumpre o regulamento) .....	93
Fig. 4.5 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e o seu máximo regulamentar ( $N_{i,c}/N_i$ ) pelo REH (vermelho – não cumpre o regulamento) .....	94
Fig. 4.6 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e o seu máximo regulamentar ( $N_{v,c}/N_v$ ) pelo RCCTE .....	96
Fig. 4.7 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e o seu máximo regulamentar ( $N_{v,c}/N_v$ ) pelo REH .....	97
Fig. 4.8 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{t,c}/N_t$ ) pelo RCCTE .....	98
Fig. 4.9 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{t,c}/N_t$ ) pelo REH .....	99
Fig. 4.10 – Classificações energéticas obtidas pelo RCCTE.....	100
Fig. 4.11 – Classificações energéticas obtidas pelo REH .....	101

Fig. 4.12 – Valores convencionais de  $R_{ph}$  (em  $h^{-1}$ ) para edifícios de habitação com ventilação natural ou mista (proposta da FEUP em estudo realizado no âmbito da revisão da regulamentação)..... 102

Fig. 4.13 – Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP)..... 102

Fig. 4.14 – Condições de admissão de ar pelas fachadas do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP)..... 104

Fig. 4.15 – Condições de extração de ar do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP) ... 104

Fig. 4.16 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{tc}/N_t$ ) com valores de  $R_{ph}$  convencionais..... 105

Fig. 4.17 – Resultados referentes aos cálculos utilizando  $R_{ph}$  via excel e via tabelas (estação de inverno)..... 106

Fig. 4.18 – Resultados referentes aos cálculos utilizando  $R_{ph}$  via excel e via tabelas (estação de verão) ..... 106

Fig. 4.19 – Classificação energética adotando valores de  $R_{ph}$  convencionais ..... 107



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores de $M_{si}$ e seus limites máximos .....	14
Tabela 2.2 – Influência da resistência térmica dos revestimentos no cálculo de $M_{si}$ .....	14
Tabela 2.3 – Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ...	30
Tabela 2.4 – Definição da zona climática de inverno .....	37
Tabela 2.5 – Definição da zona climática de verão .....	37
Tabela 3.1 – Sistemas utilizados no edifício .....	70
Tabela 3.2 – Pormenores construtivos da envolvente (1º caso de estudo).....	72
Tabela 3.3 – Sistemas utilizados no edifício .....	75
Tabela 3.4 – Pormenores construtivos da envolvente (2º caso de estudo).....	77
Tabela 3.5 – Sistemas utilizados no edifício .....	79
Tabela 3.6 – Pormenores construtivos da envolvente (3º caso de estudo).....	80
Tabela 3.7 – Sistemas utilizados no edifício .....	83
Tabela 3.8 – Pormenores construtivos da envolvente (4º caso de estudo).....	84
Tabela 4.1 – Zonas climáticas (locais adotados) .....	88
Tabela 4.2 – Diferenças das zonas climáticas para as duas versões da lei .....	88
Tabela 4.3 – Valores utilizados para o fator de conversão para energia primária ( $F_{pu}$ ) e da eficiência dos sistemas ( $\eta_k$ ).....	92



## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$U$  – coeficiente de transmissão térmica [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]

$R$  – resistência térmica [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]

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

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

$GD$  – graus-dias [ $^\circ C$ ]

$G_{sul}$  – energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul [ $kWh/m^2 \cdot mês$ ]

$\theta_{atm}$  – temperatura do ar exterior [ $^\circ C$ ]

$\theta_i$  – temperatura interior (zona útil) [ $^\circ C$ ]

$\theta_a$  – temperatura do ar nos espaços não-úteis [ $^\circ C$ ]

$\theta_m$  – temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento [ $^\circ C$ ]

$I_r$  – intensidade de radiação solar [ $kWh/m^2$ ]

$e$  – espessura [ $m$ ]

$\lambda$  – condutibilidade térmica [ $W/m \cdot ^\circ C$ ]

$g_{\perp}$  - fator solar do vão envidraçado

$g_{\perp}'$  – fator solar do vão envidraçado com proteção solar e vidro incolor

$g_{\perp,v}$  – fator solar do envidraçado

$I_t$  – inércia térmica [ $kg/m^2$ ]

$M_{si}$  – massa superficial útil [ $kg/m^2$ ]

$S_i$  – área da superfície interior [ $m^2$ ]

$A_p$  – área útil de pavimento [ $m^2$ ]

$R_{ph}$  – taxa de renovação do ar [ $h^{-1}$ ]

$A_{env}$  – área de envidraçados [ $m^2$ ]

$N_{ic}$  – necessidades nominais de energia útil para aquecimento [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_i$  – limite máximo das necessidades nominais de energia útil para aquecimento [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_{vc}$  – necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_v$  – limite máximo das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_{ac}$  – necessidade nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_a$  – limite máximo das necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias [ $kWh/m^2 \cdot ano$ ]

$N_{tc}$  – necessidades nominais globais de energia primária [ $kgep/m^2 \cdot ano$ ]

$N_t$  – limite máximo das necessidades nominais globais de energia primária [RCCTE -  $kgep/m^2 \cdot ano$ ] [REH -  $kWh_{EP}/m^2 \cdot ano$ ]

- $Q_t/Q_{tr}$  – transferências de calor por transmissão através da envolvente [kWh]
- $Q_v/Q_{ve}$  – transferências de calor por ventilação [kWh]
- $Q_{gu}$  – ganhos de calor úteis [kWh]
- $Q_{ext}$  – transferências de calor através da envolvente em contato com o exterior [kWh]
- $Q_{ina}$  – transferências de calor através da envolvente em contato com locais não-aquecidos [kWh]
- $Q_{pe}$  – transferências de calor através de pavimentos e paredes em contato com o solo [kWh]
- $Q_{pt}$  – transferências térmicas lineares [kWh]
- $Q_g$  – ganhos térmicos brutos [kWh]
- $L_{pe}$  – perdas unitárias de calor [W/°C]
- $L_{pt}$  – perdas de calor lineares unitárias [W/°C]
- $\eta$  - fator de utilização dos ganhos térmicos
- $A_j$  – área do elemento j [m<sup>2</sup>]
- $B_j$  – desenvolvimento linear da ponte térmica [m]
- $\Psi$  – coeficiente de transmissão térmica linear [W/m.°C]
- $P_d$  – pé-direito [m]
- $Q_i$  – ganhos térmicos internos [kWh]
- $Q_s$  – ganhos solares térmicos [kWh]
- $X_j$  – fator de orientação
- $A_{snj}$  – área efetiva coletora da radiação solar da superfície n que tem orientação j [m<sup>2</sup>]
- $M$  – duração da estação de aquecimento [meses]
- $F_s$  – fator de obstrução
- $F_g$  – fração envidraçada
- $F_w$  – fator de correção da seletividade angular dos envidraçados
- $F_h$  – fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício
- $F_o$  - fator de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado
- $F_f$  – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado
- $q_i$  – ganhos térmicos internos médios [W/m<sup>2</sup>]
- $\alpha$  – ângulo do horizonte [°]/ângulo de obstrução [°]
- $\beta$  – ângulo de obstrução [°]
- $a$  - coeficiente de absorção solar
- $FF$  – fator de forma
- $A_{ext}$  – área da envolvente exterior [m<sup>2</sup>]
- $A_{int}$  – área da envolvente interior [m<sup>2</sup>]

$V$  – volume [ $m^3$ ]

$Q_{opaca}$  – ganhos solares através da envolvente opaca [kWh]

$h_e$  – condutância térmica superficial exterior [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]

$Q_a$  – energia útil despendida [kWh/ano]

$E_{solar}$  – contribuição de sistemas de coletores solares

$E_{ren}$  – contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis

$M_{AQS}$  – consumo médio diário de referência [l/ocupante]

$\Delta T$  – variação da temperatura [ $^\circ C$ ]

$n_d$  – número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias

$F_{pu}$  – fator de conversão entre energia útil e energia primária [kgep/kWh]

$g_i$  – fator solar de inverno

$g_v$  – fator solar de verão

$F_{mv}$  – fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados

$g_T$  – fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar ativados

$g_{Tp}$  – fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes

$g_{Tvc}$  – fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado

$g_{Tm\acute{a}x}$  – limite máximo admissível para os fatores solares de vãos envidraçados

$H_{tr}$  – coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior [ $W/^\circ C$ ]

$H_{enu}$  - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não-úteis [ $W/^\circ C$ ]

$H_{adj}$  - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com edifícios adjacentes [ $W/^\circ C$ ]

$H_{ecs}$  - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o solo [ $W/^\circ C$ ]

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico

RQSCE – Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

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

CEE – Comunidade Económica Europeia

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

ADENE – Agência para a Energia

DGGE – Direção Geral de Energia e Geologia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

NUTS – Unidades Territoriais Estatísticas

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO

Ao longo dos anos, o consumo de energia tem vindo a aumentar, o que torna a sua utilização cada vez mais dependente do abastecimento de petróleo e gás do exterior. No entanto, com as preocupações quanto à escassez destes recursos, aliado ao compromisso de redução das emissões dos gases de efeito estufa, surgiu a Diretiva Europeia 2002/91/CE, de 16 de Dezembro, com o objetivo de impor limites ao consumo de energia nos edifícios em toda a Europa. Esta Diretiva foi transposta, em 2006, para o ordenamento jurídico nacional através de três Decretos-Lei:

Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE);

O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);

O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [2].

Neste contexto, criou-se um sistema de certificação energética, para comprovar a correta aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior nos edifícios e obter informação sobre o desempenho energético dos mesmos, em condições normais de utilização.

A criação e operacionalização do referido sistema, a par dos esforços empregados na aplicação daqueles regulamentos, contribuíram também, nos últimos anos, para o destaque crescente dos temas relacionados com a eficiência energética e utilização de energia renovável nos edifícios.

A 19 de Maio de 2010, foi publicada a Diretiva n.º 2010/31/EU, que veio reformular o regime estabelecido pela Diretiva anterior, clarificando alguns princípios e introduzindo novas disposições, visando a melhoria do desempenho energético nos edifícios. Assim, a transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/EU originou uma revisão da legislação nacional, melhorando a sua sistematização e âmbito de aplicação, incluindo, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), sendo os últimos dois, parte integrante do primeiro [9].

Desta forma, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) ficou sem efeito, sendo substituído pelo novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), os quais serão objeto de comparação.

## **1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES**

O novo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) introduziu algumas mudanças no cálculo do desempenho energético dos edifícios.

A presente dissertação surgiu da necessidade de estudar esta nova metodologia e avaliar as suas implicações através de um estudo comparativo. É, sobretudo, de natureza numérica, baseada num conjunto de casos de estudo, da aplicação das duas vertentes da regulamentação térmica para edifícios de habitação, contendo, como principal objetivo, a avaliação do impacto que as alterações adotadas pela nova regulamentação podem causar na classificação do desempenho energético destes edifícios e em que medida é vantajosa esta nova versão.

Foi também objetivo desta dissertação avaliar a influência do valor da taxa de renovação do ar e comparar os resultados obtidos por recurso à folha de cálculo sugerida pela regulamentação e utilizando valores por defeito propostos pela FEUP.

## **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

No primeiro capítulo faz-se um breve enquadramento ao tema em estudo, sendo estabelecidos os objetivos inerentes ao trabalho.

No segundo capítulo, de carácter meramente descritivo, é efetuado o enquadramento da legislação, num contexto Europeu e Português, e uma breve descrição da regulamentação térmica existente em Portugal. Posteriormente é descrita a metodologia da última versão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que esteve em vigor até 30 de Novembro de 2013, bem como a metodologia adotada posteriormente a essa data, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

No terceiro capítulo é caracterizada a amostra que serviu de casos de estudo ao trabalho, apresentando as suas plantas e alçados, as características construtivas e os parâmetros necessários para o cálculo das classes energéticas.

No quarto capítulo são analisados e discutidos os resultados referentes à aplicação das duas metodologias para os diversos casos de estudo. Adicionalmente reflete-se acerca da influência que a taxa de renovação do ar pode ter na certificação energética dos edifícios, bem como estuda-se a possibilidade de ser utilizada uma outra forma de cálculo deste parâmetro.

Por fim no quinto capítulo faz-se uma síntese dos resultados obtidos e apresentam-se as conclusões do presente trabalho.

# 2

## ESTADO DA ARTE

### 2.1. EVOLUÇÃO LEGISLATIVA

A partir da década de 70 do século passado, a Europa atravessou uma difícil situação económica. Surgiu a primeira crise do petróleo que conduziu a um crescente aumento dos custos de energia. Desde então, a garantia do suprimento de energia em níveis adequados às necessidades passou a ser uma grande preocupação. Este facto, aliado a um aumento da aspiração da população a melhores condições de higiene e conforto nos edifícios, levou ao incremento de estratégias de dinamização e aperfeiçoamento de condições naturais para otimização das condições térmicas.

Surge então, em 1991, a primeira regulamentação térmica em Portugal, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento tinha por objetivo impulsionar a introdução de aspetos térmicos e energéticos no processo de projeto, provocar melhorias das condições de conforto no interior, sem que no entanto se verificasse um acréscimo do consumo de energia e introduziu requisitos mínimos na envolvente. A primeira versão do RCCTE, embora pouco exigente, introduziu o recurso quase sistemático ao isolamento térmico na construção e foi o primeiro Regulamento Europeu que levou em consideração o conforto no verão [2].

Posteriormente, em 1998, surgiu o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), no qual foi estabelecido limites e restrições na instalação e utilização de equipamentos e sistemas [2].

Contudo, estes dois regulamentos não foram suficientes para reduzir o consumo energético dos edifícios e torná-los mais eficientes.

Aliado à crescente preocupação com a emissão de gases poluentes que contribuem para o aquecimento global, em 2001, a Comissão Europeia lançou uma proposta de diretiva sobre o desempenho energético de edifícios, que viria a ser aprovada a 16 de Dezembro de 2002 - Diretiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002 [3].

### 2.2. DIRETIVAS EUROPEIAS

A Diretiva Europeia 2002/91/CE foi desenvolvida para fazer face à necessidade de uma edificação mais “sustentável”, devido ao progressivo aumento das necessidades de conforto exigidas, sem esquecer, no entanto, as preocupações ambientais crescentes. Os seus objetivos assentavam, essencialmente, em aumentar as exigências regulamentares relativas à qualidade térmica dos edifícios novos de forma a reduzir o consumo energético e identificar melhorias de eficiência energética a adotar para edifícios existentes. Para isso, a Diretiva estabelecia uma metodologia de cálculo da eficiência energética, definia requisitos mínimos a satisfazer,

impunha a emissão de Certificados Energéticos a Edifícios para as diversas situações de transação e remodelação, bem como para todos os edifícios de serviço com mais de 1000 m<sup>2</sup>, obrigava a inspeção periódica de caldeiras e sistemas de climatização e devia garantir que estas duas últimas fossem efetuadas por peritos e inspetores qualificados e/ou acreditados para tal. Estas medidas contribuíram para a reestruturação e melhoramento da regulamentação [3].

Após a criação da diretiva n.º2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, o Estado promoveu, com forte dinamismo, a eficiência energética dos edifícios e, por essa via, adquiriu uma experiência relevante, que se revelou não só na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria. A 19 de maio de 2010 esta diretiva foi reformulada a fim de clarificar alguns dos princípios do texto inicial e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, resultando na publicação da diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 [9].

### **2.3. REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA EM PORTUGAL**

A 4 de Abril de 2006, por transposição da diretiva europeia 2002/91/CE para o direito nacional, foram publicados três documentos legislativos que estiveram em vigor até 30 de Novembro de 2013: o Decreto-Lei n.º78/2006, que implementava o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e as respetivas regras de funcionamento; o Decreto-Lei n.º79/2006, que correspondia a uma revisão do já existente Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), que incluía disposições para a inspeção regular de todos os equipamentos; e o Decreto-Lei 80/2006, que correspondia a uma revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [3].

Estes regulamentos vieram introduzir as alterações necessárias para a implementação da diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios e introduzir mudanças verificadas nos hábitos de construção, levando à contenção de despesas e, ao mesmo tempo, melhorando a qualidade do ambiente interior.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE) assegura a aplicação dos regulamentos, informa os consumidores quanto à qualidade térmica dos edifícios por meio de certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior e identifica medidas corretivas ou de melhoria, pressionando os empreendedores, para a construção de novas edificações, ou reabilitação de existentes, com melhor qualidade ambiental e conforto. Este sistema de certificação é gerido pela Agência para a Energia (ADENE), a qual tem por competência a criação do modelo de certificado do desempenho energético e da qualidade do ar interior para a classificação das edificações. A aplicação do certificado do desempenho energético passou a ser obrigatório desde 1 de Julho de 2008 a todos os edifícios de serviço ou habitação com pedido de licenciamento feito a partir dessa data [2].

A versão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) de 4 de Abril de 2006 manteve os objetivos do regulamento anterior: controlar os consumos energéticos e aumentar o nível de exigência da qualidade térmica da envolvente do edifício. Para além da divisão das necessidades entre a estação de aquecimento e a estação de arrefecimento, já contemplado no regulamento de 1990, acrescentou as necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias, apoiado em valores climáticos atualizados, consequência originada pela obrigação da implantação de sistemas que recorrem a energias renováveis (painéis solares). Este regulamento estabelecia valores máximos para as

necessidades nominais de energia útil de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de águas quentes sanitárias, bem como para as necessidades globais de energia primária, os quais não podiam ser excedidos para qualquer edifício de habitação ou de serviço abrangidos. Em parceria com um conjunto de características mínimas exigidas das propriedades térmicas da envolvente, pretendia-se minimizar as situações patológicas nos elementos de construção, tendo em vista o aumento da sua durabilidade, satisfazendo as exigências de conforto, sem o dispêndio excessivo de energia [5].

Mais tarde, para assegurar a transposição da diretiva europeia n.º2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, surgiu o Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto, que também serviu para a revisão da legislação nacional, que se resume em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação, aglutinando, num só diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), sendo os últimos dois, parte integrante do primeiro [9].

Esta versão da legislação nacional, em vigor desde 30 de Novembro de 2013, mantém os objetivos do RCCTE e promove a harmonização concetual e terminológica, a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas e a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando o primeiro a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação, e o segundo, sobre os edifícios de comércio e serviços. Para além desta divisão, são ainda definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes [9].

Apresentam-se a seguir as duas metodologias definidas por cada uma destas duas regulamentações (RCCTE e REH).

## **2.4. METODOLOGIA DO RCCTE (DL N.º80/2006)**

### **2.4.1. INTRODUÇÃO**

Para salvaguardar a satisfação das condições do conforto térmico para um dado edifício ou frações de edifícios, sem necessidade excessiva de energia, até ao final de Novembro de 2013, era necessário proceder à verificação dos requisitos exigidos pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE). Para efeito desta verificação era necessário proceder à caracterização do comportamento térmico dos edifícios quantificando um certo número de índices e parâmetros.

De acordo com o *artigo 4.º* do Decreto-Lei n.º80/2006, os índices e parâmetros de caracterização de um edifício eram:

- Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente;
- Classe de inércia térmica;
- Fator solar dos vãos envidraçados;
- Taxa de renovação do ar;
- Necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento;
- Necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento;
- Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias;
- Necessidades globais de energia primária.

Para se verificar a satisfação das exigências energéticas de um edifício, tinha-se em conta, para além do seu tipo e morfologia, o clima da região onde se encontrava a construção, formas de exposição solar e condições circundantes. Esta preocupação era de particular importância para

Portugal, onde a amenidade do clima e o ainda modesto nível de vida da população dá lugar a práticas de uso de aquecimento e arrefecimento muito limitados, recorrendo a soluções construtivas que permitam o máximo aproveitamento das condições climáticas da região.

Em regra, com esta caracterização para edifícios de habitação, pretendia-se simular o balanço térmico entre os ambientes interior e exterior do edifício, como exemplifica a figura 2.1, de forma a resolver fundamentalmente, os seguintes problemas:

- Em condições de Inverno, determinar a quantidade de calor a fornecer ao edifício e a potência do equipamento de aquecimento necessária para que a sua temperatura interior se mantenha aproximadamente constante ou superior a um valor mínimo admissível;
- Em condições de verão, determinar a quantidade de calor que importa extrair e a potência do equipamento de arrefecimento necessária para que a temperatura do ar interior não ultrapasse dado limite admissível [1].

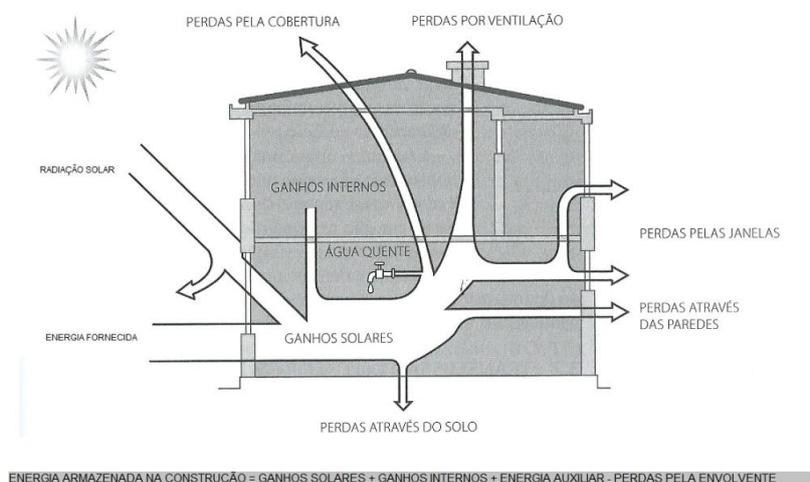


Fig. 2. 1 – Balanço térmico em edifícios [1]

#### 2.4.2. DADOS CLIMÁTICOS

Para minimizar o recurso a meios artificiais de climatização, torna-se obrigatório promover os ganhos de energia solar através da envolvente opaca ou envidraçada no inverno e restringir no verão, bem como reduzir as perdas térmicas no inverno. Para tal, é fundamental a consideração da influência do clima dos locais de implantação dos edifícios, para a correta previsão do seu desempenho térmico e energético.

Em regra, as características climáticas de cada país ou região são definidas por meio de um conjunto de dados com suficiente representatividade temporal e espacial, evitando, deste modo, a necessidade de se proceder à sua obtenção em cada caso particular.

##### 2.4.2.1. Zonas climáticas

As transferências de calor através da envolvente dos edifícios dependem da diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício. No que diz respeito às condições interiores, o RCCTE admitia temperaturas de referência, definidas no artigo 14º, de 20°C na estação de aquecimento e 25°C e 50 % de humidade relativa para a estação de arrefecimento.

Quanto às condições exteriores, para fazer face às variações do clima, o RCCTE estabelecia dados climáticos médios para cada concelho de Portugal Continental e para as Regiões Autónomas, discriminando três zonas climáticas para o Inverno (zonas climáticas na estação de aquecimento: I1, I2 e I3) e três zonas climáticas para o Verão (zonas climáticas na estação de arrefecimento: V1, V2 e V3) como se pode verificar pela figura 2.2. Ambas por ordem crescente de severidade do clima.

As zonas de Verão estavam divididas em região Norte e região Sul. Entendia-se por região sul a que ficava a sul do rio Tejo e ainda os concelhos de Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.

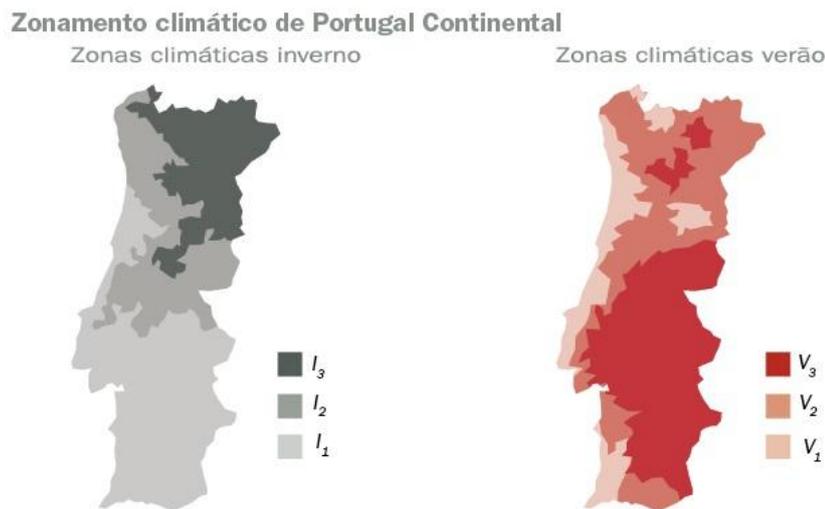


Fig. 2. 2 - Zonamento climático de Portugal continental [20]

Estas zonas climáticas eram definidas com base nos dados climáticos médios, acrescidos das altitudes e das distâncias à costa. Por isso, após a consulta do quadro III.1 do Decreto-Lei n°80/2006 (RCCTE), referente ao zonamento climático discriminado por concelhos, eram feitos eventuais ajustes conforme os quadros III.2 e III.3 do anexo III do RCCTE.

Para o cálculo das necessidades nominais globais de energia primária ( $N_{ic}$ ), interessava saber, consoante a zona, o número de Graus-dias (GD), a duração da estação de aquecimento em meses, a energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento ( $G_{sul}$ ), e os valores médios da temperatura do ar exterior ( $\theta_{atm}$ ) e da intensidade da radiação solar ( $I_r$ ) para a estação de arrefecimento.

O número de Graus-dias de aquecimento (na base de 20°C) correspondia ao número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que era igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma dada temperatura de base (20°C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento [5].

### 2.4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA

#### 2.4.3.1. Definição da envolvente

Segundo o RCCTE, a envolvente de um edifício compunha-se em envolvente exterior e envolvente interior. Entendia-se como envolvente exterior o conjunto dos elementos do edifício ou fração autónoma que estabeleciam fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior. Já a envolvente interior correspondia à fronteira que separava a fração autónoma de ambientes interiores normalmente não climatizados (espaços anexos não úteis), tais como garagens ou armazéns, bem como de outras frações autónomas adjacentes em edifícios vizinhos. Os ambientes interiores normalmente não climatizados, mais conhecidos por espaços não úteis, correspondiam a locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontravam englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinavam à ocupação permanente do homem tais como armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, circulações comuns a outras frações autónomas do mesmo edifício, etc. A figura 2.3 exemplifica a localização dos diferentes tipos de envolvente.

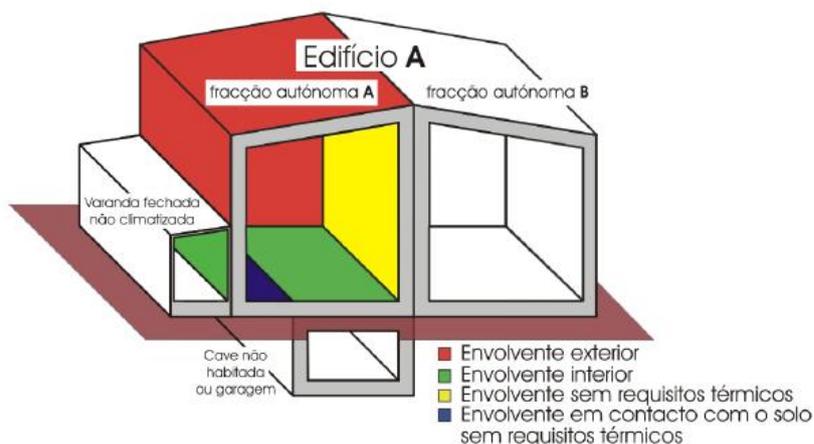


Fig. 2. 3 - Tipos de envolvente de um edifício [7]

Pela figura, verifica-se duas frações autónomas. A fração autónoma A fornece a percepção da localização da envolvente exterior (vermelho), da envolvente em contacto com o solo (azul), da envolvente interior em contacto com espaços não úteis (verde) uma vez que separa o interior de uma varanda e de uma cave, e ainda a envolvente sem requisitos térmicos (amarelo) visto que se trata de uma envolvente que separa duas frações autónomas que, à partida se encontram à mesma temperatura, não existindo trocas térmicas.

Os requisitos térmicos referentes à envolvente interior eram considerados como menos exigentes comparados com os da envolvente exterior, devido às trocas térmicas entre o espaço útil e o espaço não-útil serem normalmente inferiores às trocas térmicas com o exterior, uma vez que a temperatura do ar nos espaços não-úteis ( $\theta_a$ ) apresentava valores intermédios entre a temperatura da zona útil ( $\theta_i$ ) e a temperatura do ar exterior ( $\theta_{atm}$ ) [6].

#### 2.4.3.2. Coeficientes de transmissão térmica- u

O coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente (U) é a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa [5].

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) de um elemento da envolvente, depende de fatores construtivos, nomeadamente, se consiste num elemento construído por camadas homogéneas ou heterogéneas e se considera a inclusão ou não de espaços de ar entre camadas [7].

A publicação do LNEC Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios contém uma vasta lista de coeficientes de transmissão térmica (U), dos elementos de construção mais comuns, incluindo as resistências térmicas superficiais ( $R_{si}$  e  $R_{se}$ ) e as resistências térmicas dos espaços de ar [16].

No entanto, no caso de um edifício utilizar uma solução construtiva não tabelada nessa publicação, o respetivo valor do coeficiente de transmissão térmica deve ser obtido usando a equação 1.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (1)$$

Em que:

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

$R_{si}$  e  $R_{se}$  – Resistência térmica superficial interior e exterior, respetivamente ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ );

Para as diversas camadas homogéneas, o valor de  $R_j$  é calculado como sendo o quociente entre a espessura da camada j ( $e_j$ ) e o valor de cálculo da condutibilidade térmica de cada material que a constitui ( $\lambda_j$ ), como mostra a equação apresentada a seguir.

$$R_j = \frac{e_j}{\lambda_j} \quad (1.1)$$

Em que:

$e_j$ - espessura do elemento j (m);

$\lambda_j$ - condutibilidade térmica do material j ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos que separavam um espaço útil interior de um espaço não-útil, deviam ser adotados valores de resistências superficiais exteriores ( $R_{se}$ ), iguais às resistências superficiais interiores ( $R_{si}$ ). Deste modo, o cálculo da equação 1 sofreu alterações e passou a ser expressa pela equação 2.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{si}} \quad (2)$$

Em que:

$R_j$  – Resistência térmica da camada  $j$  ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ );

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

No Anexo IX do RCCTE eram definidos requisitos mínimos de qualidade térmica para as zonas correntes e não correntes da envolvente dos edifícios, sendo que, nenhum elemento da envolvente de qualquer edifício podia ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente ( $U$ ) superior ao valor correspondente no quadro IX.1 do Anexo IX do RCCTE. E nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zonas de ponte térmica plana, nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, podia ter um valor de  $U$ , calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, superior ao dobro do dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente, respeitando sempre, no entanto, os valores máximos indicados no quadro IX.1 do RCCTE.

#### 2.4.3.3. Fator solar

O fator solar de um vão envidraçado ( $g_{\perp}$ ) consiste na relação entre a energia transmitida para o interior através de um vão envidraçado e a energia de radiação solar que nele incide na direção normal ao envidraçado, tomando valores diferentes para a estação de aquecimento e de arrefecimento.

Na estação de aquecimento, o valor do fator solar do vão envidraçado ( $g_{\perp}$ ) tinha em consideração a utilização de dispositivos móveis de proteção solar interiores ou exteriores (estores, cortinas, portadas, etc). No entanto para maximizar o aproveitamento da radiação solar, considerava-se que estes dispositivos móveis se encontravam desativados (abertos), na tabela IV.4 do DL n°80/2006 eram apresentados os valores do fator solar de vários envidraçados típicos sem dispositivo de proteção solar. Para calcular o fator solar de outros envidraçados ( $g_{\perp}$ ) devia ser seguido o método de cálculo especificado na norma EN 410. Todavia, de acordo com o regulamento, sempre que fosse previsível a utilização de cortinas ou outros dispositivos de proteção solar que normalmente permanecem fechados na estação de aquecimento, estes deviam ser considerados no cálculo do fator solar do vão envidraçado. Perante esta situação no setor residencial devia ser considerado, pelo menos, cortinas interiores muito transparentes de cor clara, salvo justificação em contrário. Em consequência deste pressuposto, todos os vidros incolores assumiam, pelo menos, valores de fator solar de 0,7 e 0,63 para vidros simples ou duplos respetivamente. O quadro V.4 apresentava valores do fator solar de vãos envidraçados com diferentes dispositivos de proteção para vidros incolores correntes. No caso de utilização de vidros especiais (colorido na massa, refletante incolor, etc) devia-se recorrer à equação 3.1 e 3.2 consoante se tratasse de vãos com vidro simples ou duplo respetivamente.

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp v}}{0,85} \quad (3.1)$$

$$g_{\perp} = \frac{g'_{\perp} \times g_{\perp v}}{0,75} \quad (3.2)$$

Em que:

$g_{\perp}$ - fator solar do vão envidraçado;

$g_{\perp}'$  - fator solar do vão envidraçado com proteção solar e vidro incolor;

$g_{\perp v}$ - fator solar do vidro especial.

No que se refere à estação de arrefecimento o valor do fator solar tinha em consideração a utilização desejável dos dispositivos de proteção solar móvel (estores, cortinas e portadas) interiores ou exteriores. Admitia-se que os dispositivos móveis eram utilizados com razoável eficácia e, por essa razão o regulamento previa que o valor do fator solar ( $g_{\perp}$ ) era obtido pela soma de 30% do fator solar do vidro obtido pela Tabela IV.4 do regulamento mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel atuada, cujos valores estavam indicados no quadro V.4 no regulamento para vidros incolores correntes. Como já foi referido, no caso de vidros especiais com proteção solar interiores ou com proteção exterior não opaca, era necessário recorrer às equações anteriores, à exceção dos vidros especiais, cuja proteção fosse exterior opaca (tipo persiana), em que o valor do fator solar do vão com proteção móvel, podia ser obtido diretamente do quadro V.4.

Contudo, no setor residencial, por uma questão de coerência com os pressupostos admitidos para o cálculo do fator solar na estação de aquecimento, também na estação de arrefecimento se admitia a existência de cortinas interiores muito transparentes de cor clara, caso não estivessem definidas outras proteções solares específicas. E no caso de vão protegidos por mais de uma proteção solar devia ser utilizada a equação 3.3 e 3.4, para vidros simples e duplos respetivamente, considerando apenas as proteções solares existentes do lado exterior até ao interior até à primeira proteção solar opaca.

$$g_{\perp} = g_{\perp v} \prod_i \frac{g_{\perp}'}{0,85} \quad (3.3)$$

$$g_{\perp} = g_{\perp v} \prod_i \frac{g_{\perp}'}{0,75} \quad (3.4)$$

Em que:

$g_{\perp}$ - fator solar do vão envidraçado;

$g_{\perp}'$  - fator solar do vão envidraçado com proteção solar e vidro incolor;

$g_{\perp v}$ - fator solar do vidro especial.

No Anexo IX do regulamento, eram também definidos valores máximos admissíveis para os fatores solares de vãos envidraçados, entendendo-se que nenhum vão envidraçado da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servia, desde que não orientado a norte (entre noroeste e nordeste), podia apresentar um fator solar correspondente ao vão envidraçado com o(s) respetivo(s) dispositivo(s) de proteção 100% ativado(s) que excedesse os valores indicados no quadro IX.2 do RCCTE [5].

#### 2.4.3.4. Inércia térmica

A inércia térmica ( $I_t$ ) está diretamente relacionada com o comportamento térmico do edifício. Consiste na capacidade de armazenamento de calor que uma fração autónoma apresenta, dependendo da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção e é calculada pela expressão seguinte.

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \times S_i}{A_p} \quad (4)$$

Onde:

$M_{si}$ - massa superficial útil do elemento  $i$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$S_i$ - área da superfície interior do elemento  $i$  ( $\text{m}^2$ );

$A_p$ - área útil de pavimento ( $\text{m}^2$ ).

Os valores da massa superficial dos elementos podem ser obtidos em tabelas técnicas ou em publicações do LNEC sobre a caracterização térmica de elementos de construção, ou ainda noutra documentação técnica disponível. Quanto maior a massa superficial dos materiais de construção utilizados, ou seja, mais pesados e maciços, maior será a inércia térmica, o que resulta em trocas de calor mais lentas com o meio que as rodeia, mantendo assim temperaturas medianas. Ou seja, a energia obtida pelos ganhos solares durante o dia, são facilmente armazenados para serem emancipados no período noturno. Pode-se considerar que em toda a faixa do clima mediterrânico, a inercia térmica é uma medida essencial para a otimização do desempenho energético-ambiental de edifícios habitacionais.

Para o cálculo da massa superficial útil de cada elemento de construção, era necessário ter em conta a sua localização no edifício e a sua constituição.

No que se refere à localização, podia situar-se na envolvente exterior (EL1), nos elementos em contato com o solo (EL2) ou nos elementos interiores da fração autónoma em estudo (EL3). A figura 2.4 representa diversos posicionamentos dos elementos de construção.

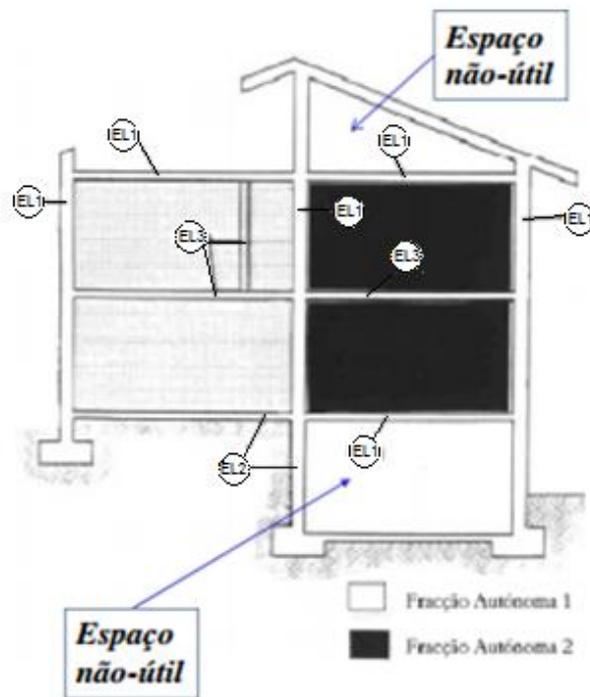


Fig. 2. 4 - Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica interior [5]

No que se refere à constituição de cada elemento, interessava saber se tinha isolamento térmico, caixa-de-ar e as características do revestimento superficial do elemento, nomeadamente a resistência térmica.

O isolamento térmico pelo exterior minimizava as perdas térmicas para o exterior, sem obstruir a relação direta dos elementos construtivos, por armazenamento e radiação, com o ambiente interior. Ou seja, o isolamento térmico, no caso do clima de Portugal, devia ser utilizado após uma grande quantidade de massa construtiva em contato com o interior que garantisse um alto grau de inércia térmica capaz de armazenar o calor dos ganhos solares durante o dia. Importante era conjugar também os tipos de revestimento interior empregues, a escolha excessiva por materiais leves como o teto falso, afetava o grau de inércia térmica do edifício.

Na tabela 2.1 apresentam-se os valores máximos de  $M_{si}$  a considerar em função dos três casos genéricos de localização dos elementos de construção no edifício.

Tabela 2. 1 - Valores de  $M_{si}$  e seus limites máximos

Localização dos elementos de construção no edifício	Valores máximos de $M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> ) a considerar no cálculo de $I_t$		
	Com isolamento térmico (*)	Sem isolamento térmico	
		Com caixa-de-ar	Sem caixa-de-ar
EL1- Elementos da envolvente exterior, em contato com outra fração autónoma ou com espaços não úteis	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_{pi}$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
EL2- Elementos em contato com o solo	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = 150$	
EL3- Elementos interiores da fração autónoma em estudo (paredes e pavimentos interiores)	$M_{si} = m_i$ ambos os lados e $M_{si} \leq 150$ para cada lado	$M_{si} = m_t$ e $M_{si} \leq 300$	

mi- massa do elemento da envolvente situada do lado interior do isolamento térmico, com exceção das situações em que exista uma caixa de ar entre o isolamento térmico e a face interior dos elementos EL1, onde  $m_i$  corresponde à massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior. E nos elementos EL3 com isolamento térmico, corresponde à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face em análise;

mt- massa total do elemento da envolvente;

mpi- massa do elemento desde a caixa-de-ar até à face interior;

A influência das características térmicas dos revestimentos superficiais interiores era considerada no RCCTE da forma indicada no quadro seguinte:

Tabela 2. 2 - Influência da resistência térmica dos revestimentos no cálculo de  $M_{si}$ 

Elemento construtivo	Resistência térmica, R, do revestimento superficial [m <sup>2</sup> .°C/W]	Valor efetivo a adotar para a massa superficial útil ( $M_{si}$ )
EL1- Elementos da envolvente exterior, em contato com outra fração autónoma ou com espaços não úteis	$R \leq 0,14$	$M_{si}$
	$0,14 \leq R \leq 0,30$	$0,50 \times M_{si}$
	$R > 0,3$	0
EL2- Elementos em contato com o solo	$R \leq 0,14$	$M_{si}$
	$0,14 \leq R \leq 0,30$	$0,50 \times M_{si}$
	$R > 0,3$	0
EL3- Elementos interiores da fração autónoma em estudo (paredes e pavimentos interiores)	$R > 0,3$ em ambas as faces	0
	$R > 0,3$ numa face e $0,14 < R < 0,3$ na outra face	$0,25 \times M_{si}$
	$R > 0,3$ numa face e $R < 0,14$ na outra face	$0,5 \times M_{si}$
	$0,14 \leq R \leq 0,3$ em ambas as faces	
	$0,14 \leq R \leq 0,3$ uma das faces e $R < 0,14$ na outra face	$0,75 \times M_{si}$

R < 0,14 ambas as faces do elemento

$M_{si}$

Após o cálculo do valor de inércia térmica ( $I_t$ ) o regulamento definia as três classes de inércia térmica indicadas no Quadro VII.6 do anexo VII do RCCTE como mostra a figura seguinte.

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento ( $\text{kg/m}^2$ )
Fraca .....	$I_t < 150$
Média .....	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte .....	$I_t > 400$

Fig. 2. 5 - Classes de inércia térmica interior [5]

#### 2.4.3.5. Taxa de renovação do ar

Para contornar os processos construtivos que hoje em dia tornam a envolvente praticamente estanque, surgiu a necessidade de garantir a ventilação permanente de um caudal mínimo de ar, por razões de higiene e confortos dos ocupantes. A ventilação tem por finalidade evacuar o ar interior viciado e substituindo-o por ar exterior novo.

A taxa de renovação do ar consiste no caudal horário de entrada de ar novo num edifício ou fração autónoma para renovação do ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou da fração autónoma [5].

O RCCTE definia como taxa de referência para a renovação do ar, para efeitos de cálculo, o valor de 0,6 renovações por hora, de forma a garantir a qualidade do ar interior. Devendo os edifícios ou frações autónomas possuir sistemas de admissão e exaustão de ar que permitam a correta ventilação.

A ventilação de um edifício pode ser assegurada por meios naturais ou mecânicos. E sempre que existam exaustores de cozinha ou ventiladores de casa de banho de funcionamento ocasional, por exemplo, quando se liga o interruptor da iluminação, não é considerado ventilação mecânica.

A ventilação natural resulta de diferenças de pressão exercidas pelo ar sobre um edifício, que pode ser causada pelo vento e pela diferença de densidade do ar interior e exterior. São determinantes a posição dos compartimentos e a orientação das aberturas para o exterior pelo que devem, preferencialmente, estar coordenadas com a direção do vento predominante, de forma a favorecer a admissão de ar exterior pelos compartimentos principais e a exaustão do ar interior pelos compartimentos de serviço (cozinhas e casas de banho).

Existem sistemas de aspiração de pó centralizados que podem extrair do fogo caudais de ar significativos. No entanto considera-se que tal situação ocorre apenas em períodos de tempo limitados e que é possível compensar com a abertura temporária das janelas pelo que não é necessário considerar a existência de tais sistemas [8].

Em alternativa à ventilação natural, a renovação de ar de um edifício pode ser assegurada por sistemas mecânicos. A ventilação mecânica recorre a dispositivos especiais (ventiladores,

exaustores, etc) que consomem energia proporcionando diferenças de pressão, criadas mecanicamente. Esta alternativa também deve os caudais de ar de ventilação natural, podendo estes últimos ser de maior ou menor volume comparativamente ao primeiro, dependendo das situações em causa. Nesta dissertação, apenas se considera a existência de ventilação natural.

No entanto, as trocas de calor por ventilação estão fortemente dependentes dos caudais de ar que se estimam para os edifícios e seus compartimentos. Quando estes caudais são obtidos por via natural, ação térmica ou do vento, têm um elevado grau de incerteza devido, sobretudo, à aleatoriedade daquelas ações e também à atitude dos utentes face à abertura de vãos de portas e janelas. Note-se que a atitude dos utentes pode ser muito diversa desde a abertura exagerada dos vãos que pode ser causa de desperdícios consideráveis de energia, à quase total inexistência de hábitos de arejamento, que pode provocar deterioração da qualidade do ar interior.

A norma NP-1037 estabelece as exigências a satisfazer pelos sistemas de ventilação das habitações.

**Para que os edifícios sejam servidos por meios de ventilação natural**, para além do cumprimento das exigências discriminadas na referida norma, os edifícios devem garantir um conjunto de disposições construtivas, salientando-se:

- Existência de aberturas de admissão de ar situadas em todos os compartimentos principais;
- Existência de dispositivos que assegurem a passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço;
- Portas exteriores, ou de acesso a zonas não úteis, com vedação em borracha, ou equivalente, em todo o seu perímetro;
- Existência de aberturas, normalmente condutas, que permitam a evacuação de ar em todos os compartimentos de serviço;
- Inexistência de qualquer dispositivo mecânico de extração de ar nas instalações sanitárias;
- No caso de o único dispositivo de ventilação mecânica presente no edifício ou fração autónoma ser o exaustor de cozinha, o seu funcionamento é pontual (curtos períodos) [7];

O RCCTE considerava que o cumprimento da norma NP-1037 resulta num  $R_{ph}$  de cálculo de  $0,6h^{-1}$ .

Para os edifícios ventilados naturalmente, que não cumpriam a norma NP 1037, o valor de  $R_{ph}$  era determinado de acordo com o grau de exposição dos edifícios à ação do vento (Quadro IV.2 do anexo IV do RCCTE) e conforme a permeabilidade ao ar da caixilharia que se pretendia utilizar (Quadro IV.1 do Anexo IV do RCCTE).

Para a obtenção do grau de exposição ao vento de um edifício, tinha-se em conta 3 parâmetro:

- Altura do edifício ou fração autónoma acima do solo;
- Região onde se situa o edifício;
- Rugosidade da zona;

A região onde o edifício se inseria podia ser A ou B. A região A dizia respeito a todo o território nacional, exceto os locais pertencentes à região B. Esta, por sua vez, dizia respeito as regiões autónomas dos Açores e da Madeira e às localidades situadas numa faixa adjacente à costa de 5 km de largura e a zonas de altitude superior a 600m.

Relativamente à rugosidade da zona onde se inseria o edifício, este podia ser de três tipos:

- Rugosidade I- Edifícios situados no interior de uma zona urbana

- Rugosidade II- Edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural
- Rugosidade III – Edifícios situados em zonas muito expostas (sem obstáculos que atenuem o vento)

Depois, dependendo da altura do edifício, este podia inserir-se numa altura acima do solo menor que 10m, de 10m a 18m, de 18m a 28m ou superior a 28m.

Conciliando estes 3 parâmetros, e com recurso ao Quadro IV.2 do Anexo IV do RCCTE, obtinha-se a classe de exposição ao vento das fachadas do edifício ou fração autónoma que, podia assumir a classe de exposição de 1, 2, 3 ou 4.

Para a escolha da classe de permeabilidade ao ar da caixilharia, recorria-se ao Quadro IV.1 do Anexo IV do RCCTE, a qual apresentava por ordem crescente quatro classes de desempenho:

- Sem classificação (série de caixilharia não ensaiada ou com permeabilidade ao ar superior ao máximo admitido para a classe 1)
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

A qualificação da série de caixilharia utilizada devia ser comprovada por ensaios, sem o que devia ser considerada sem classificação.

Quanto menor for a permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados, maiores devem ser os cuidados a ter relativamente à ventilação, de modo a serem minimizadas situações patológicas, garantindo assim uma boa qualidade do ar interior.

Outros fatores a ter em consideração para a obtenção de um valor convencional de  $R_{ph}$ , correspondia à existência ou não de caixa de estores nos vãos envidraçados e de dispositivos de admissão de ar nas fachadas.

Para além disso, o valor de  $R_{ph}$  podia sofrer eventuais correções de acordo com os seguintes parâmetros (Nota ao Quadro IV.1, Anexo IV, RCCTE):

- Características dos dispositivos de admissão de ar nas fachadas
- Área dos vãos envidraçados
- Tipo de vedação previsto para as portas

Quanto às características das aberturas de ventilação, se estas não possuísem um mecanismo de auto-regulação, permitindo a variação excessiva do caudal de ar (variações de caudal mais do que 1,5 vezes para diferenças de pressão entre 20 Pa e 200 Pa), pressupunha-se um aumento das perdas e dos ganhos por renovação de ar. Nestas condições, os valores convencionais das taxas de renovação de ar ( $R_{ph}$ ) obtidos pelo Quadro IV.1 do Anexo IV do RCCTE, eram agravados de 0,10 h<sup>-1</sup>.

Relativamente à área dos vãos envidraçados, os valores convencionais de  $R_{ph}$  indicados no Quadro IV.1 do Anexo IV, foram estabelecidos admitindo-se uma área máxima de vãos envidraçados ( $A_{env}$ ) igual a 15% da área útil de pavimento ( $A_p$ ). Nos casos em que a área dos vãos envidraçados era superior a 15% da área útil de pavimento, os valores de  $R_{ph}$  eram agravados de 0,10 h<sup>-1</sup>.

Finalmente, o tipo de vedação prevista para as portas podia originar reduções no valor do  $R_{ph}$ . Se todas as portas do edifício, ou fração autónoma, fossem bem vedadas por aplicação de borrachas, ou equivalente, em todo o seu perímetro, os valores de  $R_{ph}$  indicados no Quadro IV.1, do Anexo IV, podiam ser diminuídos de 0,05, para os edifícios não conformes com a NP-1037.

## 2.4.4. LIMITAÇÕES DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA

2.4.4.1. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento -  $N_{ic}$ 

As necessidades nominais de energia útil para aquecimento de uma fração autónoma de um edifício correspondiam à energia útil que era necessário fornecer-lhe para que se mantivesse a temperatura interior de 20°C na estação de aquecimento (inverno). Para isso, era necessário fornecer-lhe energia auxiliar, sempre que tal objetivo não fosse atingido. Este valor era apenas uma mera referência estatística imposta, já que a existência de equipamentos não significava o seu uso permanente e os seus ocupantes não impunham permanentemente situações exatamente iguais às de referência, podendo mesmo ocorrer diferenças significativas, por excesso ou defeito, entre as condições reais de funcionamento e as admitidas como referência por este regulamento [5].

No entanto, mais do que um método para prever as necessidades energéticas reais de um edifício, as necessidades nominais serviam como um parâmetro de comparação- quanto maior fosse o valor das necessidades nominais de energia útil de aquecimento, mais frio era o edifício no inverno e, conseqüentemente, maior era a sua dependência energética para atingir valores de temperatura aceitáveis.

Para simplificação do cálculo, considerava-se todo o edifício, ou fração autónoma, à mesma temperatura de referência (20 °C). O método utilizado resultava então na seguinte expressão:

$$N_{ic} = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p} \quad (5)$$

Em que:

$Q_t$ - perdas de calor por condução através da envolvente do edifício (kWh);

$Q_v$ -perdas de calor resultantes da renovação de ar (kWh);

$Q_{gu}$ - ganhos de calor úteis, resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados (kWh);

$A_p$ - área útil de pavimento do edifício, ou fração autónoma (m<sup>2</sup>).

**As perdas de calor por condução através da envolvente do edifício ( $Q_t$ )**, em kWh/ano, resultavam do somatório das quatro parcelas correspondentes às perdas de calor através da envolvente em contato com o exterior ( $Q_{ext}$ ), em contato com locais não aquecidos ( $Q_{lna}$ ), pavimentos e paredes em contato com o solo ( $Q_{pe}$ ) e pontes térmicas lineares ( $Q_{pt}$ ), sendo traduzida pela seguinte equação:

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (5.1)$$

Para o cálculo do parâmetro relativo às perdas de calor através da envolvente em contato com o exterior, era necessário medir a área de cada elemento pelo interior ( $A_j$ ), obter o número de graus dias de aquecimentos (GD), calcular o coeficiente de transmissão térmica de cada elemento ( $U_j$ ) e aplicar a equação 5.2.

$$Q_{ext} = 0,024 \times \sum_j U_j \times A_j \times GD \quad (5.2)$$

Em que:

$U_j$ - coeficiente de transmissão térmica do elemento  $j$  da envolvente (opaca ou envidraçada), (W/m<sup>2</sup>.°C);

$A_j$ - área do elemento  $j$  da envolvente, medida pelo interior, (m<sup>2</sup>);

$GD$  – número de graus dias de aquecimento (°C. dias) da localidade em que o edifício se situa.

Para obter o termo correspondente à energia necessária para compensar as perdas através dos elementos em contato com locais não aquecidos na estação de aquecimento, era necessário obter todos os dados como no cálculo de  $Q_{ext}$  porém, as áreas a considerar ( $A_j$ ) eram as dos elementos que confinavam com os espaços não aquecidos e os respetivos coeficientes de transmissão térmica ( $U_j$ ) afetados de um fator que relacionava a amplitude térmica entre o interior e o espaço não útil e a amplitude térmica entre o interior e o exterior ( $\tau$ ), resultando na seguinte equação.

$$Q_{lna} = 0,024 \times \sum_j U_j \times A_j \times GD \times \tau \quad (5.3)$$

Onde supostamente o valor de  $\tau$  era calculado pela equação:

$$\tau = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_{atm}} \quad (5.4)$$

Mas dada a dificuldade de conhecer com precisão o valor de  $\theta_a$ , sem fixação de alguns parâmetros de difícil previsão dependentes do uso concreto e real de cada espaço, admitia-se que  $\tau$  podia tomar os valores indicados na Tabela IV.1 do RCCTE para várias situações comuns de espaços não aquecidos, calculados com base nos valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente preconizados no regulamento e em valores típicos das taxas de renovação de ar que neles ocorriam, sem prejuízo de se recorrer a um cálculo mais preciso baseado na metodologia indicada na norma europeia EN ISO 13789.

Relativamente às perdas através dos elementos em contato com o solo era necessário saber, à priori, o perímetro do pavimento ou o desenvolvimento da parede pelo interior ( $B_j$ ) e o coeficiente de transmissão térmica linear ( $\Psi_j$ ), para o cálculo das perdas unitárias de calor, dadas pela equação 5.5.

$$L_{pe} = \sum_j \Psi_j \times B_j \quad (5.5)$$

Onde:

$\Psi_j$ - coeficiente de transmissão térmica linear do elemento  $j$  em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear  $j$ , (W/m.°C);

$B_j$  -desenvolvimento linear (medido pelo interior) do elemento  $j$  em contacto com o terreno, ou da ponte térmica linear  $j$ , (m).

Os valores do coeficiente de transmissão térmica linear eram apresentados nas Tabelas IV.2 do RCCTE para várias geometrias típicas ou eram calculadas para situações não previstas, usando a metodologia definida na EN 13370.

Em seguida, com o valor de Graus Dias de aquecimento (GD) do local, procedia-se ao cálculo das perdas de calor por pavimentos e paredes em contacto com o solo pela expressão:

$$Q_{pe} = 0,024 \times \sum_j \Psi_j \times B_j \times GD \quad (5.6)$$

Por fim, para o cálculo da energia necessária para compensar as perdas lineares era necessário calcular as perdas de calor lineares unitárias que resultavam do produto do coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica pelo desenvolvimento linear da ponte térmica  $j$ , medido pelo interior, conforme a seguinte equação:

$$L_{pt} = \sum_j \Psi_j \times B_j \quad (5.7)$$

Onde:

$\Psi_j$ - coeficiente de transmissão térmica linear do elemento  $j$  em contacto com o terreno ou da ponte térmica linear  $j$ , (W/m.°C);

$B_j$  -desenvolvimento linear (medido pelo interior) do elemento  $j$  em contacto com o terreno, ou da ponte térmica linear  $j$ , (m).

Em que os coeficientes de transmissão térmica linear eram dados pela tabela IV.3, correspondentes às situações mais correntes nas construções em Portugal. Para outras situações muito distintas, podiam ser adotados valores de  $\Psi$  calculados por metodologia adequada, segunda a norma EN ISO 10211-1, devidamente justificado pelo responsável.

Por fim, recorria-se à equação 5.8 para obter a energia necessária para compensar as perdas térmicas lineares.

$$Q_{pt} = 0,024 \times \sum_j \Psi_j \times B_j \times GD \quad (5.8)$$

**As perdas de calor resultantes da renovação de ar ( $Q_v$ )** correspondiam às perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior. Durante a estação de aquecimento, a energia necessária para compensar estas perdas, era calculada pela equação 5.9.

$$Q_v = 0,024 \times 0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d \times GD \times (1 - \eta_v) \quad (5.9)$$

Em que:

$R_{ph}$  – Número de renovações horárias do ar interior ( $h^{-1}$ );

$A_p$  – Área útil de pavimento ( $m^2$ );

$P_d$  – Pé direito (m);

GD – Número de graus-dias da localidade em que o edifício se situa (°C.dias);

$\eta_v$  – Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor ( $\eta_v=0$ , caso em que não haja recuperador).

**Os ganhos de calor úteis ( $Q_{gu}$ )** necessários para o cálculo das necessidades úteis de aquecimento resultavam do produto dos ganhos térmicos brutos ( $Q_g$ ) por um fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ). Este fator resultava do fato de nem todos os ganhos térmicos brutos se traduzirem num aquecimento útil do ambiente interior, dando origem, por vezes, a um sobreaquecimento interior, resultando na seguinte fórmula:

$$Q_{gu} = \eta \times Q_g \quad (5.10)$$

Onde:

$\eta$ - fator de utilização dos ganhos térmicos;

$Q_g$ - ganhos térmicos brutos (kWh).

O fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ) variava entre 0 e 1 e era calculado em função da inércia térmica por:

$$\begin{cases} \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \\ \eta = \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \end{cases} \quad (5.11)$$

O termo  $a$  tomava os seguintes valores, consoante a inércia térmica do edifício, ou da fração autónoma.

$a= 1,8$  em edifícios com inércia térmica fraca;

$a= 2,6$  em edifícios com inércia térmica média;

$a= 4,2$  em edifícios com inércia térmica forte;

e

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos térmicos brutos}}{\text{Nec.brutas de aquecimento}} = \frac{Q_g}{Q_t+Q_v} \quad (5.12)$$

Em que:

$Q_g$ - ganhos térmicos totais brutos na estação em estudo (kWh);

$Q_t$ - Transferências de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo (kWh);

$Q_v$ - Transferências de calor por ventilação na estação em estudo (kWh).

O gráfico da figura seguinte representava a relação do fator de utilização dos ganhos térmicos em função do parâmetro  $\gamma$  e da classe de inércia térmica interior.

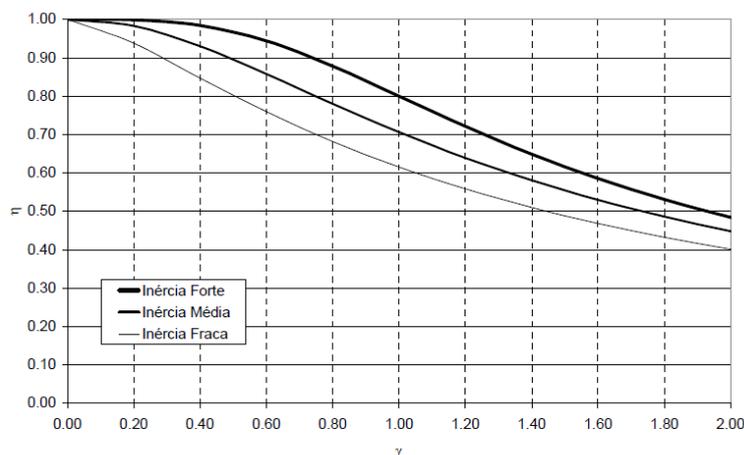


Fig. 2. 6 - Relação do fator de utilização dos ganhos térmicos em função do parâmetro  $\gamma$  e da classe de inércia térmica interior [5]

Os ganhos térmicos brutos decompunham-se em dois tipos: os ganhos térmicos internos ( $Q_i$ ) e os ganhos térmicos resultantes do aproveitamento da energia solar através dos vãos envidraçados ( $Q_s$ ), resultando no seguinte cálculo:

$$Q_g = Q_i \times Q_s \quad (5.13)$$

Os ganhos térmicos internos resultavam do metabolismo dos ocupantes ou do calor dissipado pelos equipamentos ou sistemas de iluminação e eram calculados da seguinte forma:

$$Q_i = q_i \times M \times Ap \times 0,72 \quad (5.14)$$

Em que:

$q_i$ - ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento, dados pelo Quadro IV.3 do RCCTE ( $W/m^2$ );

$M$ - duração média da estação convencional de aquecimento (meses);

$Ap$ - área útil de pavimento ( $m^2$ ).

Os ganhos solares dos vãos envidraçados consiste na energia que efetivamente passa através dele para o interior do edifício. O total dos ganhos solares constituía o somatório dos ganhos parcelares associados a cada vão, dado pela seguinte expressão:

$$Q_s = G_{sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n A_{snj}] \times M \quad (5.15)$$

Onde:

$G_{\text{sul}}$ - valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul de área unitária durante a estação de aquecimento (kWh/m<sup>2</sup>.mês) (Quadro III.8 RCCTE);

$X_j$ - fator de orientação para as diferentes exposições (Quadro IV.4 RCCTE);

$A_{\text{snj}}$ - área efetiva coletora da radiação solar da superfície n que tem orientação j (m<sup>2</sup>);

M- duração da estação de aquecimento, em meses (Quadro III.1 RCCTE).

Em que a área efetiva coletora da radiação solar de uma dada superfície era dada por:

$$A_s = A \times F_s \times F_g \times F_w \times g_{\perp} \quad (5.16)$$

Em que :

A- Área total do vão envidraçado incluindo vidro e caixilho (m<sup>2</sup>);

$F_s$ - fator de obstrução;

$F_g$ - fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia (Quadro IV.5 RCCTE);

$F_w$ - fator de correção da seletividade angular dos envidraçados;

$g_{\perp}$ - fator solar do vão envidraçado;

A fração envidraçada traduzia a percentagem de vidro em relação à área total do vão envidraçado.

O fator de correção da seletividade angular dos envidraçados representava a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar direta e assumia o valor de 0,9 tanto para vidros simples como para vidros duplos. Para outros tipos de vidro deviam ser utilizados os valores fornecidos pelos respetivos fabricantes, determinados com base na EN 410 [5].

O fator de obstrução ( $F_s$ ) variava entre 0 e 1 e representava a redução na radiação solar que incidia no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos como outros edifícios, vegetação ou outros corpos pertencentes ao edifício (palas, varandas, etc). Este podia ser traduzido pela equação 5.17.

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \quad (5.17)$$

Em que:

$F_h$ - fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

$F_o$ - fator de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado (palas, varandas);

$F_f$ - fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado (palas verticais, outros corpos ou partes do mesmo edifício).

O fator de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ) dependia do ângulo do horizonte, da latitude, orientação, clima local e da duração da estação de aquecimento.

O ângulo de horizonte ( $\alpha$ ) definia-se como o ângulo entre o plano horizontal e a reta que passa pelo centro do envidraçado, considerando o ponto mais alto da maior obstrução existente entre dois planos verticais que fazem  $60^\circ$  para cada um dos lados da normal ao envidraçado, tal como representado nas figuras 2.7 e 2.8.

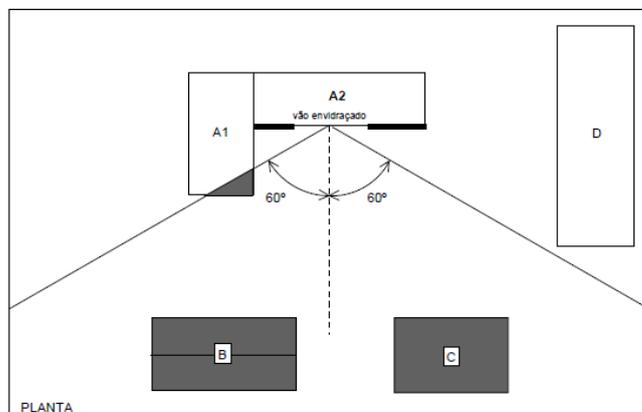


Fig. 2. 7 - Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte em planta [7]

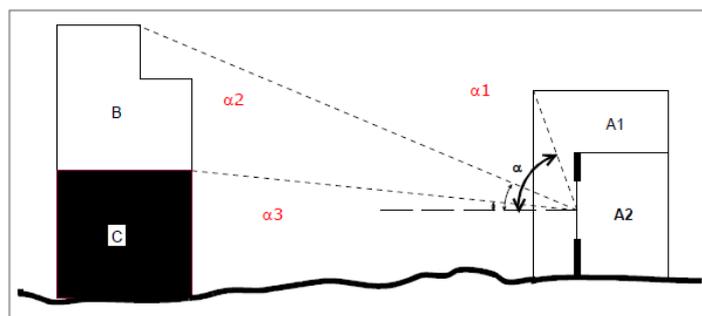


Fig. 2. 8 - Exemplo de cálculo do ângulo de horizonte (alçados) [7]

O ângulo de horizonte devia ser calculado individualmente para cada vão, ou grupo de vãos semelhantes. Logicamente que, para o cálculo do fator de sombreamento ( $F_h$ ), apenas seriam consideradas as obstruções existentes no momento do ato do projeto. No caso de inexistência de informação a cerca das imediações, que permitisse o cálculo do fator de sombreamento, adotava-se um ângulo de horizonte de  $45^\circ$  em ambiente urbano ou de  $20^\circ$  para edifícios fora das zonas urbanas. Por assim dizer, adotava-se  $45^\circ$  para edifícios situados em locais com rugosidade I e II, e  $20^\circ$  para edifícios localizados em zonas com rugosidade III.

Após determinado o ângulo de horizonte ( $\alpha$ ), recorria-se à Tabela IV.5 do Anexo IV do RCCTE, de forma a obter o valor do fator de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ) consoante a sua orientação. Para ângulos de horizonte superiores a  $45^\circ$ , adotava-se  $F_h$  correspondente ao próprio ângulo de  $45^\circ$ .

O fator de sombreamento por elementos verticais e horizontais sobrepostos ao vão envidraçado ( $F_f$  e  $F_o$  respetivamente) correspondiam a elementos de obstrução do próprio edifício e dependiam do comprimento da obstrução (ângulo de obstrução), da latitude, da exposição e do clima do local. O regulamento apresentava valores de  $F_o$  e  $F_f$  para as situações de inverno (Tabela IV.6 e IV.7) para várias orientações e valores do ângulo das palas medidos a partir do ponto médio do envidraçado. Na figura 2.9 e 2.10 estão representados diversos exemplos de medição do ângulo  $\alpha$  e  $\beta$  de elementos horizontais e verticais respetivamente.

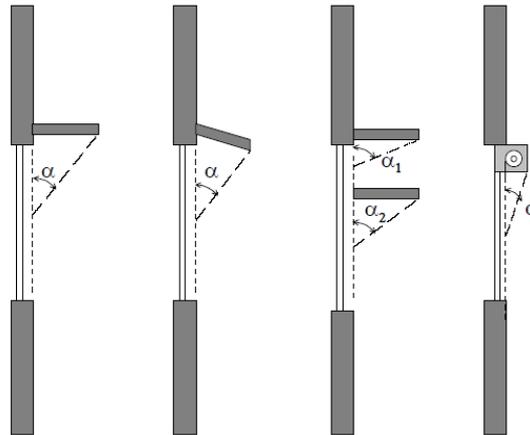


Fig. 2.9 - Exemplos de medição do ângulo  $\alpha$  de palas e de outros elementos "horizontais" (secção vertical) sobrepostos ao vão envidraçado [7]

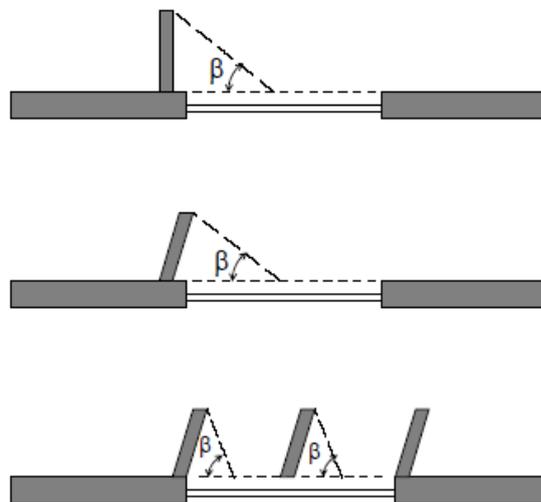


Fig. 2.10 - Exemplos de medição do ângulo  $\beta$  de palas verticais (secção horizontal) [7]

Após a medição do ângulo da pala e da verificação da orientação do vão envidraçado, eram obtidos,  $F_o$  e  $F_f$ , por consulta direta da Tabela IV.6 e da Tabela IV.7 do Anexo IV do RCCTE, respetivamente.

Quando o ângulo  $\alpha$  do elemento de sombreamento, fosse ele horizontal ou vertical, era superior a  $60^\circ$ , adotava-se, por simplificação, os valores de  $F_o$  e  $F_f$ , respetivamente, indicados na Tabela IV.6 e IV.7 do RCCTE correspondentes a um ângulo de  $60^\circ$ .

No caso de inexistência simultânea de palas horizontais e verticais, contabilizava-se o efeito de sombreamento do contorno do vão, considerando o produto dos fatores de sombreamento ( $F_o.F_f$ ) igual a 0,9, dado que o envidraçado era normalmente colocado recuado relativamente ao plano da fachada.

Para ter em atenção o facto de existir sempre radiação incidente difusa e refletida, mesmo que o vão envidraçado estivesse totalmente sombreado pelo horizonte ou por elementos horizontais ou verticais adjacentes ou sobrepostos, o regulamento estabelecia que o produto do fator de orientação,  $X_j$ , do envidraçado pelo fator de obstrução ( $F_s$ ) não podia ser inferior a 0,27 [7].

Finalmente, o fator solar do vão envidraçado ( $g_{\perp}$ ) era um valor que representava a relação entre o ganho de calor através do vão envidraçado e a radiação solar nele incidente na direção normal ao envidraçado e calculava-se como já foi referido no ponto 2.4.3.3.

Cada edifício ou fração autónoma não podia, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta o aproveitamento dos ganhos solares e internos e de outras formas de energia renováveis, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ), ou seja:

$$N_{ic} \leq N_i \quad (5.18)$$

O valor máximo  $N_i$  dependia do valor dos Graus-dias de aquecimento (GD) na base de 20<sup>o</sup>, dado pelo Quadro III.1 do RCCTE em função do local, associado à zona climática em causa, e do fator de forma FF.

Sendo assim, o valor de  $N_i$  era calculado da seguinte forma:

$$\begin{cases} N_i = 4,5 + 0,0395 \times GD, & FF \leq 0,5 \\ N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD, & 0,5 < FF \leq 1 \\ N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD] \times (1,2 - 0,2 \times FF), & 1 < FF \leq 1,5 \\ N_i = 4,05 + 0,06885 \times GD, & FF > 1,5 \end{cases} \quad (5.19)$$

Em que o fator de forma (FF) definia-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior ( $A_{ext}$ ) e da envolvente interior ( $A_{int}$ ), nas quais ocorriam trocas de calor, e o volume útil interior da facção autónoma (V). O FF era calculado pela equação 5.20.

$$FF = \frac{A_{ext} + \sum_i (\tau \times A_{int})_i}{V} \quad (5.20)$$

Em que  $\tau$  era o coeficiente calculado pela equação 5.4.

2.4.4.2. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento-  $N_{vc}$ 

As necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) de uma fração autónoma correspondiam à energia útil que era necessária retirar para que no seu interior não fosse excedida a temperatura de 25°C durante toda a estação de arrefecimento, ou seja nos meses de Junho a Setembro, inclusive. O método utilizado baseava-se na seguinte expressão:

$$N_{vc} = \frac{Q_g \times (1-\eta)}{A_p} \quad (6)$$

Em que:

$Q_g$ - ganhos totais brutos do edifício ou fração autónoma (kWh);

$\eta$ - fator de utilização dos ganhos;

$A_p$ - área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

Sempre que a temperatura se mantivesse inferior ao valor de referência, não seria necessário recorrer a meios artificiais de arrefecimento. No entanto, sempre que a temperatura interior ultrapassasse esse valor de referência (25°C), devido ao excesso de ganhos internos e solares, havia um sobreaquecimento sendo esses ganhos térmicos indesejáveis ou inúteis (ganhos não úteis). Eram os ganhos excessivos que o sistema de ar condicionado teria de retirar. Em suma, os ganhos em excesso eram as necessidades de arrefecimento.

O parâmetro  $\eta$  representava assim, a fração dos ganhos que era útil para o objetivo enunciado (não ultrapassar a temperatura de referência). Ora, por este mesmo princípio, essa fração de ganhos excessivos era, precisamente, (1- $\eta$ ). Uma vez que este parâmetro, no Verão, era calculado com base em ganhos e perdas referidas a condições interiores distintas das utilizadas para a estação de aquecimento, ele assumia uma nomenclatura diferente ( $\eta_{arref}$ ). O cálculo do fator de utilização era feito recorrendo à fórmula 5.11, tendo em atenção que o fator  $\gamma$  era obtido a partir da relação entre os ganhos térmicos totais brutos ( $Q_g$ ) e as perdas térmicas, que estavam associados às perdas pelos elementos da envolvente exterior e às perdas por renovação do ar. Logo,

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_t + Q_v} \quad (6.1)$$

Em que o valor dos ganhos térmicos totais brutos ( $Q_g$ ) era calculado da seguinte forma:

$$Q_g = Q_i + Q_s + Q_{opaca} \quad (6.2)$$

Onde:

$Q_i$ - ganhos internos (kWh);

$Q_s$ - ganhos solares através dos vãos envidraçados (kWh);

$Q_{opaco}$ - ganhos solares através da envolvente opaca (kWh).

Considerando que a estação de arrefecimento tinha a duração de 4 meses, o número de horas resultava em 4meses x 30dias x 24horas = 2928 horas. Assim sendo, a metodologia de cálculo dos ganhos internos na estação de arrefecimento resultava na expressão seguinte:

$$Q_i = 2,928 \times q_i \times A_p \quad (6.3)$$

Em que:

$q_i$ - ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento, dados pelo Quadro IV.3 do RCCTE (W/m<sup>2</sup>);

$A_p$ - área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

Para o cálculo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados adotava-se a mesma metodologia utilizada na estação de aquecimento:

$$Q_s = \sum_j [I_{rj} \times \sum_n A_{snj}] \quad (6.4)$$

Em que  $I_{rj}$  era a energia solar incidente, por orientação  $j$ , dado pelo Quadro III.9 do RCCTE, segundo a zona climática. E a área efetiva do vão  $n$  segundo  $j$  ( $A_{snj}$ ), em m<sup>2</sup>, tinha o mesmo significado já descrito em 5.16, à exceção do fator de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ), que se considerava igual a 1 e o fator solar era calculado de forma distinta como já referido em 2.4.3.3. No entanto, devido a relações angulares distintas no Inverno e no Verão, os fatores  $F_o$  e  $F_f$  eram obtidos através de quadros diferentes dos da estação de aquecimento, no Verão recorria-se ao Quadro V.1 e ao Quadro V.2 do RCCTE, respetivamente. E o fator de correção da seletividade angular dos envidraçados ( $F_w$ ) era obtido através do Quadro V.3 do RCCTE em função da orientação do vão e do tipo de vidro (simples ou duplo).

No que se refere aos ganhos através da envolvente opaca exterior ( $Q_{opaco}$ ), este resultava dos efeitos combinados da temperatura do ar exterior e da radiação solar incidente. Para seu cálculo, adotava-se a equação 6.5.

$$Q_{opaco} = 2,928 \times \sum (U \times A) \times (\theta_m - \theta_i) + \sum (U \times A) \times \frac{\alpha \times I_r}{h_e} \quad (6.5)$$

Em que o somatório se estendia a todos os elementos da envolvente e:

$h_e$ - condutância térmica superficial exterior do elemento da envolvente, que toma o valor de 25W/m<sup>2</sup>.°C;

$\alpha$ - coeficiente de absorção (para a radiação solar) da superfície exterior da parede (Quadro V.5 do RCCTE);

$\theta_m$ - temperatura média do ar exterior na estação convencional de arrefecimento na zona climática de Verão onde se localiza o edifício (Quadro III.9 do RCCTE) (°C);

$\theta_i$ - temperatura do ambiente interior de referência (°C);

$I_r$ - intensidade média da radiação total incidente em cada orientação durante toda a estação de arrefecimento (Quadro III.9 do RCCTE);

A- Área do elemento da envolvente (m<sup>2</sup>);

U- coeficiente de transmissão térmica superficial do elemento da envolvente (W/m<sup>2</sup>).

Uma vez que a temperatura média exterior no verão era inferior à temperatura convencional de conforto (25<sup>o</sup>C), a primeira parcela da equação 6.5, representava uma perda de calor, ao contrário da segunda, que constituía um ganho. Representando perdas em lugar de ganhos, a primeira parcela devia também contabilizar as perdas de calor associadas aos vãos envidraçados, e não só as associadas às envolventes opacas.

Sendo assim, o valor das perdas através da envolvente exterior era dada por:

$$Q_t = 2,928 \times \sum(U \times A) \times (\theta_m - \theta_i) \quad (6.6)$$

Na qual A representava a área, em m<sup>2</sup>, de todas as envolventes exteriores (paredes, pavimentos, coberturas, envidraçados) e U correspondia ao seus respetivos coeficientes de transmissão térmica superficial em W/m<sup>2</sup>.

Por fim, o cálculo da parcela correspondente às perdas de calor por ventilação era obtido através da seguinte equação:

$$Q_v = 2,928 \times (0,34 \times R_{ph} \times Ap \times Pd) \times (\theta_m - \theta_i) \quad (6.7)$$

Em que:

R<sub>ph</sub>- taxa de renovação horária nominal (h<sup>-1</sup>);

Ap- área útil de pavimento (m<sup>2</sup>);

Pd- pé direito (m);

θ<sub>i</sub>- temperatura do ambiente interior em °C;

θ<sub>m</sub>- temperatura média do ar exterior na estação convencional de arrefecimento, em função da zona climática de verão (Quadro III.9 do RCCTE) (°C).

Cada edifício ou fração autónoma não podia exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N<sub>v</sub>), ou seja:

$$N_{vc} \leq N_v \quad (6.8)$$

O valor máximo N<sub>v</sub> dependia da zona climática em que o edifício ou fração autónoma estava situado e era obtido diretamente por consulta do RCCTE. Na tabela 2.3 encontram-se tabelados os valores limites impostos pelo RCCTE (artigo 15<sup>o</sup>) para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N<sub>v</sub>), expresso em função da zona climática de Verão e dependendo da localização a Norte ou a Sul.

Tabela 2. 3 – Valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

Zona V1 (norte)	Nv=16 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V1 (sul)	Nv=22 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V2 (norte)	Nv=18 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V2 (sul)	Nv=32 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V3 (norte)	Nv=26 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V3 (sul)	Nv=32 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Açores	Nv=21 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Madeira	Nv=23 kWh/m <sup>2</sup> .ano

#### 2.4.4.3. Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias- $N_{ac}$

Águas quentes sanitárias (AQS) significa a água potável a temperatura superior a 35°C utilizada para banhos, limpezas, cozinha e outros fins específicos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a formas de energia convencionais ou renováveis [5].

No setor residencial, as águas quentes sanitárias correspondem essencialmente a banhos, lavagem de loiça e roupa. Os equipamentos convencionais mais utilizados no aquecimento da água são os esquentadores, caldeiras murais e termoacumuladores a gás e elétricos.

A contabilização destas necessidades foi uma novidade nesta versão do RCCTE, assim como a obrigatoriedade à implantação de coletores solares térmicos sempre que houvesse exposição solar adequada, devidamente certificados de acordo com a norma EN 12975-2. No entanto, inseria-se ainda a possibilidade de recorrer a outras formas de energias renováveis para além da solar térmica.

As necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias calculavam-se através da seguinte expressão:

$$N_{ac} = \frac{Q_a - (E_{solar} + E_{ren})}{\eta_a \cdot A_p} \quad (6.9)$$

Em que:

$Q_a$ - energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (kWh/ano);

$\eta_a$ - eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS;

$E_{solar}$ - contribuição de sistemas de coletores solares para AQS;

$E_{ren}$ - contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para a preparação de AQS, bem como quaisquer outras formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluídos residuais;

$A_p$ - área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

A energia útil despendida com sistemas convencionais durante um ano era dada pela expressão 6.10.

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad (6.10)$$

Em que:

$M_{AQS}$ - consumo médio diário de referência de AQS (40 litros/ocupante);

$\Delta T$ - aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS ( $^{\circ}C$ );

$n_d$ - número anual de dias de consumo de AQS.

Para a preparação de águas quentes sanitárias, o RCCTE, definia como temperatura de referência das águas quentes sanitárias (AQS) o valor de  $60^{\circ}C$ . Assumindo que a temperatura média anual da água da rede pública era de  $15^{\circ}C$ , o sistema de preparação de AQS devia fornecer energia suficiente para produzir uma elevação de temperatura da água de  $\Delta T=60-15=45^{\circ}C$ .

Nos edifícios residenciais, o consumo médio diário de referência ( $M_{AQS}$ ) era dado pela expressão:

$$M_{AQS} = 40l \times \text{número de ocupantes} \quad (6.11)$$

Em que o número convencional de ocupantes de cada fração autónoma era dado pelo Quadro VI.1 do RCCTE consoante a tipologia do edifício.

Tratando-se de edifícios residenciais, assumia-se que o edifício estava ocupado durante todo o ano, logo a utilização era permanente, resultando assim em 365 dias de consumo de AQS (Quadro VI.2 do RCCTE).

A eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia ( $\eta_a$ ) era fornecida pelo fabricante do sistema solar térmico com base em ensaios normalizados. Na ausência desta informação, utilizavam-se valores convencionais tabelados no RCCTE (RCCTE Anexo VI, secção 3). Os valores tabelados consistiam em valores nominais de equipamentos com pior eficiência de conversão disponíveis no mercado, que variavam de 0,95 para o termoacumulador elétrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico e 0,50 para o simples esquentador a gás. Os valores tabelados só podiam ser utilizados diretamente no estudo térmico de edifícios se se considerasse a existência de pelo menos 10 mm de isolamento térmico nas redes de distribuição da água quente interna à fração autónoma, caso contrário, estes valores deviam ser diminuídos de 0,1.

Sempre que o sistema de preparação de AQS não estivesse definido no projeto, devia considerar-se que este ia ser constituído por um termoacumulador elétrico com 5 cm de isolamento térmico ( $\eta_a=0,90$ ) para edifícios sem alimentação a gás ou um esquentador a gás natural ou GPL ( $\eta_a=0,50$ ) para edifícios com alimentação a gás.

Uma vez que Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprio, sempre que houvesse uma exposição solar adequada, era obrigatória a implantação de sistemas de coletores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios. Devia utilizar-se para cada edifício  $1 \text{ m}^2$  de coletor por ocupante, podendo este valor ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul. Os sistemas e equipamentos deviam ser certificados de acordo com a norma e legislação em vigor, colocados por instaladores acreditados pela DGGE, e garantir a manutenção do sistema em funcionamento por um período mínimo de 6 anos. Para o cálculo da contribuição dos sistemas de coletores solares térmicos para o aquecimento de águas sanitárias ( $E_{solar}$ ), recorria-se a programas de qualidade técnica reconhecida, como o programa SOLTERM do INETI [7].

Finalmente,  $E_{ren}$  traduzia a contribuição de outros sistemas de preparação de águas quentes sanitárias (AQS) como painéis fotovoltaicos, recuperadores de calor, de equipamentos ou de fluidos residuais, entre outros, os quais deviam ser determinados com base num método devidamente justificado e reconhecido, e aceite pela entidade licenciadora.

Também as necessidades nominais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) de cada fração autónoma não podia, sob condições e padrões de utilização nominais, exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias ( $N_a$ ) dado pela seguinte expressão:

$$N_a = \frac{0,081 \times M_{AQS} \times n_d}{Ap} \quad (6.12)$$

#### 2.4.4.4. Necessidades nominais globais de energia primária - $N_{tc}$

Para além das verificações parcelares respeitantes a cada um dos tipos de consumo referidos anteriormente, o regulamento impunha ainda limites ao consumo global que decorria da utilização de energia para estes três fins. Pelo facto de nestas utilizações poderem estar em jogo diferentes formas de energia, esta verificação era feita em termos de energia primária, quantificando-se o índice energético  $N_{tc}$ , calculado pela expressão 6.13.

$$N_{tc} = 0,1 \times \left( \frac{N_{ic}}{\eta_{ic}} \right) \times F_{pui} + 0,1 \times \left( \frac{N_{vc}}{\eta_{vc}} \right) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (6.13)$$

Em que:

$N_{ic}$ - necessidades nominais de energia útil para aquecimento (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{vc}$ - necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$N_{ac}$ - necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$F_{puj}$ - fatores de conversão entre energia útil e energia primária de acordo com a fonte de energia primária (kgep/kWh);

$\eta_{ic}$ - eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento;

$\eta_{vc}$ - eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de arrefecimento.

Os fatores de conversão para energia primária eram determinados de acordo com a fonte de energia que era utilizada que, de acordo com o Art.18º do RCCTE, assumia valores de 0,290 kgep/kWh quando se recorre a eletricidade e 0,086 kgep/kWh quando se recorria a combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos. Estes valores deviam ser afetados pela eficiência nominal dos equipamentos utilizados pelo sistema, e na falta de dados mais precisos, recorria-se aos valores seguintes tabelados no ponto 2 do Art.18º do RCCTE:

- Resistência elétrica- 1
- Caldeira a combustível gasoso- 0,87
- Caldeira a combustível líquido- 0,8
- Caldeira a combustível sólido- 0,6
- Bomba de calor (aquecimento) - 4
- Bomba de calor (arrefecimento) - 3

- Máquina frigorífica (ciclo de compressão) - 3
- Máquina frigorífica (ciclo de absorção) - 0,8

Quando um edifício não tivesse previsto, especificamente, um sistema de aquecimento ou de arrefecimento ambiente ou de aquecimento de águas quentes sanitárias, considerava-se, para efeitos do cálculo de  $N_{tc}$  pela fórmula definida pela equação 6.13, que o sistema de aquecimento era obtido por resistência elétrica, que o sistema de arrefecimento era uma máquina frigorífica com eficiência (COP) de 3, e que o sistema de produção de águas quentes sanitárias era um termoacumulador elétrico com 50 mm de isolamento térmico em edifícios sem alimentação a gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL quando estivesse previsto o respetivo abastecimento [5].

Cada fração autónoma não podia ter um valor de  $N_{tc}$  superior ao valor de  $N_t$  calculado com base em considerações estatísticas sobre os pesos que cada uma daquelas utilizações tinha no consumo global. Tomando o valor resultante da seguinte fórmula:

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (6.14)$$

Em que:

$N_i$ - valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$N_v$ - valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$N_a$ - valor máximo admissível das necessidade nominais anuais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

Após calculado o valor das necessidades nominais globais de energia primária ( $N_{tc}$ ) e o seu respetivo valor máximo regulamentar ( $N_t$ ), obtinha-se a classe energética do edifício em estudo através do quociente do primeiro pelo segundo, designado por  $R=N_{tc}/N_t$ .

R=N <sub>tc</sub> /N <sub>t</sub>	CLASSE ENERGÉTICA
R ≤ 0,25	A*
0,25 < R ≤ 0,50	A
0,50 < R ≤ 0,75	B
0,75 < R ≤ 1,00	B*
1,00 < R ≤ 1,50	C
1,50 < R ≤ 2,00	D
2,00 < R ≤ 2,50	E
2,50 < R ≤ 3,00	F
3,00 < R	G

Fig. 2. 11 - Classes energéticas [adaptada de 20]

As classes energéticas variavam entre a classe A+ e a classe G. A classe A+ correspondia à classificação de melhor desempenho energético, uma vez que a razão R era a mais baixa, resultante do facto da energia global que se estimava ser necessária ser bastante inferior ao

máximo regulamentar. Em contrapartida, a classe energética G correspondia à de pior eficiência energética. Note-se ainda, que os edifícios ou frações autónomas novos, ou seja, com pedido de licença de construção após 1 de Julho de 2008, como deviam verificar  $N_{tc} \leq N_t$ , as classes de desempenho situar-se-iam sempre entre a classe A+ e B- (imposição da regulamentação), no entanto, os edifícios existentes podiam ter qualquer uma das classes.

Após a obtenção da classe energética do edifício ou fração autónoma, podia ser redigido o certificado de desempenho energético e da qualidade do ar interior permitindo tornar o mercado imobiliário da compra, venda e locação de imóveis mais transparente em termos da qualidade térmica da construção e da eficiência energética dos equipamentos de climatização e preparação de águas quentes sanitárias, facultando ao utilizador final toda a informação relevante que o ajudasse a tomar a melhor decisão, em função da sua capacidade económica. Existiam dois modelos de certificado energético, consoante os edifícios fossem abrangidos pelo RCCTE ou pelo RSECE. O modelo de certificado energético, cujo preenchimento se apresenta, figura 2.12, correspondia à certificação da conformidade com o RCCTE.

**Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS**  
 Nº CER 12345672007

**CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR**

TIPO DE EDIFÍCIO: EDIFÍCIO HABITAÇÃO UNIFAMILIAR / FRACÇÃO AUTÓNOMA DE EDIF. MULTIFAMILIAR

Morada / Situação: \_\_\_\_\_ Freguesia \_\_\_\_\_  
 Localidade \_\_\_\_\_ Região \_\_\_\_\_  
 Concelho \_\_\_\_\_  
 Data de emissão do certificado \_\_\_\_\_ Validade do certificado \_\_\_\_\_  
 Nome do perito qualif. \_\_\_\_\_ Número do perito qualif. \_\_\_\_\_  
 Imóvel descrito na \_\_\_\_\_ Conservatória do Registo Predial de \_\_\_\_\_  
 sob o nº \_\_\_\_\_ Ar/L matricial nº \_\_\_\_\_ Fração autónoma \_\_\_\_\_

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma, por um perito devidamente qualificado para a efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado em 2006/06 de 4 de Abril, e actualizado em 2013/07 de 1 de Julho, e no Regulamento da Qualidade do Ar Interior, aprovado em 2013/07 de 1 de Julho, e que resulta no desempenho energético e na qualidade do ar interior.

**1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes \_\_\_\_\_ kgpe/m<sup>2</sup>.ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe E\*) \_\_\_\_\_ kgpe/m<sup>2</sup>.ano

Emissões anuais de gases de efeito estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes \_\_\_\_\_ toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA

A+ A B+ B C D E F G

**2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL**

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano
Arrefecimento	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano
Preparação das águas quentes sanitárias	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano	_____ kWh/m <sup>2</sup> .ano

**NOTAS EXPLICATIVAS**

As necessidades nominais de energia útil compreendem a uma previsão da quantidade de energia que tem de ser consumida por m<sup>2</sup> de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o conforto térmico e a qualidade do ar interior em condições de referência, tendo em conta as necessidades de aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias. Os valores limites regulamentares são os valores máximos permitidos para as necessidades nominais de energia útil, incluindo as necessidades para a climatização e a preparação das águas quentes sanitárias.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e não limitadas) resultam da conversão das necessidades nominais de energia útil em valores equivalentes ao consumo por unidade (kgpe) de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a formação de energia útil (valor de conversão de 0,250 kgpe/kWh para climatização e 0,500 kgpe/kWh para águas quentes sanitárias). Para a presente avaliação em condições de referência, os factores de conversão são os seguintes: climatização 0,250 kgpe/kWh e águas quentes sanitárias 0,500 kgpe/kWh.

As emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes incluem a quantidade anual estimada de gases de efeito estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária global das respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 1,2012 kgpe/toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por kgpe.

A classe energética resultante do rácio entre as necessidades anuais globais estimadas e os valores regulamentares de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma, o melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B+, B, C, D, E, F e G, sendo G o pior desempenho. Os edifícios com energia na habitação de construção anterior a 1 de Julho de 2008 apenas poderão ter classes energéticas igual ou superior a E\*. Para mais informações sobre o comportamento energético, consulte a definição de classe e valores regulamentares de edifícios, consultando o Regulamento.

Entidade gestora: **INES** Instituto Nacional de Estatística  
 Sistema operacional de CEE: **Dirac** Direção Geral de Energia e Geologia  
 Agência Nacional de Avaliação e Certificação: **ANAC** Agência Nacional de Avaliação e Certificação

Fig. 2. 12 - Exemplo do certificado de desempenho energético e da qualidade do ar interior [20]

## 2.5. NOVA REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA (REH)

### 2.5.1. INTRODUÇÃO

Os edifícios novos de habitação devem ser avaliados e sujeitos a requisitos tendo em vista promover a melhoria do seu comportamento térmico, a prevenção de patologias, o conforto ambiente e a redução das necessidades energéticas, incidindo, para esse efeito, nas

características da envolvente opaca e envidraçada, na ventilação tendo em conta o meio ambiente em que se insere o edifício e nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento.

Tendo em vista o cumprimento dos objetivos referidos, estabelece-se requisitos de qualidade térmica da envolvente dos edifícios, expressos em termos de coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e do fator solar dos vãos envidraçados, bem como requisitos de ventilação dos espaços, impondo um valor mínimo de cálculo para a taxa de renovação de ar e recorre-se ao cálculo do valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ( $N_{ic}$  e  $N_{vc}$ , respetivamente) e ao cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária do edifício ( $N_{ic}$ ), estabelecendo-se limites máximos para estas necessidades. Quanto à energia fornecida pelo sistema solar térmico, é definido um sistema solar constituído por coletores padrão, dos quais qualquer sistema pode possuir características distintas, desde que forneça energia igual ou superior ao sistema padrão.

Para o cálculo destes parâmetros, no desenvolvimento do Decreto-Lei n.º 118/2013, é necessário recorrer ao anexo da portaria n.º249-B/2013, à portaria n.º249-C/2013, bem como aos despachos: n.º15793- C/2013, n.º15793- D/2013, n.º15793- F/2013, n.º15793- H/2013, n.º15793- I/2013, n.º15793- J/2013 e n.º15793- K/2013.

Em seguida é apresentada a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para os edifícios de habitação novos, bem como os requisitos de comportamento térmico e de eficiência dos sistemas técnicos, necessários para a tipologia de pré-certificados e certificados do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). Na figura 2.13 é apresentada a ficha do pré-certificado emitido pelo perito qualificado.

**FICHA n.º 1**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**  
**DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
(nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de \_\_\_\_\_

**Edifício**  
Empreendimento: \_\_\_\_\_ Nº de frações: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Freguesia: \_\_\_\_\_ Concelho: \_\_\_\_\_

**Tipo de Intervenção:**  
Edifício Novo: \_\_\_\_\_ Grande Intervenção: \_\_\_\_\_  
(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia

Resumo de cálculo

Fração	Tx.ren. (RPH)	N <sub>ic</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>i</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>vc</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>v</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	QA (kWh/ano)	N <sub>ic</sub> (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>t</sub> (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	E <sub>o,p</sub> (kWh/ano) (*)	E <sub>an,ext</sub> (kWh/ano) (**)

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.  
(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>o,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**  
Nome: \_\_\_\_\_  
Inscrito na: \_\_\_\_\_ Número de inscrição: \_\_\_\_\_  
Assinatura \_\_\_\_\_

Fig. 2. 13 - Exemplo de pré-certificado [17]

O pré-certificado converte-se em certificado SCE assim que a obra é concluída e é apresentado o termo de responsabilidade do autor do projeto e do diretor técnico atestando que a obra foi realizada de acordo com o projeto pré-certificado.

## 2.5.2. DADOS CLIMÁTICOS

No sentido de promover edifícios cada vez mais eficientes, é fulcral conhecer o meio ambiente em que se insere de forma a retirar o maior partido dele, em consequência de um menor recurso aos sistemas ativos de climatização.

O zonamento climático de Portugal baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição é feita por municípios, detalhada na tabela da figura seguinte:

NUTS III	Municípios
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Trás-os-Montes	Alfândega da Fé, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alijó, Armamar, Carrizada de Anselmes, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Semancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Coa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Allergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Mêda, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Anselmo, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedregal Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Serã, Vila de Rei
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvitro, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

Fig. 2. 14 - NUTS III [15]

Adicionalmente, são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2, I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3) para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente, como se pode verificar na figura 2.15.

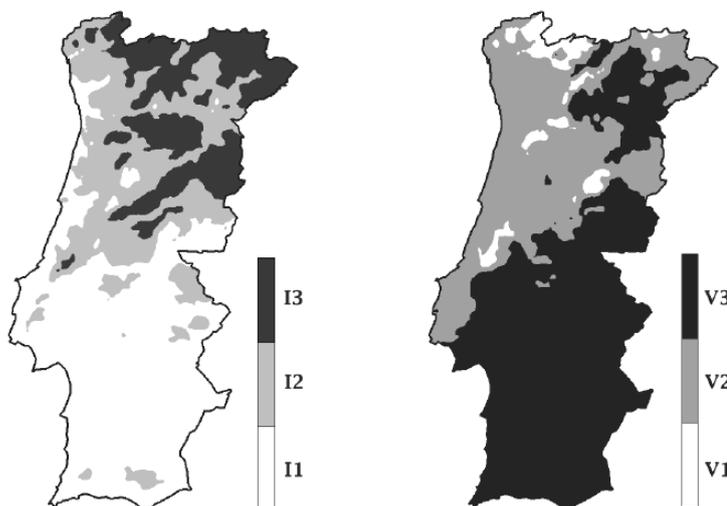


Fig. 2. 15 - Zonas climáticas de Portugal para a estação de inverno e verão [15]

As zonas climáticas de inverno são definidas tendo em conta o número de graus-dias (GD) na base de 18°C, correspondente à estação de aquecimento, conforme a tabela 2.4.

Tabela 2. 4 - Definição da zona climática de inverno

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

O grau de severidade da estação de inverno é diretamente proporcional ao valor dos graus-dias, sendo assim, locais com número de graus-dias superiores a 1800°C.dias, terão um inverno bastante mais rigoroso que locais com valores de graus-dias inferiores a 1300°C.dias

E as zonas climáticas de verão são definidas de acordo com a temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ( $\theta_{ext,v}$ ), conforme a tabela 2.5.

Tabela 2. 5 - Definição da zona climática de verão

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

Na estação de arrefecimento, o grau de severidade é diretamente proporcional à temperatura média exterior, correspondendo os locais com temperaturas superiores a 22°C a zonas com verões mais rigorosos quando comparados com locais onde a temperatura exterior média é inferior a 20°C.

No entanto, para obter a zona climática onde o edifício se insere, entre outros parâmetros climáticos como a duração da estação de aquecimento (M), a temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ( $\theta_{ext,i}$ ), a energia solar média mensal durante a estação de aquecimento ( $G_{sul}$ ) e a energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento consoante a orientação ( $I_{sol}$ ), é necessário saber a altitude a que se encontra o local. Isto porque, os valores dos parâmetros climáticos X associados 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, através duma fórmula do tipo linear, com declive a, proporcionais à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência  $Z_{REF}$  para cada NUTS III, segundo a seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a \times (z - z_{REF}) \quad (7)$$

Em que:

X- parâmetros climáticos;

$X_{REF}$ - valor de referência do parâmetro climático;

a- declive associado ao parâmetro climático;

z- altitude do local onde se situa o edifício;

$Z_{REF}$ - altitude de referência do local.

Onde os parâmetros climáticos podem ser, na estação de aquecimento:

- O número de graus-dias, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento (GD);
- Duração da estação de aquecimento (M);
- Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ( $\theta_{ext,i}$ );
- Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, em kWh/m<sup>2</sup>.mês ( $G_{sul}$ ).

E na estação de arrefecimento pode ser:

- Temperatura exterior média ( $\theta_{ext,v}$ );
- Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais ( $I_{sol}$ ).

Assim, para cada município, cada parâmetro é calculado a partir da expressão 7 e com a consulta das tabelas da figura 2.16 e 2.17 para a estação de aquecimento e arrefecimento, respetivamente.

	z	M		GD		$\theta_{ext,i}$		$G_{Sud}$ kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF	REF	a	REF	a	REF	a	
	m	meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	
Minho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	8,2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2015	1400	5,5	-4	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	9,0	-6	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	7,8	-6	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	7,8	-5	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	6,3	-4	135
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1544	1400	8,4	-5	135
Baixo Vouga	50	6,3	2	1337	1100	9,5	-5	140
Baixo Mondego	67	6,3	0	1304	1000	9,7	-5	140
Beira Interior Norte	717	7,5	0	1924	1000	6,3	-3	135
Beira Interior Sul	328	5,4	1	1274	1800	9,1	-6	140
Cova da Beira	507	7,1	0	1687	1400	7,5	-5	140
Serra da Estrela	553	7,5	0	1851	1600	7,0	-5	135
Dão - Lafões	497	7,3	0	1702	1900	7,5	-6	135
Pinhal Interior Norte	361	6,8	0	1555	1600	8,3	-5	140
Pinhal Interior Sul	361	6,7	1	1511	1500	8,4	-4	145
Pinhal Litoral	126	6,6	0	1323	1900	9,6	-5	140
Oeste	99	5,6	0	1165	2200	10,3	-8	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1330	1300	9,5	-4	145
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1135	2700	10,2	-7	145
Grande Lisboa	109	5,3	3	1071	1700	10,8	-4	150
Península de Setúbal	47	4,7	0	1045	1500	10,7	-4	145
Alto Alentejo	246	5,3	2	1221	1200	9,6	-3	145
Alentejo Central	221	5,3	2	1150	1100	10,0	-4	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1089	1100	10,8	-2	150
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1068	1000	10,7	-2	155
Algarve	145	4,8	0	987	1800	11,3	-6	155
R.A. Açores	10	2,9	1	604	1500	14,4	-7	110
R.A. Madeira	380	3,2	1	618	1500	14,8	-7	105

Fig. 2. 16 – Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento [15]

	z REF m	$\theta_{ext,v}$		$I_{sol}$								
		REF °C	a °C/km	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
				0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Serra da Estrela	553	21,0	-4	820	225	355	495	495	420	495	495	355
Dão - Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Pinhal Interior Norte	361	21,2	-2	825	220	357	500	495	420	495	500	357
Pinhal Interior Sul	361	22,4	-3	830	225	360	500	500	420	500	500	360
Pinhal Litoral	126	20,1	-2	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Oeste	99	21,0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Médio Tejo	168	22,1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360
Lezíria do Tejo	73	23,1	-6	835	225	365	500	495	410	495	500	365
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365
Península de Setúbal	47	22,8	-5	845	225	365	505	495	410	495	505	365
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
R.A. Açores	10	21,3	-6	640	195	285	375	375	235	375	375	285
R.A. Madeira	380	20,2	-6	580	195	260	325	320	280	320	325	260

Fig. 2. 17 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação convencional de arrefecimento [15]

### 2.5.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA

#### 2.5.3.1. Taxa de renovação do ar

A taxa de renovação do ar consiste no caudal horário de entrada de ar novo num edifício ou fração autónoma para renovação do ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou da fração autónoma [5].

Para assegurar as condições de higiene e conforto do ar interior, os edifícios devem ser ventilados ou por via natural, que é a situação mais corrente em edifícios residenciais, ou por via mecânica, que é o modo mais utilizado para edifícios dotados de sistemas de climatização centralizados, ou por combinação dos dois processos (sistema híbrido). Estes caudais de ventilação devem ser reduzidos ao mínimo necessário para satisfazer aquelas exigências. Isto porque eles serão sempre fonte de trocas de calor entre o ambiente interior e exterior e de consequente acréscimo de consumo de energia para manter as condições interiores nos níveis de conforto programados.

No que respeita à política de qualidade do ar interior, considera-se da maior relevância a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, de forma a salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios. Neste âmbito, segundo o decreto-lei n.º118/2013, salienta-se que passa a privilegiar-se a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos [9].

Para efeito do número anterior, apenas serão abordadas situações de edifícios ventilados naturalmente que resulta da diferença de pressões entre o exterior e o interior do edifício, devendo os edifícios ou frações autónomas garantir a admissão de ar novo pelos compartimentos principais (quartos e salas) e exaustão de ar saturado através dos compartimentos de serviço (cozinhas e casas de banho). Uma vez que este tipo de ventilação resulta de aberturas no edifício, previstas pelo utilizador e sob o controle do mesmo, contém um elevado grau de incerteza, derivado da aleatoriedade destas ações. Visto que, a atitude dos utentes pode ser muito diversa e para precaver a eventual deteriorização da qualidade do ar interior, derivada também do notável progresso das caixilharias ao nível da estanquidade, o regulamento impõe valores mínimos de caudal de ar novo, para a estação de aquecimento e arrefecimento, de  $0,4h^{-1}$ .

Sempre que o edifício esteja em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1, o valor de  $R_{ph}$  a adotar será o valor disponibilizado no projeto de ventilação requerido por essa norma. No entanto, sempre que o oposto acontece, a taxa de renovação horária nominal,  $R_{ph}$ , para efeitos do balanço térmico e para a verificação do requisito da taxa mínima de renovação de ar poderá ser determinada:

- De acordo com o método previsto na norma EN 15242, mediante a consideração do efeito da permeabilidade ao ar da envolvente, da existência de dispositivos de admissão de ar situados na fachada, das condutas de ventilação, dos sistemas mecânicos e híbridos, do efeito da impulsão térmica, também denominada de efeito de chaminé e do efeito da ação do vento;
- De acordo com outros dados como alternativa ao previsto na alínea anterior, desde que tecnicamente adequados e justificados num projeto de ventilação [10].

As taxas de renovação de ar a considerar nas estações de aquecimento,  $R_{ph,i}$  e de arrefecimento,  $R_{ph,v}$ , são determinados de acordo com uma das alíneas anteriores. Na presente dissertação, para além de se considerar o valor da taxa de renovação horária nominal referente à estação de

aquecimento igual à da estação de arrefecimento ( $R_{ph,i}=R_{ph,v}$ ), será utilizada uma ferramenta alternativa de cálculo automático, apoiada nas considerações descritas do primeiro ponto acima mencionado.

Assim, para a obtenção do valor do  $R_{ph}$ , não será apresentado o cálculo detalhado previsto na Norma EN 15242, mas sim o exemplo da folha de cálculo, baseada na metodologia da referida norma, apresentada na figura 2.18.

**Anexo Ventilação v1.0**

1. Enquadramento do edifício	
Tipo de edifício	Edifício_novo_ou_grande_reabilitação
Tipo de ocupação	Habituação
Tipologia do edifício	Unifamiliar
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Região	A
Rugosidade	I
Altura de referência do edifício (Hb) em m	7,5
Distância dos edifícios situados em frente (D) em m	20
Edifício tem obstruções ao vento (D<1,2 Hb)	FALSO
Sistema de ventilação	Ventilação natural (outras)

Área útil (m2)	67,6
Pd (m)	2,4
Vol (m3)	162,24
Temperatura exterior (°C)	11,4
Aen/Au	18%

2. Permeabilidade ao ar da envolvente				
Foi medido valor n50	Não			
Para cada Janela ou grupo de janelas:				
Área dos vãos envidraçados	12,3	0	0	0
Classe de permeabilidade ao ar das janelas	Sem classe	Sem classe	Sem classe	Sem classe
Caixa de estore	Sim	Não	Não	Não
Permeabilidade da caixa de estore	Baixa			

3. Aberturas de admissão de ar na fachada				
Tem aberturas de admissão de ar na fachada	Sim			
Tipo de abertura	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	Auto-regulável a 2 Pa
Área útil da abertura fixa (cm2)				
Soma caudal nominal Aberturas auto-reguláveis (m3/h)	360	0	0	
Distância vertical média (aproximada) das grelhas (m)				

4. Condutas de ventilação natural ou com exaustores/ventax				
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas do tipo exaustores, ventax ou aparelhos a gás	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Baixa			
Altura da conduta (m)	8			
Cobertura	Em terraço (<10°)			

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-se 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-se Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

7. Verão	
É possível efectuar arrefecimento nocturno com janelas	Sim
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	

8. Resultados	
Rph aq (h-1)	1,34
Rph arr (h-1)	4,00
Ev (kWh)	0,0
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,60
Rph estimada em condições nominais (h-1)	1,34
	Satisfatório

Cálculo

Fig. 2. 18 - Exemplo da folha de cálculo utilizada para o cálculo do valor da taxa de renovação do ar

Os dados a inserir na folha de cálculo para a obtenção do valor da taxa de renovação horária nominal,  $R_{ph}$  são:

- Tipo de edifício (novo, habitação, unifamiliar ou multifamiliar, etc);
- Número de fachadas expostas ao exterior;
- Parâmetros sobre a zona climática (região, rugosidade, temperatura exterior);
- Morfologia do edifício (altura do edifício, pé direito médio, área útil);
- Distância aos edifícios vizinhos;
- Tipo de ventilação (que para a presente dissertação adota-se a opção ventilação natural);
- Características quanto a permeabilidade ao ar da envolvente;
- Contabilização da existência ou não de aberturas de admissão de ar na fachada
- E condutas de ventilação natural ou com exaustores/ventax.

Uma vez que a presente dissertação, apenas aborda a ventilação natural, o quadro sobre a exaustão ou insuflação por meio mecânico de funcionamento prolongado e a exaustão ou insuflação por meio híbrido de baixa pressão, não serão preenchidos.

Quanto aos parâmetros sobre a zona climática, a temperatura exterior diz respeito à temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento ( $\theta_{ext,i}$ ) dado para cada NUTS III, como visto anteriormente. No que se refere à região pode atribuir-se região A ou B, na qual B corresponde às regiões autónomas dos Açores e da Madeira e a todas as localidades situadas numa faixa de 5km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600m, e região A corresponde a todo o território nacional, exceto os locais pertencentes a B. Quanto à rugosidade, define-se rugosidade I para todos os edifícios situados no interior de uma zona urbana, rugosidade II para edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural e rugosidade III para edifícios situados em zonas muito expostas, mediante a inexistência de obstáculos que atenuem o vento.

A permeabilidade ao ar da envolvente, é definida pela permeabilidade ao ar das janelas, que pode tomar os valores 1, 2 e 3 ou sem classificação sempre que a qualificação da série de caixilharia não é comprovada por ensaio e pela existência ou não de caixa de estores e respetiva permeabilidade.

No que diz respeito as aberturas de admissão de ar nas fachadas, caso não existam não se necessita preencher essa secção mas, no caso de existirem, é necessário proceder ao cálculo do somatório dos caudais nominais. Na tabela da figura 2.19 são indicados os caudais-tipo a respeitar para os compartimentos principais que integram o mesmo setor de ventilação, em função do respetivo volume total.

Volume (m <sup>3</sup> )	≤ 30	> 30 ≤ 60	> 60 ≤ 90	> 90 ≤ 120	> 120 ≤ 150	> 150 ≤ 180	> 180 ≤ 210	> 210 ≤ 240
Caudal-tipo (l/s) (m <sup>3</sup> /h)	8 (30)	17 (60)	25 (90)	33 (120)	42 (150)	50 (180)	58 (210)	67 (240)

Fig. 2. 19 - Caudais-tipo a admitir nos compartimentos principais [8]

Por fim, no que se refere às condutas de ventilação natural ou com exaustores/ventax, é necessário definir se existem ou não e, no caso de existirem, é necessário descrever se o

escoamento do ar é feito por admissão ou exaustão, se a perda de carga é alta ou baixa, e definir a altura da conduta e a inclinação da cobertura.

Após o preenchimento da folha de cálculo, obtém-se o valor de  $R_{ph}$  para a estação de aquecimento e de arrefecimento.

### 2.5.3.2. Fator solar

O fator solar de um vão envidraçado ( $g_L$ ) é um valor que representa a relação entre a energia solar transmitida para o interior do edifício através do vão envidraçado em relação à radiação solar incidente na direção normal ao envidraçado.

O fator solar do vidro utilizado no vão envidraçado, para uma incidência normal à superfície,  $g_{L,vi}$ , deve ser fornecido pelo fabricante, sendo que, para os casos em que não seja possível aceder a esta informação, são apresentados na figura 2.20 valores do fator solar de várias composições típicas de vidros simples ou duplos, compreendendo vidros planos incolores, coloridos, refletantes e foscos. No entanto poderá ser efetuado o cálculo do fator solar de outras composições de acordo com o método de cálculo especificado na norma EN 410.

Composição do vidro		$g_{L,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)
Vidro Duplo (ext + int)	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm	0,78
	Incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm	0,75
	Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8 mm	0,60
	Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,55
	Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8 mm	0,50
	Colorido na massa 8mm Incolor 4 a 8 mm	0,45
	Refletante Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,52
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,40
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,35
	Tijolo de Vidro	0,57
	Fosco	(1)

Fig. 2. 20 - Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão,  $g_{L,vi}$  [10]

Na estação de aquecimento, considera-se que os dispositivos de proteção solar móveis estão totalmente abertos, para maximizar o aproveitamento da radiação solar incidente no vão envidraçado. Nesta situação não existe qualquer dispositivo de sombreamento, resultando num fator solar de inverno igual ao fator solar do vidro para uma incidência da radiação solar normal à superfície do vão, corrigida de um fator de seletividade angular ( $F_w$ ), que traduz a variação da incidência da radiação solar, consoante a orientação, resultando na seguinte equação:

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} \quad (8.1)$$

Em que  $F_w$  traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar direta e toma o valor de 0,9 para a estação de aquecimento.

Na estação de arrefecimento considera-se que os dispositivos de proteção solar móveis e fixos (caso existam) encontram-se ativos uma fração de tempo dependente do octante no qual o vão está orientado, resultando na seguinte fórmula:

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{TP} \quad (8.2)$$

Em que:

$F_{mv}$ - fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados;

$g_T$ - fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;

$g_{TP}$ - fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes.

Na ausência de dispositivos de proteção solar fixo,  $g_{TP}$  corresponde, como se viu para a estação de aquecimento, ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal, afetado do fator de seletividade angular ( $F_w$ ), mediante a equação descrita em 8.1. No entanto, o valor de  $F_{mv}$  não assume apenas um valor. Varia consoante se trate de um vidro simples ou duplo e depende da orientação em que se encontra o vão envidraçado, obtido através da figura seguinte:

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

Fig. 2. 21 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento,  $F_{w,v}$  [10]

A fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativos, é dada, pela tabela da figura 2.22, em função da orientação do vão.

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$F_{mv}$	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Fig. 2. 22 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados,  $F_{mv}$  [10]

Quanto ao fator solar global ( $g_T$ ) de um vão envidraçado com as proteções solares, permanentes ou móveis, totalmente ativadas, calcula-se através da seguinte formulação geral:

- Para vidros simples

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (8.3)$$

- Para vidros duplos

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (8.4)$$

Em que:

$g_{Tvc}$ - fator solar do vão envidraçado com o vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme a tabela da figura 2.24;

$g_{\perp,vi}$ - fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, conforme informação do fabricante ou conforme a tabela da figura 2.20.

Na tabela da figura 2.24, encontram-se os valores do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivo de proteção solar, permanente ou móvel, totalmente ativado ( $g_{Tvc}$ ), para vidros simples ou duplos. Entende-se como vidro corrente, o vidro simples incolor de 6mm ou o vidro duplo incolor com um pano de 4 a 8 mm e o outro pano de 5mm. Note-se que, para a definição deste fator, é necessário saber qual a cor da proteção (clara, escura ou média) que é definida em função do coeficiente de reflexão da superfície exterior da proteção, com base no estabelecido na tabela da figura 2.23, para o coeficiente de absorção de algumas cores típicas.

Cor	$a$
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul claro)	0,5
Escura (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

Fig. 2. 23 - Coeficiente de absorção da radiação solar,  $a$  [10]

Tipo de Proteção		$g_{Tvc}$					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de régua de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Tipo de Proteção		$g_{Tvc}$					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Persiana de régua metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Fig. 2. 24 - Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar  $g_{Tvc}$  [10]

No produtório das supra mencionadas equações, deverão ser consideradas as proteções solares existentes do exterior para o interior até à primeira proteção solar opaca, inclusive. [despacho k]

No caso de existir, pelo menos, um dispositivo de proteção opaca exterior ao vidro, o produtório deve ser feito no sentido do exterior para o interior até à proteção opaca, sem ser afetado do fator solar do vidro  $g_{L,vi}$  [10].

O regulamento estabelece limites máximos admissíveis para os fatores solares de vãos envidraçados ( $g_{Tmáx}$ ), definindo que sempre que o somatório das áreas dos vãos envidraçados ( $A_{env}$ ) seja superior a 5% da área de pavimento do compartimento servido por este ( $A_{pav}$ ) e desde que não orientado no quadrante norte inclusive, devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados ( $g_T$ ), que obedeça às seguintes condições:

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

Onde o valor do fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados é dado na Tabela I.06 da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro.

## 2.5.4. LIMITAÇÕES DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS NOVOS

2.5.4.1. Necessidades nominais de energia útil para aquecimento -  $N_{ic}$ 

As necessidades nominais de energia útil para aquecimento são estimadas admitindo para o edifício um funcionamento médio em regime permanente, onde se considera que a temperatura do ambiente interior é mantida constante e que se admite satisfazer as exigências de conforto térmico na estação de aquecimento. Percebe-se que se as perdas forem superior aos ganhos, é necessário compensar fornecendo energia auxiliar, correspondente à exata diferença, através de sistemas de climatização, a fim de se manterem as condições de conforto. As necessidades de energia são contabilizadas numa base anual, pelo que o levantamento das perdas e dos ganhos deve também ser realizada nessa unidade temporal através da seguinte expressão:

$$N_{ic} = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \quad (10)$$

Em que:

$A_p$ - área útil de pavimento do edifício ( $m^2$ );

$Q_{tr,i}$ - transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios (kWh);

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

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

**A transferência de calor por transmissão ( $Q_{tr,i}$ )** ocorre através da envolvente, ao longo da estação de aquecimento, devido à diferença de temperatura entre o exterior e o interior do edifício, traduzindo-se em perdas de calor calculadas de acordo com a expressão 10.1.

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \quad (10.1)$$

Em que:

$GD$ - Número de graus-dias de aquecimento especificado para cada região NUTS III ( $^{\circ}C \cdot dia$ );

$H_{tr,i}$ - Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento ( $W/^{\circ}C$ ).

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento corresponde à condutância através de todas as superfícies da envolvente do edifício, compreendendo paredes, envidraçados, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas, resultando na soma de quatro parcelas:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (10.2)$$

Em que:

$H_{ext}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior ( $W/°C$ );

$H_{enu}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não úteis ( $W/°C$ );

$H_{adj}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos em contato com edifícios adjacentes ( $W/°C$ );

$H_{ccs}$ - Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contato com o solo ( $W/°C$ ).

O coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior, calcula-se de acordo com a expressão:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j] \quad (10.3)$$

Em que:

$U_i$ - coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente ( $W/m^2 \cdot °C$ );

$A_i$ - área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício ( $m^2$ );

$\Psi_j$ - coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j ( $W/m \cdot °C$ );

$B_j$ - desenvolvimento linear da ponte térmica linear j, medido pelo interior do edifício (m).

O coeficiente de transmissão térmica dos elementos e a definição da área das envolventes são calculadas de igual forma que na metodologia anterior, pelo que o seu cálculo não será detalhado no presente capítulo.

O coeficiente de transmissão térmica linear, pode ser determinado com recurso aos valores por defeito, indicados na tabela da figura seguinte:

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar de parede dupla
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio <sup>(1)</sup>		0,60	0,15 <sup>(2)</sup>	0,50 <sup>(3)</sup>
Fachada com varanda <sup>(1)</sup>		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10 <sup>(4)</sup>	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,0	0,80	1,0
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	O isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	O isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estores		0,30	0,30	0,30

<sup>(1)</sup> Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> Majorar quando existe um teto falso em: <sup>(2)</sup> 25%; <sup>(3)</sup> 50%; <sup>(4)</sup> 70%.

Fig. 2. 25 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares  $\Psi$  [10]

Não se contabilizam pontes térmicas lineares em paredes de compartimentação que intersejam paredes, coberturas e pavimentos em contato com o exterior ou espaços não úteis, bem como paredes interiores separando um espaço interior útil de um espaço não útil ou de um edifício adjacente, desde que  $b_{tr} \leq 0,7$ .

O coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não úteis ou edifícios adjacentes, é dado por:

$$H_{enu,adj} = b_{tr} \times (\sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j]) \quad (10.4)$$

Em que:

$b_{tr}$ - coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou de um edifício adjacente;

$U_i$ - coeficiente de transmissão térmica do elemento  $i$  da envolvente ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ );

$A_i$ - área do elemento  $i$  da envolvente, medida pelo interior do edifício ( $m^2$ );

$\Psi_j$ - coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear  $j$  ( $W/m \cdot ^\circ C$ );

$B_j$ - desenvolvimento linear da ponte térmica linear  $j$ , medido pelo interior do edifício (m).

O coeficiente de redução de perdas de um espaço não útil,  $b_{tr}$ , é determinado pelo quociente da diferença de temperatura entre o interior e o espaço não útil e a diferença de temperatura entre o interior e o exterior. Uma vez que se torna impossível conhecer com precisão o valor da temperatura do local não útil, o valor do coeficiente de redução de perdas pode ser obtido recorrendo à tabela da figura 2.26, dependendo do uso real de cada espaço.

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

Fig. 2. 26 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis,  $b_{tr}$  [10]

Para os efeitos do número anterior,  $A_i$  corresponde ao somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil,  $A_u$  corresponde ao somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior,  $V_{enu}$  corresponde ao volume do espaço não útil,  $f$  significa espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e por fim,  $F$  significa espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

Para espaços fortemente ventilados, o valor do coeficiente de redução de perdas toma o valor de 1, e para os elementos de construção que separam o espaço com condições de referência de um espaço fechado de um edifício adjacente, deve ser utilizado o valor de coeficiente de redução de perdas igual a 0,6.

Sempre que o valor do parâmetro  $b_{tr}$  for superior a 0,7, aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior conforme disposto no Anexo da Portaria n.º349-B/2013, de 29 de novembro, ao elemento que separa o espaço interior útil do não útil, sendo então classificado como envolvente interior com requisitos de exterior [10].

Quando o valor do parâmetro  $b_{tr}$  for igual ou inferior a 0,7, aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente interior conforme disposto no Anexo I da portaria referida no número anterior, ao elemento que separa o espaço útil do não útil, sendo então classificado como envolvente interior com requisitos de interior [10].

Quanto ao cálculo do coeficiente de transferência de calor através de elementos em contato com o solo é feito através da expressão 10.5.

$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bfi} \times A_i] + \sum_j [z_j \times P_j \times U_{bwj}] \quad (10.5)$$

Em que:

$U_{bfi}$ - coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado i ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ );

$A_i$ - área do pavimento em contato com o solo i, medida pelo interior do edifício ( $m^2$ );

$z_j$ - profundidade média enterrada da parede em contato com o solo j (m);

$P_j$ - desenvolvimento total da parede em contato com o solo j, medido pelo interior (m);

$U_{bwj}$ - coeficiente de transmissão térmica da parede em contato com o solo j ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ).

Quando o pavimento térreo se encontra ao mesmo nível do solo, o cálculo resume-se à primeira parcela da equação, uma vez que o valor da profundidade média enterrada é igual a zero. E no caso de pavimento térreo em que existe isolamento perimetral, o fator  $U_{bfi}$ , será substituído por  $U_{f,ei}$ , correspondente ao coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo i com isolamento térmico perimetral.

O valor do coeficiente de transmissão térmica dos pavimentos enterrados é dado pela consulta direta das Tabelas 03 a 05 do Despacho (extrato) n.º15793-K/2013, em função da resistência térmica de todas as camadas do pavimento ( $R_f$ ), com exclusão das resistências térmicas superficiais, em função da largura e profundidade do isolamento ( $D$ ), respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical e em função da dimensão característica do pavimento ( $B'$ ) calculada pela expressão 10.6.

$$B' = \frac{Ap}{0,5 \times P} \quad (10.6)$$

Em que:

$Ap$ - área interior útil de pavimento, medida pelo interior (m);

$P$ - perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior (m);

O coeficiente de transmissão térmica de paredes em contato com o terreno,  $U_{bw}$ , determina-se pela consulta direta da Tabela 06 do Despacho (extrato) n.º15793-K/2013, em função da resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais,  $R_w$ , e da profundidade média enterrada da parede em contato com o solo,  $z$ .

**As transferências de calor por ventilação ( $Q_{ve,i}$ )** na estação de aquecimento traduzem-se em perdas de calor por ventilação correspondentes à renovação do ar interior, devido às diferenças de temperatura entre o interior e o exterior durante o inverno, calculadas de acordo com a expressão 11.

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad (11)$$

Onde

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times Ap \times Pd \quad (11.1)$$

Em que:

$R_{ph,i}$ - taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento ( $h^{-1}$ );

$Ap$ - área interior útil de pavimento, medida pelo interior ( $m^2$ );

$Pd$ - pé direito médio da fração (m);

$H_{ve,i}$ - coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento ( $W/^\circ C$ );

$GD$ - número de graus-dias calculado para cada NUTS III, em função da altitude do local.

A taxa nominal de renovação do ar interior na expressão das trocas de calor por ventilação, é um parâmetro de muito difícil estimação e sobre o qual é, portanto, importante obter informações para o projeto. Sempre que este não seja disponibilizado é necessário recorrer ao seu cálculo, pelo método descrito anteriormente.

**Os ganhos térmicos úteis** na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, que resulta na seguinte expressão:

$$Q_{gu,i} = \eta \times Q_{g,i} \quad (12)$$

Em que:

$Q_{g,i}$ - ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento (kWh);

$\eta$ - fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento.

Os ganhos de calor úteis ( $Q_{gu,i}$ ) resultam do produto dos ganhos térmicos brutos ( $Q_{g,i}$ ) por um fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ), uma vez que nem todos os ganhos térmicos brutos se traduzem num aquecimento útil do ambiente interior, dando origem, por vezes, apenas a um sobreaquecimento interior.

O fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ) varia entre 0 e 1 e é calculado em função da inércia por:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} & \text{se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0 \\ \eta = \frac{a}{a+1} & \text{se } \gamma = 1 \\ \eta = \frac{1}{\gamma} & \text{se } \gamma < 0 \end{array} \right. \quad (12.1)$$

O termo  $a$  toma os seguintes valores, consoante a inércia térmica do edifício ou fração autónoma.

$a = 1,8$  em edifícios com inércia térmica fraca;

$a = 2,6$  em edifícios com inércia térmica média;

$a = 4,2$  em edifícios com inércia térmica forte;

e

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos térmicos brutos}}{\text{Nec.brutoas de aquecimento}} = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}} \quad (12.2)$$

Em que:

$Q_g$ - ganhos térmicos totais brutos na estação em estudo (kWh);

$Q_{tr}$ - Transferências de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios, na estação em estudo (kWh);

$Q_{ve}$ - Transferências de calor por ventilação na estação em estudo (kWh).

A inércia térmica é calculada de igual forma que na metodologia anterior, pelo que o seu cálculo não será detalhado no presente subcapítulo.

Os ganhos térmicos brutos podem ter duas origens: os ganhos térmicos internos ( $Q_{int,i}$ ) e os ganhos térmicos resultantes do aproveitamento da energia solar através dos vãos envidraçados ( $Q_{sol,i}$ ), resultando na seguinte forma de cálculo:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad (12.3)$$

Os ganhos térmicos internos incluem qualquer fonte de calor situada no espaço a aquecer, nomeadamente, os ganhos de calor associados ao metabolismo dos ocupantes, e o calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação, resultando na seguinte expressão:

$$Q_{int,i} = q_{int} \times M \times Ap \times 0,72 \quad (12.4)$$

Em que:

$q_{int}$ - ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, que toma o valor igual a 4 W/m<sup>2</sup>;

$M$ - Duração média da estação convencional de aquecimento (meses);

$Ap$ - área interior útil de pavimento do edifício, medido pelo interior (m<sup>2</sup>).

Os ganhos solares dos vãos envidraçados consiste na energia que efetivamente passa através dele para o interior do edifício. O total dos ganhos solares constitui o somatório dos ganhos parcelares associados a cada vão, dado pela seguinte expressão:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j [X_j \times \sum_n F_{s,inj} \times A_{s,inj}] \times M \quad (12.5)$$

Em que:

$G_{sul}$ - valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície, em função de cada NUTS III (kWh/m<sup>2</sup>.mês);

$X_j$ - fator de orientação para as diferentes exposições consoante a tabela da figura 2.27;

$A_{s,inj}$ - área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com orientação j (m<sup>2</sup>);

M- duração média da estação convencional de aquecimento, calculado para cada NUTS III (meses);

$F_{s,inj}$ - fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

j- índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j;

n- índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j.

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

Fig. 2. 27 - Fator de orientação para as diferentes exposições,  $X_j$  [11]

As superfícies serão consideradas horizontais quando apresentarem inclinação inferior a 60° face ao plano horizontal, sendo as restantes consideradas verticais [11].

A área efetiva coletora da radiação solar ( $A_{s,i}$ ) de uma dada superfície é dada pela equação seguinte:

$$A_{s,inj} = A_w \times F_g \times g_i \quad (12.6)$$

Em que:

$A_w$ - área total do vão envidraçado incluindo vidro e caixilho (m<sup>2</sup>);

$F_g$ - fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia;

$g_i$ - fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento.

A fração envidraçada traduz a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, sendo dada pela relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado e é obtido diretamente da consulta da tabela da figura 2.28, e o valor do fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento é calculado segundo a equação 8.1.

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	-

Fig. 2. 28 - Fração envidraçada,  $F_g$  [10]

O fator de obstrução ( $F_s$ ) de um vão envidraçado, com determinada orientação, na estação de aquecimento, varia entre 0 e 1 e representa a redução na radiação solar que incide neste, devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos como outros edifícios, vegetação ou outros corpos pertencentes ao edifício (palas, varandas, etc). Este pode ser traduzido pela equação 12.7.

$$F_s = F_h \times F_o \times F_f \quad (12.7)$$

$F_h$ - fator de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

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

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

O fator de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ) depende do ângulo do horizonte, da latitude, orientação, clima local e da duração da estação de aquecimento.

O ângulo de horizonte ( $\alpha$ ) é definido como o ângulo entre o plano horizontal e a reta que passa pelo centro do envidraçado e pelo ponto mais alta da maior obstrução existente entre dois planos verticais que fazem  $60^\circ$  para cada um dos lados da normal ao envidraçado, tal como representado na figura 2.29 em corte e planta [10].

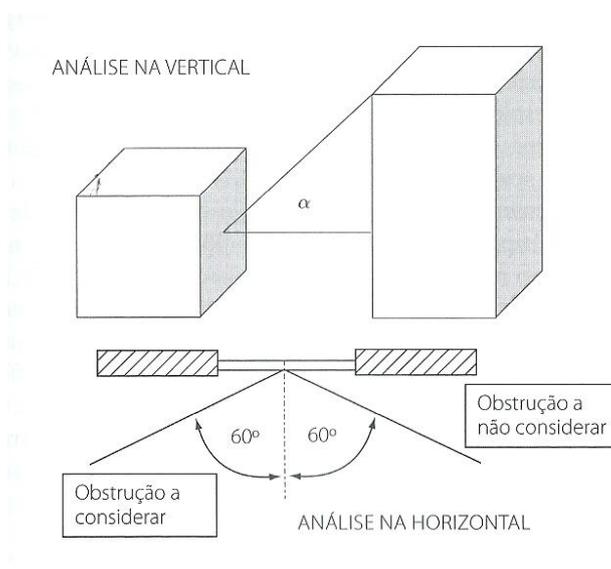


Fig. 2. 29 - Fator de sombreamento do horizonte [1]

O ângulo de horizonte deve ser calculado individualmente para cada vão, ou grupo de vãos semelhantes. Naturalmente que, para o cálculo do fator de sombreamento ( $F_h$ ), apenas serão consideradas as obstruções existentes no momento do ato do projeto. No caso de inexistência de informação a cerca da vizinhança, que permita o cálculo do fator de sombreamento, adota-se um ângulo de horizonte de  $45^\circ$  em ambiente urbano ou de  $20^\circ$  para edifícios isolados localizados fora das zonas urbanas. Por assim dizer, adota-se  $45^\circ$  para edifícios situados em locais com rugosidade I e II, e  $20^\circ$  para edifícios localizados em zonas com rugosidade III.

Após determinado o ângulo de horizonte ( $\alpha$ ), recorre-se à Tabela 15 do Despacho (extrato) n.º15793-K/2013, de forma a obter o valor do fator de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ) consoante a sua orientação. Para ângulos de horizonte superiores a  $45^\circ$ , adota-se  $F_h$  correspondente ao próprio ângulo de  $45^\circ$ .

O fator de sombreamento por elementos verticais e horizontais sobrepostos ao vão envidraçado ( $F_f$  e  $F_o$  respetivamente) correspondem a elementos de obstrução do próprio edifício e dependem do comprimento da obstrução (ângulo de obstrução), da latitude, da exposição e do clima do local. O regulamento apresenta valores de  $F_o$  e  $F_f$  para as situações de inverno, para várias orientações e valores do ângulo das palas medidos a partir do ponto médio do envidraçado. Na figura 2.30 estão representados exemplos de medição do ângulo  $\alpha$  e  $\beta$  de elementos horizontais e verticais.

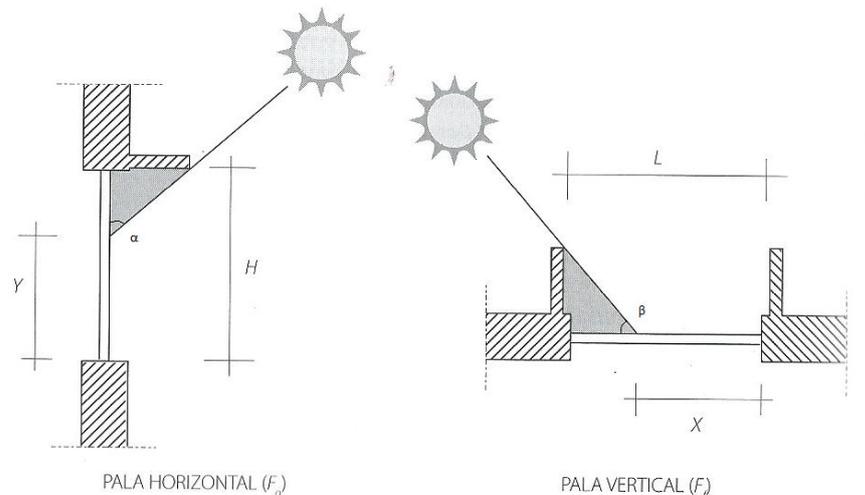


Fig. 2. 30 - Fatores de sombreamento  $F_o$  e  $F_f$  [1]

Após a medição do ângulo da pala e da verificação da orientação do vão envidraçado,  $F_o$  e  $F_f$  são obtidos por consulta direta das Tabelas 16 e 18 do Despacho (extrato) n.º15793-K/2013 do Anexo IV do RCCTE respetivamente.

Quando o ângulo  $\alpha$  do elemento de sombreamento, seja ele horizontal ou vertical, é superior a  $60^\circ$ , adota-se, por simplificação, os valores de  $F_o$  e  $F_f$ , respetivamente, indicados nas Tabelas 16 e 18 do despacho correspondentes a um ângulo de  $60^\circ$ . No caso de existirem palas verticais à esquerda e à direita do vão, o fator  $F_f$  será o produto dos fatores relativos aos ângulos provocados por cada uma das palas.

No caso de inexistência simultânea de palas horizontais e verticais, contabiliza-se o efeito de sombreamento do contorno do vão, considerando o produto dos fatores de sombreamento ( $F_o \cdot F_f$ ) igual a 0,9, dado que o envidraçado é normalmente colocado recuado relativamente ao plano da fachada.

Para ter em atenção o facto de existir sempre radiação incidente difusa e refletida, mesmo que o vão envidraçado esteja totalmente sombreado pelo horizonte ou por elementos horizontais ou verticais adjacentes ou sobrepostos, o regulamento estabelece que o produto  $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  em nenhum caso pode ser inferior a 0,27.

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ) das frações autónomas dos edifícios abrangidos pelo regulamento não podem exceder um valor máximo admissível ( $N_i$ ), ou seja:

$$N_{ic} \leq N_i \quad (12.8)$$

O valor máximo  $N_i$  é calculado recorrendo a valores e condições de referência e obtidos a partir da seguinte expressão:

$$N_i = \frac{(Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref})}{A_p} \quad (12.9)$$

Em que:

$Q_{tr,i,ref}$  - transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento (kWh);

$Q_{ve,i,ref}$  - transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento (kWh);

$Q_{gu,i,ref}$  - ganhos de calor úteis de referência na estação de aquecimento (kWh);

$A_p$  - área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior (m<sup>2</sup>).

Para a obtenção do parâmetro referente às transferências de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento, utiliza-se a mesma fórmula já descrita para as transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, considerando:

- Coeficiente de transmissão térmica superficial de referência ( $U_{ref}$ ) para elementos opacos e envidraçados previstos na Tabela I.01 da Portaria n.º349-B/2013 de 29 de Novembro, em função do tipo de elemento da envolvente e da zona climática;
- Coeficiente de transmissão térmica linear ( $\Psi_{ref}$ ) indicados na Tabela I.02 da Portaria n.º349-B/2013, em função do tipo de ligação entre elementos da envolvente do edifício;
- Área de vãos até 20% da área interior útil de pavimento do edifício, devendo a eventual área excedente ser adicionada à área de envolvente opaca exterior, sendo que para ambos os tipos de elementos devem ser usados os respetivos  $U_{ref}$  referidos no primeiro ponto.

Para o cálculo do parâmetro referente às transferências de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento, utiliza-se a mesma fórmula já descrita para as transferências de calor por ventilação na estação de aquecimento, considerando uma taxa de renovação de ar de referência ( $R_{phref}$ ) igual à taxa de renovação para o edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora.

Por fim, para a determinação do parâmetro relativo aos ganhos de calor úteis de referência na estação de aquecimento, recorre-se à mesma fórmula enumerada anteriormente para os ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, considerando os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar ( $Q_{sol} = G_{sol} \times 0,182 \times 0,2 \times A_p$ ) e internos, bem como a consideração do fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento de referência ( $\eta_{iref} = 0,6$ ) [12].

2.5.4.2. Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento – $N_{vc}$ 

A metodologia para o cálculo das necessidades de arrefecimento é complementar à utilizada para o cálculo dos ganhos úteis na estação de aquecimento. Os ganhos úteis são definidos como aqueles que não provocam sobreaquecimento do espaço interior. Por oposição, ganhos não úteis originam sobreaquecimento e, nesta medida, implicam necessidades de arrefecimento para o restabelecimento das condições de conforto dos espaços interiores. Sendo a energia útil necessária retirar do interior de um edifício igual a:

$$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) \times Q_{g,v}}{Ap} \quad (13)$$

Em que:

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

$Q_{g,v}$ - ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento (kWh);

$Ap$ - área interior de pavimento do edifício, medido pelo interior (m<sup>2</sup>).

O fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento é calculado de igual forma que o fator de utilização dos ganhos na estação de aquecimento, resultando o seu cálculo da equação 12.1, vista anteriormente, em função da transferência de calor ao longo da estação de arrefecimento que ocorre por transmissão ( $Q_{tr,v}$ ) e devido à renovação do ar ( $Q_{ve,v}$ ), bem como dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento ( $Q_{g,v}$ ) que se encontram definidos no número seguinte.

**A transferência de calor por transmissão ( $Q_{tr,v}$ )** que ocorre através da envolvente traduz-se em perdas através da envolvente, sempre que a temperatura média exterior no Verão é inferior à temperatura convencional de conforto (25°C) e calcula-se de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad (13.1)$$

Em que:

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

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

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

$L_v$ - duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Sendo o coeficiente global de transferência de calor por transmissão resultante da soma das três parcelas:

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} \quad (13.2)$$

Em que:

$H_{ext}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior ( $W/°C$ );

$H_{enu}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não úteis ( $W/°C$ );

$H_{ecs}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos em contato com o solo ( $W/°C$ ).

Sendo, por sua vez, o cálculo de cada um destes parâmetros acima descrito, feito de igual forma ao da estação de aquecimento, já descrito anteriormente e a temperatura média do ar exterior é dado para cada NUTS III como foi visto no ponto 2.5.2.

**A transferência de calor por renovação do ar ( $Q_{ve,v}$ )** corresponde a uma perda de calor sempre que a temperatura média exterior para a estação de arrefecimento for inferior à temperatura interior de referência ( $25°C$ ) e é calculada de acordo com a equação 13.3.

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} \quad (13.3)$$

Onde:

$H_{ve,v}$ - coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento ( $W/°C$ );

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

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

$L_v$ - duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Uma vez que a taxa de renovação do ar interior na estação de arrefecimento ( $R_{ph,v}$ ) é considerado, na presente dissertação, igual ao valor da taxa de renovação do ar interior na estação de aquecimento ( $R_{ph,i}$ ), o cálculo da parcela  $H_{ve,v}$  é calculado da mesma forma que o coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento ( $H_{ve,i}$ ), como descrito na equação 11.1.

**Os ganhos térmicos brutos ( $Q_{g,v}$ )** a considerar no cálculo das necessidades nominais de arrefecimento dos edifícios são obtidos pela soma de duas parcelas, conforme a seguinte equação:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (13.4)$$

Em que:

$Q_{int,v}$ - ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (kWh);

$Q_{sol,v}$ - ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada (kWh).

Os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor correspondem aos ganhos térmicos resultantes de todas as fontes de calor que contribuem para o aquecimento natural do espaço (ocupantes, equipamentos e dispositivos de iluminação) e contabilizam-se de acordo com a expressão 13.5.

$$Q_{int,v} = q_{int} \times Ap \times \frac{L_v}{1000} \quad (13.5)$$

Onde:

$Q_{int}$ - ganhos térmicos internos por unidade de superfície igual a 4 W/m<sup>2</sup>;

$Ap$ - área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, (m<sup>2</sup>);

$L_v$ - duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas;

Quanto aos ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada, calculam-se de acordo com as seguintes expressões, sendo que a determinação do fator de obstrução de superfícies opaca é opcional devendo, para efeitos da presente dissertação, não ser considerado.

$$Q_{sol,v_{envidraçado}} = \sum_j [G_{solj} \times \sum_n F_{s,vnj} \times A_{s,vnj}] \quad (13.6)$$

e

$$Q_{sol,v_{opaca}} = \sum_j [G_{solj} \times \sum_n A_{s,vnj}] \quad (13.7)$$

Em que:

$G_{solj}$ - energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento (kWh/m<sup>2</sup>);

$F_{s,vnj}$ - fator de obstrução da superfície do elemento n, com orientação j;

$A_{s,vnj}$ - área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j (m<sup>2</sup>);

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

n- índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j.

A energia solar média incidente numa superfície é dada para cada NUTS III através da tabela da figura 2.17.

No que se refere ao fator de obstrução da superfície é calculado como descrito para a estação de aquecimento, com a diferença de que para a estação de arrefecimento despreza-se o efeito de sombreamento do horizonte, tomando o fator  $F_h$  um valor igual a 1 e os fatores de sombreamento por elementos verticais e horizontais sobrepostos ao vão envidraçados ( $F_o$  e  $F_s$ , respetivamente) estão tabelados, em função da orientação e do ângulo da pala ou da sua posição, nas Tabelas 17 e 19 do Despacho (extrato) n.º15793-K/2013.

Quanto à área efetiva coletora de radiação solar de cada envidraçado  $n$  com orientação  $j$ , deve ser calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,v_{nj}} = A_w \times F_g \times g_v \quad (13.8)$$

Em que:

$A_w$ - área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho ( $m^2$ );

$F_g$ - fração envidraçada do vão envidraçado;

$g_v$ - fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

Os valores típicos da fração envidraçada de diferentes tipos de caixilharia são dados na tabela da figura 2.28. Enquanto o fator solar do vão envidraçado é calculado como descrito anteriormente para a presente metodologia.

Finalmente, a área efetiva coletora de radiação solar de um elemento  $n$  da envolvente opaca exterior, com orientação  $j$  é calculada através da seguinte expressão, aplicável a espaços úteis e não úteis:

$$A_{s,v_{nj}} = a \times U \times A_{op} \times R_{se} \quad (13.9)$$

Em que:

$a$ - coeficiente de obstrução de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

$U$ - coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca ( $W/m^2$ );

$A_{op}$ - Área do elemento da envolvente opaca exterior ( $m^2$ );

$R_{se}$ - resistência térmica superficial exterior igual a  $0,04 W/m^2 \cdot ^\circ C$ .

Onde o coeficiente de obstrução de radiação solar da superfície é determinado com base na tabela da figura 2.23, em função da cor do revestimento da superfície exterior do elemento.

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) das frações autónomas dos edifícios abrangidos pelo regulamento não podem exceder um valor máximo admissível ( $N_v$ ), ou seja:

$$N_{vc} \leq N_v \quad (14)$$

O valor máximo  $N_v$  é calculado recorrendo a valores e condições de referência e obtidos a partir da seguinte expressão:

$$N_v = \frac{(1-\eta_{vref}) \times Q_{g,vref}}{A_p} \quad (14.1)$$

Em que:

$\eta_{vref}$ - fator de utilização dos ganhos de referência;

$Q_{g,vref}$ - ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento (kWh);

$A_p$ - área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior (m<sup>2</sup>).

O fator de utilização dos ganhos de referência na estação de arrefecimento é dado pela seguinte equação:

$$\eta_{wref} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \times \ln \Delta\theta & \Delta\theta > 1 \\ 0,45 & \text{se } 0 < \Delta\theta < 1 \\ 0,3 & \Delta\theta \leq 0 \end{cases} \quad (14.2)$$

e

$$\Delta\theta = \theta_{ref,v} - \Delta\theta_{ext,v} \quad (14.3)$$

Em que:

$\theta_{ref,v}$ - temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, contabilizada em 25 graus celsius (°C);

$\theta_{ext,v}$ - temperatura exterior média na estação de arrefecimento, dado para cada NUTS III, de acordo com a tabela da figura 2.17 (°C).

E os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, são dados pela expressão seguinte:

$$Q_{g,vref} = [q_{int} \times \frac{L_v}{1000} + g_{vref} \times (\frac{A_w}{A_p})_{ref} \times I_{sol,ref}] \quad (14.4)$$

Em que:

$q_{int}$ - ganhos internos médios, contabilizados em 4 W/m<sup>2</sup>;

$I_{sol,ref}$ - radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, de acordo com a tabela da figura 2.17 (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$L_v$ - duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas;

$(A_w/A_p)_{ref}$ - razão entre a área de vãos e a área interior útil de pavimento, que se assume igual a 20%;

$g_{vref}$ - fator solar de referência para a estação de arrefecimento, contabilizado em 0,43.

#### 2.5.4.3. Necessidades de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias - $Q_a$

O sistema convencional de preparação de águas quentes sanitárias deve fornecer a energia necessária para produzir uma elevação da temperatura da água de 35°C. Sendo assim, a energia útil para a preparação de AQS durante um ano será calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_a = \frac{(M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d)}{3600000} \quad (15)$$

Em que:

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

$n_d$ - número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 356 dias;

E onde o consumo médio diário de referência será calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \quad (15.1)$$

Em que:

$n$ - número convencional de ocupantes de cada fração autónoma;

$f_{eh}$ - fator de eficiência hídrica.

O número de ocupantes de cada fração autónoma é definido em função da tipologia da fração, sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e  $n+1$  ocupantes nas tipologias do tipo Tn com  $n > 0$ .

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

#### 2.5.4.4. Energia produzida a partir de fontes de origem renovável - $E_{ren}$

No presente regulamento, mantém-se a promoção da utilização de fontes de energia renovável, com clarificação e reforço dos métodos para quantificação do respetivo contributo, e com natural destaque para o aproveitamento do recurso solar, abundantemente disponível no nosso país. Como fontes de energia renovável, pode recorrer-se a sistemas solares térmicos, sistemas solares fotovoltaicos, sistemas eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica ou ainda aerotérmica e geotérmica (bombas de calor). Para efeitos da presente dissertação, só é desenvolvida a utilização de fontes de energia renováveis com recurso a sistemas solares térmicos, sendo qualquer um dos outros sistemas descritos no Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013.

A energia produzida pelo sistema solar térmico ( $E_{REN}$ ), deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa Solterm do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) ou outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo, equivalente que permita, quando aplicável, quantificar essa energia para diversos usos, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia [13].

Estes sistemas técnicos dos edifícios ficam sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética, estabelecidos pelo regulamento na Portaria n.º 349-B/2013. Deste modo, a energia fornecida

pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por coletores padrão com as seguintes características:

- Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- Apresentação dos seguintes parâmetros geotérmicos, óticos e térmicos:
  - i. Planos com área de abertura de 0,65m<sup>2</sup> por ocupante convencional;
  - ii. Rendimento optico de 73%;
  - iii. Coeficientes de perdas térmicas a1=4,12W/(m<sup>2</sup>.K<sup>2</sup>);
  - iv. Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91 [12].

#### 2.5.4.5. Necessidades nominais globais de energia primária - N<sub>tc</sub>

Para além das verificações parcelares respeitantes a cada um dos tipos de consumo referidos anteriormente, o regulamento impõe a verificação das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária, dada pela soma de diversas parcelas. Pelo fato de nestas utilizações poderem estar em jogo diferentes formas de energia, esta verificação é feita em termos de energia primária, quantificando-se o índice energético N<sub>tc</sub>, calculado pela equação 16.

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \times N_{ic}}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \times \delta \times N_{vc}}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \times \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_k} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \times F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \times F_{pu,p} \quad (16)$$

Em que:

N<sub>tc</sub>- necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

f<sub>i,k</sub>- parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;

N<sub>vc</sub>- necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

f<sub>v,k</sub>- parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;

Q<sub>a</sub>- necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k (kWh/ano);

f<sub>a,k</sub>- Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k;

η<sub>k</sub>- eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;

j- todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p- fontes de origem renovável;

E<sub>ren,p</sub>- energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, (kWh/ano), incluindo apenas energia consumida;

W<sub>vm</sub>- energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, (kWh/ano);

A<sub>p</sub>- área interior útil do pavimento (m<sup>2</sup>);

F<sub>pu,j</sub> e F<sub>pu,p</sub>- fator de conversão de energia útil para energia primária, (kWh<sub>EP</sub>/kWh);

δ- igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N<sub>vc</sub>) em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

O somatório das parcelas das necessidades de energia útil para cada um dos diferentes usos tem de ser igual a 1 e o somatório da energia produzida a partir de fontes de origem renovável, destinada a suprir diferentes usos, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso [11].

Admitindo, para a presente dissertação, que apenas existe um sistema  $k$  a fornecer a energia necessária para cada uma das utilizações, as parcelas  $f_{i,k}$ ,  $f_{v,k}$ , bem como  $f_{a,k}$  assumem o valor igual a 1.

A eficiência nominal de conversão em energia útil do sistema convencional deve corresponder ao valor da eficiência nominal do equipamento de produção especificado na fase de projeto, ou eventualmente instalado após a fase de construção. No caso de sistemas que não se encontrem especificados em projeto ou instalados, devem ser consideradas as soluções por defeito aplicáveis e indicadas na Tabela I.03 da Portaria n.º349-B/2013, de 29 de Novembro, para os diferentes tipos de sistemas [11].

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

Finalmente, os fatores de conversão entre energia final e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais de energia primária de edifícios de habitação são:

- $F_{pu}=2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);
- $F_{pu}=1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis.

No caso de energia térmica de origem renovável, o fator  $F_{pu}$  toma o valor de  $1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$  [14].

O regulamento estabelece limites máximos admissíveis para as necessidades nominais anuais globais de energia primária ( $N_t$ ), o qual cada fração autónoma não pode exceder, isto é:

$$N_{tc} \leq N_t \quad (16.1)$$

Onde o valor limite  $N_t$  é, por sua vez:

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \times \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} \quad (16.1)$$

Em que:

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

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

$Q_a$ - necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema  $k$  ( $\text{kWh}/\text{ano}$ );

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

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

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

$\eta_{ref}$ - valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS;

j- fonte de energia;

$A_p$ - área interior útil de pavimento ( $m^2$ );

$F_{pu,j}$ - fator de conversão para energia primária ( $kWh_{EP}/kWh$ ).

Como já foi visto para as necessidades nominais anuais globais de energia primária, o valor das parcelas  $f_{i,k}$ ,  $f_{v,k}$  e  $f_{a,k}$  assumem o valor 1 na presente dissertação, uma vez que, a energia fornecida para cada utilização provém apenas de um sistema.

Quanto aos fatores de conversão para energia primária, obtêm-se de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizados, como visto anteriormente.

A classe energética é por fim obtida, pelo quociente das necessidades nominais globais de energia primária ( $N_{ic}$ ) e o seu limite máximo ( $N_l$ ) e consulta direta da figura 2.11 já mencionada. Variando, da mesma forma que no antigo regulamento, a classe energética A+ para edifícios com melhor desempenho energético e G para edifícios com a pior classificação.

Após isto, pode ser redigido o certificado representado na figura 2.13 que funcionará como um “bilhete de identidade” do edifício quanto à sua qualidade e eficiência energética, proporcionando ao utilizador futuro, a máxima clarificação sobre o assunto.



# 3

## CASOS DE ESTUDO

### 3.1. INTRODUÇÃO

A fim de se obter uma análise comparativa mais fidedigna das alterações das necessidades energéticas entre as duas versões regulamentares, foram selecionados projetos diferentes quanto à morfologia e à qualidade da construção. Os casos em estudo são duas moradias unifamiliares e duas frações autónomas de edifícios multifamiliares com tipos de construção diferentes. Assim, pretende-se verificar as diferenças de classificação, caso existam, conforme o tipo de unidade de habitação, o sistema construtivo e os princípios regulamentares adotados.

Estes edifícios, apesar de completamente distintos, possuem a mesma tipologia (T3), e no caso das frações autónomas admite-se situados num piso intermédio do edifício.

Importante referir que os edifícios aqui objetos de estudo podem não existir. Dois dos projetos foram retirados de uma biblioteca de autocad virtual e os outros foram facultados por terceiros e admitiu-se determinadas soluções construtivas bastante diferentes de modo a formar amostras razoavelmente distintas para serem notórias as divergências que resultem das diferenças de morfologia ou de tecnologias construtivas.

### 3.2. EDIFÍCIOS RECENTES

#### 3.2.1. MORADIA (1º CASO)

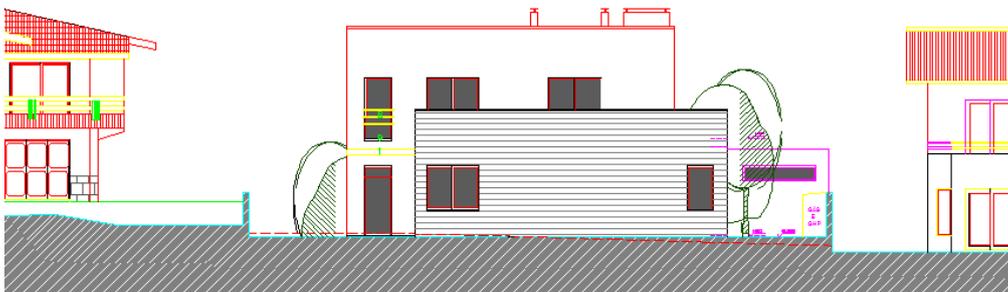


Fig. 3. 1 - Alçado do 1º caso de estudo [22]

## 3.2.1.1. Descrição do imóvel

A figura 3.1 refere-se à moradia recente em estudo que se desenvolve em dois pisos. O piso 0, sobre um desvão fracamente ventilado, é constituído por uma sala comum, um quarto, uma cozinha e copa, uma despensa, uma casa de banho completa, uma lavandaria, um hall, e o piso 1 por um quarto, um escritório, uma casa de banho e uma suite com quarto de vestir e casa de banho privativa.

A ventilação da habitação admite-se que é feita naturalmente, não cumprindo os pressupostos da norma NP 1037-1, e é constituída por dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis a 2 Pa (grelhas) na fachada. A caixilharia não possui classificação quanto à permeabilidade ao ar e todos os vãos envidraçados da fração habitacional possuem caixa de estore. As portas têm boa vedação em todo o seu perímetro e a área envidraçada é superior a 15% da área útil de pavimento.

As portas exteriores e a porta que separa o espaço útil (cozinha) do não útil (lavandaria) são em PVC com os coeficientes de transmissão térmica de  $U=3,0 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e  $U=2,36 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ , respetivamente.

Todos os vãos envidraçados da envolvente do edifício são constituídos por vidro duplo incolor+incolor (5+5mm) com caixa-de-ar de 10mm e caixilharia de PVC com um coeficiente de transmissão térmica de  $U=2,0 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e a proteção dos respetivos vãos é feita com recurso a persianas metálicas de cor clara.

A estrutura de todo o edifício é formada por um sistema reticulado de elementos resistentes. As paredes são duplas com caixa-de-ar e recurso a isolamento térmico como se pode ver nas peças desenhadas.

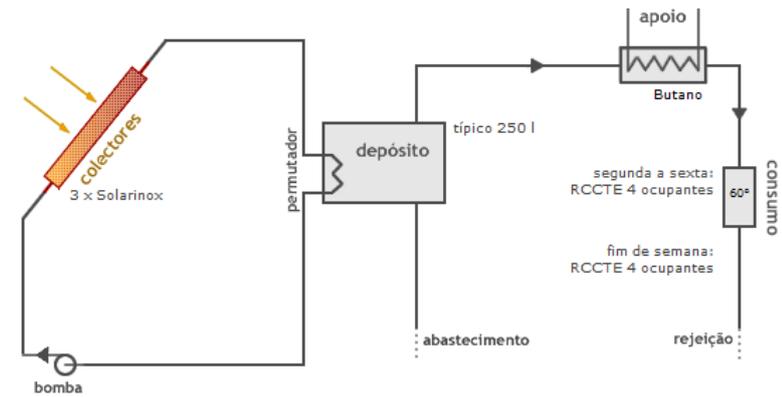
Para climatização, foi considerado um sistema de aquecimento central apoiado por uma caldeira a gás com uma potência menor do que 25 kW. Para o sistema de produção de águas quentes sanitárias considera-se a existência de uma caldeira mural com acumulação com, pelo menos 100 mm de isolamento térmico. Para sistemas auxiliares para arrefecimento, nada está previsto pelo que se considera, para efeitos de cálculo, as características previstas por defeito no RCCTE, conforme indicado na tabela seguinte:

Tabela 3. 1 - Sistemas utilizados no edifício

Sistema de aquecimento	Caldeira a gás
Sistema de arrefecimento	Bomba de calor
AQS	Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100mm de isolamento térmico

A contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento das águas quentes sanitárias ( $E_{\text{solar}}$ ) é calculada recorrendo ao programa SOLTERM do INETI, admitindo um conjunto de painéis solares constituído por 3 coletores planos Solarinox que totalizam uma área de  $5,9 \text{ m}^2$  a aplicar na cobertura voltada a Sul, com uma inclinação de  $41^{\circ}$ .

Os painéis fazem o aquecimento das águas sanitárias do edifício, existindo um depósito com 250 l de capacidade, dotado de um sistema de apoio a combustível gasoso, que funcionará apenas como complemento ao sistema solar de aquecimento de águas, conforme a seguinte configuração.



Aveiro | sombreamentos: 3°(por defeito)

Campo de colectores	
Equipamento	Configuração
Solarinox	3 colectores
Colector plano	5,9 m <sup>2</sup>
Área = 1,95 m <sup>2</sup>	4,1 kW nominal
$\eta_0 = 0,71$	Inclinação 41°
$a_1 = 5,600 \text{ W/m}^2/\text{K}$	Azimute Sul
$a_2 = 0,018 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$	sugerir

Fig. 3. 2 - Esquema da rede do sistema solar térmico [22]

### 3.2.1.2. Peças desenhadas

As figuras 3.3 e 3.4 representam as plantas do edifício em estudo.

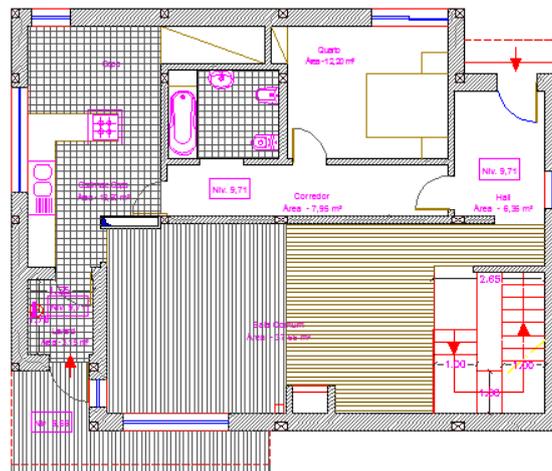


Fig. 3. 3 - Planta do piso 0 do 1º caso de estudo [22]

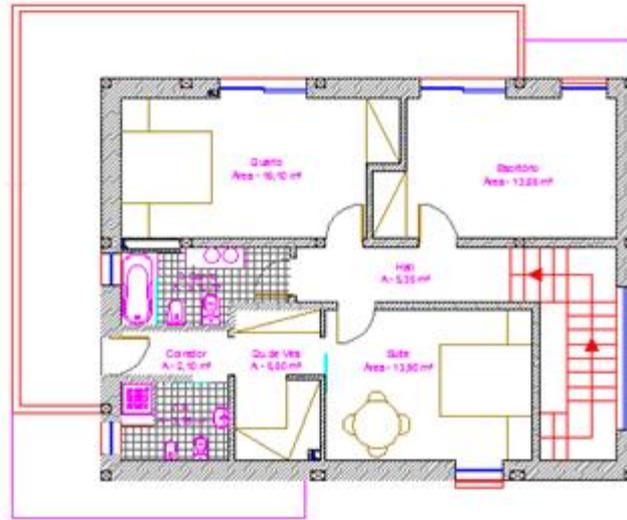
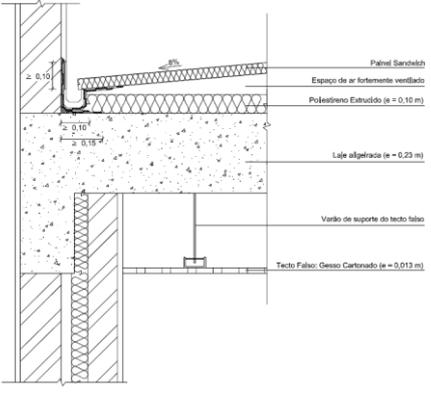
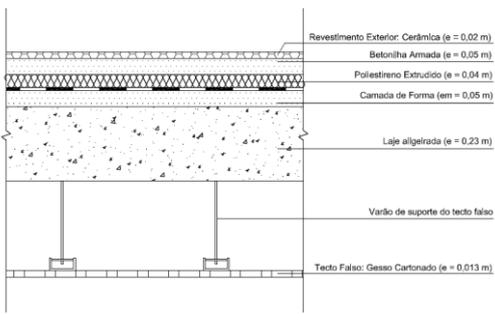
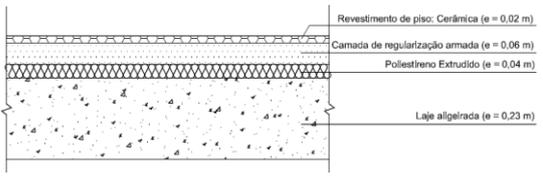
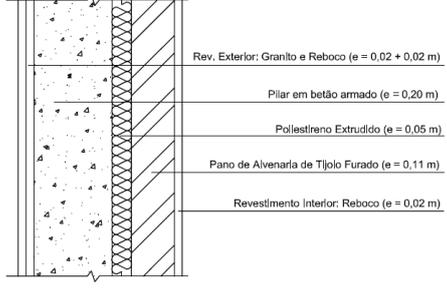
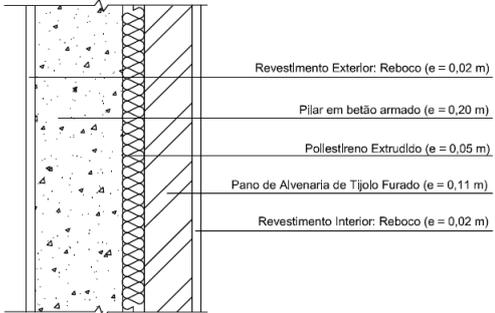
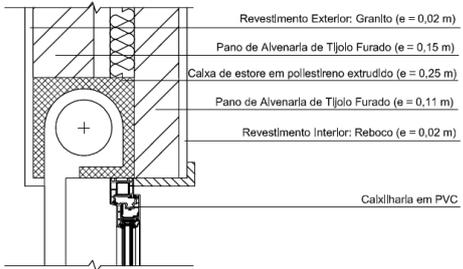
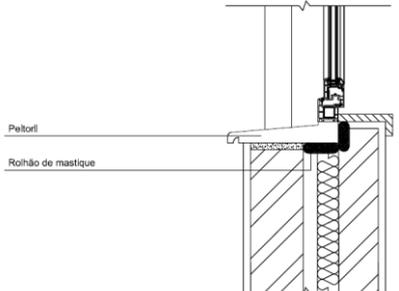
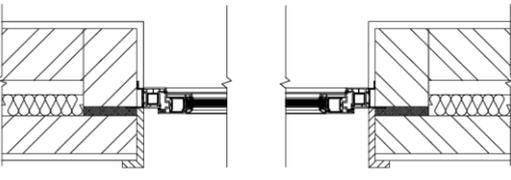


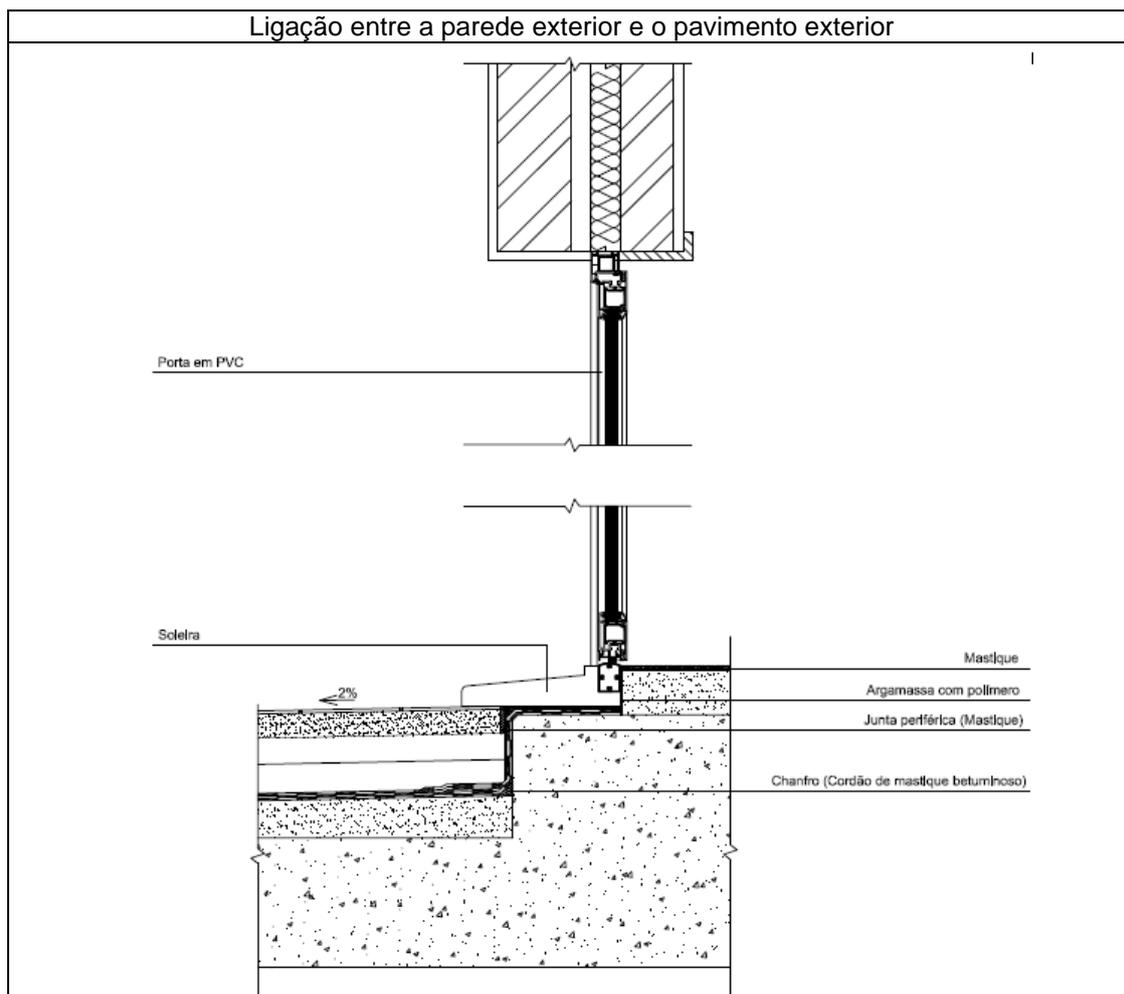
Fig. 3. 4 - Planta do piso 1 do 1º caso de estudo [22]

Os pormenores construtivos da envolvente da moradia são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 3. 2 - Pormenores construtivos da envolvente (1º caso de estudo)

Parede exterior revestida a granito	Parede exterior rebocada e pintada
<p>Rev. Exterior: Granito e Reboco (e = 0,02 + 0,02 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,15 m)</p> <p>Espaço de ar (e = 0,04 m)</p> <p>Poliestireno Extrudido (e = 0,06 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)</p> <p>Revestimento Interior: Reboco (e = 0,02 m)</p>	<p>Revestimento Exterior: Reboco (e = 0,02 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,15 m)</p> <p>Espaço de ar (e = 0,04 m)</p> <p>Poliestireno Extrudido (e = 0,06 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)</p> <p>Revestimento Interior: Reboco (e = 0,02 m)</p>
Parede interior de separação entre espaços úteis e não úteis	Outras paredes interiores
<p>Revestimento espaço não útil: Reboco (e = 0,02 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)</p> <p>Poliestireno Extrudido (e = 0,04 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)</p> <p>Revestimento espaço útil: Reboco (e = 0,02 m)</p>	<p>Revestimento: Reboco (e = 0,02 m)</p> <p>Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,07; 0,11 ou 0,20 m)</p> <p>Revestimento: Reboco (e = 0,02 m)</p>

Cobertura em painel “sandwich”	Cobertura em terraço
 <p>             Painel Sandwich              Espaço de ar formentado ventilado              Poliestireno Extrudido (e = 0,10 m)              Laje aligeirada (e = 0,23 m)              Varão de suporte do tecto falso              Tecto Falso: Gesso Cartonado (e = 0,013 m)         </p>	 <p>             Revestimento Exterior: Cerâmica (e = 0,02 m)              Betonilha Armada (e = 0,05 m)              Poliestireno Extrudido (e = 0,04 m)              Camada de Forma (em = 0,05 m)              Laje aligeirada (e = 0,23 m)              Varão de suporte do tecto falso              Tecto Falso: Gesso Cartonado (e = 0,013 m)         </p>
Pavimento sobre espaço não útil	Parede exterior em zona de pilar com revestimento exterior em granito
 <p>             Revestimento de piso: Cerâmica (e = 0,02 m)              Camada de regularização armada (e = 0,06 m)              Poliestireno Extrudido (e = 0,04 m)              Laje aligeirada (e = 0,23 m)         </p>	 <p>             Rev. Exterior: Granito e Reboco (e = 0,02 + 0,02 m)              Pilar em betão armado (e = 0,20 m)              Poliestireno Extrudido (e = 0,05 m)              Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)              Revestimento Interior: Reboco (e = 0,02 m)         </p>
Parede exterior em zona de pilar com revestimento em reboco pintado	Parede exterior em zona de caixa de estore
 <p>             Revestimento Exterior: Reboco (e = 0,02 m)              Pilar em betão armado (e = 0,20 m)              Poliestireno Extrudido (e = 0,05 m)              Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)              Revestimento Interior: Reboco (e = 0,02 m)         </p>	 <p>             Revestimento Exterior: Granito (e = 0,02 m)              Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,15 m)              Caixa de estore em poliestireno extrudido (e = 0,25 m)              Pano de Alvenaria de Tijolo Furado (e = 0,11 m)              Revestimento Interior: Reboco (e = 0,02 m)              Caixilharia em PVC         </p>
Ligação da fachada com o peitoril	Ligação da fachada com ombreiras
 <p>             Peitoril              RANHÃO de mastique         </p>	



### 3.2.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLETIVA (2º CASO)

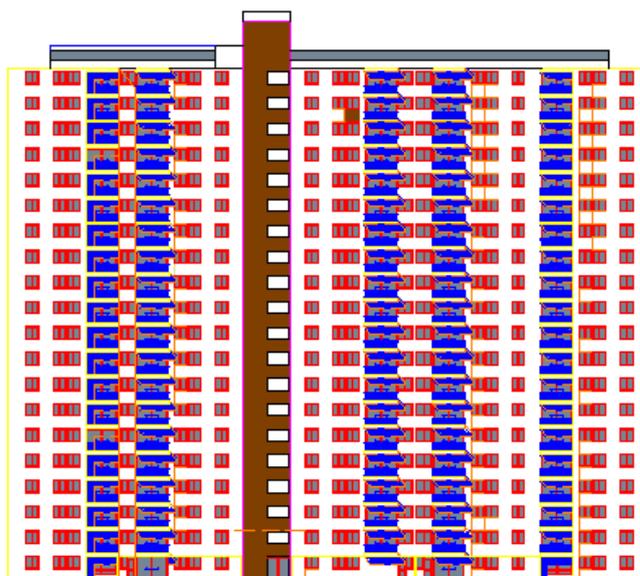


Fig. 3. 5 - Alçado do 2º caso de estudo [19]

### 3.2.2.1 Descrição do imóvel

Na figura 3.5 é apresentado o edifício de habitação utilizado para o estudo no caso de um apartamento recente. Este edifício é composto por 20 pisos acima do solo, no qual considera-se para efeitos de cálculo que a fração autónoma em estudo corresponderá a um piso situado no 12º andar, apresentando apenas um alçado em contato com o exterior.

A fração em estudo é constituída por uma sala e uma casa de banho comum, uma cozinha, dois quartos e uma suite com casa de banho privativa. Apenas um pano de parede faz parte da fachada (a sul), estando os outros em contato com outras frações autónomas a poente, o corredor a norte e a nascente em contato com o espaço não útil.

Admitindo-se que a ventilação da habitação é feita naturalmente, não cumprindo os pressupostos da norma NP 1037-1, e é constituída por dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis a 2 Pa (grelhas) na fachada.

Quanto à permeabilidade ao ar, a caixilharia é de classe 3 e todos os vãos envidraçados da fração autónoma possuem caixa de estore.

As portas têm boa vedação em todo o seu perímetro e a área envidraçada é superior a 15% da área útil de pavimento.

A porta que separa o interior da habitação do espaço não útil (corredor) é em madeira com o coeficiente de transmissão térmica  $U=2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

Todos os vãos envidraçados da envolvente do edifício são constituídos por vidro duplo incolor+incolor (5+5mm) com caixa-de-ar de 10mm e caixilharia metálica, sem quadrículas e com corte térmico, com um coeficiente de transmissão térmica de  $2,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e a proteção dos respetivos vãos é feita com recurso a persianas metálicas de cor clara.

Estruturalmente o edifício é composto por um sistema reticulado de elementos resistentes. As paredes são duplas com caixa-de-ar e isolamento térmico ocupando parcialmente a caixa-de-ar, como se pode verificar nas peças desenhadas a seguir apresentadas.

No que diz respeito ao sistema de climatização, foi considerado aquecimento central apoiado por uma caldeira a gás com uma potência menor do que 25 kW. Para o sistema de produção de águas quentes sanitárias considera-se a existência de uma caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico. Não está previsto qualquer sistema auxiliar de arrefecimento. Assim, considera-se para efeitos de cálculo as características previstas por defeito no RCCTE, conforme indicado na tabela seguinte:

Tabela 3. 3 - Sistemas utilizados no edifício

Sistema de aquecimento	Caldeira a gás
Sistema de arrefecimento	Bomba de calor
AQS	Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100mm de isolamento térmico

A contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento das águas quentes sanitárias ( $E_{\text{solar}}$ ) é calculada recorrendo ao programa SOLTERM do INETI, admitindo um conjunto de painéis solares constituído por 3 coletores planos Solarinox que totalizam uma área de  $5,9\text{m}^2$  a aplicar na cobertura voltada a Sul, com uma inclinação de  $41^\circ$ .

Os painéis fazem o aquecimento das águas sanitárias do edifício, existindo um depósito com 250 l de capacidade, dotado de um sistema de apoio a combustível gasoso, que funcionará apenas como complemento ao sistema solar de aquecimento de águas.

A configuração desta rede é feita de acordo com o esquema apresentado na figura 3.2.

### 3.2.2.2. Peças desenhadas

A figura 3.6 corresponde à planta do edifício em questão, e a figura 3.7 representa a planta da fração autónoma em estudo.



Fig. 3. 6 - Planta do edifício [19]

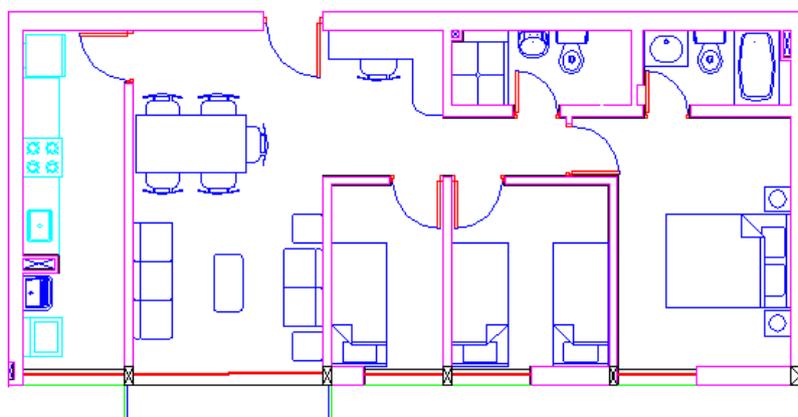
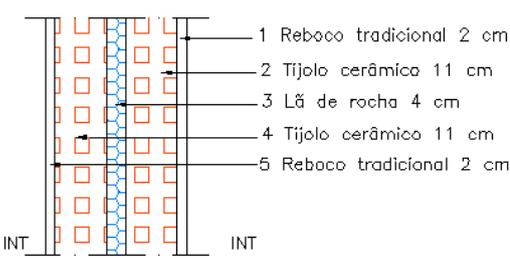
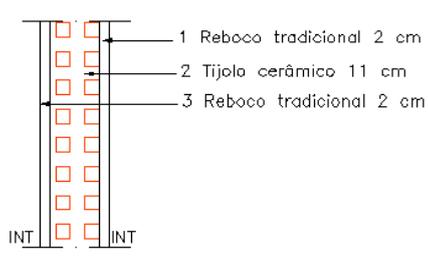
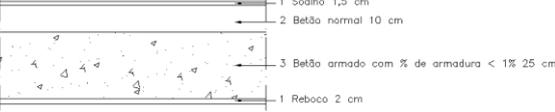
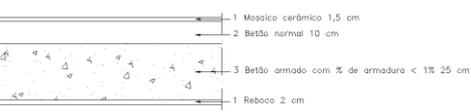
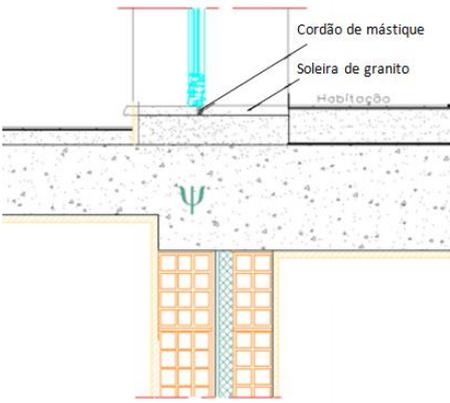
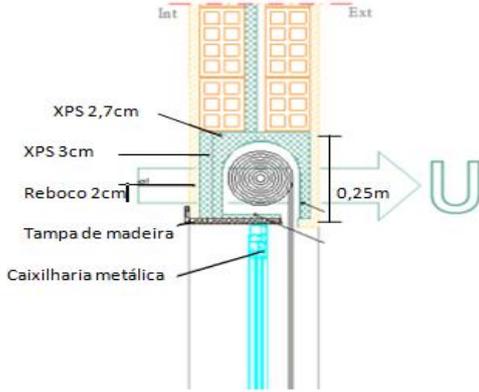
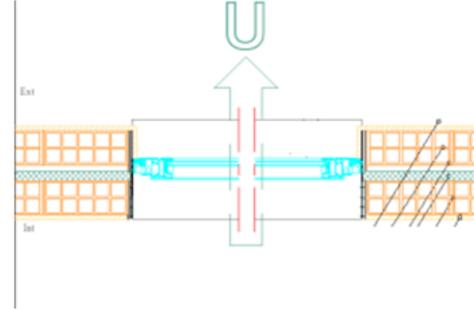
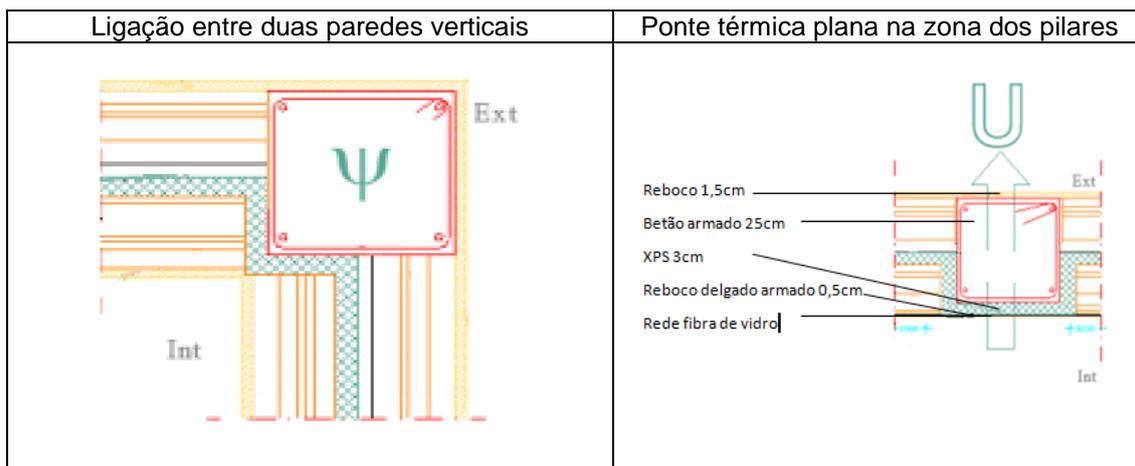


Fig. 3. 7 - Planta da fração autónoma em estudo (2º caso) [19]

Os pormenores construtivos da envolvente do edifício são a seguir representados.

Tabela 3. 4 - Pormenores construtivos da envolvente (2º caso de estudo)

<p><b>Paredes exteriores</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Reboço tradicional 1,5 cm</li> <li>2 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>3 Caixa de ar não ventilada 2 cm</li> <li>4 XPS 3 cm</li> <li>5 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>6 Reboço tradicional 1,5 cm</li> </ol> <p>INT EXT</p>	<p><b>Paredes de separação para área comum</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Reboço tradicional 2 cm</li> <li>2 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>3 Lã de rocha 4 cm</li> <li>4 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>5 Reboço tradicional 2 cm</li> </ol> <p>INT INT. (NÃO AQUECIDO)</p>
<p><b>Paredes de separação entre frações</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Reboço tradicional 2 cm</li> <li>2 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>3 Lã de rocha 4 cm</li> <li>4 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>5 Reboço tradicional 2 cm</li> </ol> <p>INT INT</p>	<p><b>Paredes interiores de compartimentação</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Reboço tradicional 2 cm</li> <li>2 Tijolo cerâmico 11 cm</li> <li>3 Reboço tradicional 2 cm</li> </ol> <p>INT INT</p>
<p><b>Pavimento revestido a soalho</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Soalho 1,5 cm</li> <li>2 Betão normal 10 cm</li> <li>3 Betão armado com % de armadura &lt; 1% 25 cm</li> <li>1 Reboço 2 cm</li> </ol>	<p><b>Pavimento revestido a mosaico cerâmico</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Mosaico cerâmico 1,5 cm</li> <li>2 Betão normal 10 cm</li> <li>3 Betão armado com % de armadura &lt; 1% 25 cm</li> <li>1 Reboço 2 cm</li> </ol>
<p><b>Ligação da fachada com varanda</b></p>  <p>Cordão de mástique Soleira de granito Habitação</p>	<p><b>Ligação da fachada com caixa de estore</b></p>  <p>XPS 2,7cm XPS 3cm Reboço 2cm Tampa de madeira Caixilharia metálica 0,25m U</p>
<p><b>Ligação da fachada com ombreira</b></p>  <p>Ext Int</p>	<p><b>Ligação da fachada com peitoril</b></p>  <p>Peitoril de madeira Cordão de mástique 1,5cm Argamassa de assentamento</p>



### 3.3. EDIFÍCIOS ANTERIORES A 1990

#### 3.3.1. MORADIA (3º CASO)



Fig. 3. 8 - Alçado do 3º caso de estudo [19]

##### 3.3.1.1. Descrição do imóvel

A figura 3.8 corresponde à moradia menos recente em estudo que se desenvolve em dois pisos: piso 0 e piso 1. O piso 0, sobre um desvão fracamente ventilado, é constituído por uma sala comum, um quarto, uma cozinha e copa, uma despensa, uma casa de banho completa, um escritório, um hall e garagem, no piso superior ficam dois quartos e uma casa de banho completa.

Admite-se que a ventilação da habitação é feita naturalmente, não cumprindo os pressupostos da norma NP 1037-1, nem possuindo qualquer dispositivo de admissão de ar nas fachadas. A caixilharia não possui classificação quanto à permeabilidade ao ar e todos os vãos envidraçados da fração habitacional possuem caixa de estore. As portas têm boa vedação em todo o seu perímetro e a área envidraçada é superior a 15% da área útil de pavimento.

A porta exterior é em PVC com os coeficientes de transmissão térmica de  $U=3,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Todos os vãos envidraçados da envolvente do edifício são constituídos por vidro simples

colorido na massa com 6 mm de espessura, com um coeficiente de transmissão térmica de  $U=4,1\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e caixilharia em alumínio sem quadrículas e com corte térmico utilizando persianas metálicas de cor clara para a sua proteção.

A estrutura de todo o edifício é composta por um sistema reticulado de elementos resistentes. As paredes são duplas com caixa-de-ar sem recurso a isolamento térmico com todas as vigas embutidas nas lajes como se poderá verificar mais adiante pelas peças desenhadas.

Quanto à climatização, foi considerado um sistema de aquecimento central apoiado por uma caldeira a gás com uma potência menor do que 25 kW Para o sistema de produção de águas quentes sanitárias considera-se a existência de uma caldeira mural com acumulação com menos de 50 mm de isolamento térmico. Não está previsto qualquer sistema auxiliar de arrefecimento pelo que se considera para efeitos de cálculo as características previstas por defeito no RCCTE, conforme indicado na tabela seguinte:

Tabela 3. 5 - Sistemas utilizados no edifício

Sistema de aquecimento	Caldeira a gás
Sistema de arrefecimento	Bomba de calor
AQS	Caldeira mural com acumulação com menos de 50mm de isolamento térmico

A contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento das águas quentes sanitárias ( $E_{\text{solar}}$ ) é calculada recorrendo ao programa SOLTERM do INETI, admitindo um conjunto de painéis solares constituído por 3 coletores planos Solarinox que totalizam uma área de  $5,9\text{m}^2$  a aplicar na cobertura voltada a Sul, com uma inclinação de  $41^{\circ}$ .

Os painéis fazem o aquecimento das águas sanitárias do edifício, existindo um depósito com 250 l de capacidade, dotado de um sistema de apoio a combustível gasoso, que funcionará apenas como complemento ao sistema solar de aquecimento de águas.

A configuração desta rede é feita de acordo com o esquema representado na figura 3.2.

### 3.3.1.2. Peças desenhadas

As figuras 3.9 e 3.10 correspondem às plantas do edifício em questão.

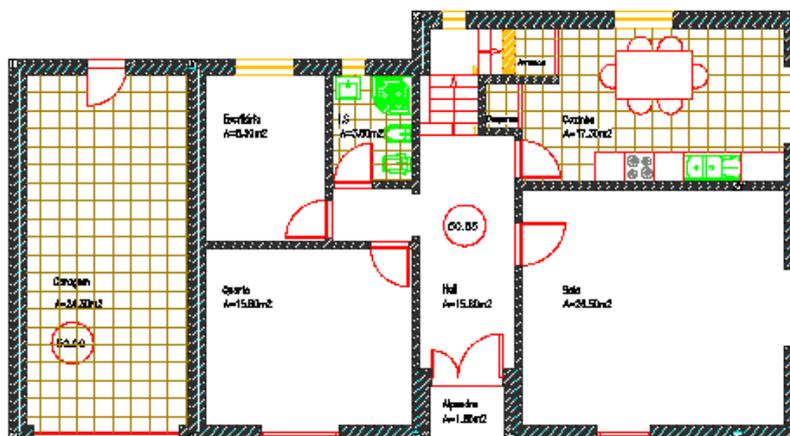


Fig.3. 9 - Planta do piso 0 do 3º caso de estudo [19]

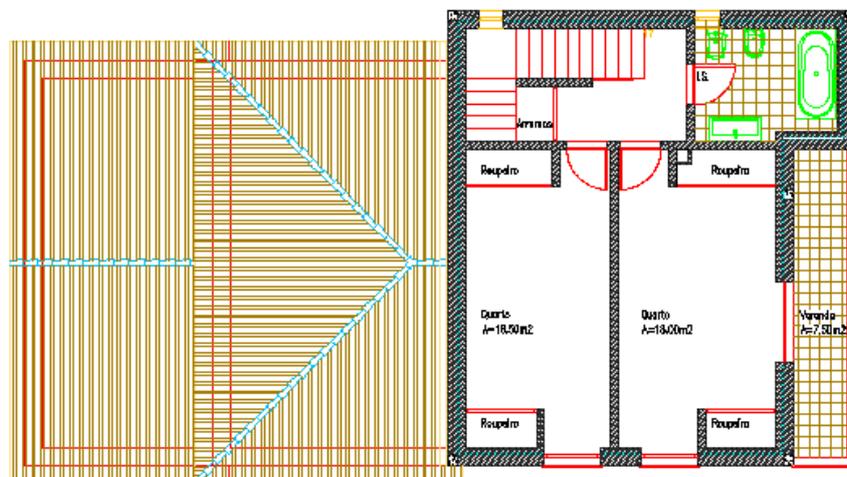


Fig. 3. 10 - Planta do piso 1 do 3º caso de estudo [19]

Os pormenores construtivos da envolvente do edifício são a seguir representados.

Tabela 3. 6 - Pormenores construtivos da envolvente (3º caso de estudo)

<p><b>Paredes exteriores</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Reboco 2cm</li> <li>2- Tijolo cerâmico 11cm</li> <li>3- Caixa-de-ar 5cm</li> <li>4- Tijolo cerâmico 15cm</li> <li>5- Reboco 2cm</li> </ol>	<p><b>Paredes interiores de separação entre espaços úteis e não úteis</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Reboco 2cm</li> <li>2- Tijolo cerâmico 11cm</li> <li>3- Caixa-de-ar 5cm</li> <li>4- Tijolo cerâmico 15cm</li> <li>5- Reboco 2cm</li> </ol>
<p><b>Paredes interiores</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Reboco 2cm</li> <li>2- Tijolo cerâmico 11cm</li> <li>3- Reboco 2cm</li> </ol>	<p><b>Pavimento sobre espaço não útil</b></p>

Pavimento interior e pavimento sobre o exterior	
Cobertura sob espaço não útil	Cobertura em terraço
Ligação da fachada com caixa-de-estore	Ligação da fachada com ombreira
Ponte térmica plana em zona de pilares	

### 3.3.2. EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO COLETIVA (4º CASO)

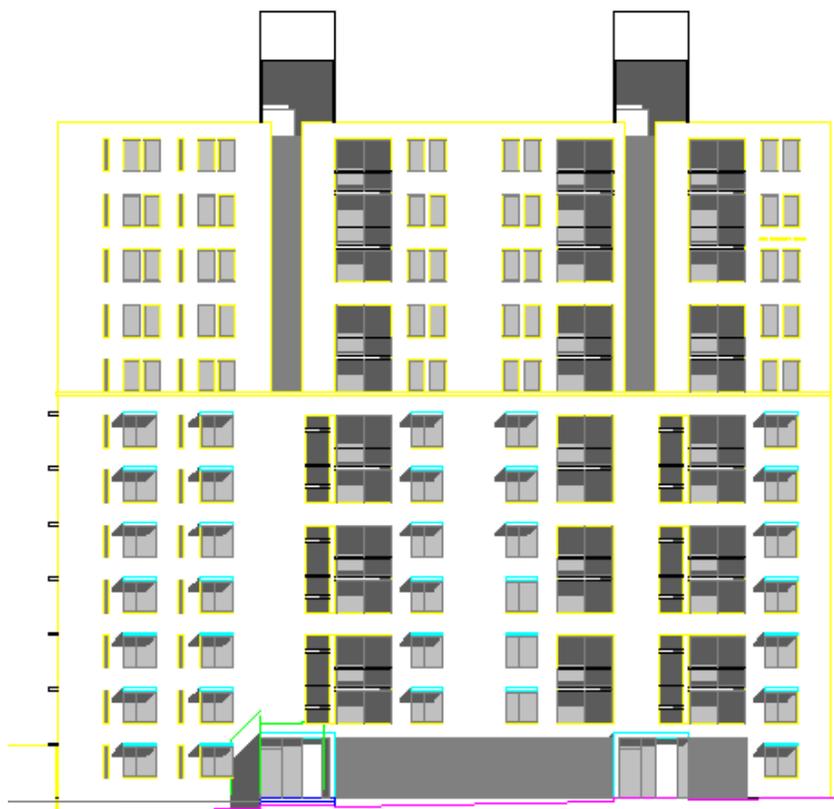


Fig. 3. 11 - Alçado do 4º caso de estudo [19]

#### 3.3.2.1 Descrição do imóvel

Na figura 3.11 apresenta-se o edifício de habitação utilizado para o estudo no caso de um apartamento menos recente. Este edifício é composto por 12 pisos acima do solo, no qual considera-se para efeitos de cálculo que a fração autónoma em estudo corresponderá a um piso situado no 9º andar no interior da fachada.

A fração em estudo é constituída por uma sala e uma casa de banho comum, uma cozinha, dois quartos, uma suite com casa de banho privativa. Apenas tem duas fachadas em contato com o exterior (a norte e a sul), estando as restantes em contato com outras frações ou com o espaço não útil (corredor comum).

Admite-se a ventilação da habitação natural, não cumprindo os pressupostos da norma NP 1037-1, nem possuindo qualquer dispositivo de admissão de ar nas fachadas.

A caixilharia não possui classificação quanto à permeabilidade ao ar e todos os vãos envidraçados da fração habitacional possuem caixa de estore. As portas têm boa vedação em todo o seu perímetro e a área envidraçada é superior a 15% da área útil de pavimento.

A porta que separa o interior da habitação do espaço não útil (corredor) é em madeira com o coeficiente de transmissão térmica  $U=2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

Todos os vãos envidraçados da envolvente do edifício serão constituídos por vidro simples colorido na massa de 6 mm de espessura com um coeficiente de transmissão térmica de

$U=4,1\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e caixilharia em alumínio sem quadrículas e com corte térmico com proteção dos vãos feitos com recurso a persianas metálicas de cor clara.

Estruturalmente, o edifício é composto por um sistema reticulado de elementos resistentes. As paredes são simples com caixa-de-ar sem isolamento e vigas embutidas nas lajes, como se poderá analisar nas peças desenhadas a seguir.

Como sistema de climatização, foi considerado um sistema de aquecimento central apoiado por uma caldeira a gás com uma potência menor do que 25 kW. Para o sistema de produção de águas quentes sanitárias considera-se a existência de uma caldeira mural com acumulação com menos de 50 mm de isolamento térmico. Não está previsto qualquer sistema auxiliar de arrefecimento, considerando-se para efeitos de cálculo as características previstas por defeito no RCCTE, conforme indicado na tabela seguinte:

Tabela 3. 7 - Sistemas utilizados no edifício

Sistema de aquecimento	Caldeira a gás
Sistema de arrefecimento	Bomba de calor
AQS	Caldeira mural com acumulação com menos de 50mm de isolamento térmico

A contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento das águas quentes sanitárias ( $E_{\text{solar}}$ ) é calculada recorrendo ao programa SOLTERM do INETI, admitindo um conjunto de painéis solares constituído por 3 coletores planos Solarinox que totalizam uma área de  $5,9\text{m}^2$  a aplicar na cobertura voltada a Sul, com uma inclinação de  $41^{\circ}$ .

Os painéis fazem o aquecimento das águas sanitárias do edifício, existindo um depósito com 250 l de capacidade, dotado de um sistema de apoio a combustível gasoso, que funcionará apenas como complemento ao sistema solar de aquecimento de águas.

A configuração desta rede é feita de acordo com o esquema apresentado na figura 3.2.

### 3.3.2.2. Peças desenhadas

A figura 3.12 corresponde à planta do edifício em questão, e a figura 3.13 representa a planta apenas da fração autónoma em estudo.

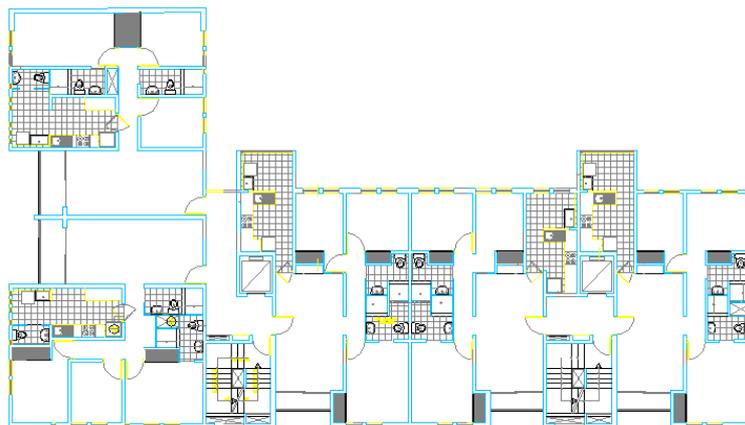


Fig. 3. 12 - Planta do edifício [19]

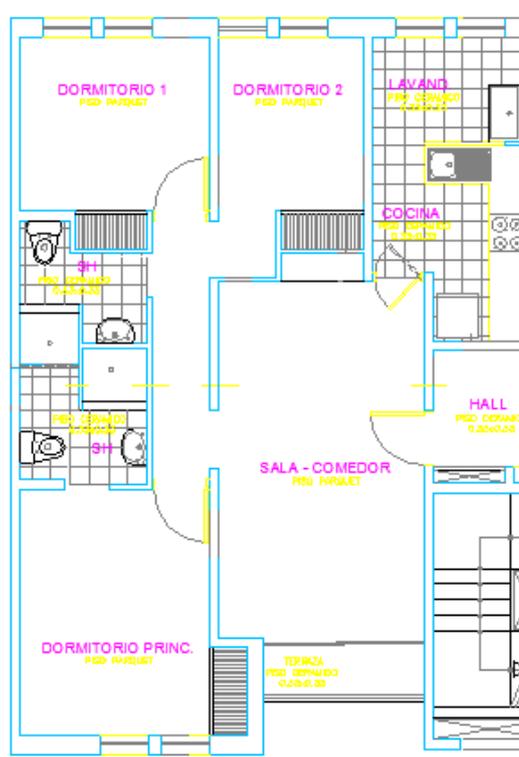
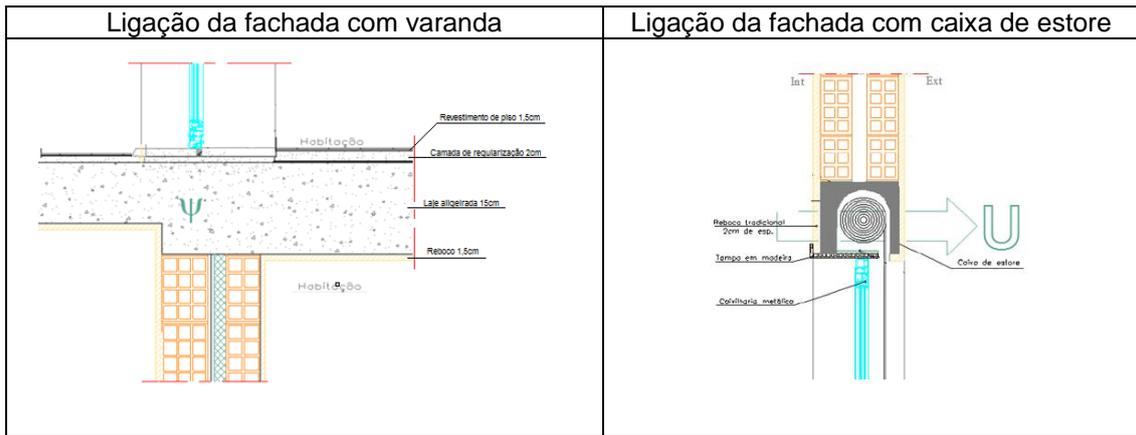


Fig. 3. 13 - Planta da fração autónoma em estudo (4º caso) [19]

Os pormenores construtivos da envolvente do edifício são a seguir representados.

Tabela 3. 8 - Pormenores construtivos da envolvente (4º caso de estudo)

Paredes exteriores	Paredes de separação para área comum ou outras frações
<p>1 Reboco tradicional 2 cm 2 Tijolo cerâmico 11 cm 3 Caixa de ar 4 cm 4 Tijolo cerâmico 11 cm 5 Reboco tradicional 2 cm</p> <p>INT EXT</p>	<p>1 Reboco tradicional 2 cm 2 Tijolo cerâmico 11 cm 3 Reboco tradicional 2 cm</p> <p>INT Esp. não útil ou outras frações</p>
Paredes interiores de compartimentação	Pavimento revestido a mosaico cerâmico/soalho
<p>1 Reboco tradicional 1,5 cm 2 Tijolo cerâmico 4 cm 3 Reboco tradicional 1,5 cm</p> <p>INT INT</p>	<p>1 Soalho/cerâmico 1,5 cm 2 Camada de regularização 2cm 3 Laje aligeirada 15 cm 1 Reboco 1,5 cm</p>





# 4

## ESTUDO COMPARATIVO

### 4.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DO ESTUDO COMPARATIVO

A evolução da diretiva n.º 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002 para a Diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 criou a oportunidade de aperfeiçoar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética, numa perspetiva de melhorar a eficiência energética dos edifícios. Resultando na evolução, em paralelo, do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) para o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

A fim de testar a eficácia de ambos os regulamentos, o nível de exigência inerente a cada um deles e a sua viabilidade no cálculo de diversos parâmetros, procede-se à aplicação dos dois regulamentos, para um mesmo grupo de casos de estudo descritos no capítulo 3.

Uma vez que o clima dos locais é um parâmetro fundamental a considerar no cálculo da eficiência energética dos edifícios, também este será uma variável para os presentes casos de estudo. Visto que o clima pode enquadrar-se em três zonas climáticas de inverno (I1, I2, I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3), numa perspetiva de considerar todos os casos prováveis de localização dos edifícios, admite-se nove locais possíveis para a localização dos edifícios, resultando numa matriz de zonas climáticas como se verá adiante.

Como, para além destas nove possíveis zonas climáticas, o edifício ainda se pode situar em zonas urbanas, na periferia de uma zona urbana ou rural e ainda numa zona muito exposta (rugosidade I, II e III, respetivamente), resulta em 27 possíveis localizações diferentes para cada caso de estudo. Obtendo assim uma maior base de dados, para a comparação dos dois regulamentos.

### 4.2. APLICAÇÃO E DIFERENÇAS DAS DUAS METODOLOGIAS

Uma das diferenças entre as duas metodologias refere-se ao cálculo das zonas climáticas em que se insere o edifício em estudo, as quais eram definidas na metodologia antiga (RCCTE) por meio de um quadro no qual era identificada a zona climática em função do concelho a que pertencia. Na nova metodologia (REH), estas são definidas com um grau de pormenorização relacionada com a altitude do terreno onde vai ser construído o edifício. Assim, por aplicação do RCCTE e admitindo as zonas climáticas mencionadas anteriormente, recorre-se ao Quadro III.1 do Anexo III do Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril e, por consulta direta, obtém-se a matriz de zonas climáticas a seguir definida:

Tabela 4. 1 - Zonas climáticas (locais adotados)

Locais	I1	I2	I3
V1	Aveiro	Oliveira de Azeméis	Manteigas
V2	Albufeira	Monção	Vila Real
V3	Redondo	Portalegre	Mirandela

No entanto, na nova regulamentação, a definição das zonas climáticas dependem do número de graus-dias de aquecimento, para a estação de inverno e da temperatura média exterior, para a estação de verão, que por sua vez dependem da altitude a que se encontra o local, resultando para os presentes locais, diferentes zonas climáticas, como se pode constatar pela tabela 4.2.

Tabela 4. 2 - Diferenças das zonas climáticas para as duas versões da lei

RCCTE	Locais	REH
I1V1	Aveiro	I1V2
I1V2	Albufeira	I1V3
I1V3	Redondo	I1V3
I2V1	Oliveira de Azeméis	I2V2
I2V2	Monção	I2V2
I2V3	Portalegre	I2V3
I3V1	Manteigas	I3V2
I3V2	Vila Real	I2V3
I3V3	Mirandela	I2V3

A vermelho estão representados os locais, que no novo regulamento, assumem zonas climáticas diferentes. Verifica-se que pelo REH há um agravamento da severidade das condições climáticas em cinco hipóteses, mantém-se em três hipóteses e só numa (Mirandela) houve uma redução da severidade. Nas figuras a seguir representadas pode-se visualizar a evolução das delimitações das zonas climáticas de inverno e verão, respetivamente.

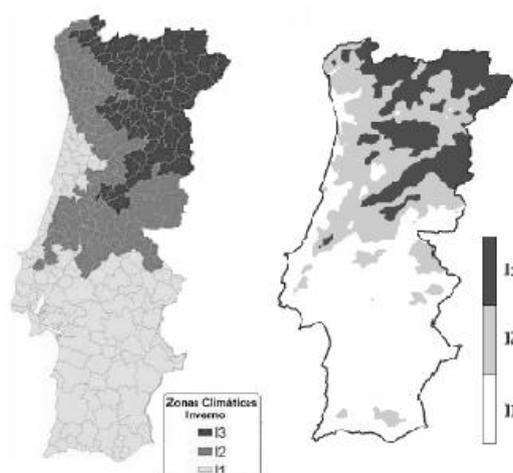


Fig. 4. 1 - Delimitação das zonas climáticas de inverno referente ao RCCTE e ao REH [adaptado de 15 e 20]

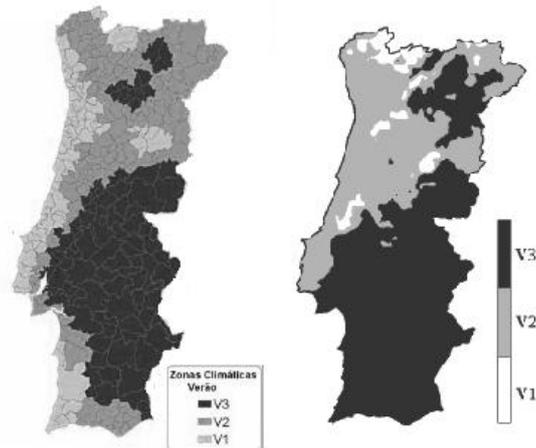


Fig. 4. 2 - Delimitação das zonas climáticas de Verão referente ao RCCTE e ao REH [adaptado de 15 e 20]

Para a apresentação dos resultados, de forma a facilitar a comparação, adotou-se a mesma organização da tabela determinada pelas zonas climáticas do RCCTE embora, como foi referido, se tenham verificado alterações das zonas climáticas no REH (compare-se, por exemplo, as figuras 4.4 e 4.5). Acrescenta-se que, embora a posição na tabela se mantenha no segundo cálculo, os valores nele utilizados para o número de graus-dias (GD), a duração da estação de aquecimento (M), a temperatura exterior média do mês mais frio ( $\theta_{ext,i}$ ), a energia solar média mensal ( $G_{sol}$ ), a temperatura exterior média ( $\theta_{ext,v}$ ) e a energia solar acumulada durante a estação ( $I_{sol}$ ) estão de acordo com as zonas climáticas da nova metodologia.

Outra grande diferença entre as duas metodologias é o cálculo do coeficiente de transferência de calor por transmissão através dos elementos em contato com o solo ( $H_{ecs}$ ), embora não se aplique este cálculo na presente dissertação devido à inexistência de casos específicos: trata-se de pisos (apartamentos) em que apenas existe uma interação entre fogos, ou de vivendas sobre um desvão sanitário com a cota da soleira acima da cota do solo envolvente.

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\Psi$ ) das ligações foi simplificado, sendo agora necessário apenas recorrer a uma reduzida tabela, com valores por defeito, em substituição das variadas tabelas definidas pelo RCCTE.

A estimativa do coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis ( $b_{tr}$ ) também sofreu alterações, deixando de ser estimado em função do tipo de espaço não útil, interessando apenas o quociente entre a área dos elementos que separam o espaço útil do não útil ( $A_i$ ) e a área que separa o espaço não útil do ambiente exterior ( $A_u$ ), tendo em conta o volume do espaço não útil e se este se encontra permeável ao ar, ou não.

O cálculo do fator solar ( $g_i$  ou  $g_v$ ) também sofre algumas alterações, não sendo obrigatório, na nova metodologia, a consideração de pelo menos cortinas muito transparente na estação de aquecimento, sendo apenas afetado do fator de seletividade. Na estação de arrefecimento, para o cálculo de  $g_v$ , em vez de se considerar 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel atuada e 30% do fator solar do vidro, recorre-se à determinação de uma fração de tempo, em função da orientação do vão envidraçado, em que os dispositivos móveis se encontram totalmente ativados.

Na metodologia anterior, o cálculo do coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento ( $H_{tr}$ ), resultava da soma das parcelas referentes às perdas de calor por transmissão associadas às paredes, pavimento, coberturas e envidraçados

exteriores. Na nova metodologia, para além das perdas já admitidas, passa-se a ter conta também as perdas através de pontes térmicas lineares, as perdas através de elementos em contato com o solo e com espaços não úteis.

Nos ganhos solares referentes à estação de arrefecimento, através da envolvente opaca ( $Q_{sol,opaco}$ ), passa a existir uma parcela, de caráter opcional, relativa ao fator de obstrução da superfície, o qual não foi considerado na presente dissertação, numa perspetiva de maior aproximação à metodologia anterior.

Quanto aos ganhos solares referentes à estação de arrefecimento, através da envolvente envidraçada ( $Q_{sol,env}$ ), deixa de existir a contabilização do fator de seletividade do vidro, para o cálculo da área efetiva, passando apenas a ser contabilizado, como já foi visto, no cálculo do fator solar ( $g_v$ ), na ausência de dispositivos de proteção solar fixos.

Na nova regulamentação, passa a existir separadamente uma parcela para o cálculo das necessidades de energia útil para aquecimento de águas quentes sanitárias ( $Q_a$ ) e outra para a contabilização dos sistemas solares térmicos ou quaisquer outras formas de energias renováveis ( $E_{ren}$ ). A energia útil para aquecimento de águas quentes sanitárias corresponde à energia despendida com sistemas convencionais. Para os sistemas solares térmicos são determinados requisitos mínimos, os quais devem ser cumpridos, de forma a fornecer energia igual ou superior à obtida com o sistema solar constituído por coletores padrão. Uma vez que, todos os casos de estudo têm a mesma tipologia, admite-se uma configuração da rede igual à definida na figura 3.2 para todos os casos e visto que, a energia fornecida para todos os locais, calculada pela metodologia anterior, cumpre os requisitos mínimos da nova metodologia, a energia fornecida, para cada local pelo sistema solar térmico nas duas metodologias e em todos os casos de estudo é igual.

Uma das grandes mudanças entre a nova regulamentação e a anterior assenta no cálculo da taxa de renovação do ar ( $R_{ph}$ ). Pelo RCCTE, este cálculo era simples e rápido, recorrendo-se apenas à consulta de duas tabelas, baseadas apenas na localização e nas características básicas do edifício. Na nova regulamentação, recorre-se ao seu cálculo, pelo método estabelecido na norma EN 15242, mediante várias considerações. Para cumprimento destas considerações e de forma a facilitar o cálculo detalhado da taxa de renovação do ar, na presente dissertação, recorre-se a uma ferramenta de cálculo disponibilizada, que funciona em ambiente Microsoft Excel, no qual se processa a discriminação de todas as características detalhadas do edifício quanto à permeabilidade ao ar da envolvente, da existência de dispositivos de admissão de ar nas fachadas e o seu respetivo caudal, entre outras considerações, conforme referido anteriormente no ponto 2.5.3.1. Esta descrição detalhada, que por vezes suscita várias dúvidas, leva-nos a assumir valores, que visivelmente parecem insignificantes, mas que têm uma grande influência no valor final da taxa de renovação do ar. Uma das condições a admitir neste cálculo, que também por vezes é objeto de várias dúvidas, é a distância dos edifícios situados em frente ( $D$ ) em metros. Na figura a seguir, é apresentado para o mesmo local, o valor da taxa de renovação do ar, para as diversas construções, quando apenas se varia a distância dos edifícios situados em frente.

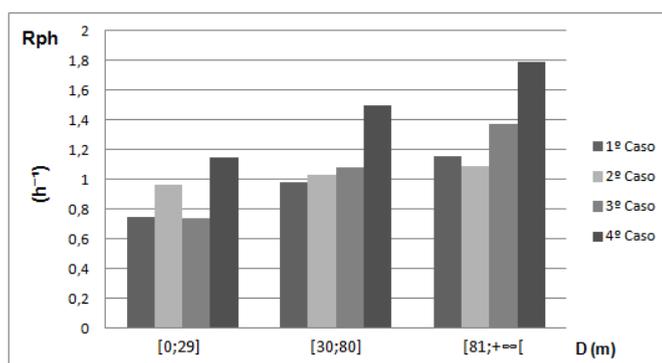


Fig. 4. 3 - Variação da taxa de renovação do ar para diferentes distâncias ao edifício em frente

Nos diferentes casos de estudo, verifica-se que quanto maior for a distância aos edifícios situados em frente, maior é o valor da taxa de renovação de ar, variando de uma forma discreta aos 29 e 80 metros. Esta distância que, no ato do projeto pode assumir um valor e, posteriormente, outro, não deveria condicionar tanto a classificação energética de um edifício. Como se verá mais adiante, a taxa de renovação do ar influencia bastante as perdas e os ganhos e, conseqüentemente, a classificação energética dos edifícios. É importante referir, que para a presente dissertação assumiu-se os valores de  $R_{ph}$  para uma distância aos edifícios em frente (D) compreendida entre 0 e 29 metros, por resultarem valores da taxa de renovação do ar mais baixos e mais próximos das taxas de renovação do ar obtidas pela metodologia anterior.

Por fim, e não menos importante, é a mudança no cálculo dos máximos admissíveis para as necessidades nominais de aquecimento ( $N_h$ ), arrefecimento ( $N_v$ ), bem como o valor máximo das necessidades nominais globais de energia primária ( $N_g$ ). Os valores limites das necessidades nominais de aquecimento, que anteriormente dependiam do fator de forma do edifício e do número de graus-dias de aquecimento do local, passam agora assentar numa metodologia de cálculo que recorre a valores e condições de referência, tal qual as necessidades nominais de arrefecimento máximas que, anteriormente, apenas dependiam da zona climática. Quanto aos limites das necessidades nominais globais de energia primária que, pela regulamentação anterior, eram calculadas com base em considerações estatísticas sobre os pesos que cada uma daquelas utilizações tem no consumo global, na nova regulamentação, o cálculo é feito de forma similar ao das necessidades nominais globais de energia primária ( $N_{g,c}$ ), ao abrigo dos limites máximos das diferentes necessidades, e do recurso a valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados, sem contabilizar as parcelas referentes à energia elétrica necessária e da energia produzida a partir de fontes de origem renovável. O valor das necessidades nominais globais de energia primária e o seu limite máximo, diferem nas unidades, resultando, à luz do antigo regulamento, em  $kgep/m^2.ano$ , e do novo regulamento, em  $kWhEP/m^2.ano$ , sendo os valores de fator de conversão para energia primária ( $F_{pu}$ ) para cada utilização, bem como os valores das eficiências dos sistemas ( $\eta_k$ ), representados na tabela seguinte:

Tabela 4. 3 - Valores utilizados para o fator de conversão para energia primária ( $F_{pu}$ ) e da eficiência dos sistemas ( $\eta_k$ )

	RCCTE	REH
Sistema de aquecimento	Caldeira a gás	
$\eta_i$	0,87	0,86
$F_{pui}$	0,086	1
Sistema de arrefecimento	Bomba de calor	
$\eta_v$	3	2,8
$F_{puv}$	0,29	2,5
AQS (Edifícios recentes)	Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	
$\eta_a$	0,87	0,86
$F_{pua}$	0,086	1
AQS (Edifícios antigos)	Caldeira mural com acumulação com menos de 50 mm de isolamento térmico	
$\eta_a$	0,65	0,86
$F_{pua}$	0,086	1

Nota: Valores diferentes por imposição regulamentar.

### 4.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após aplicação dos dois regulamentos, interessa agora comparar, em percentagem, as razões entre as necessidades de energia útil para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitária e os seus máximos regulamentares ( $N_{ic}/N_i$ ,  $N_{vc}/N_v$ ,  $N_{ac}/N_a$ , respetivamente), bem como a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu limite máximo ( $N_{ic}/N_t$ ). No entanto, uma vez que na nova regulamentação não existe limite máximo para as necessidades de energia útil para preparação de AQS ( $N_a$ ), este parâmetro não fará parte integrante desta comparação.

Do emprego das duas regulamentações para os nove locais escolhidos, para os três tipos de rugosidade e ainda para os quatro edifícios em estudo, apresentam-se os resultados da razão entre o valor de  $N_{ic}$  e o valor de  $N_i$  ( $N_{ic}/N_i$ ):

Nic/Ni												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	66,62	74,47	88,07	V1	68,48	76,37	90,02	V1	68,79	77,02	91,1	
V2	62,22	79,91	88,1	V2	64,04	81,83	90,04	V2	64,23	82,65	91,13	
V3	66,95	74,7	82,05	V3	68,81	76,6	83,99	V3	69,13	77,26	84,89	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	193,08	201,08	215,35	V1	194,9	202,92	217,22	V1	186,9	197,08	213,87	
V2	187,47	206,62	214,92	V2	189,27	208,47	216,78	V2	180,54	203,63	213,51	
V3	193,42	201,32	209,04	V3	195,24	203,15	210,9	V3	187,31	197,35	206,51	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	34,69	43,51	60,24	V1	36,63	45,63	62,54	V1	18,01	27,16	46,55	
V2	30,43	50,02	60,41	V2	32,25	52,23	62,71	V2	14,75	34,14	46,93	
V3	35,03	43,77	52,63	V3	36,98	45,9	54,87	V3	18,3	27,43	37,32	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	85,4	94,29	110,72	V1	87,61	96,55	113,06	V1	82,21	92,68	111,11	
V2	79,9	100,81	110,6	V2	82,06	103,1	112,92	V2	76,24	99,97	111,03	
V3	85,78	94,56	103,39	V3	88	96,82	105,69	V3	82,64	92,99	102,92	

Fig. 4. 4 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e o seu máximo regulamentar (Nic/Ni) pelo RCCTE (vermelho - não cumpre o regulamento)

Como era previsível, os edifícios com uma construção mais antiga têm necessidades de energia útil para aquecimento superiores aos edifícios mais recentes e os prédios quando comparados com as vivendas com o mesmo tipo de construção, têm cerca de metade das necessidades. Relativamente às estações do ano, quanto mais rigoroso é o inverno, mais crescem as necessidades para aquecimento, pois quanto mais rigoroso o inverno, mais baixa é a temperatura exterior, sendo necessário mais energia para se manter a temperatura interior à temperatura estabelecida. Na estação de verão seria de esperar o contrário. Porém, isso não ocorre tão linearmente. As necessidades de aquecimento modificam, consoante mais rigoroso é verão, em função do número de graus-dias. Isto é, se o número de graus-dias aumenta, as necessidades de aquecimento também aumentam.

Nos edifícios recentes, para a zona climática I3, as necessidades de aquecimento ( $N_{ic}$ ) diminuem quanto mais rigoroso é o verão, uma vez que o número de graus-dias também diminui, apesar de, em percentagem, não ser visível essa diminuição, atendendo a que a diminuição relativa do  $N_i$  e do  $N_{ic}$  não é proporcional, havendo casos em que o  $N_i$  diminui mais do que  $N_{ic}$ . Quanto à rugosidade, quanto mais exposto estiver o edifício, mais facilmente este arrefece, logo, maior será a quantidade de energia necessária para manter o seu interior a 20°C. No primeiro caso (vivenda recente), esse facto é verificado, uma vez que eram conhecidos os edifícios ao seu

redor. No entanto, para os restantes edifícios, não havia informação suficiente acerca dos edifícios nas redondezas, pelo que foi adotado para o cálculo do fator de sombreamento, os valores de ângulo de horizonte de 45° para edifícios situados em locais de rugosidade I e II e de 20° para edifícios situados em locais de rugosidade III, como definido no regulamento. A admissão destes ângulos por defeito provoca um excesso de ganhos solares nos edifícios situados em locais de rugosidade III o que, conseqüentemente, resulta numa diminuição das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, como se verifica pela figura 4.4.

Uma vez que o regulamento obriga o cumprimento cumulativo de  $N_{ic} \leq N_i$ ,  $N_{vc} \leq N_v$  e  $N_{tc} \leq N_t$ , conclui-se que a vivenda antiga (3º caso) nunca cumpre o regulamento, bem como o prédio antigo (4º caso) não o cumpre nas zonas climáticas I3 e de severidade média simultânea (I2V2) nas rugosidades I e II, o que se apresenta destacado a vermelho na figura 4.4.

Nic/Ni												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	49,3	53,56	72,38	V1/V2	49,3	53,56	72,38	V1/V2	53,28	57,66	77,81	
V2/V3	37,23	49,66	57,01	V2/V3	37,23	49,66	57,01	V2/V3	40,07	53,6	61,7	
V3	49	61,57	51,48	V3	49	61,57	51,48	V3	52,63	65,98	55,99	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	210,33	231,45	254,54	V1/V2	210,33	231,45	254,54	V1/V2	200,72	220,61	249,75	
V2/V3	207,35	230,8	232,19	V2/V3	207,35	230,8	232,19	V2/V3	189,94	218,28	222,99	
V3	208,43	234,09	231,52	V3	208,43	234,09	231,52	V3	198,33	226,34	220,2	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	41,63	47,42	72,68	V1/V2	48,38	53,31	80,08	V1/V2	22,44	25,08	47,52	
V2/V3	25,23	41,7	55,19	V2/V3	30,96	47,85	60,79	V2/V3	11,11	21,2	30,55	
V3	42,6	57,99	47,65	V3	48,44	64,25	53,02	V3	22,2	33,95	24,58	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	132,15	140,02	166,01	V1/V2	151,4	159,04	187,5	V1/V2	182,21	187,73	222,67	
V2/V3	120,16	135,76	143,73	V2/V3	141,83	156,01	162,35	V2/V3	171,68	184,91	191,75	
V3	127,98	147,89	138,24	V3	145,78	166,1	158,34	V3	171,43	194,76	187,55	

Fig. 4. 5 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e o seu máximo regulamentar (Nic/Ni) pelo REH (vermelho – não cumpre o regulamento)

Na figura 4.5 estão representados os resultados referentes à aplicação da nova regulamentação, na qual, a amarelo, se encontram os locais que mudaram de zona climática, com a aplicação da nova metodologia, assumindo, mesmo assim, a mesma organização que no RCCTE para facilitar a comparação dos resultados.

Quanto maior for a percentagem da razão entre as necessidades de energia útil para aquecimento e o seu limite máximo, menor será a qualidade térmica do edifício para essa estação. Quando essa percentagem assume valores superiores na utilização da metodologia de cálculo proposta

pelo REH relativamente à metodologia proposta pelo RCCTE, admite-se ter evoluído para uma maior exigência regulamentar. Assim, é notório nos edifícios com construção mais antiga o aumento da exigência da nova metodologia quanto às necessidades de energia útil para aquecimento, devido à diminuição do limite máximo das necessidades de energia útil ( $N_i$ ) comparado com a fraca diminuição do  $N_{ic}$ . No entanto, para os edifícios recentes tal nem sempre se verifica. Na vivenda, regista-se uma diminuição da exigência da nova metodologia, em parte devido à influência de dois parâmetros: a taxa de renovação do ar ( $R_{ph}$ ) e a radiação incidente num envidraçado a sul ( $G_{sul}$ ). Como na nova metodologia o valor da taxa de renovação é inferior à taxa calculada pela metodologia anterior, há um menor número de perdas associadas à renovação do ar. Quanto ao valor da radiação incidente num envidraçado a sul resulta sempre em valores superiores aos da metodologia anterior, proporcionando um aumento significativo dos ganhos solares brutos. A variação conjunta destes dois parâmetros resulta na diminuição das necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ). O valor  $N_i$ , pela nova metodologia, também diminui embora não proporcionalmente às necessidades nominais de energia útil para aquecimento, o que também contribuiu para a diminuição da percentagem das necessidades de energia útil para aquecimento, uma vez que  $N_{ic}$  diminuiu mais acentuadamente que  $N_i$ .

Finalmente, da análise comparativa dos cálculos pelo RCCTE e pelo REH, no prédio recente verificam-se situações em que  $N_{ic}/N_i$  diminui e outras em que aumenta, para as mesmas condições. Embora  $N_i$  diminua sempre, há situações em que a diminuição do  $N_{ic}$  relativamente ao  $N_i$  é maior e outras em que é menor, provocando essas oscilações.

Tal como na metodologia anterior, as necessidades de energia para aquecimento aumentam com a severidade da estação de inverno e com o aumento da exposição do edifício ao vento, pois terá mais perdas, verificando-se também a influência da definição imposta para o ângulo do horizonte para edifício de que se desconhecem as condições limítrofes, com a exceção do prédio antigo (4º caso) devido ao aumento significativo do  $R_{ph}$ . As necessidades energéticas das moradias assumem valores iguais para as rugosidades I e II por admitirem valores de  $R_{ph}$  iguais.

O prédio antigo tem cerca de 60% das necessidades energéticas da vivenda antiga para locais de rugosidade I, de 70% para locais de rugosidade II e de quase 90% para locais de rugosidade III. Nas construções recentes não se verifica grandes diferenças das necessidades energéticas entre prédio e moradia nas zonas de rugosidade I e II mas, nas zonas de rugosidade III, o prédio necessita de cerca de 50% das necessidades energéticas da moradia.

Quanto à qualidade da construção, o prédio novo tem cerca de 35% das necessidades energéticas do prédio antigo para locais de rugosidade I e II, e cerca de 15% para locais de rugosidade III. A moradia recente tem cerca de 25% das necessidades energéticas da moradia antiga para qualquer local.

Como o regulamento obriga ao cumprimento cumulativo de  $N_{ic} \leq N_i$ ,  $N_{vc} \leq N_v$  e  $N_{ic} \leq N_i$ , conclui-se que a vivenda e o prédio antigo (3º e 4º casos) nunca cumprem o regulamento.

Seguidamente são apresentados os resultados referentes à razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e o seu máximo regulamentar por aplicação do RCCTE e pelo REH, respetivamente pela imagem 4.6 e 4.7. Convém mencionar, que os locais escolhidos para representar as zonas climáticas I1V2, I1V3 e I2V3 (Albufeira, Redondo e Portalegre, respetivamente) situam-se a sul do país, e os restantes ficam a norte. Entende-se por sul todas as áreas a sul do rio Tejo e ainda os concelhos de Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.

Nvc/Nv												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	9,04	9,04	9,04	V1	8,39	8,39	8,39	V1	7,8	7,8	7,8	
V2	34,55	8,88	8,88	V2	33,83	8,26	8,26	V2	33,12	7,68	7,68	
V3	34,88	34,88	26,92	V3	34,16	34,16	25,94	V3	33,45	33,45	24,99	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	4,82	4,82	4,82	V1	4,58	4,58	4,58	V1	4,36	4,36	4,36	
V2	33,86	5,07	5,07	V2	33,25	4,83	4,83	V2	32,65	4,59	4,59	
V3	34,43	34,43	21,85	V3	33,82	33,82	21,19	V3	33,21	33,21	20,56	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	15,67	15,67	15,67	V1	14,6	14,6	14,6	V1	14,6	14,6	14,6	
V2	38,4	16,23	16,23	V2	37,72	15,16	15,16	V2	37,72	15,16	15,16	
V3	39,82	39,82	34,99	V3	39,13	39,13	33,92	V3	39,13	39,13	33,92	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	3,01	3,01	3,01	V1	2,83	2,83	2,83	V1	2,66	2,66	2,66	
V2	21,51	2,94	2,94	V2	20,99	2,76	2,76	V2	20,49	2,6	2,6	
V3	22,4	22,4	13,58	V3	21,87	21,87	13,06	V3	21,35	21,35	12,56	

Fig. 4. 6 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e o seu máximo regulamentar ( $N_{vc}/N_v$ ) pelo RCCTE

Por consulta da tabela percebe-se que as zonas a sul do país têm mais necessidades de arrefecimento do que a norte, dado terem temperaturas exteriores mais elevadas na estação de verão. Assim sendo, é necessário despende mais energia para que seja mantida a temperatura interior de referência dentro dos edifícios. De igual forma, quanto mais rigorosa for a estação de verão, mais ganhos térmicos há através da envolvente opaca e envidraçada logo, maiores são as necessidades de arrefecimento. No entanto, sempre que as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) aumentam relativamente menos do que as necessidades de arrefecimento máximo ( $N_v$ ), o valor de  $N_{vc}/N_v$ , em percentagem, não aumenta quando se passa de um verão menos rigoroso para um verão mais rigoroso, como acontece no 1º e no 4º caso, para a zona climática I2 e I3.

O efeito da severidade do inverno apenas interessa quando se varia da região norte para a região sul do país, ou vice-versa, uma vez que o valor da taxa de renovação do ar e a temperatura

média do ar exterior, na estação de arrefecimento, é igual para a mesma zona climática do verão ( $V_i$ ), variando apenas o valor máximo das necessidades de arrefecimento ( $N_v$ ), que é dado em função da zona climática do verão e da localização a norte ou a sul do rio Tejo.

Verifica-se que, quanto mais exposto ao vento estiver o edifício, menos necessidades de arrefecimento possui, visto que integra condições naturais que proporcionam o arrefecimento por ventilação sem grandes necessidades energéticas. No caso de edifícios com diferentes exposições terem resultados de necessidades nominais de arrefecimento iguais, deve-se ao facto de possuírem a mesma taxa de renovação do ar.

Atendendo a que, no verão, a temperatura interior de referência ( $25^{\circ}\text{C}$ ) é sempre superior à temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento, existe sempre perdas de calor através da envolvente exterior. Quanto maior for a condutibilidade térmica da parede exterior maior é o fluxo de saída de calor. Ora, como os edifícios antigos possuem paredes exterior com maior condutibilidade térmica, maiores são as perdas pela envolvente e, por sua vez, menores serão as necessidades de energia útil para arrefecimento. De um modo geral, os apartamentos têm menores áreas de envolvente do que as moradias, resultando em menores perdas para o exterior e proporcionando maiores necessidades de energia útil para arrefecimento.

Nvc/Nv												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	
V1/V2	72,3	79,66	83,23	V1/V2	72,3	79,66	83,23	V1/V2	62,48	69,8	73,24	
V2/V3	122,24	87,2	124,47	V2/V3	122,24	87,2	124,47	V2/V3	116,37	77,54	120,37	
V3	118,92	125,95	129,47	V3	118,92	125,95	129,47	V3	117,4	124,86	128,66	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	
V1/V2	12,32	14,18	16,8	V1/V2	12,32	14,18	16,8	V1/V2	10,85	12,64	14,82	
V2/V3	59,61	17,68	82,27	V2/V3	59,61	17,68	82,27	V2/V3	55,38	15,83	78,58	
V3	111,52	127,27	137,29	V3	111,52	127,27	137,29	V3	109,59	125,86	136,29	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	
V1/V2	83,65	87,94	86	V1/V2	73,96	80,23	78,53	V1/V2	62,06	68,45	68,48	
V2/V3	114,18	96,72	113,6	V2/V3	109,05	88,66	111,43	V2/V3	101,72	77,16	107,54	
V3	104,44	110,01	115,81	V3	103,43	109,35	115,39	V3	101,82	108,25	114,62	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	%	I1	I2	I2/I1	
V1/V2	31,53	36,85	38,56	V1/V2	24,67	29,63	30,59	V1/V2	15,07	19,24	19,51	
V2/V3	87,17	44,27	93,92	V2/V3	72,55	35,99	88,29	V2/V3	57,25	24,1	77,01	
V3	98,45	106,85	112,97	V3	96	105,15	111,73	V3	91,13	101,63	109,26	

Fig. 4. 7 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e o seu máximo regulamentar ( $Nvc/Nv$ ) pelo REH

Como já foi referido na estação de aquecimento, a amarelo estão identificados os locais que, pela nova metodologia, representam zonas climáticas diferentes, mas que no entanto mantêm-se as posições, para facilitar a comparação dos resultados.

O grau de exigência das necessidades de arrefecimento da nova metodologia aumentou, verificando-se que edifícios em locais que anteriormente cumpriam o regulamento, deixam de o cumprir (resultados escritos a vermelho).

Pode ainda verificar-se que edifícios expostos a diferentes zonas climáticas de inverno que, pela metodologia anterior, mantinham as mesmas necessidades de arrefecimento sempre que pertenciam à mesma região (norte ou sul), agora, apresentam diferentes necessidades de energia provocadas pelos novos valores de  $R_{ph}$  e da temperatura média do ar exterior. Na atual metodologia, a temperatura média do ar exterior é definida em função da altitude do local e detém um elevado peso no cálculo das necessidades. Dificilmente se terá locais com necessidades de energia iguais, tal como acontecia pela metodologia anterior, o que provoca um aumento das necessidades de arrefecimento à medida que a temperatura exterior se aproxima da temperatura interior de referência (25°C). Do mesmo modo, quanto mais severo for o verão maiores serão as suas necessidades de arrefecimento, como já se verificou para a metodologia anterior.

Quanto menor for a rugosidade mais exposto está o edifício, verificando-se, através dos resultados, necessidades de arrefecimento menores, assumindo valores de  $N_{vc}/N_v$  iguais para taxas de renovação do ar iguais.

Por fim, continua a verificar-se que os prédios com construção mais recente necessitam de maiores necessidades de energia útil para arrefecimento, segundo o princípio descrito nos comentários aos resultados obtidos dos cálculos pela metodologia definida no RCCTE.

Aseguir, são apresentados na figura 4.8 e 4.9 os resultados obtidos para a razão entre as

Ntc/Nt												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	26,45	29,95	39,13	V1	26,73	30,3	39,68	V1	26,76	30,4	39,98	
V2	22,67	32,08	37,1	V2	22,86	32,47	37,6	V2	22,84	32,62	37,87	
V3	24,23	28,13	33,51	V3	24,48	28,44	33,91	V3	24,49	28,52	34,08	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	57,08	63,44	82,22	V1	57,33	63,75	82,7	V1	56,18	62,75	81,82	
V2	49,9	67,61	77,53	V2	50,07	67,95	77,96	V2	49,01	67,02	77,18	
V3	53,99	60,72	70,54	V3	54,21	61	70,9	V3	53,06	59,99	69,96	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	19,57	20,82	22,91	V1	19,65	20,94	23,13	V1	18,71	19,81	21,53	
V2	16,21	21,16	22,25	V2	16,27	21,3	22,44	V2	15,54	20,04	21,03	
V3	16,16	17,95	20,8	V3	16,24	18,06	20,96	V3	15,3	16,93	19,6	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	%	I1	I2	I3	
V1	37,47	39,32	43,48	V1	37,6	39,48	43,75	V1	37,27	39,2	43,52	
V2	33,2	40,08	42,23	V2	33,29	40,26	42,47	V2	32,98	40	42,27	
V3	33,64	36,01	39,8	V3	33,76	36,16	40	V3	33,42	35,87	39,73	

Fig. 4. 8 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{tc}/N_t$ ) pelo RCCTE

necessidades nominais globais de energia primária e o seu limite máximo conforme a metodologia proposta pelo RCCTE e pelo REH, respetivamente.

Uma vez que, as necessidades nominais globais de energia primária resultam da soma ponderada de diversas parcelas, estas podem assumir resultados bastante diferentes (não regulamentares) dos esperados, como, no caso em estudo, em que há edifícios que não cumprem o regulamento quanto às necessidades nominais de aquecimento mas apresentam  $N_{tc}/N_t$  inferior a 100%, porque, em compensação, as necessidades nominais de arrefecimento são tão reduzidas que, conjuntamente, concedem valores da razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo admissível ( $N_{tc}/N_t$ ) baixos. Como o regulamento exige o cumprimento cumulativo, das várias necessidades, os edifícios recentes cumprem o regulamento em todas as situações analisadas e dos edifícios antigos, apenas o prédio o cumpre em alguns locais.

Relativamente à morfologia do edifício, verifica-se que as construções mais recentes necessitam de cerca de metade das necessidades energéticas das construções mais antigas e, por sua vez, as moradias necessitam de cerca de mais 50% das necessidades energéticas que os apartamentos, sendo este valor, relativamente mais elevado no apartamento e moradia mais antigos.

Como as necessidades nominais de aquecimento são muito elevadas em comparação com as necessidades nominais de arrefecimento, denota-se uma grande influência daquelas no resultado final, prevalecendo as suas características de proporcionalidade em relação às outras - aumentam as necessidades com o rigor do inverno e com a maior a exposição do edifício ao vento.

N <sub>tc</sub> /N <sub>t</sub>												
VIVENDA RECENTE 1*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	42,3	49,92	66,29	V1/V2	42,3	49,92	66,29	V1/V2	45,39	48,83	66,94	
V2/V3	43,86	47,31	59,35	V2/V3	43,86	47,31	59,35	V2/V3	44,77	44,46	62,35	
V3	54,16	64,14	58,96	V3	54,16	64,14	58,96	V3	56,4	67,09	61,9	
VIVENDA ANTIGA 3*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	160,38	175,27	205,04	V1/V2	160,38	175,27	205,04	V1/V2	153,27	167,31	201,25	
V2/V3	122,93	168,64	167,64	V2/V3	122,93	168,64	167,64	V2/V3	112,91	159,78	161,16	
V3	155,29	179,16	175,47	V3	155,29	179,16	175,47	V3	148,42	173,73	168	
PRÉDIO RECENTE 2*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	34,78	38,6	53,68	V1/V2	37,43	40,92	57,43	V1/V2	21,64	23,53	35,47	
V2/V3	29,51	36,19	47,87	V2/V3	30,59	38,32	50,2	V2/V3	23,64	26,08	35,86	
V3	38,83	47,87	46,43	V3	41,04	50,52	48,52	V3	30,15	37,05	36,98	
PRÉDIO ANTIGO 4*												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	%	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	77,02	81,42	106,84	V1/V2	86,76	91,02	119,62	V1/V2	102,35	105,49	140,55	
V2/V3	58,4	74,75	91,15	V2/V3	64,46	84,28	99,66	V2/V3	64,29	97,88	112,8	
V3	77,28	92,2	87,25	V3	84,65	100,52	95,76	V3	95,05	113,47	108	

Fig. 4. 9 - Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{tc}/N_t$ ) pelo REH

Com recurso à imagem 4.9 comprova-se que pela nova metodologia, todas as razões  $N_{tc}/N_t$  resultam em valores de quase o dobro dos obtidos pela metodologia anterior e cerca do triplo na vivenda antiga que continua a não cumprir o regulamento.

Em grande parte, mantém-se a característica de que quanto mais severo é o inverno, maiores são as necessidades nominais globais de energia primária. O mesmo acontece sempre que aumenta o nível de exposição ao vento, denotando-se ainda a contribuição da consideração dos ângulos de horizonte impostos de igual forma em ambos os regulamentos no caso dos edifícios com informação insuficiente quanto às suas redondezas (2º, 3º e 4º caso de estudo).

No 1º e no 2º caso, os resultados para os edifícios situados em zonas com rugosidade I são iguais aos resultados para edifícios situados em zonas com rugosidade II, devido ao valor da taxa de renovação do ar, obtido pela folha de cálculo, para as duas situações, terem assumido valores iguais.

Mais uma vez, o valor das necessidades nominais globais de energia primária resulta da soma de diversas parcelas, que pode levar a assumir que determinado edifício cumpre o regulamento, quando, no que se refere a necessidades de energia útil para determinada utilização (aquecimento/arrefecimento), não cumpre. Mas, como o regulamento obriga ao cumprimento simultâneo de  $N_{ic} \leq N_i$ ,  $N_{vc} \leq N_v$  e  $N_{tc} \leq N_t$ , o mesmo só é cumprido nas zonas climáticas V1 para qualquer severidade de inverno e nas zonas climáticas I2V2, dos edifícios recentes.

Por fim, constata-se que os edifícios com sistemas de construção mais recentes, têm necessidades de energia menores, que os edifícios com sistemas de construção mais antigos. A fim de perceber, de forma mais objetiva, estas diferenças quanto à exigência de cada regulamento, são expostas, nas figuras 4.10 e 4.11 as classificações energéticas de cada um dos edifícios, para cada local.

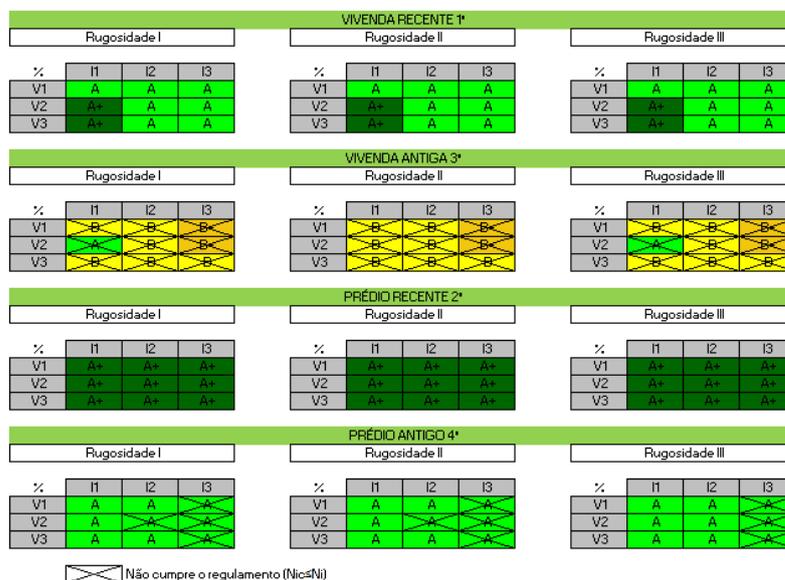


Fig. 4. 10 - Classificações energéticas obtidas pelo RCCTE

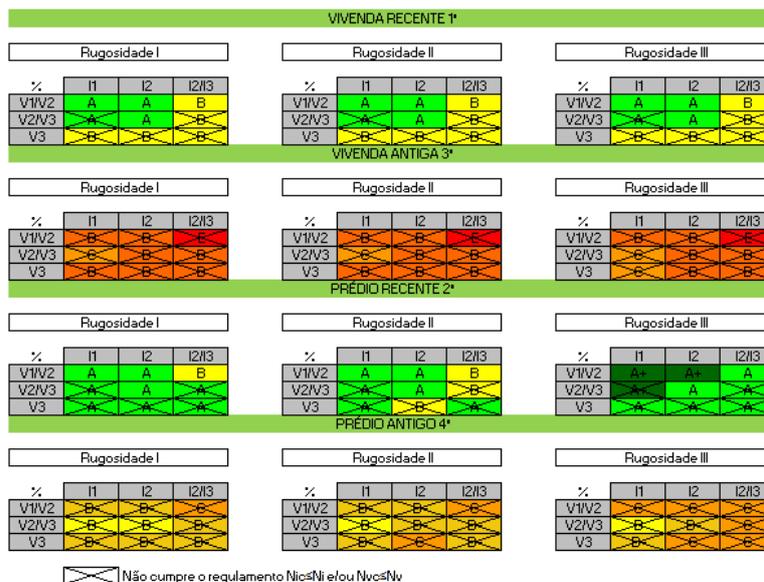


Fig. 4. 11 - Classificações energéticas obtidas pelo REH

Comparando as duas figuras anteriores compreende-se claramente a maior exigência do REH face ao RCCTE.

#### 4.4. INFLUÊNCIA DO VALOR DA TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR

O cálculo do valor da taxa de renovação do ar foi o que sofreu mais alterações na nova versão da regulamentação térmica. Neste cálculo, que não passava de uma consulta direta de duas tabelas, passou agora a ser necessário recorrer a uma folha de cálculo, na melhor das hipóteses, na qual, é necessária a descrição detalhada dos sistemas de ventilação do edifício. Aumentou-se as exigências de pormenorização dos sistemas de ventilação o que, por vezes, pode ser de difícil acesso, admitindo-se, posteriormente, no caso de dúvidas, valores ou definições que o projetista poderá, eventualmente, considerar como irrelevantes, mas que, no entanto, vão alterar bastante o resultado final.

Na presente dissertação, foi então utilizada a tabela da figura seguinte para o cálculo da taxa de renovação do ar de edifícios de habitação com sistemas de ventilação natural ou mista, como hipótese à substituição da folha de cálculo ou qualquer outra forma manual descrita na nova regulamentação.

Classe de exposição ao vento	Condições de admissão de ar	Condições de extração de ar	Permeabilidade da caixilharia																
			Não classificada			Classe 1			Classe 2			Classe 3			Classe 4				
			Caixa de estore			Caixa de estore			Caixa de estore			Caixa de estore			Caixa de estore				
			Sim			Sim			Sim			Sim			Sim				
Baixa Perm.	Alta Perm.	Não	Baixa Perm.	Alta Perm.	Não	Baixa Perm.	Alta Perm.	Não	Baixa Perm.	Alta Perm.	Não	Baixa Perm.	Alta Perm.	Não	Baixa Perm.	Alta Perm.	Não		
Exp 1	Adm 1	Ext 1	0,60	0,85			0,75			0,70	1,00			0,65			0,60		
		Ext 2	1,00	1,10	0,95	0,85	1,05	0,75		0,70	1,00			1,00			1,00		
		Ext 3	1,60	1,90	1,50	1,15	1,75	0,95		0,85	1,65			1,55			1,50		
	Adm 2	Ext 1	0,75	1,05	0,70	0,60	0,85	0,60		0,60	0,85			0,80			0,80		
		Ext 2	1,05	1,25	1,05	1,00	1,10	0,95		0,90	1,05	0,85	0,80	1,05	0,65	0,75	1,05	0,60	
		Ext 3	1,75	2,00	1,70	1,50	1,90	1,35	1,25	1,85	1,05	1,00	1,75	0,75	0,90	1,75	0,65		
	Adm 3	Ext 1	0,85	1,15	0,80	0,70	0,95	0,65		0,65	0,90	0,60	0,60	0,85	0,60	0,60	0,85	0,60	
		Ext 2	1,15	1,45	1,10	1,00	1,25	0,95		0,95	1,20	0,80	0,80	1,20	0,70	0,75	1,15	0,65	
		Ext 3	1,85	2,05	1,80	1,55	1,95	1,45	1,40	1,90	1,15	1,10	1,85	0,85	1,00	1,80	0,75		
	Adm 4	Ext 1	0,75	1,05	0,75	0,60	0,90	0,60		0,60	0,85	0,60		0,80			0,80		
		Ext 2	1,05	1,25	1,05	1,00	1,15	0,95		0,95	1,05	0,90	0,90	1,05	0,80	0,85	1,05	0,80	
		Ext 3	1,80	2,00	1,75	1,60	1,95	1,50	1,45	1,90	1,30	1,25	1,80	1,05	1,20	1,80	0,95		
Exp 2	Adm 1	Ext 1	0,80	1,20	0,70		0,95			0,85				0,80			0,75		
		Ext 2	1,20	1,80	1,10	1,00	1,40	0,90		0,85	1,25	0,65	0,60	1,15			1,10		
		Ext 3	1,90	2,20	1,80	1,40	2,05	1,20	1,05	1,95	0,70	0,65	1,80			1,75			
	Adm 2	Ext 1	0,95	1,45	0,85	0,75	1,15	0,65		0,65	1,05	0,60	0,60	0,95		0,60	0,90		
		Ext 2	1,45	2,05	1,30	1,10	1,65	1,10	1,05	1,45	0,95	0,95	1,30	0,75	0,85	1,30	0,65		
		Ext 3	2,05	2,35	2,00	1,75	2,15	1,55	1,45	2,10	1,20	1,15	2,00	0,80	1,05	2,00	0,70		
	Adm 3	Ext 1	1,05	1,55	0,95	0,85	1,25	0,70		1,10	1,15	0,65	0,65	1,05	0,60	0,65	1,00	0,60	
		Ext 2	1,50	2,15	1,35	1,15	1,75	1,10	1,10	1,55	1,05	1,00	1,35	0,85	0,95	1,35	0,75		
		Ext 3	2,10	2,45	2,05	1,80	2,20	1,65	1,55	2,15	1,30	1,25	2,10	0,95	1,15	2,05	0,80		
	Exp 3	Adm 1	Ext 1	1,05	1,65	0,90	0,65	1,30			1,10			0,95			0,90		
			Ext 2	1,40	2,10	1,25	1,00	1,60	0,90		0,85	1,40	0,65	0,60	1,20			1,15	
			Ext 3	1,90	2,35	1,80	1,45	2,00	1,20	1,05	1,90	0,70	0,65	1,80			1,75		
Adm 2		Ext 1	1,30	1,90	1,20	0,90	1,55	0,75		0,70	1,35	0,60	0,60	1,20		0,60	1,15		
		Ext 2	1,65	2,35	1,50	1,15	1,90	1,05	1,00	1,65	0,95	0,95	1,45	0,75	0,85	1,40	0,65		
		Ext 3	2,00	2,60	1,95	1,75	2,15	1,55	1,45	2,05	1,20	1,15	2,00	0,80	1,05	1,95	0,70		
Adm 3		Ext 1	1,40	1,95	1,25	0,95	1,60	0,80		0,80	1,45	0,65	0,65	1,30	0,60	0,60	1,25		
		Ext 2	1,70	2,40	1,55	1,20	1,95	1,10	1,05	1,75	1,00	1,00	1,55	0,85	0,95	1,45	0,75		
		Ext 3	2,05	2,65	2,00	1,80	2,25	1,65	1,55	2,05	1,30	1,25	2,00	0,95	1,15	2,00	0,80		
Exp 4		Adm 1	Ext 1	1,60	2,40	1,40	0,95	1,85	0,75		0,65	1,55			1,30			1,25	
			Ext 2	1,85	2,70	1,65	1,15	2,10	1,00	0,95	1,80	0,70	0,65	1,50			1,45		
			Ext 3	2,10	3,05	2,00	1,65	2,30	1,35	1,20	2,05	0,80	0,75	1,95		0,60	1,90		
	Adm 2	Ext 1	1,85	2,65	1,70	1,25	2,10	1,05	0,95	1,85	0,75	0,70	1,60			0,65	1,55		
		Ext 2	2,15	3,00	1,95	1,45	2,40	1,20	1,10	2,05	1,00	1,00	1,80	0,80	0,95	1,75	0,65		
		Ext 3	2,35	3,35	2,15	1,90	2,60	1,75	1,60	2,25	1,35	1,25	2,05	0,90	1,15	2,05	0,70		
	Adm 3	Ext 1	1,95	2,65	1,70	1,30	2,10	1,10	0,95	1,85	0,75	0,70	1,65	0,60	0,70	1,55			
		Ext 2	2,30	3,00	1,95	1,50	2,40	1,25	1,15	2,10	1,05	1,05	1,85	0,90	1,00	1,75	0,80		
		Ext 3	2,70	3,35	2,20	1,95	2,60	1,80	1,70	2,30	1,45	1,35	2,10	1,00	1,25	2,05	0,85		

Fig. 4. 12 - Valores convencionais de Rph (em h<sup>-1</sup>) para edifícios de habitação com ventilação natural ou mista (proposta da FEUP em estudo realizado no âmbito da revisão da regulamentação)

Para o cálculo da classe de exposição ao vento, é necessário recorrer à tabelas da figura seguinte:

Zona da fachada (H <sub>fracç</sub> )	Proteção contra o vento	Região A			Região B		
		Rugosidade			Rugosidade		
		I	II	III	I	II	III
Baixa (H <sub>fracç</sub> ≤ 15 m)	Protegida	Exp 1	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 1	Exp 2
	Normal	Exp 1	Exp 1	Exp 2	Exp 1	Exp 1	Exp 2
	Desprotegida	Exp 2	Exp 2	Exp 3	Exp 2	Exp 2	Exp 3
Média (15 m < H <sub>fracç</sub> ≤ 50 m)	Protegida	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 1	Exp 2	Exp 3
	Normal	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 2	Exp 2	Exp 3
	Desprotegida	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 3	Exp 4	Exp 4
Alta (H <sub>fracç</sub> > 50 m)	Desprotegida	Exp 4	Exp 4	Exp 4	Exp 4	Exp 4	Exp 4

Fig. 4. 13 - Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP)

Onde:

Região A – Todo o território Nacional, exceto os locais pertencentes à região B;

Região B – Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura junto à costa e/ou de altitude superior a 600 m;

Rugosidade I – Edifícios situados no interior de uma zona urbana;

Rugosidade II – Edifícios situados na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural;

Rugosidade III – Edifícios situados em zonas muito expostas (sem obstáculos que atenuem o vento);

Para definição da proteção das fachadas contra o vento deverão ser adotados os critérios seguintes:

Sendo:

$H_{\text{frac}}$  - o maior valor da diferença de cota entre o teto da fração e o terreno exterior;

$H_{\text{edif}}$  - a altura do edifício, correspondendo ao maior valor da diferença de cota entre o teto da fração mais elevada do edifício e o terreno exterior (m). Pode ser determinada simplificada por  $3 \times n.^{\circ}$  de pisos.

$B_{\text{edif}}$  - a largura do edifício, no plano da fachada;

$H_{\text{obs}}$  - a altura do edifício (ou obstáculo) situado em frente da fachada, correspondendo ao maior valor da diferença de cota entre o teto da fração mais elevada desse edifício e o terreno exterior (m) ou entre o ponto mais elevado do obstáculo e o terreno exterior. No caso de se tratar de um edifício, pode ser determinada simplificada por  $3 \times n.^{\circ}$  de pisos.

$B_{\text{obs}}$  - a largura do edifício (ou obstáculo) situado em frente da fachada (m), num plano paralelo a esta;

$D_{\text{obs}}$  - a distância ao edifício (ou obstáculo) situado em frente, correspondendo ao maior valor da distância entre a fachada e o edifício (ou obstáculo) situado à sua frente (m).

Considerando a zona da fachada onde se situa a fração:

- Baixa, se  $H_{\text{frac}} \leq 15$  m;
- Média, se  $15 \text{ m} < H_{\text{frac}} < 50$  m;
- Alta, se  $H_{\text{frac}} \geq 50$  m;

Proteção contra o vento:

- Se  $B_{\text{obs}} < 0,5B_{\text{edif}}$  ou  $H_{\text{frac}} \geq 50$  m – Desprotegida;
- Se  $B_{\text{obs}} \geq 0,5B_{\text{edif}}$  e  $H_{\text{frac}} < 50$  m:
  - Na zona baixa da fachada, se  $H_{\text{obs}} < 0,5\min(H_{\text{edif}}; 15)$  – Desprotegida;
  - Na zona média da fachada, se  $H_{\text{obs}} < 0,5\min(H_{\text{edif}}-15; 35)+15$  – Desprotegida;

Nas restantes situações, a proteção contra o vento é determinada em função da relação  $D_{\text{obs}}/H_{\text{obs}}$ , sendo: protegida, para  $(D_{\text{obs}}/H_{\text{obs}}) < 1,5$ ; normal, para  $1,5 \leq (D_{\text{obs}}/H_{\text{obs}}) \leq 4$  e desprotegida, para  $(D_{\text{obs}}/H_{\text{obs}}) > 4$ .

Quanto à definição das condições de admissão ao ar, são definidas de acordo com a tabela da figura 4.14.

Inexistência de grelhas de admissão de ar nas fachadas	Grelhas autoreguláveis			Grelhas fixas ou reguláveis manualmente (Só possível para a classe Exp 1 segundo a NP 1037-1)		
	Caudais nominais	Tipo de grelha				
		A 2 Pa	A 10 Pa	A 20 Pa		
Adm 1	Em todos os quartos e salas: 30 m <sup>3</sup> /h, para V <sup>(1)</sup> ≤ 30 m <sup>3</sup> 60 m <sup>3</sup> /h, para 30 m <sup>3</sup> < V ≤ 60 m <sup>3</sup> 90 m <sup>3</sup> /h, para 60 m <sup>3</sup> < V ≤ 90 m <sup>3</sup> 120 m <sup>3</sup> /h, para 90 m <sup>3</sup> < V ≤ 120 m <sup>3</sup>	Adm 3	Adm 3	Adm 2	Area útil das aberturas, em todos os quartos e salas: 35 cm <sup>2</sup> , para V ≤ 30 m <sup>3</sup> 70 cm <sup>2</sup> , para 30 m <sup>3</sup> < V ≤ 60 m <sup>3</sup> 105 cm <sup>2</sup> , para 60 m <sup>3</sup> < V ≤ 90 m <sup>3</sup> 140 cm <sup>2</sup> , para 90 m <sup>3</sup> < V ≤ 120 m <sup>3</sup>	Adm 4
	Outras situações em que o somatório dos caudais nominais de admissão de ar na fração, através de grelhas autoreguláveis, esteja compreendido entre 70 e 100% do resultante da aplicação dos critérios acima.	Adm 2				

(1) V = Volume do compartimento

Fig. 4. 14 - Condições de admissão de ar pelas fachadas do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP)

E por fim, a definição das condições de extração do ar dos compartimentos de serviço são apresentadas no quadro da figura 4.15.

Características da extração	Altura das condutas	Inclinação da cobertura		
		<10°	10° a 30°	>30°
Baixa perda de carga Ø ≥ 200 mm Área livre ≥ 70% área da conduta	Inferior a 11 m	Ext 2	Ext 2	Ext 1
	De 11 m a 20 m	Ext 3	Ext 3	Ext 2
	Superior a 20 m	Ext 3	Ext 3	Ext 3
Média perda de carga 125 mm ≤ Ø < 200 mm Área livre ≥ 70% área da conduta	Inferior a 11 m	Ext 2	Ext 1	Ext 1
	De 11 m a 20 m	Ext 2	Ext 2	Ext 2
	Superior a 20 m	Ext 3	Ext 3	Ext 3
Alta perda de carga Ø < 125 mm Área livre < 70% área da conduta	Inferior a 11 m	Ext 1	Ext 1	Ext 1
	De 11 m a 20 m	Ext 2	Ext 2	Ext 1
	Superior a 20 m	Ext 2	Ext 2	Ext 2

Fig. 4. 15 - Condições de extração de ar do edifício ou fração autónoma (proposta FEUP)

A tabela indicada estabelece valores convencionais de  $R_{ph}$ , possíveis de substituição da folha de cálculo, de forma a facilitar e simplificar o cálculo deste parâmetro. Após a obtenção do valor da taxa de renovação de ar para cada um dos casos de estudo, obteve-se os resultados para as necessidades nominais de aquecimento, arrefecimento bem como das necessidades globais de energia primária, as quais são expostas na figura 4.16, a fim de verificar as classificações energéticas obtidas por este método.

N <sub>te</sub> /N <sub>t</sub>												
<b>VIVENDA RECENTE 1*</b>												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	54,39	61,05	77,76	V1/V2	54,39	61,05	77,76	V1/V2	63,11	70,79	89,18	
V2/V3	50,92	56,31	72,85	V2/V3	50,92	56,31	72,85	V2/V3	55,63	65,66	81,33	
V3	65,72	77,79	72,17	V3	65,72	77,79	72,17	V3	72,88	86,49	80,52	
<b>VIVENDA ANTIGA 3*</b>												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	172,17	190,8	219,28	V1/V2	172,17	190,8	219,28	V1/V2	180,39	200,47	233,68	
V2/V3	133,1	183,94	182,28	V2/V3	133,1	183,94	182,28	V2/V3	135,83	192,43	192,43	
V3	166,93	192,48	189,01	V3	166,93	192,48	189,01	V3	173,29	202,2	196,9	
<b>PRÉDIO RECENTE 2*</b>												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	37,43	41,58	54,61	V1/V2	37,21	41,3	53,34	V1/V2	20,99	23,38	36,06	
V2/V3	31,07	39,06	49,73	V2/V3	32,41	42,02	53,31	V2/V3	23,63	26,08	35,16	
V3	41,98	51,26	48,31	V3	44,9	54,98	51,57	V3	30,25	37,05	36,5	
<b>PRÉDIO ANTIGO 4*</b>												
Rugosidade I				Rugosidade II				Rugosidade III				
⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	⊘	I1	I2	I2/I3	
V1/V2	100,68	110,72	136,03	V1/V2	110,21	121,15	148,05	V1/V2	109,63	120,72	148,96	
V2/V3	64,71	103,24	116,86	V2/V3	71,75	113,29	126,16	V2/V3	70,1	112,54	117,2	
V3	99,26	117,52	112,36	V3	106,99	126,49	121,31	V3	106,34	126,61	120,76	

Fig. 4. 16 – Resultados obtidos para a razão entre as necessidades nominais globais de energia primária e o seu máximo regulamentar ( $N_{te}/N_t$ ) com valores de  $R_{ph}$  convencionais

Calculando o  $R_{ph}$  por este método, os valores da razão  $N_{tc}/N_t$  são ligeiramente superiores aos obtidos pela mesma metodologia, mas onde o valor da taxa de renovação do ar provem da folha de cálculo, devido, exclusivamente, ao facto destes valores de  $R_{ph}$  também serem superiores.

A título de exemplo apresenta-se agora o gráfico onde é visível a contribuição do valor da taxa de renovação do ar, para um único caso de estudo (Aveiro, rugosidade I, 1º caso de estudo) para a estação de inverno e de verão, respetivamente.

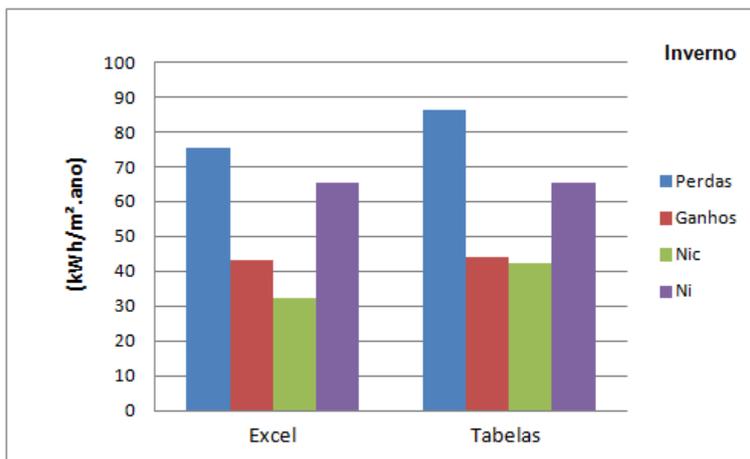


Fig. 4. 17 - Resultados referentes aos cálculos utilizando Rph via excel e via tabelas (estação de inverno)

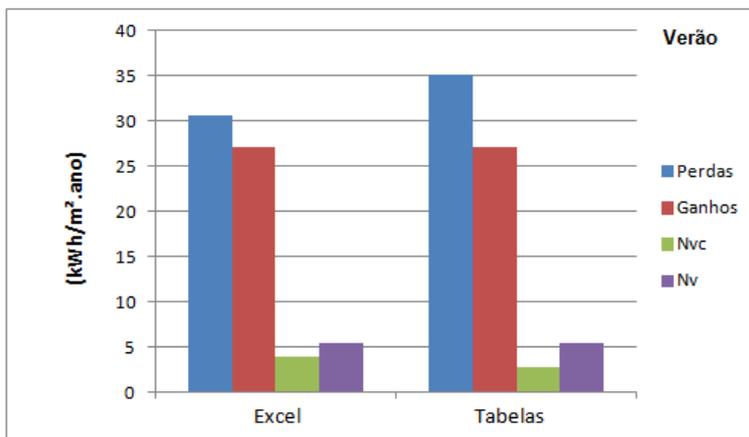
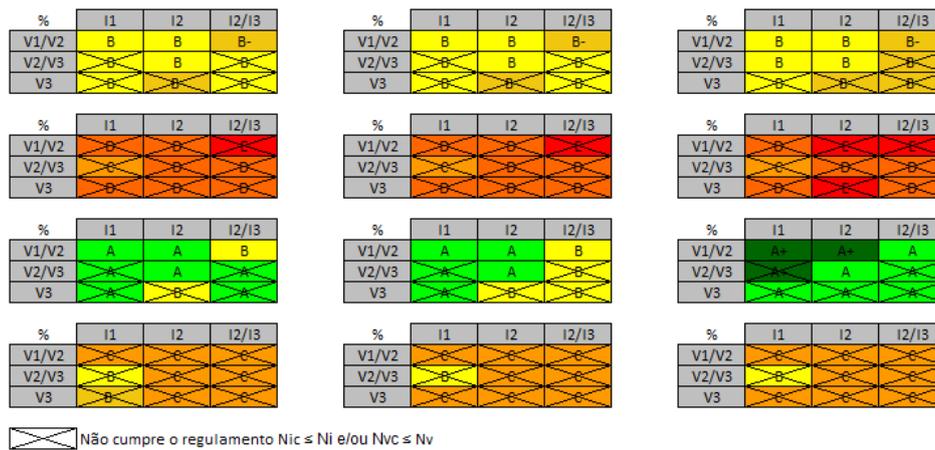


Fig. 4. 18 - Resultados referentes aos cálculos utilizando Rph via excel e via tabelas (estação de verão)

Como se pode verificar, apenas com o aumento da taxa de renovação do ar, obtem-se tanto para a estação de inverno, como para a estação de verão, valores de perdas térmicas totais superiores, associados exclusivamente às perdas resultantes da renovação do ar, originando maiores necessidades de aquecimento e menores necessidades de arrefecimento. No entanto, dada a ordem de grandeza das necessidades nominais de energia para aquecimento, quando comparadas com as de arrefecimento, é obtido, como resultado, classes energéticas iguais ou inferiores. Na imagem seguinte, são apresentadas as classes energéticas resultantes para a certificação dos casos de estudo acabados de mencionar.



Assim, de forma simples e objetiva, verifica-se que pequenas discrepância no cálculo da taxa de renovação do ar podem resultar em diferentes classes energéticas. Ou seja, como o valor do  $R_{ph}$  aumentou, o valor da razão  $N_{ic}/N_t$  também aumentou, e por conseguinte, as classes energéticas pioraram, apresentando-se assim este método alternativo mais exigente, de uma forma geral. E para edifícios que não cumpriam o regulamento devido à contribuição das necessidades de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), com o cálculo do Rph por este método passam a cumprir, embora haja agravamento da classe energética (I1V2 III do 1º caso). Isto acontece porque o presente método de cálculo da taxa de renovação do ar, provoca uma maior exigência na determinação de  $N_{ic}$  e menor no de  $N_{vc}$ , visto que as perdas aumentam. Importa ainda acrescentar que, a utilização destes valores de Rph por defeito garantem que se está do lado mais desfavorável que, efetivamente, como mostra a figura 4.19, resulta num agravamento das classes energéticas.



# 5

## CONCLUSÕES

### 5.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de analisados os resultados pode concluir-se que a evolução da regulamentação térmica para edifícios de habitação contribuiu para um aumento da exigência, visando edifícios cada vez mais eficientes do ponto de vista energético, minimizando os custos de exploração por parte dos utilizadores.

A evolução da regulamentação provocou essencialmente a consideração de ganhos térmicos mais elevados, tanto para a estação de aquecimento como para a estação de arrefecimento. Para a estação de arrefecimento, as necessidades de energia para manter no interior do edifício a temperatura de referência, aumentaram significativamente. O valor máximo admissível para estas necessidades, que anteriormente era dado apenas em função da zona climática, agora é determinado em função das características de cada edifício e de valores de referência, diminuiu, contribuindo assim também para o aumento das exigências para a estação do verão. Ou seja, a nova metodologia apresentada para o cálculo das classes energéticas de edifícios de habitação, aumentou o seu nível de exigência quanto às classificações dos edifícios, em grande parte, devido ao aumento das exigências requeridas para a estação de verão, o que é uma mais-valia em comparação com a regulamentação anterior, que se mostrava pouco exigente para esta estação, resultando em classificações energéticas superiores para edifícios que, à partida não possuem assim tão poucas necessidades de energia para serem mantidas as condições de conforto.

No entanto, a nova regulamentação térmica estabelece novas metodologias de cálculo de parâmetros que podem ser geradoras de classificações energéticas díspares, sempre que não esteja disponível toda a informação necessária e adequada à realização do projeto, como a taxa de renovação do ar. A nova metodologia de cálculo deste parâmetro é mais complicada e pormenorizada, e o seu valor tem uma grande influência no resultado final. Para simplificar a obtenção do seu valor, foi testada a utilização de uma tabela composta por valores convencionais de  $R_{ph}$ . De um modo geral verificou-se que, o cálculo das necessidades energéticas na estação de aquecimento é mais exigente utilizando essa tabela. Globalmente, resultam valores de  $N_{ic}/N_t$  mais severos utilizando o  $R_{ph}$  dado pela tabela o que conduz, por vezes, a classes energéticas inferiores. Também se verifica que um edifício que não cumpria o regulamento devido ao excesso de necessidades energéticas na estação de arrefecimento pode passar a cumprir, porque há uma redução das exigências para essa estação, provocado pelo aumento das perdas (aumento do  $R_{ph}$ ); um edifício pode deixar de cumprir o regulamento devido ao aumento das exigências na estação de inverno ( $N_{ic}$ ), provocadas também pelo aumento das perdas (aumento do  $R_{ph}$ ).

Uma vez que, de acordo com o Despacho n.º15793-K/2013, a taxa mínima de renovação do ar poderá ser determinada de acordo com outros dados, desde que tecnicamente adequados e justificados num projeto de ventilação e, visto que as tabelas utilizadas foram obtidas com recurso à folha de cálculo, baseada no método previsto pela norma EN 15242, admite-se que este método é aceitável do ponto de vista regulamentar. Sendo assim, torna-se mais prático optar pela solução de cálculo da taxa de renovação do ar através da tabela, uma vez que consistem em valores conservadores, a sua obtenção é mais rápida e simples e os resultados finais a si associados apenas excedem os homólogos resultantes da aplicação da folha de cálculo em cerca de 10%. Por outro lado, como a metodologia de cálculo proposta pelo REH, por si só, é muito mais exigente para a estação de arrefecimento, interessa agora, adotar valores de Rph que contribuam para uma maior exigência para a estação de aquecimento, em detrimento de uma ligeira redução das exigências para a estação de arrefecimento que, mesmo assim, são bastante elevadas quando comparadas com as definidas pelo RCCTE, tornando assim o cálculo final da classe energética mais equilibrado e exigente.

Para finalizar, este estudo comparativo entre as duas versões de regulamentação térmica serviu para identificar as mudanças ocorridas. A evolução da regulamentação térmica é necessária e devendo esta estar em constante atualização. É importante também que se proceda a uma análise da viabilidade das soluções construtivas e a avaliações do tipo custo-benefício que poderão facilitar a compreensão e a aplicação do regulamento por parte das várias entidades competentes.

## **5.2. PERSPETIVAS DE FUTURO SOBRE O TEMA**

Em resultado do estudo realizado, constata-se que diferentes valores nos detalhes da ventilação não têm o mesmo peso no resultado da taxa de renovação do ar, refletindo-se na certificação energética dos edifícios. No início do estudo comparativo, quando são apresentadas as diferenças entre as duas regulamentações, ficaram algumas questões em aberto quanto à influência de determinados valores (detalhes do edifício) têm no cálculo da taxa de renovação do ar. Apenas foi mencionada a influência da distância aos edifícios situados em frente. No entanto, existem outros valores que influenciam significativamente o resultado final da taxa de renovação do ar, como por exemplo o tipo de abertura de admissão de ar nas fachadas e o seu caudal nominal.

Para o efeito, seria interessante estudar a influência que determinadas aberturas e caudais têm na classificação energética de diversos edifícios, de maneira a verificar que tipos de aberturas seria mais vantajoso usar para variadas situações (construções), de maneira a gastar a menor energia possível, sem comprometer a qualidade do ar interior.

Poderia ainda ser estudado, as diferenças nas necessidades de energia e a sua respetiva classe energética, para edifícios que, inicialmente têm determinadas edificações limítrofes, e o resultado que construções vizinhas podem provocar na classificação energética.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Rodrigues, A., Braga, A., Piedade, A. *Térmica de Edifício*, ORION, Lisboa, 2009.
- [2] Borges, P. *A Certificação Energética de Edifícios Existentes. Estudo sobre a melhoria do desempenho térmico das paredes exteriores e respetiva análise técnico-económica*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [3] Pereira, J. *Projeto de Comportamento Térmico. Verificação da influência da ventilação natural e do sistema de preparação de águas quentes sanitárias no cumprimento regulamentar*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
- [4] Luzio, J. *Certificação Térmica de Edifícios Existentes. Estudo técnico-económico da reabilitação energética de coberturas*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [5] *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril), Diário da República n.º67, I Série, pp 2468 a 2513.
- [6] Ferreira, R. *Desempenho térmico de edifício residencial unifamiliar segundo a metodologia de cálculo presente no RCCTE*. Dissertação de Mestrado, Universidade técnica de Lisboa, 2010.
- [7] Camelo, S. Gonçalves, H. Maldonado, E e tal. *Manual de apoio à aplicação do RCCTE*, INETI, Lisboa, 2006.
- [8] *Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de Habitação*. Ventilação Natural, NP 1037-1 de 2002. Instituto Português da Qualidade.
- [9] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto. Diário da República n.º159 – 1.ª série, pp 4988 a 5005. Ministério da economia e do emprego. Lisboa.
- [10] Despacho n.º15793-K/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.
- [11] Despacho n.º15793-I/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.
- [12] Portaria n.º 349-B/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 232 – 29 de Novembro de 2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.
- [13] Despacho n.º15793-H/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.
- [14] Despacho n.º15793-D/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.
- [15] Despacho n.º15793-F/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013. Lisboa.
- [16] Santos, C., Matias, L. *Coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. LNEC, Lisboa, 2006.
- [17] Portaria n.º 349-C/2013. Diário da República, 1.ª série – N.º 232 – 29 de Novembro de 2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.
- [18] Farinha, J., Farinha, M., Reis, A., e tal. *Tabelas Técnicas*, E.T.L., L.ª, Lisboa, 2003.
- [19] <http://www.bibliocad.com/biblioteca/proyectos/vivienda-multifamiliar--condominios/6>. Outubro 2013.
- [20] [http://www.aipex.es/bioclimatico\\_po.php?idioma=po&s=2](http://www.aipex.es/bioclimatico_po.php?idioma=po&s=2). Novembro de 2013.

[21][http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PR\\_RCCTE\\_20.pdf](http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/PerguntasRespostas/Documents/PR_RCCTE_20.pdf). Outubro de 2013

[22]

[https://sigarra.up.pt/feup/pt/conteudos\\_geral.ver?pct\\_pag\\_id=249640&pct\\_parametros=pv\\_ocorrenca\\_id=276913&pct\\_ocorrenca\\_id=276913&pct\\_grupo=19090&pct\\_grupo=19091&pct\\_grupo=25456#25456](https://sigarra.up.pt/feup/pt/conteudos_geral.ver?pct_pag_id=249640&pct_parametros=pv_ocorrenca_id=276913&pct_ocorrenca_id=276913&pct_grupo=19090&pct_grupo=19091&pct_grupo=25456#25456)

# A1

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 1º CASO DE  
ESTUDO, PELO RCCTE (I1V1 I)**

**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envolvente Exterior**

<b>Paredes Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Norte (piso 0) Granito	21,04	0,387667	8,16
Norte (piso 0) Reboco	4,2921	0,388743	1,67
Sul (piso 0) Reboco	18,655	0,388743	7,25
Nascente (piso 0) Reboco	20,07	0,388743	7,80
Nascente (piso 0) Granito	2,436	0,387667	0,94
Poente (piso 0) Granito	12,7	0,387667	4,92
Poente (piso 0) Reboco	1,875	0,388743	0,73
Norte (piso 1)	17,406	0,388743	6,77
Sul (piso 1)	23,589	0,388743	9,17
Nascente (piso 1)	20,265	0,388743	7,88
Poente (piso 1)	14,695	0,388743	5,71
Portas	3,9454	3	11,84
Ponte térmica plana (pilar ou viga) Granito	0,6	0,523762	0,31
Ponte térmica plana (pilar ou viga) Reboco	2,6	0,525729	1,37
Ponte térmica plana caixa de estores	4,7725	0,737357	3,52
<b>TOTAL</b>			<b>78,04</b>

<b>Pavimentos Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>Coberturas Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Cobertura (piso 0) terraço	17,52	0,510666	8,95
<b>TOTAL</b>			<b>8,95</b>

<b>Paredes e pavimentos em contacto com o solo</b>	<b>Perímetro B (m)</b>	<b>ψ (W/m.°C)</b>	<b>ψ.B (W/°C)</b>
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b>ψ (W/m.°C)</b>	<b>ψ.B (W/°C)</b>
<b>Ligações entre:</b>			
Fachada com os pavimentos térreos			
Fachada com os pavimentos sobre locais não aquecidos	40,84	0,675	27,57
Fachada com pavimentos intermédios (reboco)	14,02	0,60	8,41
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	17,6	0,75	13,20
Fachada com varanda (Parede reboco)	19,72	0,85	16,76
Fachada com varanda (sobre espaço não útil)	1,79	0,5	0,90
Fachada com varanda (Parede granito)	0,8	0,425	0,34
<b>Dois paredes verticais:</b>			
Norte com Poente	5,2	0,2	1,04
Norte com Nascente	8,55	0,2	1,71
Sul com Nascente	5,95	0,2	1,19
Sul com Poente	5	0,2	1,00
Fachada com caixa de estore			
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	41,22	0,00	0,00
Outras			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>72,12</b>

**Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** 159,10

**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envolvente Interior**

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Lavandaria/cozinha	2,533	0,523054	0,6	0,79
Lavandaria/sala comum	5,225	0,523054	0,6	1,64
Porta	2,125	2,36	0,6	3,01
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>5,44</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Pavimento piso 0	97,7	0,575822	0,7	39,38
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>39,38</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Tecto sob sótão	75,22	0,304	1	22,87
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>22,87</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>67,69</b>
--------------	--------------

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

<b>Vãos envidraçados exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
<b>Verticais:</b>			0,00
Norte (piso 0)	4,185	2	8,37
Nascente (piso 0)	1,845	2	3,69
Sul (piso 0)	5,05	2	10,10
Poente (piso 0)	2,225	2	4,45
Norte (piso 1)	9,534	2	19,07
Nascente (piso 1)	2,1	2	4,20
Sul (piso 1)	2,17	2	4,34
Poente (piso 1)	1,43	2	2,86
			0,00
<b>Horizontais:</b>			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>57,08</b>

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="163,51"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,59928"/>	(m)
		=	
Volume interior (V)		<input type="text" value="425,01"/>	(m <sup>3</sup> )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpra a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH = <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="1"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Área de envidraçados >15% Ap' (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(evoluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0"/>	Vf = <input type="text" value="95,00"/>
Caudal Extraído Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="95"/>	
Diferença entre Vins e Vev (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="95,00"/>	V = <input type="text" value="0,22352"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,224"/>	(Vf / V + Vx) · (1 - η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="425,01"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,950"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="137,28"/>	(W/C)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte (piso 0)	Duplo	6,4504	0,27	0,63	0,9	0,65	0,9	0,64
Nascente (piso 0)	Duplo	1,845	0,56	0,63	0,549	0,65	0,9	0,21
Sul (piso 0)	Duplo	5,05	1,00	0,63	0,608375	0,65	0,9	1,13
Poente (piso 0)	Duplo	1,25	0,56	0,63	0,549	0,65	0,9	0,14
Poente (piso 0)	Duplo	0,975	0,56	0,63	0,4488	0,65	0,9	0,10
Norte (piso 1)	Duplo	9,534	0,27	0,63	0,9	0,65	0,9	0,95
Nascente (piso 1)	Duplo	2,1	0,56	0,63	0,801	0,65	0,9	0,35
Sul (piso 1)	Duplo	2,17	1	0,63	0,405	0,65	0,9	0,32
Poente (piso 1)	Duplo	3,11	0,56	0,63	0,801	0,65	0,9	0,51
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	4,36
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <input type="text" value="I1"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	6
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	2822,55

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/> (W/m <sup>2</sup> )
	x
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,00"/> (meses)
	x
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="163,51"/> (m <sup>2</sup> )
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2825,45"/> (kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="5648,00"/>
	<input type="text" value="14049,54"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/> a = <input type="text" value="4,2"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,40"/>	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,99"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="5648,00"/>
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="5573,84"/>

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores		168,94
Coberturas exteriores		17,52
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		28,54
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		5,93
Coberturas interiores		75,22
Pavimentos interiores		68,39
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		364,54
		/
Volume (de FCIV.1d)		425,01
		=
FF		0,86

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1) 1390

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 59,405
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	77,803
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	80,017
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	99,752

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano) 77,80

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	159,10
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	67,69
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	57,08
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	137,28
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	421,15
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1390,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	14049,54
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	5573,84
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	8475,70
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	163,51
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	51,84
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	77,80

Verifica                      O.K.

Nic/Ni =    66,62%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A) (FCIV.1a)		78,04	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A) (FCIV.1a)		0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A) (FCIV.1a)		8,95	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U. (FCIV.1c)		57,08	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar (valor final da FCIV.1d / (1-η)) <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>		137,28	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>281,34</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	<b>(Q1a)</b>	<b>281,34</b>	<b>(W/°C)</b>
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>4942,62</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envoltente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Norte pintado	Norte Granito	Nascente pintado	Nascente Granito	Sul pintado	Poente pintado	Poente Granito	Cobertura	TOTAL
Área, A (m <sup>2</sup> )	21,6981	21,04	40,335	2,436	42,244	16,57	12,7	17,52	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,388743413	0,387666963	0,388743413	0,387666963	0,388743413	0,388743413	0,387666963	0,510665997	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	3,37	3,26	6,27	0,38	6,57	2,58	1,97	3,58	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200	200	420	420	380	420	420	730	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
<b>Ganhos Solares pela Envoltente Opaca Exterior</b>	<b>26,99</b>	<b>26,10</b>	<b>105,37</b>	<b>6,35</b>	<b>99,85</b>	<b>43,29</b>	<b>33,09</b>	<b>104,50</b>	<b>445,53</b> (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL									
	Norte piso 0	Norte piso 1	Nascente piso 0	Nascente piso 1	Poente piso 0	Poente piso 0	Poente piso 1	Sul piso 0	Sul piso 1	
Área, A (m <sup>2</sup> )	4,185	9,534	1,845	2,1	1,25	0,975	1,43	5,05	2,17	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	
	x	x	x	x		x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,586	0,9	0,704	0,9	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,75	0,75	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,50	1,13	0,23	0,26	0,16	0,08	0,18	0,44	0,24	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (KWh/m2) (Quadro III.9)	200	200	420	420	420	420	420	380	380	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exterior</b>	<b>99,10</b>	<b>225,77</b>	<b>97,49</b>	<b>110,96</b>	<b>66,05</b>	<b>33,54</b>	<b>75,56</b>	<b>166,63</b>	<b>91,53</b>	<b>TOTAL 966,63 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m2)	163,51
	x
	2,93
	=
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1915,03 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)</b>	<b>966,63 (KWh)</b>
	+
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)</b>	<b>445,53 (KWh)</b>
	+
<b>Ganhos internos (FCV.1e)</b>	<b>1915,03 (KWh)</b>
	=
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>3327,19 (KWh)</b>

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="3327,19"/>	(kWh)
		/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)		<input type="text" value="4942,62"/>	(kWh)
		=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	$\gamma$	<input type="text" value="0,67"/>	
<b>Inércia do edifício</b> (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		<input type="text" value="3"/>	

		<input type="text" value="1"/>	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$ (Gráfico IV.1)		<input type="text" value="0,93"/>	
		=	
		<input type="text" value="0,07"/>	
		x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="3327,19"/>	<b>(kWh)</b>
		=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>		<input type="text" value="236,51"/>	<b>(kWh/ano)</b>
		+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)		<input type="text" value="0,00"/>	( $E_v = P_{vx} \times 24 \times 0,122$ (kWh))
		=	
	<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="236,51"/>	<b>(kWh/ano)</b>
		/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )		<input type="text" value="163,51"/>	
		=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>		<input type="text" value="1,45"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
		≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b> (Nº2 do Artigo 15º)		<input type="text" value="16"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica            **O.K.**  
 Nvc/Nv =            9,04%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

<b>Nº de ocupantes</b> (Quadro VI.1)	<input type="text" value="4,00"/>	
<b>Consumo médio diário de referência de AQS</b> ( $M_{AQS}$ ) <i>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)</i>	<input type="text" value="160,00"/>	
<b>Aumento de temperatura necessário</b> ( $\Delta T$ ) <i>(considerar igual a 45°C)</i>	<input type="text" value="45,00"/>	
<b>Número anual de dias de consumo</b> ( $n_d$ ) <i>(Quadro VI.2)</i>	<input type="text" value="365,00"/>	
<b>Energia despendida com sistemas convencionais</b> ( $Q_c$ )	<input type="text" value="3056,51"/>	(kW.h/ano)
<b>Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS</b> ( $\eta_c$ ) <i>(Ponto 3 do Anexo VI)</i>	<input type="text" value="0,87"/>	
$E_{solar}$	<input type="text" value="2125,00"/>	
$E_{ren}$	<input type="text" value="0,00"/>	
<b>Necessidades de energia para preparação de AQS</b> , $N_{ac}$	<input type="text" value="8,49"/>	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
<b>Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS</b> , $N_a$	<input type="text" value="28,93"/>	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)

$N_{ac} \leq N_a$ ? Verifica

$N_{ac}/N_a = 29,35\%$

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	77,80	
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	51,84	
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00	
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	1,45	
$N_a$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	28,93	
$N_{ac}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	8,49	
$\eta_i$	0,87	Art. 18.º - ponto 2
$\eta_v$	3,00	Art. 18.º - ponto 2
$F_{pui}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
$F_{puv}$ (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
$F_{pua}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

**Necessidades nominais globais de energia primária**,  $N_{tc}$   (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

**Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária**,  $N_t$   (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Verifica

$N_{tc}/N_t = 26,45\%$

# **A2**

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 2º CASO DE  
ESTUDO, PELO RCCTE (I1V1 I)**

**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envolvente Exterior**

<b>Paredes Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Parede Sul cozinha	1,78	0,581772	1,04
Parede Sul quarto simples	2,555	0,581772	1,49
Parede Sul quarto duplo	4,20	0,581772	2,44
Parede Sul quarto casal	4,7875	0,581772	2,79
Ponte térmica plana caixa de estore	2,0125	0,550683	1,11
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>8,86</b>

<b>Pavimentos Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Coberturas Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Paredes e pavimentos em contacto com o solo</b>	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos não útil			0,00
Fachada com pavimentos intermédios	11,20	0,60	6,72
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			0,00
Fachada com varanda	2,9	0,45	1,31
Duas paredes verticais			0,00
Fachada com caixa de estore	8,05	0	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	22,35	0,00	0,00
Outras			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>8,03</b>

**Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** **16,89**





**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="58,4"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,35"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="137,24"/>	(m <sup>3</sup> )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH = <input type="text" value="0,9"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="3"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap' (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0"/>	Vf = <input type="text" value="35,00"/>
Caudal Extraído Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="35"/>	
Diferença entre Vins e Vev (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="35,00"/>	V = <input type="text" value="0,25503"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,255"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="137,24"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,900"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="42,00"/>	(W°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e  
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh, Fo, Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Cozinha sul	Duplo	1,86	1,00	0,63	0,405	0,7	0,9	0,30
Sala sul	Duplo	6,815	1,00	0,63	0,3285	0,7	0,9	0,89
Quarto simples sul	Duplo	1,2	1,00	0,63	0,405	0,7	0,9	0,19
Quarto duplo sul	Duplo	1,2	1,00	0,63	0,405	0,7	0,9	0,19
Quarto de casal sul	Duplo	1,2	1,00	0,63	0,405	0,7	0,9	0,19
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	1,77
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul) na zona 11 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	6
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1144,51

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	6,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	58,40	(m <sup>2</sup> )
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1009,15	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	$\frac{2153,66}{3204,69}$	
Inércia do edifício: 3	a = 4,2	$\gamma = 0,67$
<i>(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)</i>		
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	0,93	
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	2153,66	
	=	
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	2001,31	

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores		13,33
Coberturas exteriores		
Pavimentos exteriores		
Envidraçados exteriores		12,275
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A. τ)	
Paredes interiores		7,77615
Coberturas interiores		
Pavimentos interiores		
Envidraçados interiores		
Área total:		33,38
		/
Volume (de FCIV.1d)		137,24
		=
FF		0,24

**Graus-dias no local (°C.dia)** (do Quadro III.1) 1390

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 59,405
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	46,198
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	53,190
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	99,752

**Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)** 59,41

Folha de Cálculo FC IV.2  
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	16,89
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	5,27
Vãos Envidraçados (de FCM.1c)	31,92
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	42,00
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	96,06
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1390,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	3204,69
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2001,31
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	1203,38
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	58,40
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	20,61
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	59,41

Verifica O.K.

Nic/Ni = 34,69%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A) (FCIV.1a)		8,86	(W <sup>o</sup> C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A) (FCIV.1a)		0,00	(W <sup>o</sup> C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A) (FCIV.1a)		0,00	(W <sup>o</sup> C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U. (FCIV.1c)		31,92	(W <sup>o</sup> C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar (valor final da FCIV.1d / (1-η)) <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado na Verão)</i>		42,00	(W <sup>o</sup> C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>82,77</b>	<b>(W<sup>o</sup>C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	<b>(Q1a)</b>	<b>82,77</b>	<b>(W<sup>o</sup>C)</b>
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>1454,12</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Sul	...	...	...	...	...
Área, A (m <sup>2</sup> )	13,33					
	x	x	x	x	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,58177					
	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4					
	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W <sup>o</sup> C)	3,10					
	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	380					
	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>47,13</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>TOTAL</b>					
	<b>47,13 (kWh)</b>					

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL						
Orientação	Cozinha sul	Sala sul	Quarto simples sul	Quarto duplo sul	Quarto de casal sul	
Área, A (m <sup>2</sup> )	1,86	6,815	1,2	1,2	1,2	
	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado <i>(protecção solar activada a 70%)</i>	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	
	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,63	0,9	0,9	0,9	
	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,22	0,57	0,14	0,14	0,14	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	380	380	380	380	380	
	=	=	=	=	=	
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exterior</b>	<b>84,49</b>	<b>216,71</b>	<b>54,51</b>	<b>54,51</b>	<b>54,51</b>	<b>TOTAL</b> <b>464,73 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	58,4	
	x	
	2,93	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>683,98</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	464,73	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envoltente Opaca Exterior (FCV.1c)	47,13	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	683,98	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>1195,85</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	1195,85	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	1454,12	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas $\gamma$	0,82	
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3	
	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$ (Gráfico IV.1)	0,88	
	=	
	0,12	
	*	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	1195,85	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	146,38	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	( $E_v = P_{vix} \times 24 \times 0,122$ (kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	<b>146,38</b>	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	58,40	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	<b>2,51</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b> (N <sup>o</sup> do Artigo 15 <sup>o</sup> )	<b>16</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
Verifica	<b>O.K.</b>	
Nvc/Nv =	15,67%	

**Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária**

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_d$ )	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_s$ ) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,87	
$E_{solar}$	2125,00	
$E_{ren}$	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, $N_{ac}$	23,77	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, $N_i$	81,00	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)

$N_{ac} \leq N_i$ ? Verifica

$N_{ac}/N_i = 29,35\%$

**Necessidades Globais de Energia Primária**

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	59,41	
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	20,61	
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00	
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	2,51	
$N_a$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	81,00	
$N_{ac}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	23,77	
$\eta_i$	0,87	Art. 18.º - ponto 2
$\eta_v$	3,00	Art. 18.º - ponto 2
$F_{pui}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
$F_{puv}$ (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
$F_{pua}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{ic}$  2,27 (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_i$  11,61 (kgep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{ic} \leq N_i$ ? Verifica

$N_{ic}/N_i = 19,57\%$

# A3

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 3º CASO DE  
ESTUDO, PELO RCCTE (I1V1 I)**

**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envolvente Exterior**

<b>Paredes Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Parede Norte piso 0	24,18	0,96083	23,23
Parede Norte piso 1	17,5276	0,96083	16,84
Parede E piso 0	15,36	0,96083	14,76
Parede E piso 1	16,52	0,96083	15,87
Parede Sul piso 0	20,3516	0,96083	19,55
Parede Sul piso 1	11,664	0,96083	11,21
Parede W piso 0	5,91973	0,96083	5,69
Parede W piso 1	14,845	0,96083	14,26
Porta de entrada	3,0885	3	9,27
Ponte plana pilares	1,17	1,40693	1,65
Ponte plana caixa de estores	3,4	3,30159	11,23
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>143,55</b>

<b>Pavimentos Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Zona sobre a entrada	1,456	1,45251	2,11
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>2,11</b>

<b>Coberturas Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Zona em varanda	4,8035	2,35935	11,33
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>11,33</b>

<b>Paredes e pavimentos em contacto com o solo</b>	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos sobre exterior	1,3972	0,650	0,91
Fachada com os pavimentos sobre locais não aqueci	33,94	0,650	22,06
Fachada com pavimentos intermédios	14,43	0,550	7,93
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	6,55	0,725	4,75
Fachada com varanda	8,1	0,425	3,44
Doas paredes verticais	26	0,200	5,20
Fachada com caixa de estore	13,6	0,000	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril		0,000	0,00
Outras			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>44,29</b>

**Perdas pela envolvente exterior  
da Fração Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** 201,29





**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="135,034"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
Volume interior (V)	<input type="text" value="351,09"/>	(m <sup>3</sup> )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="1"/>	RPH = <input type="text" value="1,05"/>
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap' (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0,00"/>	V = <input type="text" value="0"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,000"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="351,09"/>	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="1,050"/>	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	<input type="text" value="125,34"/>	(WPC)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte piso 0	Simples	4,087	0,27	0,494118	0,9	0,7	0,9	0,34
Norte piso 1	Simples	1,83	0,27	0,494118	0,9	0,7	0,9	0,15
Este piso 0	Simples	6,72	0,56	0,494118	0,522	0,7	0,9	0,61
Este piso 1	Simples	3,36	0,56	0,494118	0,4292	0,7	0,9	0,28
Sul piso 0	Simples	5,703	1	0,494118	0,405	0,7	0,9	0,72
Sul piso 1	Simples	4,686	1	0,494118	0,405	0,7	0,9	0,59
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	2,70
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <input type="text" value="I1"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	6
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1750,26

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/> (W/m <sup>2</sup> )
	x
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,00"/> (meses)
	x
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="135,03"/> (m <sup>2</sup> )
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2333,39"/> (kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="4083,65"/> <input type="text" value="25251,90"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/> a = <input type="text" value="4,2"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,16"/>	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="1,00"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="4083,65"/>
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="4082,02"/>

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores		129,45
Coberturas exteriores		4,8035
Pavimentos exteriores		1,456
Envidraçados exteriores		26,386
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A. τ)	
Paredes interiores		19,82
Coberturas interiores		80,8097
Pavimentos interiores		61,572
Envidraçados interiores		0
Área total:		324,30
		/
Volume (de FCIV.1d)		351,09
		=
FF		0,92

**Graus-dias no local (°C.dia)** (do Quadro III.1) 1390

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 59,405
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	81,196
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	82,435
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	99,752

**Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)** 81,20

Folha de Cálculo FC IV.2  
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	201,29
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	322,14
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	108,18
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	125,34
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	756,95
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1390,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	25251,90
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4082,02
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	21169,88
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	135,03
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	156,77
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	81,20

Não verifica K.O.

Nic/Ni = 193,08%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	143,55	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	2,11	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	11,33	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	108,18	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(valor final da FCIV.1d / (1-η))	125,34	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>390,52</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	390,52	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>6860,66</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Parede Norte	Parede Este	Parede Sul	Parede Oeste	Cobertura	...	...	...
Área, A (m <sup>2</sup> )	41,70	31,88	32,0156	20,764725	4,8035			
	x	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,96082779	0,96082779	0,96082779	0,96082779	2,359346642			
	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5			
	=	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	16,03	12,25	12,30	7,98	5,67	0,00	0,00	0,00
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200	420	380	420	730			
	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>128,22</b>	<b>205,84</b>	<b>187,03</b>	<b>134,07</b>	<b>165,46</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
								<b>TOTAL</b>
								<b>820,63</b> (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL					
	Norte	Este piso 0	Este piso 1	Sul	...	...
Área, A (m <sup>2</sup> )	5,917	6,72	3,36	10,389		
	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado <i>(protecção solar activada a 70%)</i>	0,229	0,229	0,229	0,229		
	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7		
	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,9	0,61888	0,9		
	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,9	0,9	0,8		
	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,73	0,87	0,30	1,20	0,00	0,00
	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200	420	420	380		
	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	<b>145,12</b>	<b>366,47</b>	<b>126,00</b>	<b>455,64</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
						<b>TOTAL</b>
						<b>1093,23 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	135,0342
	x
	2,93
	=
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1581,52 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1093,23 (KWh)
	+
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	820,63 (KWh)
	+
Ganhos internos (FCV.1e)	1581,52 (KWh)
	=
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>3495,38 (KWh)</b>

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="3495,38"/>	(kWh)
		/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)		<input type="text" value="6860,66"/>	(kWh)
		=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	<b>γ</b>	<input type="text" value="0,51"/>	
<b>Inércia do edifício</b> (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		<input type="text" value="3"/>	

		<input type="text" value="1"/>	
		-	
<b>Factor de utilização dos ganhos, η</b> (Gráfico IV.1)		<input type="text" value="0,97"/>	
		=	
		<input type="text" value="0,03"/>	
		×	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="3495,38"/>	<b>(kWh)</b>
		=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>		<input type="text" value="104,07"/>	<b>(kWh/ano)</b>
		+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)		<input type="text" value="0,00"/>	(Ev=P <sub>vk</sub> 24×0,122(kWh))
		=	
	<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="104,07"/>	<b>(kWh/ano)</b>
		/	
<b>Área Útil de Pavimento (m<sup>2</sup>)</b>		<input type="text" value="135,03"/>	
		=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento – Nvc</b>		<input type="text" value="0,77"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
		≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas – Nv</b> (N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> )		<input type="text" value="16"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica                    **O.K.**  
Nvc/Nv =                    4,82%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	<input type="text" value="4,00"/>	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	<input type="text" value="160,00"/>	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 45°C)	<input type="text" value="45,00"/>	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	<input type="text" value="365,00"/>	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_s$ )	<input type="text" value="3056,51"/>	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_s$ ) (Ponto 3 do Anexo VI)	<input type="text" value="0,65"/>	
$E_{solar}$	<input type="text" value="2125,00"/>	
$E_{ren}$	<input type="text" value="0,00"/>	
Necessidades de energia para preparação de AQS, $N_{ac}$	<input type="text" value="19,09"/>	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, $N_a$	<input type="text" value="35,03"/>	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
<b><math>N_{ac} \leq N_a</math>? Verifica</b>		
$N_{ac}/N_a = 54,48\%$		

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	81,20	
Nic (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	156,77	
Nv (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00	
Nvc (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	0,77	
Na (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	35,03	
Nac (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	19,09	
$\eta_i$	0,87	Art. 18.º - ponto 2
$\eta_v$	3,00	Art. 18.º - ponto 2
$F_{pui}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
$F_{puv}$ (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
$F_{pua}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, $N_{ic}$	<input type="text" value="3,20"/>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, $N_t$	<input type="text" value="5,60"/>	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
<b><math>N_{tc} \leq N_t</math>? Verifica</b>		
$N_{tc}/N_t = 57,08\%$		

# A4

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 4º CASO DE  
ESTUDO, PELO RCCTE (I1V1 I)**

**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envolvente Exterior**

<b>Paredes Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Parede Norte	11,11	1,086048	12,07
Parede Sul	6,0925	1,086048	6,62
Parede Este	3,29	1,086048	3,57
Ponte térmica plana caixa de estore	2,13	3,301587	7,02
Ponte térmica plana pilares			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>29,27</b>

<b>Pavimentos Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>Coberturas Exteriores</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>Paredes e pavimentos em contacto com o solo</b>	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos			0,00
Fachada com pavimentos intermédios	11,70	0,40	4,68
Fachada com cobertura inclinada ou terraço			0,00
Fachada com varanda	3,35	0,35	1,17
Duas paredes verticais	2,35	0,2	0,47
Fachada com caixa de estore	8,5	0	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	37,20	0,00	0,00
Outras			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>6,32</b>

**Perdas pela envolvente exterior da Fração Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** **35,59**

**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envoltente Interior**

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Porta em madeira para espaço comum	2,115	2,2	0,3	1,40
Parede em contacto com espaço comum	16,3325	1,783265	0,3	8,74
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>10,13</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação pa espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envoltente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>TOTAL</b>	<b>10,13</b>
--------------	--------------



**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="70,02"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,35"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="164,55"/>	(m <sup>3</sup> )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH = <input type="text" value="1,1"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap' (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0,00"/>	V = <input type="text" value="0"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,000"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="164,55"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="1,100"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="61,54"/>	(WPC)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte	simples	6,75	0,27	0,494118	0,9	0,7	0,9	0,57
Sul quarto	simples	2,25	1,00	0,494118	0,405	0,7	0,9	0,28
Sul sala	simples	5,875	1,00	0,494118	0,19872	0,7	0,9	0,49
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	1,34
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <input type="text" value="11"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	6
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	871,42

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,00"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="70,02"/>	(m <sup>2</sup> )
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1209,95"/>	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2081,37"/>
	<input type="text" value="5613,01"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/> a = <input type="text" value="4,2"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,37"/>	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,99"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2081,37"/>
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="2060,95"/>

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m <sup>2</sup>
Paredes exteriores		20,49
Coberturas exteriores		0
Pavimentos exteriores		0
Envidraçados exteriores		14,875
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A. τ)	
Paredes interiores		5,53425
Coberturas interiores		0
Pavimentos interiores		0
Envidraçados interiores		0
Área total:		40,90
Volume (de FCIV.1d)		/
		164,55
		=
<b>FF</b>		0,25

**Graus-dias no local (°C.dia)** (do Quadro III.1) 1390

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 59,405
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	46,474
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	53,458
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	99,752

**Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)** 59,41

Folha de Cálculo FC IV.2  
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	35,59
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	10,13
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	60,99
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	61,54
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	168,26
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1390,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	5613,01
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2060,95
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3552,06
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	70,02
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	50,73
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	59,41

Verifica O.K.

Nic/Ni = 85,40%

Folha de cálculo FCV.1a  
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	29,27	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	60,99	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar (valor final da FCIV.1d / (1-η))		61,54	(W/°C)
<i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>			
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>151,80</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	151,80	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>2666,82</b>	<b>(kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1c  
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação	ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobe)				
	Norte	Este	Sul	...	...
Área, A (m <sup>2</sup> )	11,11	3,29	6,0925		
	x	x	x	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	1,08605	1,08605	1,08605		
	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4		
	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	4,83	1,43	2,65	0,00	0,00
	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200	420	380		
	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>38,61</b>	<b>24,01</b>	<b>40,23</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
					<b>TOTAL</b>
					<b>102,85</b>
					<b>(kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL					
	Norte	Sul Sala	Sul Quarto	...	...	...
Área, A (m <sup>2</sup> )	6,75	5,875	2,25			
	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado <i>(protecção solar activada a 70%)</i>	0,229	0,229	0,229			
	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7			
	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,4039	0,9			
	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,85	0,8	0,8			
	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,83	0,30	0,26	0,00	0,00	0,00
	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (Quadro III.9)	200	380	380			
	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	<b>165,55</b>	<b>115,63</b>	<b>98,68</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
						<b>TOTAL</b>
						<b>379,87 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	70,02
	x
	2,93
	=
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>820,07 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	379,87 (KWh)
	+
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	102,85 (KWh)
	+
Ganhos internos (FCV.1e)	820,07 (KWh)
	=
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>1302,79 (KWh)</b>

Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	1302,79	(kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	2666,82	(kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	$\gamma$	0,49
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		3

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$ (Gráfico IV.1)	0,97	
	=	
	0,03	
	x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	1302,79	<b>(kWh)</b>
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	33,70	<b>(kWh/ano)</b>
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	( $E_v = P_{v\text{ex}} \times 24 \times 0,122$ (kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	33,70	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	70,02	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	0,48	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b> (N <sup>o</sup> 2 do Artigo 15 <sup>o</sup> )	16	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica

O.K.

Nvc/Nv =

3,01%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQE}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_c$ )	3056,51	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS ( $\eta_s$ ) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,65	
$E_{solar}$	2125,00	Programa SOLTERM
$E_{ren}$	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, $N_{ac}$	36,81	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, $N_a$	67,56	(kW.h/m <sup>2</sup> .ano)
<b><math>N_{ac} \leq N_a</math>? Verifica</b>		
$N_{ac}/N_a = 54,48\%$		

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	59,41	
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	50,73	
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,00	
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	0,48	
$N_a$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	67,56	
$N_{ac}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	36,81	
$\eta_i$	0,87	Art. 18.º - ponto 2
$\eta_v$	3,00	Art. 18.º - ponto 2
$F_{pui}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
$F_{puv}$ (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
$F_{pua}$ (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, $N_{tc}$	3,67	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, $N_t$	9,80	(kgep/m <sup>2</sup> .ano)
<b><math>N_{tc} \leq N_t</math>? Verifica</b>		
$N_{tc}/N_t = 37,47\%$		

# A5

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 1º CASO DE  
ESTUDO, PELO REH (I1V1 I)**

**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envoltura Exterior**

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Norte (piso 0) Granito	21,04	0,38767	8,16
Norte (piso 0) Reboco	4,2921	0,38874	1,67
Sul (piso 0) Reboco	18,655	0,38874	7,25
Nascente (piso 0) Reboco	20,07	0,38874	7,80
Nascente (piso 0) Granito	2,436	0,38767	0,94
Poente (piso 0) Granito	12,7	0,38767	4,92
Poente (piso 0) Reboco	1,875	0,38874	0,73
Norte (piso 1)	17,406	0,38874	6,77
Sul (piso 1)	23,589	0,38874	9,17
Nascente (piso 1)	20,265	0,38874	7,88
Poente (piso 1)	14,695	0,38874	5,71
Portas	3,9454	3	11,84
Ponte térmica plana (pilar ou viga) Granito	0,6	0,52376	0,31
Ponte térmica plana (pilar ou viga) Reboco	2,6	0,52573	1,37
Ponte térmica plana caixa de estores	4,7725	0,73736	3,52
<b>TOTAL</b>			<b>78,04</b>

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Cobertura (piso 0) terraço	17,52	0,51067	8,95
<b>TOTAL</b>			<b>8,95</b>

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>0,00</b>

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			
Fachada com os pavimentos sobre locais r	40,84	0,35	14,29
Fachada com pavimentos intermédios (rebo	14,02	1,25	17,53
Fachada com cobertura inclinada ou terraç	17,6	1	17,60
Fachada com varanda (Parede reboco)	19,72	1,1	21,69
Fachada com varanda (sobre espaço não	1,79	0,5	0,90
Fachada com varanda (Parede granito)	0,8	0,55	0,44
Duas paredes verticais:			
Norte com Poente	5,2	0,5	2,60
Norte com Nascente	8,55	0,5	4,28
Sul com Nascente	5,95	0,5	2,98
Sul com Poente	5	0,5	2,50
Fachada com caixa de estore	4,7725	0,3	1,43
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	41,22	0,10	4,12
Outras			
<b>TOTAL</b>			<b>90,35</b>

Perdas pela envolvente exterior  
da Fração Autónoma

(W/°C) **TOTAL** 177,34

**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envoltente Interior**

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Lavandaria/cozinha	2,533	0,523054	0,6	0,79
Lavandaria/sala comum	5,225	0,523054		1,64
Porta	2,125	2,36		3,01
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>5,44</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Pavimento piso 0	97,7	0,575822	0,5	28,13
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>28,13</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Tecto sob sótão	75,22	0,304	0,9	20,58
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>20,58</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação pa espaços não-úteis com $\tau > 0,7$ )	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	btr (-)	btr. $\psi$ .B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envoltente interior  
da Fracção Autónoma

(W/°C)

<b>Henu+Hadj=</b>	<b>54,15</b>
-------------------	--------------



**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="163,51"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio		<input type="text" value="2,599281"/>	(m)
		=	
Volume interior (V)		<input type="text" value="425,01"/>	(m <sup>3</sup> )

<b>VENTILAÇÃO NATURAL</b>		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumprir a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Excel de ventilação RPH = <input type="text" value="0,75"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

<b>VENTILAÇÃO MECÂNICA</b> <i>(excluir exaustor da cozinha)</i>			
Caudal de Insuflação	Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído	Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev	(m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0,00"/>	/ V = <input type="text" value="0"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i>	Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,000"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume		<input type="text" value="425,01"/>	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		<input type="text" value="0,75"/>	
		x	
		<input type="text" value="0,34"/>	
		=	
TOTAL		<input type="text" value="108,38"/>	(W/C)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte (piso 0)	Duplo	6,4504	0,27	0,75	0,9	0,65	0,9	0,76
Nascente (piso 0)	Duplo	1,845	0,56	0,75	0,549	0,65	0,9	0,25
Sul (piso 0)	Duplo	5,05	1,00	0,75	0,608375	0,65	0,9	1,35
Poente (piso 0)	Duplo	1,25	0,56	0,75	0,549	0,65	0,9	0,17
Poente (piso 0)	Duplo	0,975	0,56	0,75	0,4488	0,65	0,9	0,12
Norte (piso 1)	Duplo	9,534	0,27	0,75	0,9	0,65	0,9	1,13
Nascente (piso 1)	Duplo	2,1	0,56	0,75	0,801	0,65	0,9	0,41
Sul (piso 1)	Duplo	2,17	1	0,75	0,405	0,65	0,9	0,39
Poente (piso 1)	Duplo	3,11	0,56	0,75	0,801	0,65	0,9	0,61
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	5,19
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul) na zona <input type="text" value="11"/> Despacho F Tabela 04 - (kWh/m2.mês)	140
	x
Duração da estação de aquecimento Despacho F Tabela 04 (meses)	6,22
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	4515,50

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4"/>	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,22"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="163,51"/>	(m <sup>2</sup> )
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2929,05"/>	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="7444,55"/>	
	<input type="text" value="12317,97"/>	
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/>	a = <input type="text" value="4,2"/>	$\gamma =$ <input type="text" value="0,6044"/>
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)	<input type="text" value="0,94852"/>	
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="7444,55"/>	
	=	
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="7061,31"/>	

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Calculo de Ni</b>		Uref Tabela I.01 da portaria 349-B ψref Tabela I.02 da portaria 349-B	
De FCIV. 1a e FCIV. 1c:	Área m <sup>2</sup>	Uref	A*Uref
Paredes exteriores	168,942	0,5	84,47
Coberturas exteriores	17,52	0,4	7,008
Pavimentos exteriores	0	0,4	0
Envidraçados exteriores	28,539	2,9	82,7631
De FCIV. 1b:	(Áreas equivalentes, A . btr)		A*Uref*btr
Lavandaria/cozinha	1,5198	1	1,52
Lavandaria/sala comum	3,135	1	3,14
Porta	1,275	1	1,28
Pavimento piso 0	48,85	0,8	39,08
Tecto sob sótão	67,698	0,4	27,08
De FCIV. 1a:	Perímetro	ψref	B*ψref
Paredes e pavimentos em contato com o solo	0	0	0,00
Fachada com os pavimentos térreos	0	0,5	0,00
Fachada com os pavimentos sobre locais não aquecidos	40,84	0,5	20,42
Fachada com pavimentos intermédios (reboco)	14,02	1	14,02
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	17,6	0,5	8,80
Fachada com varanda (Parede reboco)	19,72	1	19,72
Fachada com varanda (sobre espaço não útil)	1,79	0,5	0,90
Fachada com varanda (Parede granito)	0,8	0,5	0,40
Duas paredes verticais:			
Norte com Poente	5,2	0,4	2,08
Norte com Nascente	8,55	0,4	3,42
Sul com Nascente	5,95	0,4	2,38
Sul com Poente	5	0,4	2,00
Fachada com caixa de estore	4,7725	0,2	0,95
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	41,22	0,2	8,24
Htr=			329,66

Rph  Hve= Graus-dias no local (\*C. dia) Tabela 04 Despacho F Qtr,iref+Qve,iref= Qgu,eref= Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	177,34
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	54,15
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	57,08
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	108,38
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	396,9441
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1293,0000
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	12317,9705
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	7061,31
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5256,66
	/
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	163,51
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	32,15
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	65,21

Verifica

O.K.

Nic/Ni = 49,30%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas ao exterior e solo	(FCIV.1a)	177,34	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos espaços não úteis	(FCIV.1b)	54,15	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) (FCIV.1c)		57,08	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>		108,38	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>396,94</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (TABELA 05 Despacho F)		20,68	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		4,32	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	396,94	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>5020,93</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Norte pintado	Norte Granito	Nascente pintado	Nascente Granito	Sul pintado	Poente pintado	Poente Granito	Cobertura	
Área, A (m <sup>2</sup> )	21,6981	21,04	40,335	2,436	42,244	16,57	12,7	17,52	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,388743413	0,387666963	0,388743413	0,387666963	0,38874341	0,388743413	0,387666963	0,5106666	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (TABELA 08 Despacho F)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
α.U.A (WPC)	3,37	3,26	6,27	0,38	6,57	2,58	1,97	3,58	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)	220	220	490	490	420	490	490	810	
	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>29,69</b>	<b>28,71</b>	<b>122,93</b>	<b>7,40</b>	<b>110,36</b>	<b>50,50</b>	<b>38,60</b>	<b>115,95</b>	<b>TOTAL</b> <b>504,15</b> (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL									
	Norte piso 0	Norte piso 1	Nascente piso 0	Nascente piso 1	Poente piso 0	Poente piso 1	Sul piso 0	Sul piso 1		
Área, A (m <sup>2</sup> )	4,185	9,534	1,845	2,1	1,25	0,975	1,43	5,05	2,17	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado 7.2 Despacho K	0,6	0,6	0,279	0,279	0,279	0,279	0,279	0,249	0,249	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Tabela 20 Despacho K)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,586	0,9	0,704	0,9	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	1,47	3,35	0,30	0,34	0,20	0,10	0,23	0,58	0,32	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (KWh/m2) (TABELA 05 Despacho F)	220	220	490	490	490	490	490	420	420	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	323,17	736,22	147,55	167,95	99,97	50,77	114,36	241,67	132,76	<b>TOTAL</b> 2014,42 (KWh)

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	163,51	
	x	
	2,93	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1915,03</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	2014,42	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	504,15	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1915,03	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>4433,60</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de Cálculo Nv  
Valor Máximo das Necessidades de Arrefecimento (Nv)

Temperatura exterior média na estação de arrefecimento $\theta$ <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="20,68"/>	°C
Factor de utilização dos ganhos de referência, $\eta_{ref}$	=	<input type="text" value="0,841916"/>	
qint	=	<input type="text" value="1915,03"/>	
Isol,ref,W <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="490,00"/>	kWh/m <sup>2</sup>
Qg,ref/Ap	=	<input type="text" value="34,55"/>	
<b>Nec. Nom. de Arrefec. Máximas - Nv (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	=	<input type="text" value="5,46"/>	

Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	<input type="text" value="4433,60"/>	(kWh)
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)	<input type="text" value="5020,93"/>	(kWh)
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b> $\gamma$	<input type="text" value="0,88"/>	
<b>Inércia do edifício</b> ( <i>In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3</i> )	<input type="text" value="3"/>	

	<input type="text" value="1"/>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	<input type="text" value="0,85436"/>	
	=	
	<input type="text" value="0,15"/>	
	*	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	<input type="text" value="4433,60"/>	<b>(kWh)</b>
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	<input type="text" value="645,69"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0,00"/>	(Ev=Pvx24x0,122(kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="645,69"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="163,51"/>	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	<input type="text" value="3,95"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>	<input type="text" value="5,46"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica                      O.K.

Nvc/Nv =                      72,30%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )	2377,29	(kW.h/ano)

$E_{\text{solar térmico}}$	2125,00	Programa SOLTERM
	+	
$E_{\text{sistemas solares fotovoltaicos}}$	0,00	
	+	
$E_{\text{sistemas eólicos}}$	0,00	
	+	
$E_{\text{biomassa}}$	0,00	
	+	
$E_{\text{geotermia}}$	0,00	
	+	
$E_{\text{mini-hídricos}}$	0,00	
	+	
$E_{\text{aerotérmica e geotérmica (bombas de calor)}}$	0,00	
	=	
$E_{\text{ren}}$	2125,00	

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	65,21
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	32,15
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	<b>5,46</b>
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	3,95
$z$	0,00
$Q_a$ (kW.h/ano)	2377,29
<b>W<sub>vm</sub></b>	0,00
<b>E<sub>ren,j</sub></b>	2125,00
$\eta_i$	0,86
$\eta_v$	2,80
$\eta_a$	0,86
$\eta_w$	1,00
<b>A<sub>p</sub></b>	163,51
$f_{ic}$	1,00
$f_{vc}$	1,00
$f_{sc}$	1,00
$f_{uc}$	0,00
$F_{p,ai}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{p,av}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{p,va}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{p,vv}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{p,ai}$ (kWhep/kW.h)	1,000

Portaria 349-E/ Tabela 1.03  
Portaria 349-E/ Tabela 1.03  
Portaria 349-E/ Tabela 1.03

Só um sistema para cada uso

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_e$   (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_{e,max}$   (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_e \leq N_{e,max}$  Verifica

$N_e/N_{e,max} = 42,30\%$

# **A6**

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 2º CASO DE  
ESTUDO, PELO REH (I1V1 I)**



**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envoltente Interior**

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Parede em contacto com corredor	24,0755	0,56081	0,4	5,40
Porta madeira em contacto com o corredor	1,845	2,20		1,62
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>7,02</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$ )	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	btr (-)	btr. $\psi$ .B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envoltente interior da Fração Autónoma

(W/°C)

**Henu+Hadj= 7,02**



**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="58,4"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,35"/>	(m)
Volume interior (V)	<input type="text" value="137,24"/>	(m <sup>3</sup> )

<b>VENTILAÇÃO NATURAL</b>		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpre a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação Nominal: Excel de ventilação RPH = <input type="text" value="0,96"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	

<b>VENTILAÇÃO MECÂNICA</b>		<i>(excluir exaustor da cozinha)</i>	
Caudal de Insuflação	Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído	Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev	(m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0,00"/>	V = <input type="text" value="0"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i>	Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)		<input type="text" value="0,000"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="137,24"/>	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,96"/>	
	<input type="text" value="0,34"/>	
TOTAL	<input type="text" value="44,80"/>	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e  
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Cozinha sul	Duplo	1,86	1,00	0,75	0,405	0,7	0,9	0,36
Sala sul	Duplo	6,815	1,00	0,75	0,3285	0,7	0,9	1,06
Quarto simples sul	Duplo	1,2	1,00	0,75	0,405	0,7	0,9	0,23
Quarto duplo sul	Duplo	1,2	1,00	0,75	0,405	0,7	0,9	0,23
Quarto de casal s	Duplo	1,2	1,00	0,75	0,405	0,7	0,9	0,23
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )		2,1026
	x	
Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)		140
na zona <input type="text" value="11"/> Despacho F Tabela 04 - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)		
	x	
Duração da estação de aquecimento Despacho F Tabela ( meses)		6,22
	=	
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)		1830,98

Ganhos Internos

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4"/>	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,22"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="58,40"/>	(m <sup>2</sup> )
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1046,15"/>	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2877,13"/>	<input type="text" value="3464,25"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/>	a = <input type="text" value="4,2"/>	$\gamma = \text{$
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,87454"/>	
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2877,13"/>	
	=	
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="2516,16"/>	

Folha de Cálculo FC IV.1f  
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Calculo de Ni		Uref Tabela I.01 da portaria 349-B $\psi_{ref}$ Tabela I.02 da portaria 349-B	
De FCIV.1a e FCIV.1c :	Área m <sup>2</sup>	Uref	A*Uref
Paredes exteriores	13,33	0,5	6,66
Coberturas exteriores	0	0,4	0
Pavimentos exteriores	0	0,4	0
Envidraçados exteriores	11,68	2,9	33,872
De FCIV.1b :	(Áreas equivalentes, A .btr)		A*Uref*btr
Parede em contacto com corredor	9,6302	1	9,63
Porta madeira em contacto com o corredor	0,738	1	0,74
De FCIV.1a:	Perímetro	$\psi_{ref}$	B* $\psi_{ref}$
Fachada com pavimentos intermédios	11,20	1	11,20
Fachada com varanda	2,9	1	2,90
Fachada com caixa de estore	8,05	0,2	1,61
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	22,35	0,2	4,47
Htr=			71,08

Rph  Hve=

Graus-dias no local (°C.dia) Tabela 04 Despacho F

Qtr,iref+Qve,iref=

Qgu,eref=

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

Folha de Cálculo FC IV.2  
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	27,90
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	7,02
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	31,92
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	44,80
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	111,6348
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1293,0000
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	3464,2499
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2516,16
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	948,09
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	58,40
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	16,23
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	38,84

Verifica O.K.

Nic/Ni = 41,80%

Folha de cálculo FCV.1a  
Perdas

Perdas associadas ao exterior e solo	(FCIV.1a)	27,90	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos espaços não úteis	(FCIV.1b)	7,02	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	31,92	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar		44,80	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>111,63</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (TABELA 05 Despacho F)		20,68	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		4,32	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	111,63	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>1412,06</b>	<b>(kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1c  
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Sul			
Área, A (m <sup>2</sup> )	13,33			
	x	x	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,581771561			
	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (TABELA 08 Despacho K)	0,4			
	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	3,10	0,00	0,00	0,00
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)	420			
	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Ext</b>	<b>52,09</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
				<b>TOTAL</b>
				<b>52,09 (kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL				
	Cozinha sul	Sala sul	Quarto simples sul	Quarto duplo sul	Quarto de casal sul
Área, A (m <sup>2</sup> )	1,86	6,815	1,2	1,2	1,2
	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado <i>1.2 Despacho K</i>	0,249	0,249	0,249	0,249	0,249
	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Tabela 20 Despacho K)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,63	0,9	0,9	0,9
	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,29	0,75	0,19	0,19	0,19
	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (TABELA 05 Despacho F)	420	420	420	420	420
	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	122,55	314,31	79,06	79,06	79,06
					<b>TOTAL</b>
					<b>674,04 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m2)	58,4
	x
	2,93
	=
Ganhos internos Totais	<b>683,98 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<b>674,04 (KWh)</b>
	+
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<b>52,09 (KWh)</b>
	+
Ganhos internos (FCV.1e)	<b>683,98 (KWh)</b>
	=
Ganhos Térmicos Totais	<b>1410,12 (KWh)</b>

Folha de Cálculo Nv  
Valor Máximo das Necessidades de Arrefecimento (Nv)

Tempera exterior média na estação de arrefecimento $\theta$ <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="20,68"/>	°C
Factor de utilização dos ganhos de referência, $\eta_{ref}$	=	<input type="text" value="0,841916"/>	
qint	=	<input type="text" value="683,98"/>	
Isol,ref,W <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="490,00"/>	kWh/m <sup>2</sup>
Qg,ref/Ap	=	<input type="text" value="35,01"/>	
<b>Nec. Nom. de Arrefec. Máximas - Nv (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	=	<input type="text" value="5,54"/>	

Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

<b>Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)</b>	<input type="text" value="1410,12"/>	(kWh)
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)</b>	<input type="text" value="1412,06"/>	(kWh)
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas <math>\gamma</math></b>	<input type="text" value="1,00"/>	
<b>Inércia do edifício</b> ( <i>In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3</i> )	<input type="text" value="3"/>	

	<input type="text" value="1"/>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	<input type="text" value="0,80825"/>	
	=	
	<input type="text" value="0,19"/>	
	x	
<b>Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)</b>	<input type="text" value="1410,12"/>	<b>(kWh)</b>
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	<input type="text" value="270,39"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0,00"/>	(Ev=P <sub>vw</sub> 24x0,122(kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="270,39"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="58,40"/>	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	<input type="text" value="4,63"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>	<input type="text" value="5,54"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica O.K.

Nvc/Nv = 83,65%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_s$ )	2377,29	(kW.h/ano)

$E_{solar\ térmico}$	2125,00	Programa SOLTERM
	+	
$E_{sistemas\ solares\ fotovoltaicos}$	0,00	
	+	
$E_{sistemas\ eólicos}$	0,00	
	+	
$E_{biomassa}$	0,00	
	+	
$E_{geotermia}$	0,00	
	+	
$E_{mini-hídrica}$	0,00	
	+	
$E_{serotermia\ e\ geotermia\ (bombas\ de\ calor)}$	0,00	
	=	
$E_{ren}$	2125,00	

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	38,84
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	16,23
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	5,54
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	4,63
$\epsilon$	1,00
$Q_a$ (kW.h/ano)	2377,29
$W_{vm}$	0,00
$E_{ren,j}$	2125,00
$\eta_i$	0,86
$\eta_v$	2,80
$\eta_a$	0,86
$\eta_w$	1,00
$A_p$	58,40
$f_{ic}$	1,00
$f_{vc}$	1,00
$f_{sc}$	1,00
$f_{wc}$	0,00
$F_{pui}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puv}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{pua}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puw}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{puj}$ (kWhep/kW.h)	1,000

Portaria 349-B Tabela I.03  
Portaria 349-B Tabela I.03  
Portaria 349-B Tabela I.03

Só um sistema para cada uso

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$  33,96 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$  97,44 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Verifica

$N_{tc}/N_t = 34,85\%$

# **A7**

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 3º CASO DE  
ESTUDO, PELO REH (I1V1 I)**



**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envoltente Interior**

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Escritório/Garagem	8,97	0,884354	1	7,93
Quarto/Garagem	7,955	0,884354	1	7,04
Parede piso 1, com cobertura piso 0	6,28	0,884354	1	5,55
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>20,52</b>

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Pavimento piso 0 soalho	66,33	1,221805	0,5	40,52
Pavimento piso 0 cerâmico	21,63	1,57767	0,5	17,06
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>57,58</b>

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
Cobertura piso 0	30,2565	2,771855	1	83,87
Cobertura piso 1	50,5532	2,771855	1	140,13
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>223,99</b>

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$ )	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	btr (-)	btr. $\psi$ .B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

Perdas pela envoltente interior  
da Fração Autónoma

(W/°C)

**Henu+Hadj= 302,10**

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>Verticais:</b>			0,00
Norte piso 0	4,087	4,1	16,76
Norte piso 1	1,83	4,1	7,50
Este piso 0	6,72	4,1	27,55
Este piso 1	3,36	4,1	13,78
Sul piso 0	5,703	4,1	23,38
Sul piso 1	4,686	4,1	19,21
			0,00
<b>Horizontais:</b>			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		<b>TOTAL</b>	<b>108,18</b>

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="135,0342"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,6"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="351,09"/>	(m <sup>3</sup> )

<b>VENTILAÇÃO NATURAL</b>		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpra a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Excel de ventilação RPH = <input type="text" value="0,74"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

<b>VENTILAÇÃO MECÂNICA</b>		<i>(excluir exaustor da cozinha)</i>	
Caudal de Insuflação	Vins - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído	Vev - (m <sup>3</sup> /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev	(m <sup>3</sup> /h)	<input type="text" value="0,00"/>	V = <input type="text" value="0"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i>	Vx - (h <sup>-1</sup> )	<input type="text"/>	
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)		<input type="text" value="0,000"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text"/>	(Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="351,09"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,74"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="88,33"/>	(W°C)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte piso 0	Simples	4,087	0,27	0,6	0,9	0,7	0,9	0,42
Norte piso 1	Simples	1,83	0,27	0,6	0,9	0,7	0,9	0,19
Este piso 0	Simples	6,72	0,56	0,6	0,522	0,7	0,9	0,74
Este piso 1	Simples	3,36	0,56	0,6	0,4292	0,7	0,9	0,34
Sul piso 0	Simples	5,703	1	0,6	0,405	0,7	0,9	0,87
Sul piso 1	Simples	4,686	1	0,6	0,405	0,7	0,9	0,72
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	3,2798
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <input type="text" value="I1"/> Despacho F Tabela 04 - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	140
	x
Duração da estação de aquecimento Despacho F Tabela 04 (meses)	6,22
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	2856,05

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4"/> (W/m <sup>2</sup> )
	x
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,22"/> (meses)
	x
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="135,03"/> (m <sup>2</sup> )
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2418,95"/> (kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="5275,00"/>
	<input type="text" value="22837,09"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/>	a = <input type="text" value="4,2"/>
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	$\gamma = \text{input type="text" value="0,2310"}$
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,99837"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="5275,00"/>
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="5266,38"/>

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

Calculo de Ni		Uref Tabela I.01 da portaria 349-B ψref Tabela I.02 da portaria 349-B	
De FCIV.1a e FCIV.1c :	Área m <sup>2</sup>	Uref	A*Uref
Paredes exteriores	129,45	0,5	64,73
Coberturas exteriores	4,8035	0,4	1,9214
Pavimentos exteriores	1,456	0,4	0,5824
Envidraçados exteriores	26,386	2,9	76,5194
De FCIV.1b :	(Áreas equivalentes, A .btr)		A*Uref*btr
Escritório/Garagem	8,97	0,5	4,49
Quarto/Garagem	7,955	0,5	3,98
Parede piso 1, com cobertura piso 0	6,28	0,5	3,14
Pavimento piso 0 cerâmico	10,815	0,8	8,65
Pavimento piso 0 soalho	33,165	0,8	26,53
Cobertura piso 0	30,2565	0,4	12,10
Cobertura piso 1	50,5532	0,4	20,22
De FCIV.1a:	Perímetro	ψref	B*ψref
Fachada com os pavimentos sobre exterior	1,3972	0,5	0,70
Fachada com os pavimentos sobre locais não aquecidos	33,94	0,5	16,97
Fachada com pavimentos intermédios	14,43	1	14,43
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	6,55	0,5	3,28
Fachada com varanda	8,1	0,5	4,05
Dois paredes verticais	26	0,4	10,40
Fachada com caixa de estore	13,6	0,2	2,72
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	55,66	0,2	11,13
			Htr= 257,66

Rph  Hve= Graus-dias no local (°C.dia) Tabela 04 Despacho F Qtr,iref+Qve,iref= Qgu,eref= Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	237,31
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	302,10
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	108,18
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	88,33
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	735,9208
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1293,0000
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	22837,0933
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh)	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	5266,38
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	17570,71
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	135,03
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	130,12
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	61,87

Não verifica      K.O.

Nic/Ni = 210,33%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas ao exterior e solo	(FCIV.1a)	237,31	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos espaços não úteis	(FCIV.1b)	302,10	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	108,18	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar <i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>		88,33	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>735,92</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (TABELA 05 Despacho F)		20,68	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		4,32	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	735,92	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>9308,63</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL *(inclui paredes e cobertura)*

Orientação	Parede Norte	Parede Este	Parede Sul	Parede Oeste	Cobertura	
Área, A (m <sup>2</sup> )	41,70	31,88	32,0156	20,764725	4,8035	
	x	x	x	x	x	
U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,96082779	0,96082779	0,96082779	0,96082779	2,35934664	
	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (TABELA 08 Despacho K)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	16,03	12,25	12,30	7,98	5,67	
	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)	220	490	420	490	810	
	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	141,05	240,15	206,72	156,42	183,60	0,00
						<b>TOTAL</b>
						<b>927,93</b>
						<b>(kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL					
	Norte	Este piso 0	Este piso 1	Sul		
Área, A (m <sup>2</sup> )	5,917	6,72	3,36	10,389		
	x	x	x	x		
Factor solar do vão envidraçado <i>7.2 Despacho K</i>	0,51	0,258	0,258	0,234		
	x	x	x	x		
Fracção envidraçada, Fg (Tabela 20 Despacho K)	0,7	0,7	0,7	0,7		
	x	x	x	x		
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,9	0,61888	0,9		
	=	=	=	=		
Área Efectiva, Ae	1,90	1,09	0,38	1,53		
	x	x	x	x		
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)	220	490	490	420		
	=	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores</b>	418,25	535,21	184,02	643,25	0,00	0,00
						<b>TOTAL</b>
						<b>1780,73 (KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	135,0342	
	x	
	2,93	
	=	
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>1581,52</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	1780,73	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	927,93	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1581,52	(KWh)
	=	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b>	<b>4290,18</b>	<b>(KWh)</b>

Folha de Cálculo Nv  
Valor Máximo das Necessidades de Arrefecimento (Nv)

Temperatura exterior média na estação de arrefecimento $\theta$ <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="20,68"/>	°C
Factor de utilização dos ganhos de referência, $\eta_{ref}$	=	<input type="text" value="0,841916"/>	
$q_{int}$	=	<input type="text" value="1581,52"/>	
Isol.ref,W <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="490,00"/>	kWh/m <sup>2</sup>
$Q_{g.ref}/A_p$	=	<input type="text" value="34,60"/>	
<b>Nec. Nom. de Arrefec. Máximas - Nv (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	=	<input type="text" value="5,47"/>	

Folha de cálculo FCV.1g  
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	<input type="text" value="4290,18"/>	(kWh)
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)	<input type="text" value="9308,63"/>	(kWh)
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	$\gamma$ <input type="text" value="0,46"/>	
<b>Inércia do edifício</b> ( <i>In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3</i> )	<input type="text" value="3"/>	

	<input type="text" value="1"/>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	<input type="text" value="0,97879"/>	
	=	
	<input type="text" value="0,02"/>	
	x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	<input type="text" value="4290,18"/>	<b>(kWh)</b>
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	<input type="text" value="91,00"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value="0,00"/>	( $E_v = P_{vx}24 \times 0,122$ (kWh))
	=	
<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="91,00"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	<input type="text" value="135,03"/>	
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	<input type="text" value="0,67"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>	<input type="text" value="5,47"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica O.K.

Nvc/Nv = 12,32%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (3.4 Despacho I)	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_d$ )	2377,29	(kW.h/ano)

$E_{solar\ térmico}$	2125,00	Programa SOLTERM
	+	
$E_{sistemas\ solares\ fotovoltaicos}$	0,00	
	+	
$E_{sistemas\ eólicos}$	0,00	
	+	
$E_{biomassa}$	0,00	
	+	
$E_{geotérmica}$	0,00	
	+	
$E_{mini-hídrica}$	0,00	
	+	
$E_{aerotérmica\ e\ geotérmica\ (bombas\ de\ calor)}$	0,00	
	=	
$E_{ren}$	2125,00	

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	61,87
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	130,12
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	5,47
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	0,67
$\epsilon$	0,00
$Q_a$ (kW.h/ano)	2377,29
$W_{vm}$	0,00
$E_{ren,j}$	2125,00
$\eta_i$	0,86
$\eta_v$	2,80
$\eta_a$	0,86
$\eta_w$	1,00
$A_p$	135,03
$f_{ic}$	1,00
$f_{vc}$	1,00
$f_{ac}$	1,00
$f_{wc}$	0,00
$F_{pui}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puv}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{pua}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puw}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{pu,j}$ (kWhep/kW.h)	1,000

Portaria 349-B Tabela I.03  
Portaria 349-B Tabela I.03  
Portaria 349-B Tabela I.03

Só um sistema para cada uso

Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 2

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$  156,04 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$  97,29 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$ ? Não verifica

$N_{tc}/N_t = 160,38\%$

# A8

**DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DOS VALORES DAS  
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA DO 4º CASO DE  
ESTUDO, PELO REH (I1V1 I)**







**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="70,02"/>	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,35"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="164,55"/>	(m <sup>3</sup> )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="s/c"/>	Taxa de Renovação Nominal: Excel de ventilação RPH = <input type="text" value="1,15"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Portas Exteriores bem vedadas (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(evoluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m<sup>3</sup>/h)  Vf = || Caudal Extraído Vev - (m<sup>3</sup>/h) |  |
Diferença entre Vins e Vev (m<sup>3</sup>/h)	/	V =  (volume int) RPH (\*\*)
Infiltrações (Vent. Natural) Vx - (h<sup>-1</sup>)		
Recuperador de calor (S ou N)		se SIM, η =  se NÃO, η =
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)		(Vf / V + Vx). (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores		(Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))

Volume	<input type="text" value="164,55"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="1,15"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="64,34"/>	(WPC)

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
Norte	simples	6,75	0,27	0,6	0,9	0,7	0,9	0,69
Sul quarto	simples	2,25	1,00	0,6	0,405	0,7	0,9	0,34
Sul sala	simples	5,875	1,00	0,6	0,19872	0,7	0,9	0,60
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	1,633
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona <input type="text" value="11"/> Despacho F Tabela 04 - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	140
	x
Duração da estação de aquecimento Despacho F Tabela (meses)	6,22
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1421,98

**Ganhos Internos**

Ganhos internos médios	<input type="text" value="4"/> (W/m <sup>2</sup> )
	x
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="6,22"/> (meses)
	x
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="70,02"/> (m <sup>2</sup> )
	x
	<input type="text" value="0,72"/>
	=
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1254,31"/> (kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2676,29"/>
	<input type="text" value="6250,82"/>
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/> a = <input type="text" value="4,2"/> $\gamma =$ <input type="text" value="0,4282"/>	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,98358"/>
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2676,29"/>
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="2632,36"/>

Folha de Cálculo FC IV.1f  
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Calculo de Ni		Uref Tabela I.01 da portaria 349-B $\psi_{ref}$ Tabela I.02 da portaria 349-B	
De FCIV.1a e FCIV.1c:	Área m <sup>2</sup>	Uref	A*Uref
Paredes exteriores	21,36	0,5	10,68
Coberturas exteriores	0,00	0,4	0
Pavimentos exteriores	0,00	0,4	0
Envidraçados exteriores	0	2,9	0
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .btr)		A*Uref*btr
Porta em madeira para espaço comum	1,269	1	1,27
Parede em contacto com espaço comum	9,7995	1	9,80
De FCIV.1a:	Perímetro	$\psi_{ref}$	B* $\psi_{ref}$
Fachada com pavimentos intermédios	11,70	1	11,70
Fachada com varanda	3,35	0,5	1,68
Doas paredes verticais	2,35	0,4	0,94
Fachada com caixa de estore	8,50	0,2	1,70
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	37,20	0,2	7,44
Htr=			45,21

Rph  Hve=

Graus-dias no local (°C.dia) Tabela 04 Despacho F

Qtr,iref+Qve,iref=

Qgu,eref=

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

Folha de Cálculo FC IV.2  
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	55,84
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	20,27
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	60,99
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	64,34
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	201,4315
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1293,0000
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6250,8223
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2632,36
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3618,47
	/
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	70,02
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	51,68
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	21,11

Não verifica K.O.

Nic/Ni = 244,86%

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas ao exterior e solo	(FCIV.1a)	55,84	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos espaços não úteis	(FCIV.1b)	20,27	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	60,99	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar		64,34	(W/°C)
<i>(o efeito do recuperador de calor, caso exista, não deve ser considerado no Verão)</i>		=	
<b>Perdas específicas totais</b>	<b>(Q1a)</b>	<b>201,43</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		20,68	(°C)
(TABELA 05 Despacho F)		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		4,32	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	201,43	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	<b>(Q1b)</b>	<b>2547,90</b>	<b>(kWh)</b>

**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Norte	Este	Sul	...	
Área, A (m <sup>2</sup> )	11,11	3,29	6,0925		
	x	x	x	x	x
U (W/m <sup>2</sup> °C)	1,086048454	1,086048454	1,086048454		
	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (TABELA 08 Despacho K)	0,4	0,4	0,4		
	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	4,83	1,43	2,65	0,00	0,00
	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec.	220	490	420		
(kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)					
	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior</b>	<b>42,47</b>	<b>28,01</b>	<b>44,46</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
					<b>TOTAL</b>
					<b>114,95</b>
					<b>(kWh)</b>

Folha de Cálculo FC V.1d  
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL			
	Norte	Sul Sala	Sul Quarto	
Área, A (m <sup>2</sup> )	6,75	5,875	2,25	
	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado <i>F<sub>s</sub> Despacho K</i>	0,51	0,234	0,234	
	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Tabela 20 Despacho K)	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,9	0,4039	0,9	
	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	2,17	0,39	0,33	
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m <sup>2</sup> ) (TABELA 05 Despacho F)	220	420	420	
	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	477,13	163,25	139,31	<b>TOTAL</b> 0,00 <b>779,69</b> (KWh)

Folha de cálculo FC V.1e  
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	70,02
	x
	2,93
	=
Ganhos internos Totais	<b>820,07</b> (KWh)

Folha de cálculo FC V.1f  
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	<b>779,69</b> (KWh)
	+
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	<b>114,95</b> (KWh)
	+
Ganhos internos (FCV.1e)	<b>820,07</b> (KWh)
	=
Ganhos Térmicos Totais	<b>1714,71</b> (KWh)

**Folha de Cálculo Nv**  
**Valor Máximo das Necessidades de Arrefecimento (Nv)**

Tempera exterior média na estação de arrefecimento $\theta$ <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="20,68"/>	°C
Factor de utilização dos ganhos de referência, $\eta_{ref}$	=	<input type="text" value="0,841916"/>	
$q_{int}$	=	<input type="text" value="820,07"/>	
Isol,ref,W <i>Tabela 05 Despacho F</i>	=	<input type="text" value="490,00"/>	kWh/m <sup>2</sup>
$Q_{g,ref}/A_p$	=	<input type="text" value="34,89"/>	
<b>Nec. Nom. de Arrefec. Máximas - Nv (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>	=	<input type="text" value="5,52"/>	

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="1714,71"/>	(kWh)
	/		
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)		<input type="text" value="2547,90"/>	(kWh)
	=		
<b>Relação Ganhos-Perdas</b>	$\gamma$	<input type="text" value="0,67"/>	
<b>Inércia do edifício</b> ( <i>In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3</i> )		<input type="text" value="3"/>	

		<input type="text" value="1"/>	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$		<input type="text" value="0,92897"/>	
	=		
		<input type="text" value="0,07"/>	
	*		
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)		<input type="text" value="1714,71"/>	<b>(kWh)</b>
	=		
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>		<input type="text" value="121,80"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	+		
<b>Consumo dos ventiladores</b> (se houver, exaustor da cozinha excluído)		<input type="text" value="0,00"/>	( $E_v = P_{vx} \times 24 \times 0,122$ (kWh))
	=		
<b>TOTAL</b>		<input type="text" value="121,80"/>	<b>(kWh/ano)</b>
	/		
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )		<input type="text" value="70,02"/>	
	=		
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>		<input type="text" value="1,74"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>
	≤		
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b>		<input type="text" value="5,52"/>	<b>(kWh/m<sup>2</sup>.ano)</b>

Verifica

O.K.

Nvc/Nv =

31,53%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes	4,00	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35,00	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ )	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_d$ )	2377,29	(kW.h/ano)

$E_{solar\ térmico}$	2125,00	
	+	
$E_{sistemas\ solares\ fotovoltaicos}$	0,00	
	+	
$E_{sistemas\ eólicos}$	0,00	
	+	
$E_{biomassa}$	0,00	
	+	
$E_{geotermia}$	0,00	
	+	
$E_{mini-hídrica}$	0,00	
	+	
$E_{aerotérmica\ e\ geotérmica\ (bombas\ de\ calor)}$	0,00	
	=	
$E_{ren}$	2125,00	

Necessidades Globais de Energia Primária

$N_i$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	21,11
$N_{ic}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	51,68
$N_v$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	5,52
$N_{vc}$ (kW.h/m <sup>2</sup> .ano)	1,74
$\epsilon$	0,00
$Q_a$ (kW.h/ano)	2377,29
$W_{vm}$	0,00
$E_{ren,j}$	2125,00
$\eta_i$	0,86
$\eta_v$	2,80
$\eta_a$	0,86
$\eta_w$	1,00
$A_p$	70,02
$f_{ic}$	1,00
$f_{vc}$	1,00
$f_{ac}$	1,00
$f_{wc}$	0,00
$F_{pui}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puv}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{pua}$ (kWhep/kW.h)	1,000
$F_{puw}$ (kWhep/kW.h)	2,500
$F_{puj}$ (kWhep/kW.h)	1,000

Portaria 349-B Tabela 1.03  
Portaria 349-B Tabela 1.03  
Portaria 349-B Tabela 1.03

Só um sistema para cada uso

Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 1  
Despacho D ponto 2

Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$  69,22 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária,  $N_t$  68,94 (kWhep/m<sup>2</sup>.ano)

$N_{tc} \leq N_t$  Não verifica

$N_{tc}/N_t = 100,40\%$