

Contributos para a caracterização energética de edifícios habitacionais do concelho de Bragança

Trabalho profissional no âmbito das Provas para a atribuição do título de especialista em Engenharia Civil

Maio, 2015

Sílvia Maria Afonso Fernandes

RESUMO

Em Portugal os edifícios de habitação representam cerca de 20% do consumo de energia, a qual, no seu processo de conversão e utilização contribui para as emissões de gases de efeito estufa e consequentes alterações climáticas.

Para além disso, as energias utilizadas nos edifícios tendem a esgotar-se, e Portugal, tal como os restantes países da União Europeia, é fortemente dependente de energia em relação ao estrangeiro. Devido ao esgotamento das energias fósseis e às condições específicas dos mercados está-se perante um previsível aumento dos seus preços.

Em matéria de alterações climáticas e energia, o parlamento europeu aprovou em 2007, um plano de ação, o “Pacote clima-energia: três vintes até 2020”. O objetivo deste plano consiste em reduzir 20% das emissões gases com efeito estufa em relação aos valores de 1990, elevar para 20% a quota-parte das energias renováveis no consumo final bruto de energia e aumentar em 20% a eficiência energética até 2020.

A eficiência energética constitui um dos objetivos do pacote clima-energia consistindo num dos principais meios de redução de CO₂, sendo o sector dos edifícios um dos eixos de atuação. A diretiva 2010/31/UE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, preconiza um conjunto de medidas para minimizar os problemas abordados, promovendo a diminuição do consumo de energia nos edifícios e o recurso às energias endógenas.

Torna-se por isso urgente atuar ao nível da eficiência energética dos edifícios mas, essa atuação, considerando a débil situação económica que o país atravessa, tem que ser muito eficiente. Para tal, torna-se necessário conhecer bem o parque edificado, para que se direcionem esforços e se implementem as medidas mais eficazes.

Bragança é uma cidade pequena localizada no interior do país, mas em termos climáticos não deixa de assumir uma posição de destaque. Estando situada na zona climática I3-V2, a uma altitude elevada, apresenta-se como uma das zonas mais frias no Inverno, levando a elevadas necessidades energéticas nos edifícios.

Neste sentido este trabalho consiste em resumir a experiência profissional da autora na área da eficiência e certificação energética de modo a contribuir para a caracterização energética do parque habitacional do concelho de Bragança e refletir nas oportunidades de melhoria para que se tomem as medidas de intervenção mais eficazes.

Palavras-chave: Eficiência energética; Certificação energética; Edifícios habitacionais; Bragança.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. ESTRUTURA	3
2. DESEMPENHO E CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	4
2.1. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E PRINCIPAIS PLANOS DE AÇÃO	4
2.2. EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO NACIONAL	5
2.3. O SISTEMA PORTUGUÊS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS	8
2.3.1. Funcionamento do SCE até 01 de Dezembro de 2013	8
2.3.2. Funcionamento do SCE após 01 de Dezembro de 2013	10
2.3.3. O Certificado energético: principais conteúdos e alterações	11
2.4. ASPECTOS GERAIS DAS METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE CÁLCULO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS	17
2.4.1. Metodologia e ferramentas utilizadas até 01 de Dezembro de 2013	17
2.4.2. Metodologia e ferramentas utilizadas após 01 de Dezembro de 2013	18
2.5. PARÂMETROS E REQUISITOS ENERGÉTICOS: PRINCIPAIS ALTERAÇÕES	19
2.5.1. Parâmetros climáticos e térmicos	19
2.4.1.1. Zona e dados climáticos	19
2.4.1.2. Envolvente e coeficiente de redução de perdas	21
2.4.1.3. Coeficiente de transmissão térmica superficial	23
2.4.1.4. Coeficiente de transmissão térmica linear	24
2.4.1.6. Fator solar	25
2.4.1.5. Taxa nominal de renovação do ar	26
2.4.1.5. Inércia térmica	28
2.4.1.7. Coeficiente de absorção solar	29
2.5.2. Requisitos mínimos relativos à envolvente, ventilação e sistemas	29
2.5.3. Requisitos energéticos	32
3. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO SECTOR HABITACIONAL DO CONCELHO DE BRAGANÇA - ANÁLISE TEÓRICA	38
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL	38
3.2. O CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR HABITACIONAL	47
3.3. DESEMPENHO E CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DOS EDIFÍCIOS	50

4. AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS - TRABALHO PROFISSIONAL	54
4.1. INTRODUÇÃO E ÂMBITO DE APLICAÇÃO	54
4.2. RESPONSABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA ATIVIDADE DE PERITO QUALIFICADO	55
4.3. PROCEDIMENTOS GERAIS UTILIZADOS PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS	55
4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS CERTIFICADOS E DEMONSTRAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS	59
4.4.1. Apresentação genérica dos edifícios certificados	59
4.4.2. Zona e dados Climáticos	60
4.4.3. Tipologia e organização espacial	61
4.4.4. Levantamento dimensional	64
4.4.5. Espaços úteis, não úteis e delimitação de envolventes	65
4.4.6. Caracterização das soluções e parâmetros térmicos	68
4.4.6.1 Caracterização das soluções da Envolvente opaca corrente	68
4.4.6.2 Coeficiente de transmissão térmica superficial da envolvente opaca corrente (paredes, pavimentos e coberturas)	73
4.4.6.3 Envolvente opaca não corrente	75
4.4.6.4 Pontes Térmicas Lineares e Elementos em Contacto com o Solo	78
4.4.6.5 Vãos envidraçados	79
4.4.6.6 Ventilação	84
4.4.6.7 Inércia térmica	87
4.4.4.8 Sistemas de climatização e preparação de AQS	88
4.4.4.9 Sistemas solares	92
4.4.6.10 Índices energéticos	93
4.4.7. Medidas de melhoria propostas	96
4.4.8. Resumo e tipificação das soluções	99
4.4.9. Principais entraves e alterações sentidas com a aplicação do SCE	108
4.5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS DO RCCTE E REH	110
4.5.1. Introdução	110
4.5.1.2 EXEMPLO 1: Fração autónoma existente construída em 2004	110
4.5.1.2 EXEMPLO 2: Moradia existente construída em 1990	127
4.5.1.2 EXEMPLO 3: Edifício novo-Fração autónoma construída em 2010	138
4.5.2. Principais conclusões (comparação das metodologias)	149
5. CONCLUSÕES	152
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1	Faseamento da entrada em vigor do SCE, adaptado de ADENE, 2009	8
Figura 2.2	Exemplo de Certificado energético, atual sistema SCE, 1ª Secção	15
Figura 2.3	Exemplo de Certificado energético, atual sistema SCE, 2ª Secção	16
Figura 2.4	Esquema de cores para a identificação de envolventes (ADENE, 2009)	22
Figura 2.5	Fatores Solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados (PORTARIA n.º 349-B/2013))	31
Figura 2.6	Expressões para o cálculo de Ntc e Nt, kgEP/m2.ano (RCCTE, 2006)	33
Figura 2.7	Expressões de cálculo de Ntc e Nt, kWhEP/m2.ano (REH, 2013)	36
Figura 3.1	Divisão por NUT III (INE, 2014)	38
Figura 3.2	Freguesias do concelho de Bragança até janeiro de 2013 (à esquerda) e após 2013 (à direita)	39
Figura 3.3	Total de Edifícios no concelho de Bragança, com base em dados de PorData, Recenseamento Geral da População (1960) II, IV e V Recenseamentos Gerais da Habitação (a partir de 1981)	39
Figura 3.4	Total de Edifícios por época de construção, concelho de Bragança, com base em dados de PorData, Recenseamento Geral da População (1960) II, IV e V Recenseamentos Gerais da Habitação (a partir de 1981)	41
Figura 3.5	Total de Nº de edifícios no concelho de Bragança, segundo o número de pisos, por tipo de edifício, com base em dados do INE, Censos 2011	41
Figura 3.6	Total de alojamentos e edifícios clássicos por freguesia, concelho de Bragança, com base em dados do INE, censos 2011	43
Figura 3.7	Edifícios segundo o número de pisos, por época de construção, Concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011	44
Figura 3.8	Fogos concluídos em construções novas para habitação familiar: total e por tipologia do fogo, com base em dados de Pordata, INE - Estatísticas das Obras Concluídas	45
Figura 3.9	Edifícios, segundo a época de construção, por estado de conservação. Concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011	45
Figura 3.10	Número de Reconstruções licenciadas por 100 construções novas licenciadas em Bragança, com base em dados do INE (NUTS - 2002); Anual	47
Figura 3.11	Consumo de gás natural (Nm3), concelho de Bragança, com base em dados de PORDATA, 2015	48
Figura 3.12	Consumo de eletricidade no setor residencial (kWh) no concelho de Bragança, com base em dados de PORDATA, 2015	48
Figura 3.13	Nº de alojamentos familiares clássicos de residência habitual, segundo sistemas de climatização, concelho de Bragança, com base em dados do INE, censos, 2011	49
Figura 3.14	Fonte principal de energia consumida para aquecimento nos edifícios, concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011	49
Figura 3.15	Fonte principal de energia consumida para aquecimento por tipo de edifícios quanto ao número de alojamentos, concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011	50
Figura 3.16	Número e Classes de DCR, edifícios de habitação nova, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança, com base em dados da ADENE, 2015	50

Figura 3.17	Número e Classes de CE após DCR, edifícios de habitação nova, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança com base em dados da ADENE, 2015	52
Figura 3.18	Número e Classes de CE, edifícios de habitação existentes, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança com base em dados da ADENE, 2015	53
Figura 4.1	Documentação fornecida pelo proprietário, detalhada no campo de observações do certificado energético	56
Figura 4.2	Print Screen do Portal da ADENE para emissão de CE	59
Figura 4.3	Edifícios de habitação certificados no concelho de Bragança	59
Figura 4.4	Plantas de Edifícios construídos em 1984 (a), 1992 (b), 2004 (c), 2010 (d)	61
Figura 4.5	Plantas/cortes de uma moradia construída em 1997	62
Figura 4.6	Fotografias de alguns Edifícios multifamiliares inspecionados por data de construção	63
Figura 4.7	Fotografias de alguns Edifícios uni/bifamiliares inspecionados por data de construção	64
Figura 4.8	Exemplos de espaços não úteis inspecionados em edifícios existentes multifamiliares (caixa de escadas, hall de circulação comum, garagem coletiva e arrumo destinado ao condomínio)	66
Figura 4.9	Exemplos de espaços não úteis inspecionados em moradias (escadas e garagem)	66
Figura 4.10	Exemplos de ligação de áreas úteis de moradias com garagem/arrumos, verificados em edifícios inspecionados, construídos em 2007 e 2008	67
Figura 4.11	Exemplificação da determinação do coeficiente τ , para desvãos não ventilados, a), e para circulações comuns sem abertura para o exterior, b)	68
Figura 4.12	Exemplos de aplicação do sistema ETIC's e fachada ventilada, edifício construído em 2008	69
Figura 4.13	Exemplos de paredes exteriores inspecionadas em edifícios	69
Figura 4.14	Exemplos de paredes interiores inspecionadas em edifícios	70
Figura 4.15	Exemplos de soluções de desvãos de coberturas verificados nos edifícios inspecionados, construídos em 2008	71
Figura 4.16	Exemplos de soluções de desvãos de coberturas, sem qualquer isolamento térmico	71
Figura 4.17	Isolamento térmico no desvão de cobertura (rematada com platibanda) de um edifício multifamiliar construído em 2007	72
Figura 4.18	Isolamento térmico aplicado sobre a cobertura de um edifício multifamiliar construído em 2008 (à direita) e aplicado sobre a laje de esteira de um edifício unifamiliar, 2010 (à esquerda)	72
Figura 4.19	Requisitos mínimos para a envolvente opaca para a zona climática I3, RCCTE-2006	73
Figura 4.20	Comparação de valores de U parede (cálculo detalhado e valores por defeito)	74
Figura 4.21	Influência da adoção dos valores de U por defeito em paredes	74
Figura 4.22	Exemplos de soluções de portas, 1985, 1999 e 2008	75
Figura 4.23	Exemplificação do cumprimento do Requisito Mínimo para PTP Pilares	76
Figura 4.24	Soluções de caixas de estores de um edifício construído em 2001	77
Figura 4.25	Soluções de isolamento de caixas de estores, edifício construído em 2008	77
Figura 4.26	PTL registadas através de uma Câmara termográfica	78
Figura 4.27	Exemplos de soluções de vãos envidraçados, em edifícios da década de 1980, anteriores ao RCCTE-1990	79

Figura 4.28	Exemplos de soluções de vãos envidraçados com caixilharia alumínio com corte térmico, PVC, vidro duplo e persiana térmica	80
Figura 4.29	Exemplos de vãos envidraçados em instalações sanitárias.	81
Figura 4.30	Cumprimento do requisito quanto ao fator solar	82
Figura 4.31	Valores do produto $F_s.F_g.F_w$ para cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, NT-SCE-01	83
Figura 4.32	Exemplos de sombreamentos provocados por elementos horizontais e de horizonte	84
Figura 4.33	Exemplos de elementos construtivos relevantes para a determinação de R_{ph} (h-1)	85
Figura 4.34	Exemplos de ventiladores mecânicos acionados com o interruptor de iluminação	85
Figura 4.35	Valores correntes de R_{ph} (h-1) para os edifícios avaliados.	86
Figura 4.36	Soluções de revestimentos em edifícios existentes que inviabilizavam a consideração de Inércia forte	88
Figura 4.37	Sistema de aquecimento e preparação de AQS de um edifício existente, 2006	89
Figura 4.38	Sistemas de aquecimento a eletricidade, edifícios da década de 1990	90
Figura 4.40	Eficiências por defeito dos equipamentos para climatização e preparação de AQS, RCCTE-2006	90
Figura 4.40	Eficiências por defeito dos equipamentos para climatização e preparação de AQS, RCCTE-2006	91
Figura 4.41	Esquema de funcionamento do sistema solar com circulação forçada identificado em três edifícios inspecionados (BAXIROCA, 2010)	93
Figura 4.42	Depósitos acumuladores, caldeira de apoio e descrição do funcionamento do sistema solar identificado num edifício inspecionado, construído em 2010	93
Figura 4.43	Relação dos valores das necessidades energéticas de aquecimento, de cálculo e máximas	94
Figura 4.44	Relação dos valores das necessidades energéticas para AQS, de cálculo e máximas	95
Figura 4.45	Exemplos de anomalias registadas	96
Figura 4.46	Exemplos de reabilitação de caixilharia (edifícios anteriores à aplicação do RCCTE-1990)	97
Figura 4.47	Valores de referência dos Coeficientes de transmissão térmica (U_{ref})	99
Figura 4.48	Localização do imóvel	111
Figura 4.49	Planta do imóvel	114
Figura 4.50	Paredes exterior e interior	115
Figura 4.51	Quantificação das PTL, RCCTE vs REH	117
Figura 4.52	Constituição dos vãos envidraçados	117
Figura 4.53	Elementos construtivos relevantes para a determinação de R_{ph}	118
Figura 4.54	Teto falso no hall de entrada	118
Figura 4.55	Sistema de aquecimento utilizado	120
Figura 4.56	Comparação das simplificações relativas às eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH	120
Figura 4.57	Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH	121
Figura 4.58	Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH	122
Figura 4.59	Comparação entre as Perdas e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH	122
Figura 4.60	Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH	123
Figura 4.61	Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH	123
Figura 4.62	Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH	124

Figura 4.63	Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH	124
Figura 4.64	Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH	125
Figura 4.65	Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH	125
Figura 4.66	Influência da adoção do valor de U por defeito em paredes	126
Figura 4.67	Classe energética, RCCTE vs. REH	126
Figura 4.68	Localização do imóvel	127
Figura 4.69	Espaços não úteis do imóvel	128
Figura 4.70	Plantas do imóvel	129
Figura 4.71	Soluções de Cobertura e Paredes	130
Figura 4.72	Quantificação das PTL, RCCTE vs. REH	131
Figura 4.73	Constituição dos vãos envidraçados	131
Figura 4.74	Revestimento de pavimento com alcatifa	132
Figura 4.75	Perdas térmicas no inverno. RCCTE vs. REH	133
Figura 4.76	Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH	134
Figura 4.77	Comparação entre as Perda e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH	134
Figura 4.78	Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH	134
Figura 4.79	Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH	135
Figura 4.80	Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH	135
Figura 4.81	Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH	136
Figura 4.82	Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH	136
Figura 4.83	Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH	137
Figura 4.84	Classe energética, RCCTE vs. REH	137
Figura 4.85	Localização do imóvel	138
Figura 4.86	Espaços não úteis do imóvel	140
Figura 4.87	Plantas do imóvel	140
Figura 4.88	Soluções de Cobertura e Paredes	141
Figura 4.89	Quantificação das PTL, RCCTE vs. REH	141
Figura 4.90	Constituição dos vãos envidraçados	142
Figura 4.91	Descrição da solução de ventilação no CE	143
Figura 4.92	Referência à solução do Sistema solar no CE	144
Figura 4.93	Perdas térmicas no inverno. RCCTE vs. REH	145
Figura 4.94	Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH	145
Figura 4.95	Comparação entre as Perda e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH	146
Figura 4.96	Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH	146
Figura 4.97	Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH	147
Figura 4.98	Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH	147
Figura 4.99	Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH	148
Figura 4.100	Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH	148
Figura 4.101	Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH	149
Figura 4.102	Classe energética, RCCTE vs. REH	149

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	Tipos de DCR/CE (ADENE, 2009)	12
Quadro 2.2	Critérios para a determinação da zona climática de inverno, Despacho n.º15793-F/2013	21
Quadro 2.3	Critérios para a determinação da zona climática de verão, Despacho n.º15793-F/2013	21
Quadro 2.4	Necessidades de Aquecimento – balanços energéticos (RCCTE vs. REH)	34
Quadro 2.5	Necessidades de Arrefecimento – balanços energéticos (RCCTE vs. REH)	35
Quadro 4.1	Simplificações permitidas pela NT-SCE-01, referentes ao levantamento dimensional	65
Quadro 4.2	Simplificações permitidas pela NT-SCE-01, referentes à Inércia Térmica	87
Quadro 4.3	Soluções de Paredes Exteriores	100
Quadro 4.4	Soluções de Paredes Interiores	101
Quadro 4.5	Soluções de Pavimentos e Coberturas	102
Quadro 4.6	Soluções de Vãos Envidraçados	103
Quadro 4.7	Soluções de Ventilação	104
Quadro 4.8	Soluções de Sistemas de Climatização e Preparação de AQS	105
Quadro 4.9	Soluções de Sistemas Solares	106
Quadro 4.9	Observações gerais	107
Quadro 4.10	Comparação das simplificações para o Levantamento dimensional, RCCTE vs. REH	111
Quadro 4.11	Comparação das simplificações para a determinação do coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH	113
Quadro 4.12	Simplificações para a determinação de U da zona corrente, RCCTE vs. REH	115
Quadro 4.13	Comparação das simplificações relativas às PTP, RCCTE vs. REH	116
Quadro 4.14	Comparação das simplificações relativas às PTL, RCCTE vs. REH	116
Quadro 4.15	Comparação das simplificações relativas à Inércia Térmica, RCCTE vs. REH	119

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul (GSul), RCCTE (2006)	20
Tabela 2.2	Valores de referência de verão das temperaturas exteriores, $\theta_{atm\ ext}$ [°C], e da intensidade da radiação solar incidente, I_r [kWh/m ²], em superfícies exteriores, RCCTE (2006)	20
Tabela 2.3	Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de elementos opacos (RCCTE,2006)	29
Tabela 2.4	Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados (RCCTE,2006)	30
Tabela 2.5	Relação entre os valores das necessidades nominais e limite sujeitos a grandes intervenções (REH, 2013)	37
Tabela 3.1	Proporção de edifícios construídos nos últimos 10 anos (%) por Localização geográfica; INE, Censos 1991, 2001, 2011	40
Tabela 3.2	Proporção de edifícios com um alojamento (%) por Localização geográfica, INE, censos 1991, 2001, 2011	42
Tabela 3.3	Proporção de edifícios com 1 alojamento (%) por Localização geográfica, INE, censos, 2011	42
Tabela 3.4	Percentagem de Consumo de Energia por setor de atividade, CMB (2012)	447
Tabela 3.5	Consumo por vetor energético (MWh) nos vários setores energéticos, CMB (2012)	47
Tabela 3.6	“U” médio por tipo de envolvente e “U” regulamentar e de referência – edifícios existentes (Santos, P.; Baptista N., 2011)	51
Tabela 4.1	Zona e dados climáticos correspondentes ao concelho de Bragança, RCCTE-2006	60
Tabela 4.2	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, RCCTE-2006	60
Tabela 4.3	Valores médios da intensidade da radiação solar Energia, RCCTE-2006	60
Tabela 4.4	Fração envidraçada (F_g), para os vários tipos de caixilharia, RCCTE- 2006	81
Tabela 4.5	Valores de referência da eficiência dos equipamentos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias, NT- SCE-01	91
Tabela 4.6	Parâmetros climáticos, RCCTE vs REH	111
Tabela 4.7	Intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento, RCCTE vs. REH	112
Tabela 4.8	Medições dos principais elementos	113
Tabela 4.9	Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH	114
Tabela 4.10	Valores de U da envolvente opaca corrente	115
Tabela 4.11	Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH	121
Tabela 4.12	Parâmetros climáticos, RCCTE vs. REH	128
Tabela 4.13	Medições dos principais elementos	128
Tabela 4.14	Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH	129
Tabela 4.15	Valores de U da envolvente opaca corrente	130
Tabela 4.16	Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH	133
Tabela 4.17	Parâmetros climáticos, RCCTE vs. REH	139
Tabela 4.18	Medições dos principais elementos	139
Tabela 4.19	Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH	140
Tabela 4.20	Valores de U da envolvente opaca corrente	141
Tabela 4.21	Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH	141

Lista de *Siglas*

ADENE	Designação Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
COP	Coefficient of Performance
CE/CE's	Certificado Energético/Certificados Energéticos
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EER	Energy Efficiency Ratio
enu	Espaço não útil
EPS	Poliestireno expandido (Expanded polystyrene)
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
GEE	Gases Efeito Estufa
GES	Grande edifício de comércio e serviços
Hab	Edifício de Habitação
INE	Instituto Nacional de Estatística
ITeCons	Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências de Construção
NUTS	Nomenclaturas de Unidades Territoriais para fins Estatísticos
PCE	Pré Certificado Energético
PESsC	Pequeno edifício de comércio e serviços sem climatização
PEScC	Pequeno edifício de comércio e serviços com climatização
PQ	Perito Qualificado
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comercio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RJUE	Regime Juridico da Urbanização e Edificação
RSECE	Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
UE	União Europeia

Lista de *Simbolos*

<i>A</i>	Designação Área [m ²]
<i>Ap</i>	Área útil de pavimento [m ²]
<i>Esolar</i>	Energia fornecida por um coletor solar [kWh/ano]
<i>Eren</i>	Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis [kWh/ano]
<i>FF</i>	Fator de forma
<i>Fg</i>	Fração envidraçada
<i>Fmv</i>	Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados
<i>Fpu</i>	Fator de conversão entre energia útil e energia primária [kgep/kWh]
<i>FW</i>	Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados
<i>GD</i>	Número de graus-dia de aquecimento [°C.dia]

<i>G_{sul}</i>	Valor médio mensal de energia solar incidente numa superfície vertical orientada a Sul [kWh/m ² .mês]
<i>I_r</i>	Intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento [kWh/m ²]
<i>I_t</i>	Inércia térmica [kg/m ²]
<i>MAQS</i>	Consumo médio diário de referência [l/ocupante]
<i>M_{si}</i>	Massa superficial útil [kg/m ²]
<i>N_a</i>	Necessidades máximas admissíveis de águas quentes sanitárias [kWh/m ² .ano]
<i>N_{ac}</i>	Necessidades nominais de águas quentes sanitárias [kWh/m ² .ano]
<i>N_i</i>	Necessidades máximas admissíveis (ou de referência) de aquecimento [kWh/m ² .ano]
<i>N_{ic}</i>	Necessidades nominais de aquecimento [kWh/m ² .ano]
<i>N_t</i>	Necessidades anuais máximas admissíveis (ou de referência) de energia primária equivalente (kgep/m ² .ano,RCCTE) (kWhep/m ² .ano,REH)
<i>N_{tc}</i>	Necessidades anuais de energia primária equivalente (kgep/m ² .ano,RCCTE) (kWhep/m ² .ano,REH)
<i>N_v</i>	Necessidades máximas admissíveis (ou de referência) de arrefecimento [kWh/m ² .ano]
<i>N_{vc}</i>	Necessidades nominais de arrefecimento [kWh/m ² .ano]
<i>P_d</i>	Pé-direito médio da fração autónoma [m]
<i>Q_a</i>	Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/m ² .ano]
<i>R_{ph}</i>	Taxa de renovação de ar [h ⁻¹]
<i>T_{ref}</i>	Temperatura de referência [°C]
<i>U</i>	Coefficiente de transmissão térmica superficial [W/m ² .°C]
<i>V</i>	Volume interior da fração [m ³]
<i>η</i>	Rendimento
<i>ΔT</i>	Variação da temperatura [°C]
<i>ψ</i>	Coefficiente de transmissão térmica linear [W/m.°C]
<i>g_i</i>	Fator solar de inverno
<i>g_v</i>	Fator solar de verão
<i>g_T</i>	Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar ativados
<i>g_{Tmáx}</i>	Limite máximo admissível para os fatores solares de vãos envidraçados
<i>g_{Tp}</i>	Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes
<i>g_{Tvc}</i>	Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

De acordo com a Lei n.º 62/2007 de 10 de Setembro, Regime jurídico das instituições de ensino superior, o título de especialista deve comprovar a qualidade e especial relevância do currículo profissional numa determinada área, para o exercício de funções docentes no ensino superior politécnico. Ainda segundo o Decreto-Lei n.º 206/2009 de 31 de Agosto, que aprova o regime jurídico do título de especialista a que se refere a Lei anterior, as provas para a atribuição do título de especialista são públicas e constituídas pela apreciação e discussão do currículo profissional do candidato e ainda pela apresentação, apreciação crítica e discussão de um trabalho de natureza profissional no âmbito da área em que são prestadas as provas, preferencialmente sobre um trabalho ou obra constante do seu currículo profissional.

Sendo docente no Instituto Superior Politécnico desde 2001, e tendo também exercido profissionalmente atividades de engenharia civil, desde a conclusão do curso até 2011, surgiu o interesse em obter o título de especialista, para valorização pessoal e profissional. Relativamente à atividade profissional, a autora procurou desenvolver um percurso que lhe proporcionasse a consolidação de conhecimentos nas diferentes áreas associadas ao exercício da profissão de Engenheira Civil, que se foram adaptando às necessidades e evoluções do setor da construção, tais como a realização de projetos, a gestão e direção técnica de obras e a certificação energética. A escolha de um trabalho de natureza profissional para apresentação no âmbito da realização de provas públicas, para atribuição do título de especialista, não foi tarefa simples, devido por um lado à diversidade das áreas de trabalho e por outro à singularidade e complexidade de cada uma. Depois de uma longa reflexão, a autora decidiu apresentar o trabalho que realizou na área da eficiência e certificação energética de edifícios. Os principais motivos que levaram à escolha deste trabalho, para além da atualidade e relevância do tema, foram os seguintes:

- Está diretamente relacionado com as áreas em que a docente leciona;
- Vai de encontro à área de investigação que a autora está a desenvolver no âmbito do programa doutoral;
- Pode ser um contributo para a caracterização energética do parque habitacional do concelho de Bragança, principal área de atuação.

Apresentam-se a seguir as principais atividades que se relacionam com a área do desempenho energético de edifícios ao longo do seu percurso profissional:

- Elaboração de projetos de comportamento térmico de edifícios;
- Certificação de projetos como Especialista Qualificada no âmbito do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do ar Interior nos Edifícios;

A importância destas atividades profissionais contribuíram positivamente para a realização de outras tarefas ligadas à docência e investigação, que se apresentam:

- Atividades letivas: - abordagem ao sistema de certificação energética de edifícios, no módulo de qualidade em edifícios, nas Unidades curriculares de Qualidade, Segurança e Ambiente na Construção (Licenciatura em Engenharia Civil) e Controlo e Qualidade em Obra (Curso de Especialização Tecnológica de Condução de Obra); - abordagem ao tema da eficiência e reabilitação energética em edifícios, na Unidade curricular de Física das Construções (Mestrado em Engenharia da Construção) e ainda abordagem ao Projeto de comportamento térmico de edifício, nas unidades curriculares de Projeto (Licenciatura em Engenharia Civil) e Projeto de Construção (Curso de Especialização Tecnológica de Condução de Obra).
- Participação no Projeto BIOURB - Diversidade Construtiva Transfronteiriça, Edificação Bioclimática e sua adaptação à Arquitetura e Urbanismo Moderno, que integrou como parceiros, entre outros, o Instituto Politécnico de Bragança, e o município de Bragança. No âmbito da participação do Município de Bragança, a autora participou no desenho e formação do curso BIOURB e na elaboração do Manual para a Conservação e Reabilitação da Diversidade Bioconstrutiva. No âmbito da participação do Instituto Politécnico de Bragança, a autora participou na aquisição de equipamentos de medição e monitorização relativos à eficiência energética, elaboração de documentos relacionados com os procedimentos de certificação energética em Portugal e na mediação de contatos entre a ADENE e os parceiros da região de Espanha.
- Participação da elaboração da auditoria energética da Escola Superior de Tecnologia e gestão, através da caracterização térmica das soluções construtivas e sua introdução no Energy Plus;
- Elaboração de artigos científicos relativos à área da eficiência energética.

Saliente-se ainda que a autora tem procedido ao cálculo do desempenho energético de edifícios existentes reais e virtuais, com a legislação atualmente em vigor, no âmbito do programa doutoral, embora na maioria das vezes a certificação não seja oficializada pelos seus proprietários.

Para além da inexistência de um estudo deste tipo, focalizado no concelho de Bragança, a originalidade deste trabalho assenta precisamente na sua componente prática, o que permite validar conhecimentos teóricos relativos à área em questão.

1.2. OBJETIVOS

Pretende-se com o presente trabalho efetuar uma exposição da atividade profissional da autora no âmbito da eficiência e certificação energética de edifícios habitacionais, refletir nos procedimentos utilizados e, tomando como base a experiência na área, contribuir para a caracterização energética do parque habitacional do concelho de Bragança, bem como apontar algumas propostas de medidas de melhoria, contribuindo para a adoção de melhores práticas, nomeadamente no que respeita à transformação energética de edifícios existentes.

A legislação utilizada para a avaliação do desempenho energético dos edifícios em causa, discriminada no capítulo seguinte, foi entretanto revogada pelo novo pacote legislativo, atualmente em vigor. Este último veio introduzir alterações substanciais à metodologia de cálculo, pelo que surgiu a necessidade de comparar as duas metodologias, analisando as principais alterações através de um estudo comparativo e, o seu impacto no sistema de certificação energética.

1.3. ESTRUTURA

O trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos. O primeiro e presente capítulo tem como objetivo efetuar uma introdução ao trabalho, expor os principais motivos que levaram à sua elaboração, o seu enquadramento com a atividade profissional, e os principais objetivos a atingir.

O segundo capítulo tem como finalidade apresentar o enquadramento do trabalho ao estado da arte. Será apresentada a evolução da legislação nacional e a comparação das metodologias de cálculo do desempenho energético entre a legislação atualmente em vigor e a legislação aplicada pela autora durante a sua atividade profissional.

A seguir, no terceiro capítulo, far-se-á uma caracterização do mercado energético habitacional de Bragança, com base, maioritariamente, em dados estatísticos do INE (Instituto Nacional de Estatística) e da ADENE (Agência para a Energia).

No quarto capítulo será apresentado um resumo do trabalho profissional da autora, na área da eficiência e certificação energética e a caracterização dos edifícios avaliados. Far-se-á ainda neste capítulo, a exemplificação da metodologia utilizada, para três edifícios habitacionais, de diferentes épocas de construção, e ainda a sua comparação com a utilização da metodologia definida na legislação atual.

Por último, no quinto capítulo serão apresentadas as conclusões do trabalho.

2. DESEMPENHO E CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

2.1. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E PRINCIPAIS PLANOS DE AÇÃO

Existe atualmente um consenso generalizado da comunidade científica de que o aumento progressivo das emissões de gases com efeito estufa (GEE) nos últimos 100 anos tem contribuído para aumentar a temperatura do planeta, provocando alterações climáticas indesejáveis.

O World Resources Institute estima que os edifícios são responsáveis por 15,3% das emissões globais de GEE, não estando contempladas nesta percentagem as emissões industriais com o fabrico dos materiais e o seu transporte rodoviário (Larsson, N.,2010) que a elevariam para valores na ordem dos 20 a 25%, sendo que relativamente aos países industrializados essa percentagem sobe para 50% (Rezaie B.,et al.,2011).

Um dos instrumentos internacionais de combate à redução das emissões de GEE é o Protocolo de Quioto. Este protocolo consiste num tratado internacional, e foi o resultado da 3ª conferência das Partes que assinaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), em Dezembro de 1997, em Quioto, no Japão. Para além de estipular aos seus países membros reduções obrigatórias de emissões de GEE constitui uma base para a redução das alterações climáticas nos próximos anos. Se o Protocolo de Quioto for cumprido, estima-se que a temperatura global reduza entre 1,4°C e 5,8°C até 2100. No âmbito da problemática das alterações climáticas e outras preocupações ambientais, em que a Energia tem um papel relevante, o parlamento europeu apresentou em 2007, um plano de ação, o “Pacote clima-energia: três vintes até 2020”. O objetivo deste plano consiste em reduzir 20% as emissões GEE em relação aos valores de 1990, elevar para 20% a quota-parte das energias renováveis no consumo final bruto de energia e aumentar em 20% a eficiência energética até 2020 (Commission of the European Communities, 2008). A União Europeia (UE) estabeleceu ainda metas globais nacionais, tendo sido estabelecido para Portugal um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% (com um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%). No plano da utilização de energia proveniente de fontes renováveis foi estabelecido para 2020 que 31% do consumo final bruto de energia e 10% da energia utilizada nos transportes provenha de fontes renováveis (RCM, 2013).

No sentido de se limitar o aumento de temperatura média global a um máximo de 2°C, a UE considera que os países desenvolvidos, no seu conjunto, deverão estar preparados para

reduzir as suas emissões a níveis de 80-95% dos valores de 1990 em 2050. Relativamente aos edifícios objetiva-se a redução de CO₂ de 37 a 53% em 2030 e 88 a 91% em 2050, em relação aos valores de 1990 (CCE, 2011). Este objetivo pode ser atingido através das seguintes ações: - Redução significativa do consumo energético dos edifícios existentes; - Redução significativa do consumo energético dos edifícios novos; - Produção de energia através de fontes renováveis equivalente às necessidades dos edifícios novos e existentes (BPIE, 2011).

Em Portugal, os principais instrumentos que asseguram a aplicação do Pacote Energia-Clima e os objetivos nacionais no âmbito do protocolo de Quioto, são os seguintes:

- O Roteiro Nacional de baixo carbono (RNBC);
- O Programa Nacional de Alterações Climáticas (PNAC).

O RNBC é um instrumento orientador para a definição das políticas a prosseguir e as metas nacionais a alcançar em termos de controlo das emissões de GEE até 2050. Neste, o setor residencial e de serviços apresenta-se como o setor que apresenta o maior acréscimo de emissões num cenário sem restrições podendo atingir emissões da ordem das 70%/175% (Cenário Baixo/Alto) face a 1990. Nos cenários com restrições, o potencial de redução de emissões do setor residencial e de serviços é significativo, sendo possível atingir em 2050 reduções que variam entre -54% e -71%, em função do cenário analisado, sendo um dos setores em que é mais patente o efeito dos cenários de baixo carbono (APA, 2012).

O PNAC visa, em articulação com o RNBC, garantir o cumprimento das metas nacionais em matéria de alterações climáticas, congregando um conjunto de políticas, medidas e instrumentos de aplicação setorial.

Tendo como base o PNAC, foram elaborados os seguintes planos:

- PNAEE - Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;
- PNAER- Plano de Nacional Ação para as Energias Renováveis.

Estes planos são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes de energia renovável (RCM, 2013). A eficiência energética de edifícios é uma das áreas estratégicas dos planos, o que se compreende devido ao seu peso no consumo de energia final (30% do consumo final de energia, sendo 17.7% relativo ao setor doméstico e 12% ao de serviços), (INE, I.P.;DGEG, 2011).Tais planos contribuirão também para a diminuição da dependência energética do país em relação ao exterior (79% de energia importada em 2011).

2.2. EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO NACIONAL

Em Portugal, o primeiro regulamento sobre o comportamento térmico de edifícios surgiu em 1990 (RCCTE, Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro). Este regulamento introduziu, pela primeira vez, os aspetos térmicos e energéticos no estudo e projeto de edifícios. Na Europa,

foi pioneiro na introdução de requisitos mínimos ao nível do sombreamento para evitar sobreaquecimentos no verão, isto para além de estabelecer coeficientes de transmissão térmica máximos que visavam minimizar fenómenos de condensação interior (ADENE, 2011). Embora pouco exigente veio introduzir a prática comum e o crescente interesse em introduzir isolamento térmico nos edifícios, garantindo assim um maior conforto aos seus utilizadores, tendo mesmo o mercado evoluído para o uso de soluções que iam além das exigências regulamentares.

Posteriormente, para atender aos edifícios com sistemas energéticos de climatização, surgiu em 1992 o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 156/92 de 26 de Julho), revogado em 1998, pelo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, Decreto-Lei nº 118/98 de 7 de Maio).

Entretanto, para fazer face aos problemas associados ao excessivo consumo das energias fósseis nos edifícios, 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, a Diretiva 2002/91/CE (EPBD, 2002). Reduzir o consumo de energia nos edifícios e promover o recurso às energias renováveis seriam os principais objetivos da diretiva. Com ela surgiram as seguintes novidades:

- Requisitos mínimos para o desempenho energético de grandes reabilitações;
- Revisão da legislação no mínimo de 5 em 5 anos;
- Certificação Energética dos Edifícios;
- Recurso a energia renovável;
- Qualificação adequada dos técnicos para a certificação e instalação de sistemas.

A sua transposição para o direito nacional fez-se através dos seguintes Decretos-Lei:

- Decreto-Lei n.º 78/2006, SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;
- Decreto-Lei n.º 79/2006, RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, que revogou o Decreto-Lei nº 118/98 de 7 de Maio;
- Decreto-Lei n.º 80/2006, RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, que revogou o D.L. 40/90 de 6 de Fevereiro.

O Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o qual definia regras e métodos para verificação da aplicação efetiva dos regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior aos imóveis já construídos. Em Portugal a entidade gestora do SCE é a agência para a Energia (ADENE) e a qualificação de técnicos no âmbito da verificação e validação dos projetos de térmica e emissão dos Certificados Energéticos (CE) materializou-se através da figura do Perito Qualificado (PQ).

Os edifícios podiam ser integrados numa das seguintes categorias:

- Edifícios de habitação (novos ou grandes intervenções), sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização com potência instalada inferior a 25 kW (HsC);
- Edifícios de serviços (novos ou grandes reabilitações), com área útil inferior a 1000m², sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização com potência instalada inferior a 25 kW (PESsC).
- Edifícios de habitação, com sistemas de climatização de potência térmica superior a 25kW (HcC);
- Edifícios de serviços, de área inferior a 1000m², com sistemas de climatização de potência térmica superior a 25kW (PEScC);
- Edifícios de serviços, de área superior a 1000m² (GES).

O RCCTE-2006 estabelecia as regras a observar no projeto dos seguintes tipos de edifícios: HsC e PESsC. O PQ-RCCTE (PQ especialista no âmbito do RCCTE) poderia exercer atividades relativas a estas tipologias de edifícios.

O RSECE (2006), relativo ao regulamento dos sistemas de climatização em edifícios abrangia as restantes tipologias.

Entretanto a EPBD-2002 foi revogada pela Diretiva nº 2010/31/CE (EPBD *recast* – Energy Performance of Buildings Directive). Esta nova versão contempla um conjunto de novos desafios, tais como os edifícios com consumo de energia quase nulo a partir de 2020, e vem assim contribuir para os arrojados compromissos europeus “UE 20 20 20” (EPBD, 2010).

A transposição da diretiva EPBD *recast*-2010 para o direito nacional fez-se através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, revogando os anteriores instrumentos legislativos referidos. Este diploma vem agregar num só documento 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). Os aspetos mais operacionais e técnicos foram entretanto dispostos em várias portarias e despachos tornando deste modo o pacote legislativo facilmente atualizável.

Os edifícios podem atualmente ser integrados numa das seguintes categorias (Portaria n.º 349-A/2013):

- Habitação (Hab), correspondente a edifícios ou frações de edifícios de habitação, independentemente de disporem ou não de sistema de climatização;
- Pequeno edifício de comércio e serviços sem climatização (PESsC), correspondente ao pequeno edifício ou fração destinado a comércio e serviços que não disponha de sistema de climatização, ou cujo sistema de climatização tenha uma potência térmica correspondente à maior das potências de aquecimento ou arrefecimento ambiente, igual ou inferior a 25 kW;

- Pequeno edifício de comércio e serviços com climatização (PEScC), correspondente ao pequeno edifício ou fração destinado a comércio e serviços que disponha de sistema de climatização com uma potência térmica correspondente à maior das potências de aquecimento ou arrefecimento ambiente, superior a 25 kW;
- Grande edifício de comércio e serviços (GES), correspondente ao grande edifício destinado a comércio e serviços, independentemente de dispor ou não de sistema de climatização.

Uma das novidades desta legislação é a clara separação de âmbitos de aplicação, no que respeita a edifícios de habitação e de serviços, ou seja, independentemente da potência dos sistemas instalados o REH é aplicável a edifícios de habitação e o RECS a edifícios de serviços. O PQ- Tipo I (que corresponde ao anterior PQ-RCCTE) pode atualmente exercer atividades relativas aos Edifícios de habitação (Hab) e ainda aos Pequenos edifícios de comércio e serviços sem climatização (PEScC).

2.3. O SISTEMA PORTUGUÊS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

2.3.1. Funcionamento do SCE até 01 de Dezembro de 2013

Os regulamentos RCESE e RCCTE entraram em vigor em 04 de Julho de 2006, e a entrada em vigor do SCE deu-se por fases, de acordo com a Portaria 461/2007 de 05 de Junho.

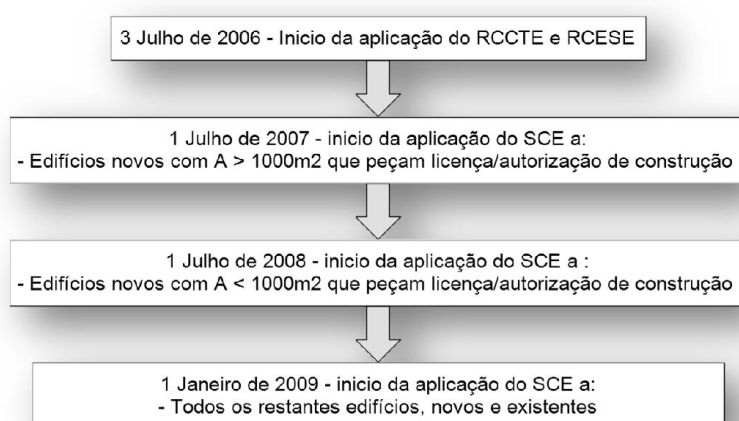


Figura 2.1. – Faseamento da entrada em vigor do SCE, adaptado de ADENE, 2009

A certificação energética dos edifícios tornou-se obrigatória para qualquer edifício a partir de Janeiro de 2009, sendo a emissão dos CE obrigatória para edifícios novos ou grandes reabilitações no ato da construção e para os edifícios existentes no ato de venda ou arrendamento. Segundo esta legislação era considerado “Edifício existente” qualquer edifício cuja data de entrada do pedido de licenciamento ou autorização de construção de edificação na entidade licenciadora fosse anterior à entrada em vigor do SCE (1 de Julho de

2007 para edifícios com mais 1.000 m² e 1 de Julho de 2008 para edifícios com menos de 1.000 m²). Era considerado “Edifício novo ou Grande intervenção” um edifício cuja data de entrada do pedido de licenciamento ou autorização na entidade licenciadora fosse posterior à entrada em vigor do SCE. De salientar que uma “grande intervenção” era definida como uma intervenção que não resultasse na edificação de novos corpos e em que se verificasse que o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos preexistentes fosse superior a 25% do valor da totalidade do edifício, com exclusão do valor do terreno (RCCTE, 2006).

Os procedimentos para a emissão dos certificados energéticos eram os seguintes:

a) Edifícios Novos ou Grandes reabilitações

Antes do pedido da licença/autorização de construção, o projeto térmico teria que ser verificado por um PQ para atestar o seu cumprimento de acordo com RCCTE-2006 e propor eventuais medidas de melhoria de desempenho energético do edifício, emitindo a Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR). Este documento tratava-se de uma espécie de certificado provisório, sem validade temporal, com formato idêntico e o mesmo tipo de informação.

Os documentos a apresentar para licenciamento (licença/autorização de construção), expressos no RCCTE, eram os seguintes:

- Ficha Nº1- Mapa dos valores nominais;
- Ficha Nº2 – Levantamento dimensional;
- Ficha Nº3 – Comprovação de satisfação dos requisitos mínimos;
- Folhas de cálculo;
- Memória descritiva e justificativa, peças desenhadas e pormenores;
- Declaração de reconhecimento da capacidade profissional, por parte do projetista para a aplicação do RCCTE;
- Termo de responsabilidade do técnico responsável pelo projeto;
- DCR subscrita pelo PQ.

Na fase de conclusão da obra, o edifício seria objeto de análise por um PQ (podendo ou não ser o PQ responsável pela emissão da respetiva DCR) para verificar se a obra finalizada cumpria com o projeto, procedendo à emissão do CE. Nesta fase, para pedido da licença de utilização seria necessário proceder à entrega dos seguintes documentos:

- Ficha 4 – Demonstração da conformidade regulamentar;
- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela direção técnica da obra;
- Declaração de reconhecimento da capacidade profissional, por parte do técnico responsável pela construção do edifício, emitida pela respetiva associação profissional;

- Certificado energético emitido pelo PQ.

A responsabilidade em que a DCR/CE fossem emitidas seria do proprietário/dono de obra.

b) Edifícios Existentes

Para edifícios existentes e, de acordo com o D.L. 78/2006 de 4 de Abril, também o proprietário teria que se responsabilizar em obter o CE, para entregar ao futuro proprietário/arrendatário. Deste modo teria que solicitar a um PQ a realização do CE, fornecendo-lhe toda a documentação necessária. Neste caso existiria apenas um único ato, não havendo qualquer certificado provisório.

2.3.2. Funcionamento do SCE após 01 de Dezembro de 2013

Atualmente todos os edifícios de habitação (novos ou existentes) são abrangidos pelo sistema de certificação energética. O REH refere-se a três tipos de edifícios: -Edifícios novos; - Edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções; - e Edifícios existentes. Segundo esta legislação considera-se edifício novo o edifício cujo processo de licenciamento ou autorização tenha data de entrada do projeto de arquitetura posterior a 01 de Dezembro de 2013. Um edifício sujeito a uma grande intervenção será um edifício sujeito a obra de construção, reconstrução, alteração, instalação ou modificação de um ou mais componentes com influência no desempenho energético, mantendo-se em relação à legislação anterior a definição de “grande intervenção” Os restantes edifícios são considerados existentes. De salientar que os edifícios considerados novos segundo a anterior legislação são agora considerados existentes, e aqueles que estão ainda em fase de construção e que necessitam da emissão do CE para efeitos do pedido de utilização, vão ter que estar sujeitos à emissão de um CE de acordo com a atual legislação, para edifícios existentes (para além de terem que respeitar a anterior legislação).

Quer os edifícios novos, quer os edifícios existentes sujeitos a grande intervenção estão sujeitos à certificação energética pela existência de um pré-certificado (semelhante à DCR) aquando do controlo prévio da realização da operação urbanística, pela entidade competente.

Os documentos a apresentar para licenciamento/comunicação prévia são os seguintes (Portaria n.º 349-C/2013):

- Termo de responsabilidade do autor do projeto de comportamento térmico;
- Projeto de comportamento térmico onde constem evidências das soluções adotadas e os cálculos efetuados e cumprimento do REH;
- Ficha n.º 1: Ficha resumo caracterizadora do edifício e da intervenção preconizada;
- Pré-certificado do SCE, emitido por PQ.

O requerimento de autorização de utilização deverá ser instruído com os seguintes elementos:

- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela direção técnica da obra, indicando que a obra se encontra em conformidade com o projeto aprovado, e em conformidade com normas legais e regulamentares que lhe são aplicáveis;
- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela fiscalização técnica da obra, indicando que a obra se encontra em conformidade com o projeto aprovado, ou com as alterações efetuadas e em conformidade com normas legais e regulamentares que lhe são eventualmente aplicáveis, se aplicável;
- Declaração ou outra prova de reconhecimento de capacidade profissional dos técnicos responsáveis mencionadas, emitida pela respetiva ordem profissional;
- Ficha n.º 2: Ficha resumo caracterizadora do edifício e da intervenção realizada;
- Certificado SCE, emitido por PQ.

Ao contrário do que acontecia anteriormente, os PCE/CE fazem agora parte integrante dos elementos instrutórios nos procedimentos de controlo prévio, conforme o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação através da Portaria n.º 113/2015 de 22 de Abril, permitindo assim assegurar um controlo maior destes elementos por parte das entidades camarárias.

Da mesma forma que anteriormente, todos os restantes edifícios habitacionais existentes são abrangidos pelo SCE a partir do momento da sua venda ou arrendamento. Uma das novidades desta legislação prende-se com a obrigatoriedade da indicação da classificação energética em todos os anúncios publicados com vista à venda ou arrendamento.

Os procedimentos de emissão dos CE's por parte dos PQ, mencionados atrás, mantiveram-se praticamente os mesmos. No caso de edifícios novos e edifícios sujeitos a grandes intervenções a avaliação é feita com base no projeto de térmica e na informação recolhida durante visitas efetuadas à obra, sendo obrigatória uma visita final ao edifício após a conclusão da mesma. Relativamente aos edifícios existentes essa avaliação é feita com base na melhor informação a que o perito tenha acesso, nomeadamente no projeto, na ficha técnica da habitação, ou em outros documentos que permitam a caracterização das soluções construtivas e técnicas do edifício. Esta informação deve ser facultada pelo proprietário do edifício, sendo recolhida em pelo menos uma visita obrigatória ao imóvel.

2.3.3. O Certificado energético: principais conteúdos e alterações

A Certificação Energética classifica um edifício de habitação na base de um desempenho integrado que engloba o aquecimento, o arrefecimento e a preparação das águas quentes sanitárias. A existência do CE veio permitir aos futuros utilizadores dos edifícios obterem informações sobre os consumos de energia, sobre medidas de melhoria e a classe do imóvel. A escala de classificação energética dos edifícios estava definida no Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, e era composta por 9 classes, A+, A, B, B-, C, D, E, F e G, sendo

que, a classe A+ seria a correspondente ao melhor desempenho e a G ao pior. Os edifícios existentes podiam assumir qualquer uma dessas classes na medida em que a avaliação era feita tomando em conta as características do edifício no momento da certificação e os edifícios novos e grandes reabilitações não podiam ter uma classe abaixo da B-. Os modelos das DCR e CE encontravam-se definidos no mesmo despacho, que contemplava três tipos de certificados (quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Tipos de DCR/CE (ADENE, 2009)

Tipo de DCR/CE	Tipo de edifício ou fracção	Descrição
Tipo A	Habitação sem climatização (HsC)	Edifícios de habitação no âmbito do RCCTE que não disponham de sistemas de climatização ou que disponham de sistemas de climatização de potência térmica igual ou inferior a 25 kW
	Pequeno edifício de serviços sem climatização (PESsC)	Edifícios de serviços no âmbito do RCCTE, de área igual ou inferior a 1000 m ² (*), que não disponham de sistemas de climatização ou que disponham de sistemas de climatização de potência térmica igual ou inferior a 25 kW
Tipo B	Pequeno edifício de serviços com climatização (PEScC)	Edifícios de serviços no âmbito do RSECE, de área igual ou inferior a 1000 m ² (*), que disponham de sistemas de climatização de potência térmica superior a 25 kW
	Grande edifício de serviços (GES)	Edifícios de serviços no âmbito do RSECE, de área superior a 1000 m ² (*)
Tipo C	Habitação com climatização (HcC)	Edifícios de habitação no âmbito do RSECE, que disponham de sistemas de climatização de potência térmica superior a 25 kW

(*) 500 m² no caso de centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas

Relativamente aos edifícios de habitação as DCR/CE continham na primeira página uma fotografia do imóvel, e um cabeçalho onde constava informação sobre a sua identificação predial e matricial, a identificação do PQ e a data de emissão e validade da DCR/CE. A restante informação era relativa aos seguintes campos:

- 1- Etiqueta de desempenho energético, com a indicação das necessidades de energia primária, o seu valor máximo e indicação das emissões de CO₂;
- 2- Desagregação das necessidades nominais de energia útil (necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes e os seus valores máximos);
- 3- Descrição sucinta do edifício ou fracção autónoma (resumo das principais características, como a área útil, pé direito, ano de construção, envolventes, orientações, classe de inércia, tipo de ventilação, sistemas utilizados);
- 4- Propostas de medidas de melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar (com indicação da medida, redução da fatura energética, custo estimado do investimento, período de retorno e indicação da nova classe se as medidas fossem implementadas);
- 5- Paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas (descrição da solução construtiva, valor do coeficiente de transmissão térmico da solução e o seu valor máximo regulamentar);
- 6- Vãos envidraçados (descrição da solução construtiva, valor do fator solar da solução e o seu valor máximo regulamentar);

- 7- Climatização (descrição da solução e necessidades de energia útil);
- 8- Preparação de águas quentes sanitárias (descrição da solução);
- 9- Sistemas de aproveitamento de energias renováveis (descrição da solução e energia fornecida pelo sistema);
- 10- Ventilação (descrição da solução com indicação da taxa de renovação horária);
- 11- Campo para observações e notas ao certificado.

Em anexo encontram-se vários exemplos de certificados energéticos.

A nova regulamentação veio trazer algumas alterações ao nível da estrutura e informações do CE, com o objetivo principal de facilitar a sua interpretação, que se traduziu numa separação clara das informações destinadas ao consumidor e ao profissional. Para o consumidor, as alterações prendem-se essencialmente com a simplificação da informação e a incorporação de referenciais de desempenho, com um *layout* mais apelativo. As regras de determinação da classe energética encontram-se no Despacho (extrato) nº 15793-J/2013 e, embora continue a ser determinada através do rácio de classe energética ($R=N_{tc}/N_t$, onde N_{tc} corresponde ao valor das necessidades nominais anuais de energia primária e N_t corresponde ao seu valor limite regulamentar), a escala atual passou a ser composta por 8 classes. As classes permitidas para edifícios existentes são: A+, A, B, B-, C, D, E e F, sendo que os edifícios novos deverão ter no mínimo a classe B-, e os edifícios sujeitos a grandes intervenções a classe C. Quanto ao modelo dos PCE/CE, eles encontram-se definidos no Despacho nº 15793/C-2013 e distinguem-se conforme as categorias de edifícios: “Modelo Habitação”, para a categoria do tipo Hab e “Modelo tipo Comércio e Serviços”, para as categorias PESSC; PEScC e GES.

Relativamente ao “Modelo Habitação”, os PCE/CE contêm na primeira página uma fotografia do imóvel, bem como um cabeçalho com as identificações postal, predial e matricial e ainda a área útil. Basicamente a informação encontra-se dividida em duas seções, uma especialmente destinada ao consumidor final e outra ao profissional, que por ordem, dizem respeito aos seguintes campos:

1º SECÇÃO – informação mais simplificada:

- Indicadores de desempenho com os valores de referência (valores limites para os edifícios novos), classe energética e indicação das emissões de CO₂;
- Descrição sucinta do edifício ou fração autónoma (resumo das principais características como a área útil, pé direito, ano de construção, envolventes, orientações, classe de inércia, tipo de ventilação, sistemas utilizados);
- Comportamento térmico dos elementos construtivos da habitação (paredes, coberturas, pavimentos e janelas);
- Paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas (descrição geral da solução construtiva e uma classificação qualitativa da mesma);
- Perdas e ganhos de calor da habitação (com indicação da percentagem de perdas e ganhos pelos vários elementos construtivos);

- Propostas de medidas de melhoria (com limitação a um número de cinco medidas, inclui a sua descrição, o local de aplicação, o custo estimado do investimento, a redução anual estimada da fatura energética e a classe após a sua implementação);
- Conjunto de medidas de melhoria (a classe energética para um conjunto de medidas de melhoria referidas atrás, bem como custo estimado do investimento, a redução anual estimada da fatura energética e a classe após a sua implementação);
- Recomendações sobre sistemas técnicos (campo preenchido automaticamente com recomendações à manutenção e inspeção dos sistemas e cuidados com a sua aquisição);
- Definições (campo pré-definido com as definições de energia renovável, emissões de CO₂, valores de referência e condições padrão);
- Informação adicional (informações do tipo de certificado, identificação do PQ e informação estatística sobre a percentagem de certificados emitidos consoante a sua classe energética desde 01 de dezembro de 2013);
- Notas e Observações (campo pré-definido pela ADENE com informação de que a classe foi determinada com base na comparação do desempenho que o edifício teria com envolvente e sistemas técnicos de referência e que os consumos dependem da ocupação podendo divergir dos valores apresentados);

2ª SECÇÃO – Informação mais detalhada:

- Resumo dos principais indicadores (de cálculo e referência/limite) e dados climáticos;
- Paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas (descrição da solução construtiva, indicação da área e orientação, indicação do coeficiente de transmissão térmica e seu valor de referência/máximo e por ultimo indicação das medidas de melhoria que lhes estão associadas);
- Vãos envidraçados (descrição da solução construtiva, indicação da área e orientação, indicação do coeficiente de transmissão térmica e seu valor de referência, indicação do fator solar do vidro e global e por ultimo indicação das medidas de melhoria que lhes estão associadas);
- Sistemas técnicos e ventilação (descrição da solução, potência, eficiência, energia consumida para climatização e preparação de AQS, indicação da taxa de renovação de cálculo e mínima e por ultimo indicação das medidas de melhoria que lhes estão associadas).

As medidas de melhoria contempladas nos CE's têm como propósito orientar os proprietários em intervir no edifício com vista ao aumento do conforto térmico e à poupança energética. Os PQ devem proceder ao estudo das oportunidades de melhoria de desempenho energético do edifício, registando as mesmas no CE, e a sua ausência deve ser sempre detalhadamente justificada.

Tal como anteriormente os CE's são gerados por um sistema informático na forma de um ficheiro em formato PDF, devidamente protegido e com um número único de identificação no sistema, disponível ao PQ após o pagamento da taxa de registo.



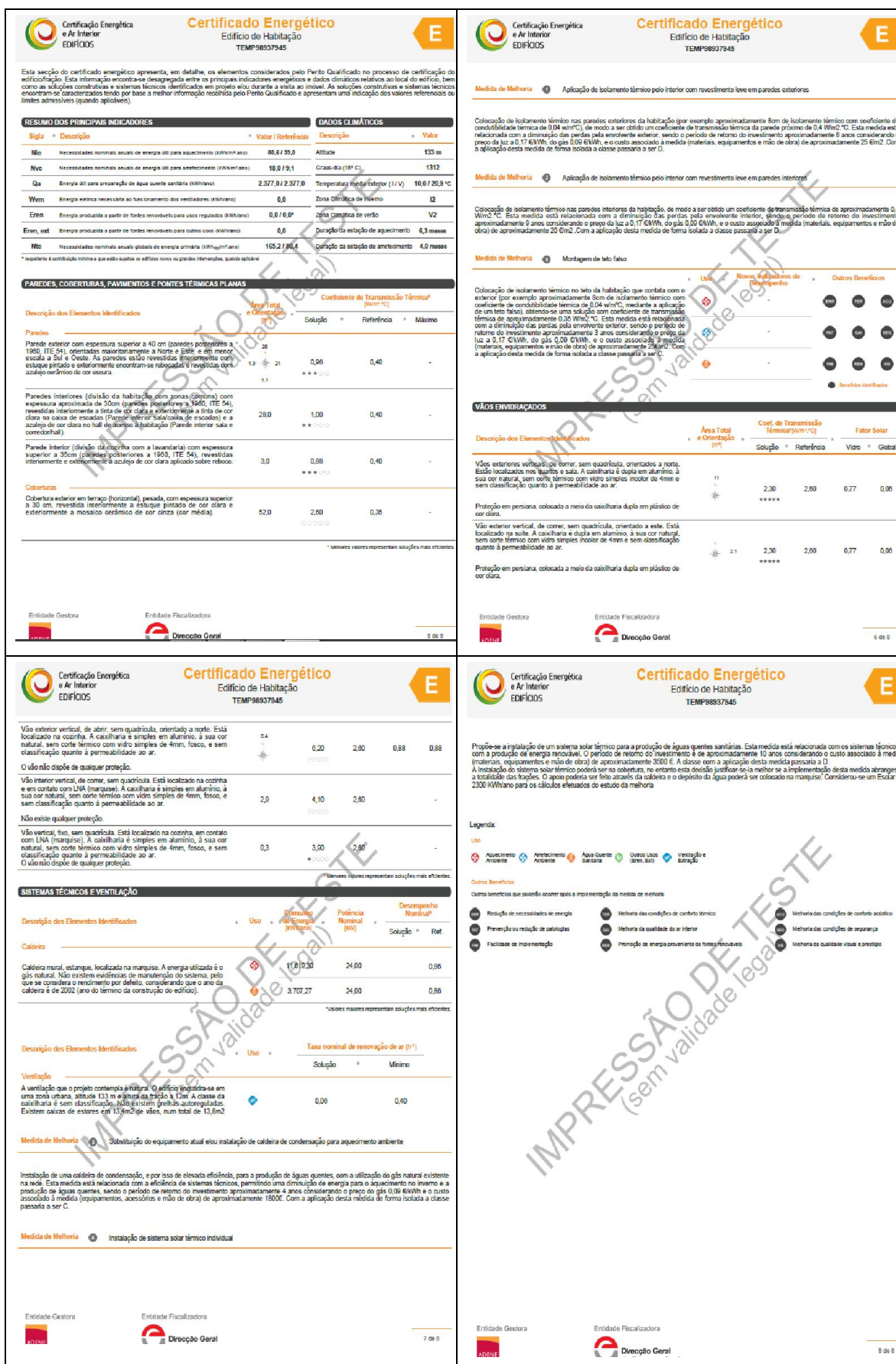


Figura 2.3. – Exemplo de Certificado energético, atual sistema SCE (REH), 2ª Secção

2.4. ASPECTOS GERAIS DAS METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE CÁLCULO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS

2.4.1. Metodologia e ferramentas utilizadas até 01 de Dezembro de 2013

O método de cálculo para a elaboração do projeto térmico de edifícios habitacionais constava no RCCTE (método detalhado), e foi definido de acordo com a norma europeia EN ISO 13790, com adaptações à realidade da construção e da prática de utilização dos edifícios em Portugal. Estabelecia a metodologia de cálculo para os índices térmicos fundamentais e os seus valores máximos admissíveis (necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, para arrefecimento, necessidades anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias e as necessidades nominais anuais de energia primária). Para além da verificação destes índices estabelecia requisitos mínimos para a envolvente opaca e para os vãos envidraçados, limitando os coeficientes de transmissão térmica e os fatores solares a valores máximos.

A forma de apresentação dos resultados era feita através de folhas de cálculo definidas no RCCTE, facilmente reproduzidas no Excel, tendo entretanto surgido vários Softwares de cálculo térmico, alguns deles gratuitos.

Relativamente aos Edifícios Existentes, para além de não ser necessário o cumprimento dos requisitos mínimos e dos valores energéticos limites, poderia considerar-se o despacho nº 11020/2009, de 30 de Abril, que definia o método de cálculo simplificado para certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE, formalizado pela Nota técnica NT-SCE-01, divulgada pela ADENE. Esta metodologia (método simplificado) permitia uma análise expedita que podia ser utilizada quando não existia informação disponível que permitisse a aplicação integral do cálculo regulamentar do RCCTE. A opção por recorrer às regras de simplificação não inviabilizava a caracterização detalhada de alguns parâmetros de acordo com o RCCTE, ou seja, o PQ poderia utilizar apenas as regras de simplificação que considerasse estritamente necessárias.

As simplificações permitidas pela NT-SCE-01, e desenvolvidas mais à frente eram relativas aos seguintes itens:

- Levantamento dimensional;
- Pontes térmicas;
- Coeficiente de redução de perdas dos espaços não úteis;
- Ventilação mecânica;
- Fator solar do vão envidraçado;
- Coeficiente de transmissão térmica;
- Classe de inércia;
- Energia solar;
- Eficiência dos sistemas;
- Fatores de sombreamento.

Relativamente à análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos recorria-se ao programa *Solterm5*. Esta ferramenta foi desenvolvida em Portugal, pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) e, era indicado na legislação, como ferramenta obrigatória, para a determinação da contribuição dos sistemas solares e análise da sua viabilidade económica.

2.4.2. Metodologia e ferramentas utilizadas após 01 de Dezembro de 2013

O regulamento de Desempenho Energético dos edifícios de Habitação (REH) estabelece os requisitos, parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético para os edifícios de habitação. Os principais pontos de destaque são o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas.

Relativamente aos edifícios novos e edifícios sujeitos a grandes intervenções, em que existe um projeto de especialidade térmica, da mesma forma que anteriormente, a legislação atual define uma metodologia para cálculo dos índices térmicos fundamentais (necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, para arrefecimento, e as necessidades nominais de energia primária, bem como dos valores máximos admissíveis). Para além dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente opaca, expressos em termos de coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca e do fator solar dos vãos envidraçados, este pacote legislativo contempla novos requisitos, com destaque para os requisitos de ventilação dos espaços, impondo um valor mínimo de cálculo para a taxa de renovação do ar, e requisitos técnicos dos sistemas para preparação de águas quentes, climatização e sistemas de energias renováveis, nomeadamente requisitos quanto às eficiências e isolamento das tubagens. Mantêm-se a obrigatoriedade da instalação de sistemas solares térmicos (ou outro sistema que garanta numa base anual energia equivalente ao sistema solar térmico), estando especificado na atual legislação os requisitos de eficiência com base num coletor padrão com determinadas características. Saliente-se que uma das novidades da legislação atual é a flexibilidade dada aos edifícios sujeitos a grandes intervenções. Embora a metodologia para estes, seja a mesma aplicada aos edifícios novos, o limite das necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e energia primária difere em função da época de construção do edifício. De realçar que, para este tipo de edifícios, a aplicação dos requisitos de comportamento térmico e de sistemas técnicos só é obrigatória nos elementos a intervencionar, podendo inclusive haver dispensa da sua verificação, quando os mesmos possam levar à existência de incompatibilidades de ordem técnica, funcional, económica ou de valor arquitetónico. Para estes casos de incompatibilidades, o projetista pode optar por soluções alternativas, pelo cumprimento parcial ou não cumprimento, desde que devidamente justificadas, e posteriormente registadas nos certificados energéticos.

Quanto aos restantes edifícios existentes, à semelhança do que acontecia anteriormente, não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico ou de eficiência dos sistemas. A

metodologia de cálculo para efeitos de certificação energética é igual à aplicada para edifícios novos sempre que haja informação disponível, caso contrário podem ser consideradas as simplificações descritas no despacho nº 15793-E/2013. Estas simplificações dizem respeito aos mesmos parâmetros que a NT-SCE-01, havendo diferenças pontuais na sua determinação, que serão tratadas a pormenor no capítulo IV.

A forma de apresentação dos resultados pode ser feita através de folhas de cálculo definidas na Portaria nº 349-C/2013, que podem ser reproduzidas no Excel, tendo no entanto aumentado a sua complexidade relativamente à anterior legislação. Os Softwares de cálculo térmico disponíveis no mercado foram entretanto adaptados ao novo pacote legislativo.

Relativamente ao programa Solterm, ainda não existe à data uma versão adaptada à nova legislação e a obrigatoriedade por recorrer ao mesmo deixou de existir, podendo ser utilizada outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo equivalente, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia (Despacho (extrato) n.º15793-H/2013).

2.5. PARÂMETROS E REQUISITOS ENERGÉTICOS: PRINCIPAIS ALTERAÇÕES

2.5.1. Parâmetros climáticos e térmicos

2.4.1.1. Zona e dados climáticos

O RCCTE estabelecia dados climáticos médios para cada concelho de Portugal Continental e para as Regiões Autónomas, discriminando três zonas climáticas para o inverno/estação de aquecimento (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas para o verão/estação de arrefecimento (V1, V2 e V3), ambas por ordem crescente de severidade do clima. Previam ainda ajustes do zonamento climático em função da altitude e da distância à costa dos edifícios. As zonas de verão estavam divididas em região Norte e região Sul, essencialmente delimitadas pelo rio Tejo. Os limites das três zonas climáticas de inverno foram estabelecidos a partir do número de graus-dias de aquecimento na base de 20°C (GD20) e os limites das três zonas climáticas de verão foram estabelecidos com base nos valores atualizados da temperatura exterior de projeto de verão, correspondente à temperatura seca do ar exterior que não era excedida, em média, durante mais do que 2,5% do período correspondente à estação convencional de arrefecimento, de 1 de Junho a 30 de Setembro (INETI, 2006).

No Quadro III.1 constavam os seguintes dados climáticos de referência de inverno necessários para o cálculo das necessidades nominais de aquecimento:

- Número de graus-dias de aquecimento GD20;
- Duração da estação convencional de aquecimento.

O número de Graus-dias de aquecimento corresponde ao número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e, segundo o RCCTE-2006, era

igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre a temperatura de base, de 20°C, e a temperatura do ar exterior durante a estação.

Para além do número de graus-dias e da duração da estação de aquecimento, para o cálculo dos ganhos solares úteis de inverno seriam necessários os valores de referência da energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul (GSul) na estação de aquecimento, que assumia os valores que se apresentam na tabela seguinte, em função da zona climática de inverno.

Tabela 2.1 – Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul (GSul), RCCTE (2006)

Zona climática de Inverno	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento — GSul [kWh/m ² .mês]
I1	108
I2	93
I3	90

Para o cálculo das necessidades nominais de arrefecimento, teriam que ser considerados os seguintes dados climáticos de referência:

- Valores de referência de verão das temperaturas exteriores ($\theta_{atm\ ext.}$);
- Valores da intensidade da radiação solar incidente (I_r) em superfícies exteriores com diversas orientações.

Tabela 2.2 – Valores de referência de verão das temperaturas exteriores, $\theta_{atm\ ext}$ [°C], e da intensidade da radiação solar incidente, I_r [kWh/m²], em superfícies exteriores, RCCTE (2006)

Zona	θ_{atm}	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Horiz.
V ₁ N.	19	200	300	420	430	380	430	420	300	730
V ₁ S.	21	200	310	420	430	380	440	430	320	760
V ₂ N.	19	200	320	450	470	420	470	450	320	790
V ₂ S.	23	200	340	470	460	380	460	470	340	820
V ₃ N.	22	200	320	450	460	400	460	450	320	800
V ₃ S.	23	210	330	460	460	400	470	460	330	820
Açores	21	190	270	360	370	340	370	360	270	640
Madeira	21	200	300	380	380	320	370	380	300	700

Principais alterações (REH):

Segundo a nova legislação, o zonamento climático passou a basear-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição é feita por municípios. Os parâmetros para o zonamento climático encontram-se publicados no Despacho (extrato) n.º15793-F/2013.

Para aplicação dos requisitos de qualidade térmica são igualmente definidas zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e de verão (V1, V2 e V3), no entanto os critérios para a sua determinação diferem em relação ao RCCTE. Conforme ilustrado nos quadros seguintes, a zona climática de inverno é definida a partir do número de graus-dias (GD) com base na temperatura de referência, que toma agora o valor de 18 °C, e a zona climática de verão é definida a partir da temperatura média exterior ($\theta_{ext, v}$).

Quadro 2.2 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno, Despacho n.º15793-F/2013

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

Quadro 2.3 – Critérios para a determinação da zona climática de verão, Despacho n.º15793-F/2013

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

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. Esta correção de altitude é do tipo linear, com declive a, proporcional à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência (z_{REF}) para a NUTS III, segundo a expressão 1.

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) \quad [\text{meses ou } ^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

Os parâmetros climáticos da estação de aquecimento (inverno) são os seguintes:

- *GD - Número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento, calculados segundo a fórmula 1;*
- *M - Duração da estação de aquecimento, calculada segundo a fórmula 1;*
- *$\theta_{ext,i}$ - Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento, calculada segundo a fórmula 1;*
- *GSul - Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, [kWh/m2.mês], valores fixos por NUTS III.*

Os parâmetros climáticos para a estação de arrefecimento (verão) são os seguintes:

- *Lv- Duração da estação, valor fixo de 4 meses (2928 horas);*
- *$\theta_{ext,v}$ - Temperatura exterior média, [°C] calculada segundo a fórmula 1;*
- *Isol- 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, [kWh/m2], valores fixos por NUTS III.*

Os valores de referência e declives para ajustes em altitude estão tabelados por NUTS III na Tabela 04 (estação de aquecimento) e 05 (estação de arrefecimento) do referido despacho.

2.4.1.2. Envolvente e coeficiente de redução de perdas

Os espaços/locais não úteis (enu) ou locais não aquecidos (lna) à luz do RCCTE-2006 (e também do atual) são espaços fechados, fortemente ventilados ou não, que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, em regra, não são climatizados. Os espaços úteis são os que se destinam a ser climatizados/destinados à ocupação permanente. A identificação destes espaços permite definir a envolvente (exterior, interior ou sem requisitos).

A envolvente opaca de um edifício corresponde ao conjunto de elementos construtivos, tais como paredes, pavimentos, coberturas, e zonas singulares (pilares, vigas e caixas de estores). Define-se como envolvente opaca exterior, o conjunto dos elementos construtivos que definem a fronteira entre o espaço útil interior e o ambiente exterior. A envolvente

interior define-se como sendo o conjunto dos elementos construtivos que definem a fronteira entre o espaço útil interior e os locais não aquecidos (garagens, arrumos, etc.), e a envolvente sem requisitos, como o conjunto dos elementos construtivos que definem a fronteira entre o espaço útil interior e outras frações autónomas do mesmo edifício ou do solo.

Consoante o valor de “ τ ”, coeficiente associado ao espaço não útil, que representava a redução de perda de temperatura entre os espaços interiores e exteriores, a envolvente interior poderia ainda ter requisitos de envolvente interior (se $\tau \leq 0.7$), ou de envolvente exterior (se $\tau > 0.7$). De acordo com o RCCTE-2006, τ 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 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. A sua determinação através da tabela dependia do tipo de espaço não útil e da relação A_i/A_u , sendo A_i a área dos elementos de separação do espaço útil interior do local não aquecido e A_u a área dos elementos de separação do espaço não útil do exterior. Quanto maior a área de contato com o exterior, maiores seriam as perdas pelos elementos de separação com os espaços úteis da habitação.

Principais alterações (REH):

De acordo com o REH, o coeficiente de redução de perdas passou a denominar-se de btr. Da mesma forma, a envolvente terá requisitos de interior (se $btr \leq 0.7$) ou de exterior (se $btr > 0.7$). O despacho nº 15793-k/2013 contém uma tabela que permite a determinação de btr. Para além do cálculo do quociente A_i/A_u (igual ao RCCTE), será necessário calcular o volume do espaço não útil (V_{enu}), e verificar o seu tipo de ventilação, deixando assim de existir dependência com o tipo de *enu*. Para espaços fortemente ventilados, o valor do coeficiente de redução de perdas toma o valor de 1, e para edifícios adjacentes deve ser utilizado o valor de coeficiente de redução de perdas igual a 0,6 (valor que se mantém igual ao RCCTE).

A identificação dos diferentes tipos de envolvente continua a seguir o esquema de cores sugerido pela ADENE, conforme a figura 2.4.







Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	
Em planta identificar pavimento (com a respetiva cor)	
Em planta identificar cobertura (com a respetiva cor)	

Figura 2.4 – Esquema de cores para a identificação de envolventes (ADENE, 2009)

2.4.1.3. Coeficiente de transmissão térmica superficial

A) ELEMENTOS OPACOS

O coeficiente de transmissão térmica superficial, designado por U, representa 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. A norma europeia EN 6946 preconiza a metodologia de cálculo para os valores de U dos elementos opacos da envolvente, podendo utilizar-se a expressão 2.

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

Em que:

- R_j - Resistência térmica da camada j
- R_{si} - Resistência térmica superficial interior
- R_{se} - Resistência térmica superficial exterior

A resistência térmica de uma camada j pode ser calculada através do quociente entre a sua espessura e o coeficiente de condutibilidade térmica do material dessa camada.

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento que separa um espaço interior de um espaço não útil/edifício adjacente, devem ser consideradas duas resistências térmicas superficiais interiores, R_{si} , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não útil.

B) ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

O coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, depende dos elementos que o compõem, nomeadamente das propriedades térmicas do vidro e do caixilho, da sua ligação, assim como da própria geometria e tipologia do vão. Quando os elementos envidraçados sejam munidos de dispositivos de proteção solar/oclusão noturna, deve ser tida em conta a resistência adicional do dispositivo para a determinação do valor do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite, U_{wdn} . Este corresponde à média dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com a proteção aberta (posição típica durante o dia) e fechada (posição típica durante a noite).

Principais alterações (REH):

O ITE 50- *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*, é uma publicação do LNEC que disponibiliza os valores da condutibilidade térmica dos materiais de construção correntes, resistências térmicas das camadas não-homogéneas mais utilizadas e valores dos coeficientes de transmissão térmica superficial U das soluções construtivas mais correntes em Portugal (paredes, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados). Trata-se de uma publicação que surgiu com a entrada em vigor do SCE, em

2006, e foi muito utilizada, quer para edifícios novos, quer para existentes, no entanto o novo pacote legislativo aponta claramente na direção de serem utilizados prioritariamente os valores exatos dos coeficientes de transmissão térmica das soluções adotadas. A maioria dos materiais de construção que integram as soluções construtivas correntes são já objeto de certificação ou marcação CE, criando confiança e facilidade de acesso à informação técnica, permitindo facilmente a sua determinação.

2.4.1.4. Coeficiente de transmissão térmica linear

Uma ponte térmica linear (PTL) corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores ou em contacto com um espaço não útil com $\tau/btr > 0,7$ e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bi/tridimensional, assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento (ψ , psi), (ADENE, 2011). Para efeitos de cálculo a ponte térmica é quantificada multiplicando o valor de ψ pelo respetivo desenvolvimento (sempre medido pelo interior).

Segundo o RCCTE-20006, as pontes térmicas lineares eram classificadas da seguinte forma:

- Qpe – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o terreno. O RCCTE pressupunha 3 situações distintas, 2 para pavimentos (sem isolamento térmico e com isolamento térmico perimetral) e uma para paredes.
- Qpt – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares dos diversos tipos de ligação entre elementos construtivos existentes no edifício:- Ligação da fachada com pavimentos térreos; - Ligação da fachada com pavimentos sobre lna; - Ligação da fachada com pavimentos intermédios; - Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço; - Ligação da fachada com varanda; - Ligação entre duas paredes; - Ligação da fachada com caixa de estore e Ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril.

Os valores de Ψ (W/m.°C) para soluções correntes eram retirados das tabelas constantes no RCCTE. Para outras situações distintas podiam ser calculados com recurso às metodologias definidas nas normas EN 13370 e EN ISO 10211-1, relativas a Qpe e Qpt, respetivamente, e para estas últimas, podia ainda ser utilizado o valor de Ψ igual a 0,5 W/m.°C.

Principais alterações (REH):

O REH veio trazer alterações substanciais quanto à forma de contabilizar as perdas térmicas pelos elementos em contato com o solo (paredes e pavimentos). As mesmas passam a entrar nos cálculos através do produto do coeficiente de transmissão térmica dos elementos em contato com o solo pela sua área. O coeficiente de transmissão térmica superficial de pavimentos em contato com o solo (U_{bf}) determina-se com base nas Tabelas 03 a 05, do Despacho nº 15793-K/2013, em função dos seguintes elementos: - Dimensão característica do pavimento; - Resistência térmica de todas as camadas do pavimento, com exclusão de resistências térmicas superficiais;-Largura ou profundidade do isolamento, no

caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical, respetivamente. O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo (U_{bw}) determina-se conforme a Tabela 06, do mesmo despacho, em função da resistência térmica da parede (sem resistências térmicas superficiais) e da profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo.

Relativamente às restantes pontes térmicas lineares, para além de poderem ser utilizados os valores tabelados, ou a norma referida atrás, passa a ser permitido o recurso a catálogos de pontes térmicas para várias geometrias e soluções construtivas típicas (desde que o cálculo tenha sido efetuado de acordo com a Norma Europeia EN ISO 14683 com recurso à metodologia definida na EN ISO 10211). De salientar que, já existem ferramentas informáticas disponíveis no mercado que procedem ao cálculo exato dos valores de Ψ , com base nas normas. Quanto aos valores tabelados, a sua consulta pelo REH foi simplificada, através da diminuição do número de condicionantes (por exemplo a eliminação da condicionante relacionada à espessura de pavimentos), sendo também possível de constatar que os valores de ψ sofreram ajustes.

2.4.1.6. Fator solar

O fator solar de um vão envidraçado (g_{\perp}) 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. Para a sua determinação há que saber qual o valor do fator solar do vidro utilizado no vão envidraçado, para uma incidência normal à superfície, $g_{\perp,vi}$, devendo este ser fornecido pelo fabricante. O RCCTE continha uma tabela com valores de fatores solares *standar* de várias composições típicas de vidros simples ou duplos, compreendendo vidros planos incolores, coloridos, refletantes e foscos. Para outras composições de vidros, o fator solar poderia ainda ser calculado através do método especificado na norma EN 410.

O fator solar do vão envidraçado toma valores diferentes nas estações de aquecimento e arrefecimento. Segundo o RCCTE para a estação de aquecimento, consideravam-se os dispositivos de proteção solar móveis totalmente abertos, para maximizar o aproveitamento da radiação solar incidente no vão envidraçado. No entanto, era tido em consideração o hábito da utilização de cortinas interiores transparentes, pelo que no setor residencial todos os vidros incolores correntes assumiam valores de fator solar de 0,7 para vidros simples e 0,63 para vidros duplos, considerando a existência de cortinas interiores muito transparentes de cor clara.

Relativamente à estação de arrefecimento o valor do fator solar tinha em consideração a utilização desejável dos dispositivos de proteção solar móvel. O seu valor ($g_{\perp, v}$) era obtido pela soma de 30% do fator solar do vidro mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel ativada.

O quadro V.4, do RCCTE, apresentava valores do fator solar de vãos envidraçados com diferentes dispositivos de proteção para vidros incolores correntes (g_{\perp}) e para vidros especiais, desde que estes tivessem proteções exteriores opacas. Os vidros correntes são vidros com fator solar de 0,85 (correspondente a vidro com 6mm) no caso de vidro simples e 0,75 no caso de vidro duplo (correspondente a vidros de 4 a 8 mm +5mm). Para vidros diferentes destes (especiais), o fator solar dos vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar interiores ou com proteção exterior não opaca seria corrigido através da aplicação de equações próprias, expressas no RCCTE.

Principais alterações (REH):

Os pressupostos segundo o REH para a determinação dos fatores solares do vidro ($g_{\perp vi}$) e de vãos envidraçados com dispositivos de proteção para vidros incolores correntes ($g_{\tau vc}$) são os mesmos que o RCCTE, no entanto a determinação do fator solar do vão no inverno (g_i) e verão (g_v) é diferente.

Relativamente à estação de inverno, de modo a maximizar o aproveitamento da radiação solar consideram-se totalmente abertos os dispositivos de proteção, com a diferença de já não ser considerada a existência da cortina interior muito transparente. No entanto, existindo dispositivos de proteção permanentes, estes terão que ser considerados ($g_i = g_{\tau p}$). No caso da ausência destes dispositivos, g_i será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal, afetado do fator de seletividade angular (F_w), que traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar direta, tomando o valor de 0,9, para vidros duplos e simples.

Na estação de arrefecimento considera-se que, de forma a minimizar a incidência da radiação solar, os dispositivos de proteção solar móveis encontram-se ativos uma fração de tempo que depende do octante para o qual o vão está orientado. Caso existam dispositivos de proteção permanentes os mesmos devem ser sempre considerados. Na sua ausência, o fator solar, na fração de tempo em que as proteções estão inativas, será afetado do fator de seletividade angular de verão, o qual varia consoante o tipo de vidro (simples ou duplo) e o octante para o qual está orientado.

2.4.1.5. Taxa nominal de renovação do ar

A ventilação natural é resultante das diferenças de pressão motivadas pela exposição ao vento e pelo efeito de chaminé derivado do diferencial de temperaturas entre o interior e o exterior. Em alternativa, a renovação de ar de um edifício pode ser assegurada por sistemas mecânicos, que consomem energia proporcionando diferenças de pressão, criadas mecanicamente.

Segundo o RCCTE, a taxa de referência para a renovação do ar (R_{ph}), para garantia da qualidade do ar interior, era de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adotadas para o edifício ou fração autónoma, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento.

A metodologia de cálculo do RCCTE, para os edifícios ventilados naturalmente previa o cumprimento das exigências da norma NP 1037-1, no entanto segundo esta, os edifícios não poderiam dispor de quaisquer meios mecânicos de insuflação ou extração de ar, nomeadamente exaustores de cozinha, extratores nas instalações sanitárias. Ora, tal seria impossível de cumprir nos edifícios de habitação característicos de Portugal.

Para os edifícios ventilados naturalmente, que não cumpriam a norma NP 1037, o valor de R_{ph} era determinado de acordo com as tabelas constantes no RCCTE, através do conhecimento da classe de exposição do edifício à ação do vento, que dependia: *i)* da altura da fração acima do solo, *ii)* da região do edifício (conforme a altitude e distância à costa), e *iii)* da rugosidade da zona (rural, urbana, ou muito exposta). Com base na classe de exposição, na existência ou não de dispositivos de admissão na fachada e ainda na permeabilidade ao ar da caixilharia (função da classe da caixilharia quanto à permeabilidade ao ar e da existência ou não de caixas de estores) era determinado o valor de R_{ph} (em h^{-1}). Este podia ainda sofrer correções de acordo com os seguintes parâmetros: *i)* Características dos dispositivos de admissão de ar nas fachadas, *ii)* Área dos vãos envidraçados e *iii)* Tipo de vedação previsto para as portas.

Principais alterações (REH):

O decreto-lei n.º118/2013 privilegia claramente a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos. Uma das novidades deste regulamento consiste na introdução da ventilação como um requisito mínimo de qualidade térmica. A portaria nº 349-B/2013 estabelece o valor mínimo de R_{ph} , a $0,4 h^{-1}$, e ao contrário do RCCTE, para edifícios novos e grandes intervenções, este valor não é só um valor mínimo de cálculo mas também de solução. Ao contrário do RCCTE, o valor de R_{ph} é determinado para as duas estações, podendo inclusive assumir valores distintos. Na estação de arrefecimento e exclusivamente para efeitos de cálculo, não deverá ser utilizado um valor de R_{ph} , inferior $0,6 h^{-1}$.

Em consonância com o RCCTE, poderão ser adotadas as disposições da norma NP 1037-1. Caso contrário, 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, da existência de 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, ou de acordo com outros dados, como alternativa, desde que tecnicamente adequados e justificados num projeto de ventilação. Na aplicação desta norma, o REH prevê simplificações e a utilização de ferramentas de cálculo adequadas. A este nível existe uma ferramenta de cálculo desenvolvida pelo LNEC, constituindo esta o meio mais utilizado de momento para o cálculo de R_{ph} .

2.4.1.5. Inércia térmica

A inércia térmica (I_t) traduz-se na dificuldade que um corpo tem em mudar a sua temperatura, ou seja, na capacidade em armazenar calor e libertá-lo ao fim de um período de tempo e está associada a elementos constituídos por materiais densos e pesados.

O seu princípio de cálculo estava estipulado no RCCTE, traduzindo-se na seguinte expressão:

$$I_t = \sum M_{si} r S_i / A_p \quad [\text{Kg/m}^2] \quad (3)$$

Em que:

- M_{si} - Massa superficial útil do elemento i (kg/m^2);
- r - Fator de redução da massa superficial;
- S_i - Área da superfície interior do elemento i (m^2)
- A_p - Área interior útil de pavimento (m^2).

Os valores da massa superficial dos elementos podem ser obtidos em tabelas técnicas, nas seguintes publicações do LNEC : *Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria-ITE 12* e *Caracterização Térmica de Pavimentos Pré-Fabricados-ITE11*, documentos de homologação, entre outros. As massas superficiais (M_{si}) seriam contabilizadas para o cálculo consoante a sua localização (EL1-envolvente exterior; EL2 - elementos em contato com o solo; ou EL3- elementos interiores da fração), e ainda consoante a sua constituição, nomeadamente o isolamento térmico e a resistência térmica dos seus revestimentos superficiais. Encontravam-se limitadas a 150 kg/m^2 para elementos EL1 e EL2 e a 300 Kg/m^2 para elementos EL3. Existindo isolamento térmico no elemento construtivo a consideração da massa superficial só poderia ser feita a partir do mesmo até à face interior do elemento. Consoante as características térmicas dos revestimentos superficiais interiores, M_{si} seria multiplicado pelo fator de redução (r). Quanto maior fosse o valor da resistência térmica do revestimento do elemento construtivo menor seria a contribuição deste para a I_t .

Dependendo do valor calculado, a inercia térmica (em kg/m^2) seria classificada em: i) Fraca se $I_t < 150$; ii) Média se $150 \leq I_t \leq 400$ e iii) Forte se $I_t > 400$.

Principais alterações (REH):

O princípio de cálculo da inercia térmica definido no REH é praticamente o mesmo que o descrito atrás e os valores limites para a definição da classe de inércia continuam a ser os mesmos. A diferença maior está na referência às caixas-de-ar incorporadas nos elementos construtivos, sendo que, caso existam, a massa superficial será contabilizada desde a caixa-de-ar até à face interior do elemento, passando também (a caixa de ar) a entrar nos cálculos da resistência térmica para a determinação do fator de redução da massa superficial. Quanto aos elementos do tipo EL3, é definido para além do estabelecido no RCCTE que, caso incorporem isolamento térmico, a massa deve ser contabilizada em separado para cada lado do isolamento, desde a sua face até aos extremos de cada lado, com um máximo de 150 kg/m^2 (e tal como no RCCTE, o valor limite da soma dos dois lados é 300 kg/m^2).

2.4.1.7. Coeficiente de absorção solar

O conhecimento do coeficiente de absorção da radiação solar da superfície exterior era necessário para cálculo dos ganhos solares na estação de arrefecimento em paredes e coberturas. O RCCTE continha uma tabela com este fator em função de três tipos de cores (clara, média e escura).

Principais alterações (REH):

Atualmente, no caso de sistemas ventilados em paredes e, no caso de coberturas em desvão, para além do coeficiente de absorção, deve ser tido em conta o fator que exprime o efeito da emissividade das faces interiores do revestimento e, do grau de ventilação da caixa-de-ar (fachada ventilada) e do desvão (cobertura).

2.5.2. Requisitos mínimos relativos à envolvente, ventilação e sistemas

Um Requisito Mínimo no âmbito da legislação de térmica pode ser entendido como sendo uma condição imposta a determinada característica de um elemento, podendo traduzir-se num valor mínimo a respeitar ou num limite máximo a não ultrapassar (ADENE, 2015). Torna-se importante a verificação destes requisitos antes de se proceder ao cálculo dos índices energéticos, pois qualquer requisito mínimo que não seja respeitado torna o projeto anti-regulamentar.

O RCCTE impunha os seguintes requisitos mínimos de qualidade térmica aos elementos da envolvente dos edifícios/frações autónomas a partir da limitação dos valores, quer do coeficiente de transmissão térmica superficial (U) dos elementos opacos da envolvente (U da zona corrente e U das pontes térmicas planas), quer do fator solar dos vãos envidraçados (g_L):

- 1- Para elementos da zona corrente da envolvente opaca exterior e interior (paredes, coberturas, pavimentos), o RCCTE estabelecia valores máximos admissíveis para os coeficientes de transmissão térmica superficial diferenciados consoante a zona climática de Inverno (I1, I2, I3).

Tabela 2.3 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de elementos opacos (RCCTE,2006)

Elemento da envolvente	(U-W/m ² oC)		
	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores em zona corrente (**):			
Zonas opacas verticais	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente (***):			
Zonas opacas verticais	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

- 2- Para zonas não correntes da envolvente opaca, denominadas de pontes térmicas planas (PTP), nomeadamente pilares, vigas e caixas de estores, o RCCTE impunha os valores da tabela anterior e ainda a seguinte condição: -“nenhuma zona não corrente poderia 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”.
- 3- Relativamente ao fator solar máximo admissível, os vãos envidraçados cuja área total fosse superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servissem, excluindo os envidraçados a norte, não podiam apresentar um fator solar correspondente ao vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativos (g_{\perp} ou $g_{100\%}$), maior do que o definido no regulamento, e que se expõe na tabela seguinte.

Tabela 2.4 – Fatores solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados (RCCTE,2006)

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

Principais alterações (REH):

Quanto aos requisitos mínimos apontam-se a seguir as principais alterações:

- 1- Os requisitos mínimos relativos à envolvente corrente opaca mudaram apenas num único valor limite (U relativo a elementos exteriores verticais ou interiores com $b_{tr} > 0,7$) para a zona climática de inverno I1 (passou de 1,8 para 1,75 W/(m²°C)), dificultando deste modo a adoção de soluções de paredes simples.
- 2- Relativamente às zonas opacas não correntes da envolvente, a verificação das condições definidas atrás e também aplicáveis com o novo regulamento podem ser dispensadas se U_{PTP} for menor ou igual a 0,9 W/(m²°C), facilitando deste modo o cumprimento do requisito para as soluções correntes das caixas de estores.
- 3- Quanto ao fator solar dos vãos envidraçados (com área superior a 5% e não orientados no quadrante norte) as condições limite foram alteradas. De acordo com a atual legislação, os vãos devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados (g_T), afetados dos fatores de sombreamento horizontais e verticais (o RCCTE era omissivo quanto aos fatores de sombreamento) inferior aos valores limite que passaram a estar diferenciados em função do quociente entre a área de vãos envidraçados e a área do pavimento que servem. Estas novas condições impõem a adoção de proteções mais eficazes nos compartimentos servidos por grandes áreas de envidraçados evitando deste modo o sobreaquecimento dos espaços que servem.

a)

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

$g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmáx}$

b)

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

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

- g* - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;
- Fo* - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
- Ff* - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;
- gTmáx* - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;
- Aenv* - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento [m2];
- Apav* - Área de pavimento do compartimento servido pelo (s) vão(s) envidraçado(s) [m2].

<i>gTmáx</i>	Zona Climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Figura 2.5 – Fatores Solares máximos admissíveis dos vãos envidraçados (PORTARIA n.º 349-B/2013)

- 4- Conforme já descrito atrás, o REH contempla um novo requisito relativo ao valor mínimo da taxa de renovação horária de ar, que deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora, ou seja, ao contrário do RCCTE, se o valor de cálculo for inferior a este valor, terão que se providenciar diferentes/novas soluções de projeto.
- 5- O REH, para além de atualizar os requisitos de qualidade térmica, introduziu requisitos para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios. A este nível introduziu requisitos gerais, nomeadamente quanto às espessuras dos isolamentos das tubagens e dos depósitos de fluidos térmicos, e requisitos mais específicos, como os requisitos mínimos de eficiência dos vários sistemas de ar condicionado/bombas de calor/chillers, caldeiras e esquentadores.
- 6- O REH, formalmente, em termos legislativos, veio definir características de um coletor solar padrão para calcular o valor mínimo de energia solar, sendo que os sistemas a instalar deverão proporcionar uma contribuição de energia renovável superior a esse valor. À semelhança do RCTTE, os coletores solares deverão ser certificados e instalados por instaladores devidamente qualificados, no entanto, no que diz respeito à manutenção, já não é necessário um contrato inicial, mas sim o registo da instalação e manutenção em base de dados criada para o efeito, em condições ainda a definir.

2.5.3. Requisitos energéticos

Para edifícios sujeitos à verificação regulamentar, para além dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente, o RCCTE contemplava os seguintes requisitos energéticos, respeitantes a valores limite para as diferentes necessidades energéticas:

- Limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento ($N_{ic} \leq N_i$);
- Limites das necessidades nominais de energia útil arrefecimento ($N_{vc} \leq N_v$);
- Limites das necessidades nominais de energia para preparação de água quente sanitária ($N_{ac} \leq N_a$);
- Limites das necessidades nominais globais de energia primária ($N_{tc} \leq N_t$).

É importante realçar que, embora as necessidades nominais não traduzam as necessidades energéticas reais de uma fração autónoma em virtude de poderem ocorrer diferenças substanciais, quer por excesso, quer por defeito, entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência, elas permitem no entanto comparar entre si, objetivamente, os edifícios ou frações autónomas quanto ao comportamento térmico (INETI, 2006).

De acordo com o RCCTE, as necessidades de energia útil para aquecimento de um edifício, N_{ic} , correspondiam à energia útil necessária para que o edifício se mantivesse à temperatura interior de referência, ou seja, de 20°C. Para a determinação do seu valor haveria que efetuar um balanço entre perdas (por transmissão e ventilação) e ganhos de calor (solares e internos). O valor máximo N_i dependia do valor dos Graus-dias de aquecimento (GD) na base de 20°, em função da zona climática e do fator de forma (FF). Este FF seria igual ao quociente entre o somatório das superfícies das envolventes exterior e interior, e o volume útil interior da fração autónoma.

Relativamente à estação de arrefecimento, as necessidades de energia útil (N_{vc}) calculadas para uma temperatura de referência de 25°C, correspondiam à energia necessária para neutralizar o excesso de ganhos solares e internos (ganhos térmicos brutos), considerados como sobreaquecimento, ou seja como ganhos não úteis. O valor máximo (N_v) era fixo, obtido diretamente por consulta do RCCTE, e dependia da zona climática de verão e da localização do edifício, a norte ou sul.

A energia para aquecer a água quente sanitária (AQS) utilizada nos edifícios só começou a ser contabilizada com a aplicação do RCCTE. O seu cálculo tinha em conta que eram gastos 40 litros de água por ocupante (por dia) do edifício, MA_{QS} , e também tinha em conta que seria necessário um aumento de temperatura de 45°C para elevar para 60°C a temperatura final requerida (considerando uma temperatura de 15°C na rede pública). Esta energia útil seria afetada pela eficiência dos equipamentos convencionais (η_a) à qual seria descontada a energia produzida através dos coletores solares (E_{solar}) ou outras formas de energia

renovável (Eren). O valor limite (Na) seria calculado através da expressão constante no anexo A.

A energia primária (Ntc) seria a energia global que tinha em conta os diferentes tipos de energia finais (energias úteis afetadas das eficiências dos equipamentos, η), convertidos em energia primária através dos fatores de conversão (F_{pu} = 0,290 kgep/kWh para a eletricidade e F_{pu} =0,086 kgep/kWh para combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos). A sua contribuição admitia que os edifícios não eram aquecidos nem arrefecidos em contínuo durante o inverno e verão, respetivamente, considerando que apenas seriam climatizados 10% do tempo. O valor limite (Nt) seria calculado através de uma expressão que tinha em conta os valores limites Ni, Nv e Na, afetados de coeficientes que traduziam a consideração que estaticamente os edifícios consumiam 25% de energia em climatização, 50% na produção de AQS e 25% em outros tipos de necessidades. O valor final seria ainda multiplicado por 0,9, que se traduzia no incentivo a um melhor desempenho energético dos edifícios, não bastando cumprir o limite à justa (INETI, 2006).

$Ntc = 0,1 (N_{ic}/\eta_i) F_{pui} + 0,1 (N_{vc}/\eta_v) F_{puv} + N_{ac} F_{pua}$	$Nt = 0,9(0,01 N_i + 0,01 N_v + 0,15 N_a)$
--	--

Figura 2.6 – Expressões para o cálculo de Ntc e Nt, kgep/m2.ano (RCCTE, 2006)

Principais alterações (REH):

De acordo com a atual legislação, o cálculo do desempenho energético para a determinação dos índices energéticos será feito quase na totalidade em duplicado. Um dos cálculos corresponde ao edifício real, obtendo-se os índices Nic, Nv, Nt e o outro corresponde ao mesmo edifício, mas considerando parâmetros/soluções térmicas de referência, obtendo-se os valores limite Ni, Nv e Nt. Estes parâmetros de referência encontram-se estabelecidos na legislação e, entre outros, dizem respeito aos coeficientes de transmissão térmica da envolvente, coeficientes de transmissão térmica lineares, número de renovações horárias, eficiências dos sistemas. Embora seja necessário calcular a necessidade de energia para preparação de água quente sanitária, deixou de ser imposta a verificação do seu valor limite.

De acordo com o REH, as necessidades de energia útil para aquecimento de um edifício, Nic, correspondem à energia útil necessária para que o edifício se mantenha à temperatura interior de referência, que passou a ser 18°C. Relativamente à estação de arrefecimento, as necessidades de energia útil, Nvc, continuam a ser calculadas para uma temperatura de referência de 25°C. Os balanços energéticos que ocorrem nas duas estações estão resumidos nos quadros seguintes, incluindo as principais alterações ao RCCTE-2006.

O cálculo de energia relativo à água quente sanitária (AQS) tem em conta que é gasta a mesma quantidade de água (40 litros de água, por ocupante, por dia), no entanto,

considera-se que será necessário apenas um aumento de temperatura de 35°C (uma diferença de 10°C relativamente ao RCCTE) para elevar para 50°C a temperatura final requerida. Uma das novidades deste regulamento prende-se com a contabilização da eficiência hídrica aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica através do Fator de eficiência hídrica, permitindo reduzir o valor do consumo médio diário, MAQS. Ao contrário do aplicável com o RCCTE-2006, os arrumos ou outros compartimentos que não sejam quartos, com área superior a 9m², deixam de ser considerados quartos para efeitos de contabilização do número de ocupantes. À energia útil calculada é descontada a energia produzida através dos coletores solares ou outras formas de energia renovável, Eren, uma diferença em relação ao RCCTE, em que a energia renovável era descontada à energia final.

A energia primária (Ntc) é a energia global que tem em conta os diferentes tipos de energia finais (afetados das eficiências dos equipamentos) descontando a componente referente à energia renovável, sendo que os diferentes tipos de energia são convertidos em energia primária através dos seus fatores de conversão, Fpu (2,5 kWh_{ep}/kWh para a eletricidade e 1 kWh_{ep} /kWh para combustíveis sólidos, líquidos, gasosos ou energia renovável). Ao contrário do RCCTE, admite-se que os edifícios são aquecidos e arrefecidos em contínuo durante o inverno e verão. O valor limite (Nt) é calculado através da expressão constante na figura seguinte, tendo em conta os valores limites Ni, Nv e Na.

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

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

Figura 2.7 – Expressões de cálculo de Ntc e Nt, kWh_{EP}/m².ano (REH, 2013)

Conforme já referido, a classe de eficiência energética, apresentada no certificado através de uma letra, será calculada a partir da seguinte expressão: R = Ntc/Nt. A flexibilidade no que diz respeito ao cumprimento dos valores limites por parte dos edifícios de habitação existentes sujeitos a grandes intervenções (conforme referido em 2.4.2) está expressa na tabela seguinte. Estes valores limites apresentam-se diferenciados por períodos de construção que, de algum modo, refletem a aplicação de requisitos legislativos referentes à habitação, nomeadamente o RGEU e o RCCTE-1990.

Quadro 2.4 – Necessidades de Aquecimento – balanços energéticos (RCCTE vs REH)

BALANÇO ENERGÉTICO- ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (INVERNO)				
		RCCTE-2006	REH-2013	Alterações REH-2013
PERDAS	TRANSMISSÃO	ENVOLVENTE EXTERIOR E ENVOLVENTE INTERIOR (ENU+EDIFÍCIOS ADJACENTES): $(U \cdot A)$ e $(U \cdot A \cdot \tau)$ paredes, pavimentos e coberturas vãos envidraçados Pontes térmicas planas Portas opacas	ENVOLVENTE EXTERIOR E ENVOLVENTE INTERIOR (ENU+EDIFÍCIOS ADJACENTES): $(U \cdot A)$ e $(U \cdot A \cdot btr)$ paredes, pavimentos e coberturas vãos envidraçados Pontes térmicas planas Portas opacas	-btr: a sua determinação difere da determinação de τ
		ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO $(\psi \cdot B)$ e/ou $(\psi \cdot B \cdot \tau)$ paredes, pavimentos	ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO $(U \cdot A)$ paredes, pavimentos	-Elementos contabilizados de forma diferente (perda superficial em vez de linear)
		PONTES TÉRMICAS LINEARES (Env exterior; Env interior (se $\tau > 0,7$) de ENU+EDIFÍCIOS ADJACENTES): $(\psi \cdot B)$ e/ou $(\psi \cdot B \cdot \tau)$ ligação entre paredes verticais ligação da fachada com pavim. térreos ligação da fachada com pavim. exteriores ou Ina ligação da fachada com pavim. Intermedios ligação da fachada com cobertura inclin. ou terraço ligação da fachada com varanda ligação da fachada com padieira, ombreira, peitoril ligação da fachada com caixa de estore	PONTES TÉRMICAS LINEARES (Env exterior; Env interior (se $btr > 0,7$) de ENU+EDIFÍCIOS ADJACENTES): $(\psi \cdot B)$ e/ou $(\psi \cdot B \cdot btr)$ ligação entre paredes verticais ligação da fachada com pavimentos térreos ligação da fachada com pavim. exteriores ou Ina ligação da fachada com pavimento intermedios ligação da fachada com cobertura inclin. ou terraço ligação da fachada com varanda ligação da fachada com padieira, ombreira, peitoril ligação da fachada com caixa de estore	- ψ : diferentes tabelas para a sua determinação
	VENTILAÇÃO	NATURAL OU MECÂNICA Rph	NATURAL OU MECÂNICA Rph inverno	- Alteração substancial da Metodologia de cálculo.
				-Nº GD difere! (Tref passou de 20°C para 18°C)
GANHOS ÚTEIS = η^* Ganhos térmicos Brutos	<u>GANHOS INTERNOS BRUTOS</u>	OCUPANTES, EQUIPAMENTOS, ILUMINAÇÃO (4W/m2)	OCUPANTES, EQUIPAMENTOS, ILUMINAÇÃO (4W/m2)	--Alteração da metodologia de determinação de M (nº meses inverno)
	<u>GANHOS SOLARES BRUTOS</u>	VÃOS ENVIDRAÇADOS (Área, Fator solar, Fração envidraçada Fg, Fator orientação X, Fator obstrução)	VÃOS ENVIDRAÇADOS (Área, Fator solar, Fração envidraçada Fg, Fator orientação X, Fator obstrução)	-Alteração da metodologia cálculo do Fator solar inverno - Alteração metodologia de determinação de M - Valor Gsul aumentou
			VÃOS INTERIORES EM CONTATO COM SOLÁRIOS/MARQUISES/JARDINS INVERNO	-Os vãos interiores em contato com solários/...passam a ser contabilizados

Quadro 2.5 – Necessidades de Arrefecimento – balanços energéticos (RCCTE vs. REH)

BALANÇO ENERGÉTICO- ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (VERÃO)				
		RCCTE-2006	REH-2013	Alterações REH-2013
PERDAS	TRANSMISSÃO	ENVOLVENTE EXTERIOR ($U \cdot A$) paredes, pavimentos e coberturas vãos envidraçados Pontes térmicas planas Portas opacas	ENVOLVENTE EXTERIOR E ENVOLVENTE INTERIOR (ENU): ($U \cdot A$) e/ou ($U \cdot A \cdot btr$) paredes, pavimentos e coberturas vãos envidraçados Pontes térmicas planas Portas opacas	-A envolvente interior passa a ser contabilizada (excepto elementos em contato com edifícios adjacentes)
			ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO paredes, pavimentos ($U \cdot A$)	-Elementos em contato com o solo passam a ser contabilizados
			PONTES TÉRMICAS LINEARES (Env exterior; Env interior (se $btr > 0,7$) de ENU+EDIFÍCIOS ADJACENTES): ($\psi \cdot B$) e/ou ($\psi \cdot B \cdot btr$) ligação entre paredes verticais ligação da fachada com pavimentos térreos ligação da fachada com pavimento exteriores ou Ina ligação da fachada com pavimento intermédios ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço ligação da fachada com varanda ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril ligação da fachada com caixa de estore	-As PTL passam a ser contabilizadas
	VENTILAÇÃO	NATURAL OU MECÂNICA Rph	NATURAL OU MECÂNICA Rph verão	-Alteração da Metodologia de cálculo.
				-Alteração da metodologia para determinar a Temperatura exterior de verão, $\theta_{v,ext}$
GANHOS ÚTEIS = η^* Ganhos térmicos Brutos	GANHOS INTERNOS	OCUPANTES, EQUIPAMENTOS, ILUMINAÇÃO (4W/m2)	OCUPANTES, EQUIPAMENTOS, ILUMINAÇÃO (4W/m2)	
	GANHOS SOLARES BRUTOS	VÃOS ENVIDRAÇADOS (Área, Fator solar, Fração envidraçada F_g , Intens. radiação solar I_{sol} , Fator obstrução)	VÃOS ENVIDRAÇADOS (Área, Fator solar, Fração envidraçada F_g , Intens. radiação solar I_{sol} , Fator obstrução)	-Alteração da metodologia cálculo do Fator solar verão -Valores I_{sol} aumentaram
			VÃOS INTERIORES EM CONTATO COM SOLÁRIOS/MARQUISES/JARDINS INVERNO	-Os vãos interiores em contato com solários/...passam a ser contabilizados nos ganhos
		ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA (Área, coeficiente absorção, U , R_{se})	ENVOLVENTE EXTERIOR + COBERTURAS SOB DESVÃO (Área, coeficiente absorção, U , R_{se} , fator de obstrução F_s)	-As coberturas interiores passaram a ser contabilizadas -Em paredes ventiladas e coberturas em desvão o coef de absorção passa a multiplicar-se por um fator que depende da emissividade da face interior do revestim e do grau de ventilação --Pode entrar-se (opcional) com o sombreamento da envolvente opaca, F_s

Tabela 2.5 – Relação entre os valores das necessidades nominais e limite sujeitos a grandes intervenções (REH, 2013)

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

Encontra-se, no Anexo A, uma exposição, facilmente comparável, dos procedimentos de cálculo do desempenho energético de edifícios, definidos nos dois regulamentos.

Bragança, para fins estatísticos, integra-se na NUT III do Alto Trás-os-Montes, da qual fazem parte mais catorze concelhos (Alfândega da Fé, Boticas, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso e Vinhais). Os principais núcleos urbanos são as cidades de Bragança, Chaves e Mirandela.



Contributos para a caracterização energética de edifícios habitacionais do concelho de Bragança

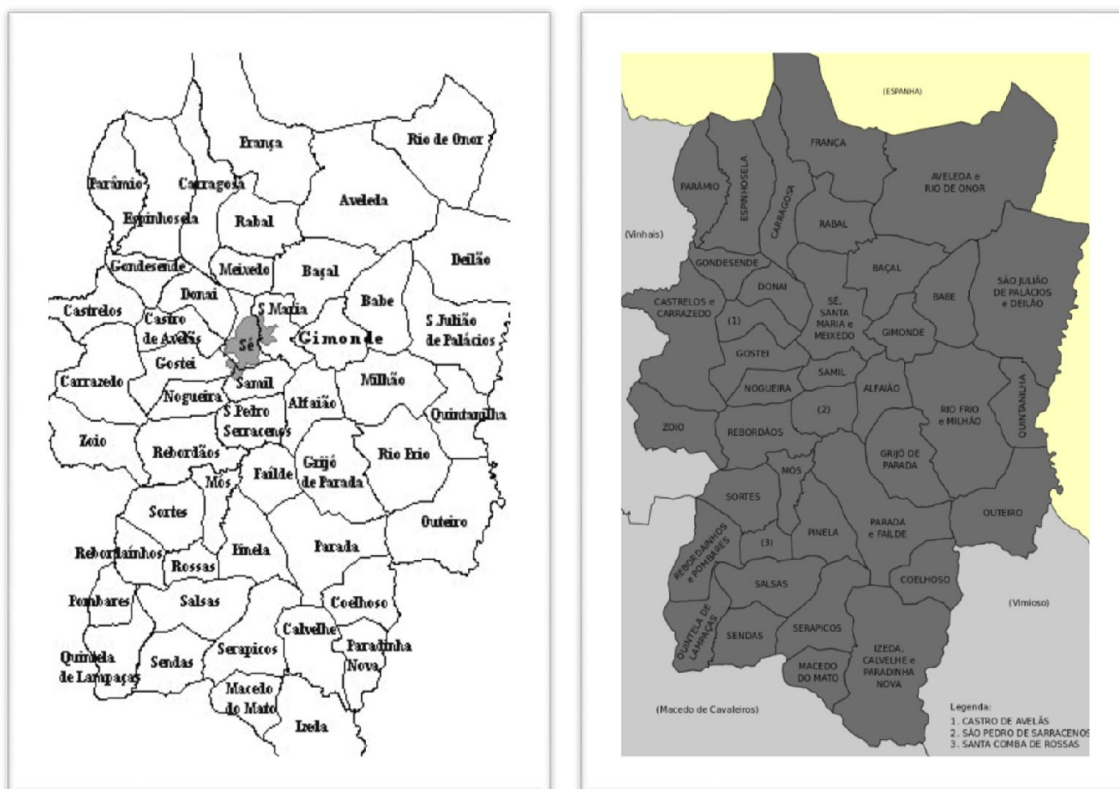


Figura 3.2 - Freguesias do concelho de Bragança até janeiro de 2013 (à esquerda) e após 2013 (à direita)

De um modo geral, entre 1911 e 2011, a evolução demográfica do concelho de Bragança foi positiva, apresentando em 2011, uma população residente de 35 341 mil indivíduos.

Os censos de 2011 permitiram apurar a existência de 16517 edifícios clássicos, com idade média de 34,03 anos, caracterizando desta forma um parque edificado relativamente recente. A figura seguinte demonstra a evolução do número de edifícios ao longo dos anos, verificando-se um crescimento acentuado entre 1981 e 2001 e um crescimento bastante mais ténue a partir de 2001.

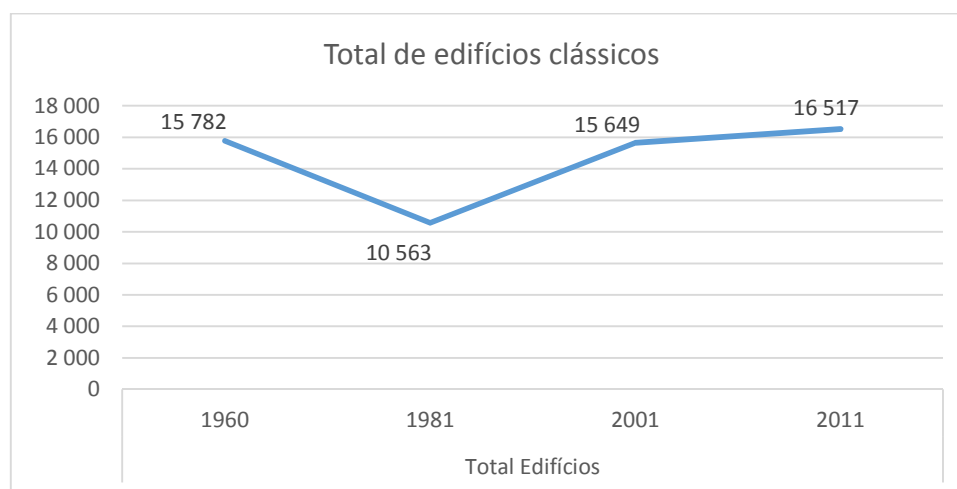


Figura 3.3 - Total de Edifícios no concelho de Bragança, com base em dados de PorData, Recenseamento Geral da População (1960) | II, IV e V Recenseamentos Gerais da Habitação (a partir de 1981)

Resume-se na tabela seguinte a proporção de edifícios construídos nos últimos 10 anos de 1991, 2001 e 2011, em Bragança e Portugal.

Tabela 3.1 - Proporção de edifícios construídos nos últimos 10 anos (%) por Localização geográfica; INE, Censos 1991, 2001, 2011

Localização geográfica	Proporção de edifícios construídos nos últimos 10 anos (%) por Localização geográfica		
	Período de referência dos dados		
	1991	2001	2011
	%	%	%
Portugal	23,52	19,2	14,39
Bragança	27,11	16,25	14,39

Atendendo a que as exigências em relação às questões do conforto térmico e da eficiência energética têm vindo a aumentar ao longo do tempo, a época de construção torna-se uma variável de extrema importância na análise do consumo energético do parque habitacional. Com base na informação estatística, é possível refletir na possibilidade de intervenção nos edifícios, com o intuito de reduzir as suas necessidades de energia. Relativamente ao concelho de Bragança, verifica-se que 68% dos edifícios existentes foram construídos antes da entrada em vigor do primeiro regulamento de térmica e, portanto com necessidades energéticas maiores, 26% foram construídos à luz do RCCTE- 1990 e 6% foram construídos à luz do RCCTE-2006. Torna-se no entanto necessário interpretar estes números com especial cautela, pois um número significativo dos edifícios mais antigos já foi alvo de intervenções. Mas, por outro lado, consta-se que mais de 50% dos edifícios existentes foram construídos após 1981, com idades inferiores a 34 anos, provavelmente sem terem sofrido qualquer intervenção. Pode portanto concluir-se que existe um número significativo de edifícios que foram construídos sem qualquer legislação, ou tomando como base uma legislação ainda pouco exigente necessitando, por isso, de intervenções e de adaptações às novas exigências de conforto térmico/energético nos próximos anos.

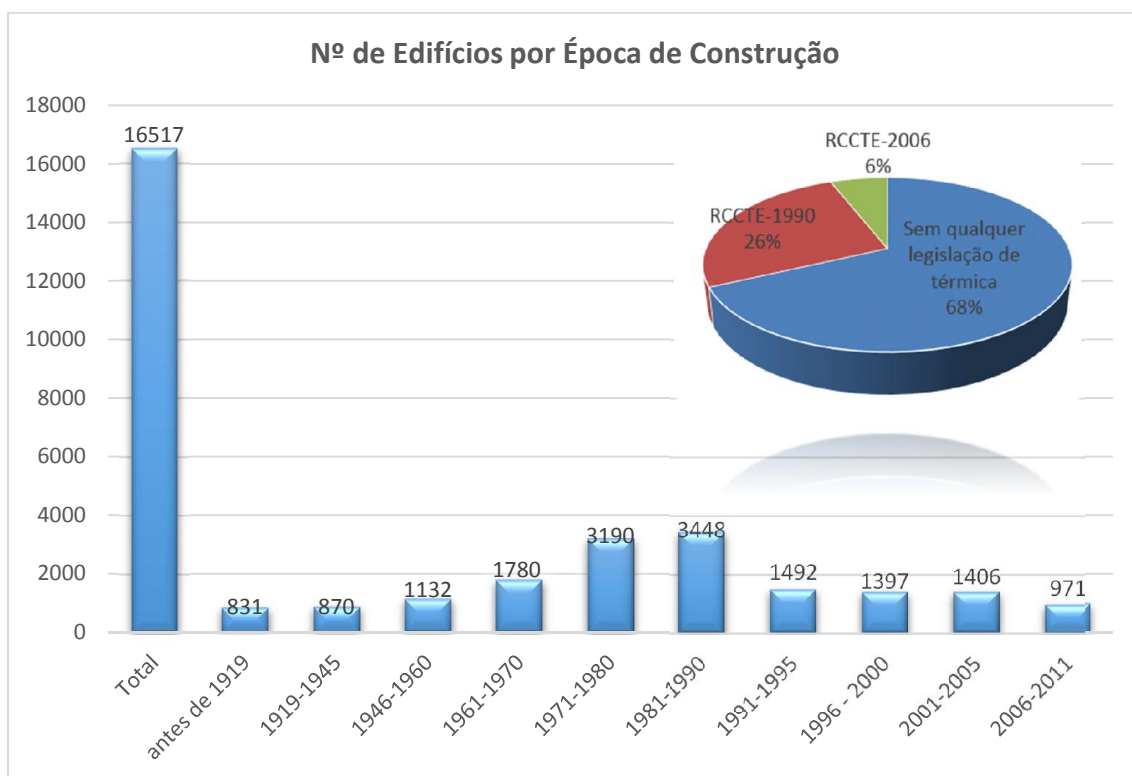


Figura 3.4 - Total de Edifícios por época de construção, concelho de Bragança, com base em dados de PorData, Recenseamento Geral da População (1960) | II, IV e V Recenseamentos Gerais da Habitação (a partir de 1981)

Dos 16517 edifícios existentes, 88% são exclusivamente residenciais. Os edifícios de serviços, principalmente não residenciais, representam uma pequena minoria do parque edificado, passando despercebida no topo das colunas da figura seguinte. Na mesma figura, é possível verificar que mais de 50% dos edifícios existentes são compostos por dois pisos.

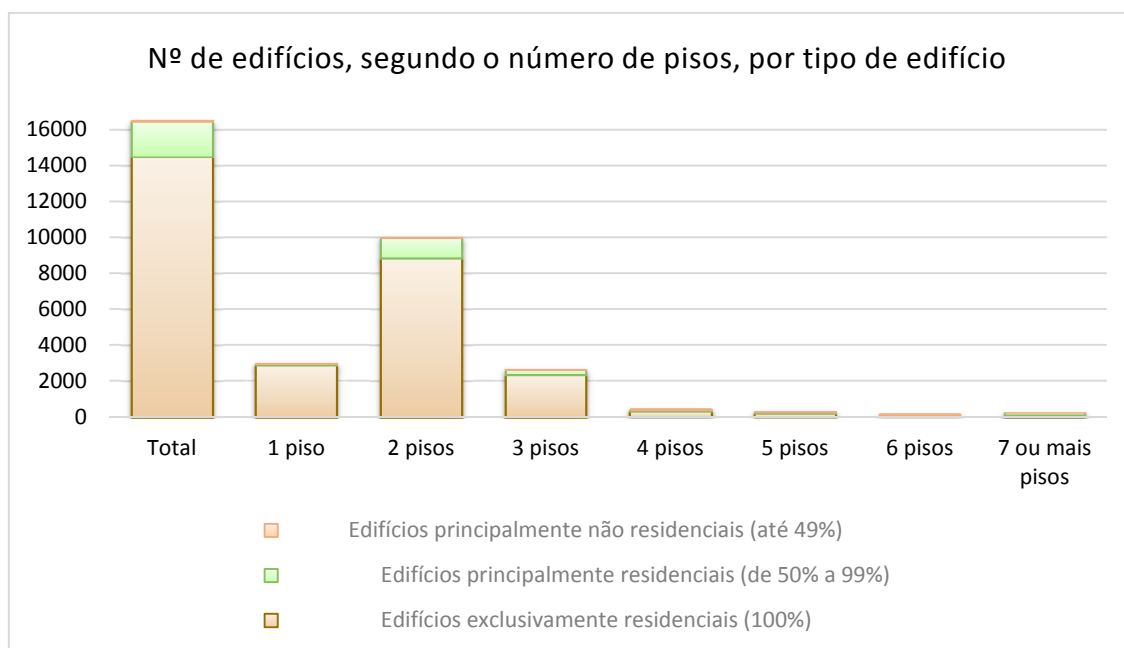


Figura 3.5 – Total de Nº de edifícios no concelho de Bragança, segundo o número de pisos, por tipo de edifício, com base em dados do INE, Censos 2011

Fazendo uma análise sumária aos dados do INE sobre alojamentos, conclui-se que existiam em 2011 cerca de 24875 unidades, sendo 24755 alojamentos familiares clássicos, 27 alojamentos familiares não clássicos e 93 alojamentos coletivos. À data, existiam 13835 famílias clássicas. Os alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, são, em média, ocupados por 1 família, e 2,5 pessoas. Em números redondos o total de alojamentos clássicos, em 2011 duplicou, relativamente a 1981. Quanto à forma de ocupação, em 2011, 94% encontravam-se ocupados, 1,6% encontravam-se vagos para aluguer, e os restantes vagos para outros casos.

Em consonância com o resto do país, cerca de 90% dos edifícios destina-se a 1 único alojamento.

Tabela 3.2 - Proporção de edifícios com um alojamento (%) por Localização geográfica, INE, censos 1991, 2001, 2011

Localização geográfica	Proporção de edifícios com um alojamento (%) por Localização geográfica		
	Período de referência dos dados		
	1991	2001	2011
	%	%	%
Portugal Continental	88,12	86,51	86,76
Bragança	90,86	89,08	89,62

Para esta elevada percentagem contribuem as zonas rurais, pois à exceção da freguesia de Samil, que apresentava em 2011 uma proporção de edifícios com um alojamento de aproximadamente 90%, todas as restantes freguesias rurais registaram valores superiores a 98%. As freguesias da Sé e Santa Maria detinham, à data, uma proporção de 72% e 78% respetivamente.

Tabela 3.3 - Proporção de edifícios com 1 alojamento (%) por Localização geográfica, INE, censos, 2011

Localização geográfica (à data dos Censos 2011)	Proporção de edifícios com um alojamento (%) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011); Decenal
	Período de referência dos dados
	2011
	%
Bragança	89,62
Samil	90,07
Bragança (Santa Maria)	78,96
Bragança (Sé)	71,81

Com estes números podem ser tecidas algumas conclusões quanto ao número de moradias unifamiliares e de frações de edifícios. Em números redondos, à proporção de 89,62% de edifícios (total de 16517) com um alojamento (moradias unifamiliares) correspondem 14803 alojamentos (60%), e os restantes 9952 alojamentos correspondem a frações de edifícios (40%). Na figura seguinte podem ser observados por freguesias o número de edifícios e de alojamentos clássicos.

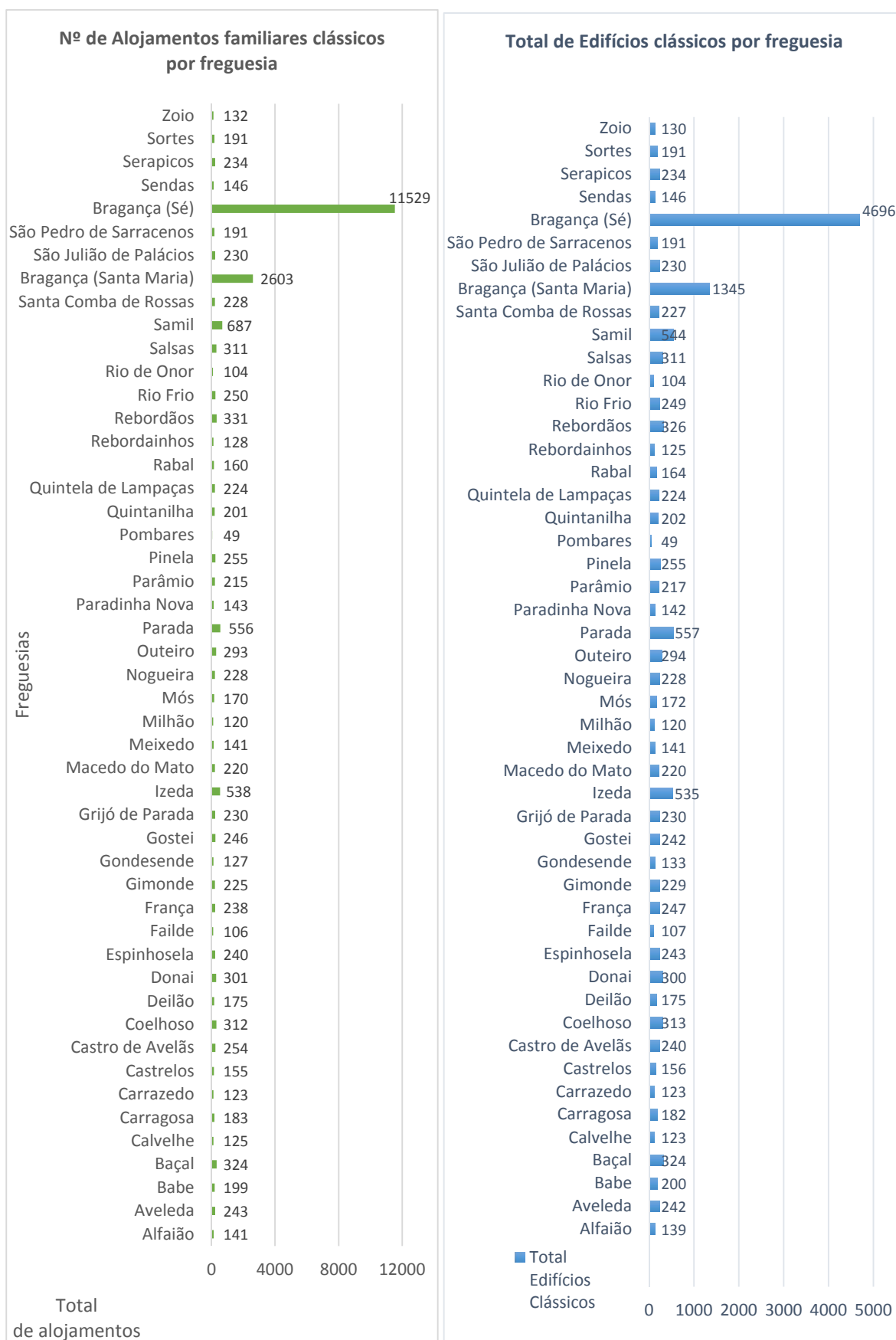


Figura 3.6 – Total de alojamentos e edifícios clássicos por freguesia, concelho de Bragança, com base em dados do INE, censos 2011

Relativamente ao concelho, a maioria dos edifícios principalmente residenciais, com um único alojamento, possuem um, dois ou três pisos, com percentagens de 17,6%, 57,3% e 13,2%, respetivamente (a restante percentagem diz respeito a edifícios com mais de três pisos).

A figura seguinte representa a distribuição do número de pisos por época de construção. Em todas as épocas, os edifícios de 2 pisos predominam, e só nas últimas três décadas é que os edifícios em altura começaram a ter alguma representatividade.

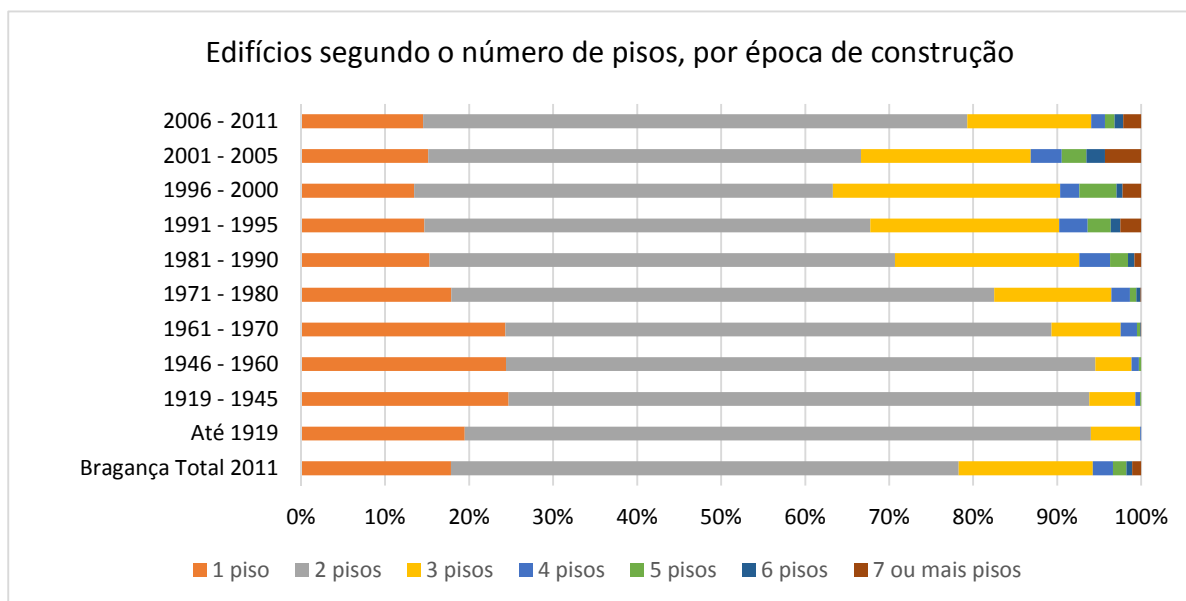


Figura 3.7 – Edifícios segundo o número de pisos, por época de construção, Concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011

A tipologia dos alojamentos predominante é a T3, conforme ilustrado na figura 2.7.b), à exceção do ano de 2013, que regista uma clara inversão desta tendência e onde as tipologias T0 ou T1 ganham expressão. Ressalve-se, no entanto, que 2013 é o ano a que corresponde menor percentagem de construção nova (figura 3.11). De acordo com o que estava previsto a nível nacional (derivado ao esgotamento do parque habitacional e à crise financeira, que incrementou a preferência pelo arrendamento, em detrimento da compra de casa) também Bragança dá sinais de que a procura de casa está a ser feita pelas “famílias em transição” (como os jovens que saem de casa dos pais e as famílias que se desagregam), e pelas “famílias em movimento”, que por razões profissionais ou de outro tipo mudam de cidade de residência.

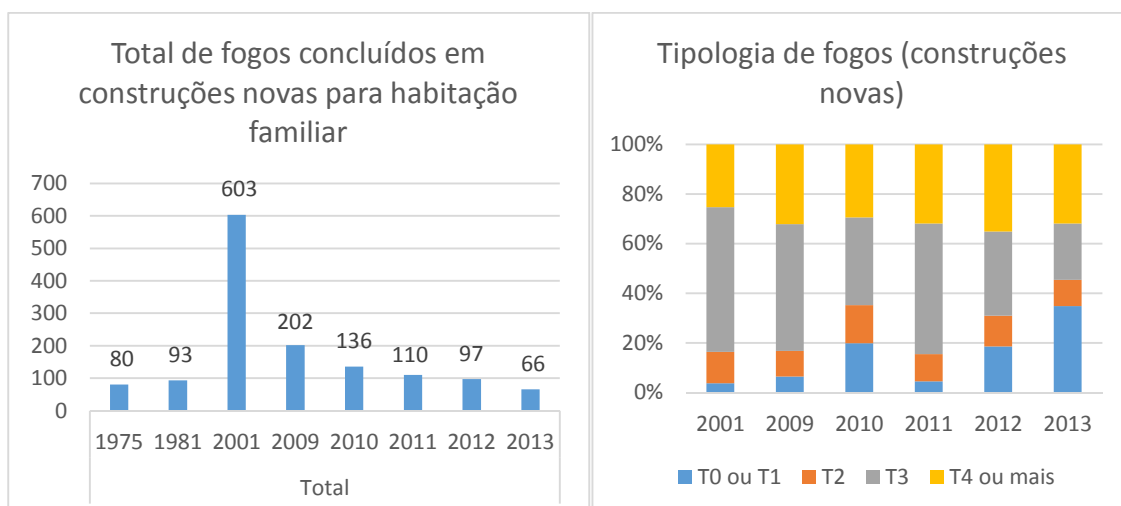


Figura 3.8 – Fogos concluídos em construções novas para habitação familiar: total e por tipologia do fogo, com base em dados de Pordata, INE - Estatísticas das Obras Concluídas

Relativamente ao tipo de estrutura em construções recentes, o concelho de Bragança é caracterizado, à semelhança do resto do país, pela estrutura em betão armado. O revestimento exterior predominante é o reboco, seguido da pedra e por último do ladrilho cerâmico. Este último apresentou-se como uma solução corrente em edifícios multifamiliares recentes (desde o ano 2000). A cobertura mais usual é do tipo inclinada, revestida com telha cerâmica (mais de 95% de edifícios existentes em 2011), e a tendência atual continua a ser a mesma.

Quanto aos edifícios com necessidades de reparação, é apresentada na figura 3.12, por época de construção, a proporção de edifícios muito degradados, com e sem necessidades de reparação, sendo que as necessidades de reparação, segundo a definição do INE para fins estatísticos, assentam nas necessidades de intervenção na estrutura, cobertura, paredes e caixilharia exteriores.

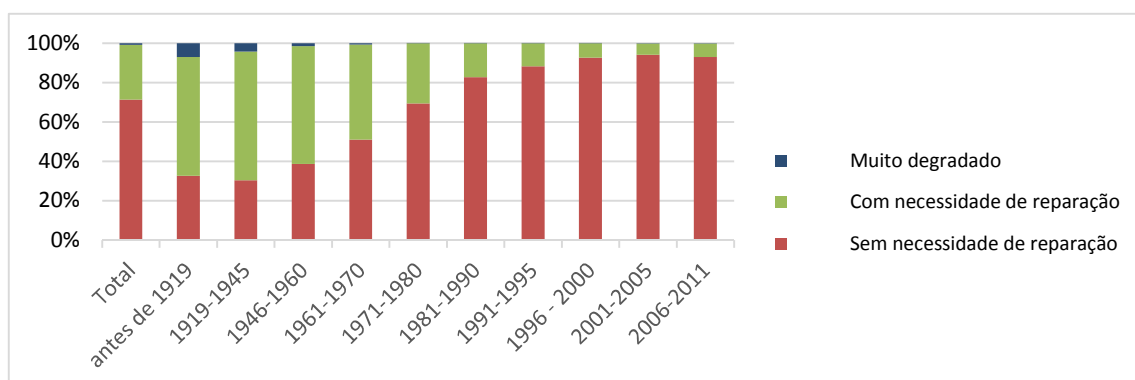


Figura 3.9 – Edifícios, segundo a época de construção, por estado de conservação. Concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011

Como seria de esperar, uma grande fatia dos edifícios anteriores a 1981 necessitam de grandes intervenções que, naturalmente, serão formalizadas através de projetos de reabilitação. A este nível, um dos projetos de especialidade será o de térmica e, excetuando certas situações devidamente justificadas, o regulamento de térmica terá que ser cumprido à semelhança dos edifícios novos.

Os edifícios mais recentes, construídos após 1981, apresentam poucas necessidades de reparação, no entanto, e como já referido atrás, representam uma enorme fatia do parque habitacional e são caracterizados por falhas no conforto térmico assim como elevadas necessidades energéticas. A este nível, convém fazer uma reflexão sobre os mecanismos de formalização das possíveis intervenções. O Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, que estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação (RJUE), alterado pela pelo Decreto-Lei n.º 136/2014, de 9 de setembro, isenta de controlo prévio as seguintes obras: - obras de alteração no interior de edifícios ou suas frações que não impliquem modificações na estrutura de estabilidade das cérceas, da forma das fachadas e da forma dos telhados ou cobertura; - obras de escassa relevância urbanística, tais como a instalação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos ou geradores eólicos associada à edificação principal, para produção de energias renováveis, incluindo a microprodução (com restringimentos ao nível da área e cércea), e a substituição dos materiais de revestimento exterior, ou de cobertura, ou telhado por outros que, conferindo acabamento exterior idêntico ao original, promovam a eficiência energética. Ora, este tipo de obras, necessárias para elevar o conforto e desempenho energético de edifícios, fica assim isento de qualquer controlo. Por um lado, esta desburocratização, que surgiu com o propósito de promover uma simplificação legislativa e de reduzir os tempos inerentes aos processos, incentiva os proprietários a procederem a melhorias, mas, por outro lado, embora o SCE seja aplicado a este tipo de obras, a ausência de qualquer controlo certamente se traduzirá na ausência à consultoria a técnicos qualificados. Desta forma as decisões passam a estar muitas vezes nas mãos dos próprios proprietários e construtores, com pouca formação na área, perdendo-se oportunidades únicas de melhorar eficazmente a eficiência energética do parque edificado. Seria prudente, para fazer face à redução das emissões de CO₂, previstas para 2050, para a qual contribui em grande medida os edifícios existentes, que todos os edifícios, sujeitos a este tipo de intervenções, fossem alvo de uma auditoria energética e/ou emissão do certificado energético. Aliás, a auditoria energética e o certificado energético são instrumentos de análise obrigatórios nos processos de candidaturas aos fundos europeus estruturais e de investimento (FEEI) para o período 2014-2020, designado por *Portugal 2020*, no que diz respeito ao “apoio à eficiência energética, à gestão inteligente da energia e à utilização das energias renováveis no sector da habitação”, nas quais se incluem intervenções na envolvente opaca, nos envidraçados, nos sistemas de climatização e produção de águas quentes, iluminação, ventilação e sistemas de produção de energia renovável.

Na figura 3.13. encontra-se representada a evolução do peso das obras de reconstrução nas construções novas, de 1995 a 2013. O peso da reconstrução começou a ganhar alguma expressão somente a partir de 2008, data que coincide com o início da crise mundial financeira e com a inversão do rumo da construção nova, conforme já referido.



Figura 3.10 – Número de Reconstruções licenciadas por 100 construções novas licenciadas em Bragança, com base em dados do INE (NUTS - 2002); Anual

3.2. O CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR HABITACIONAL

Em Bragança, o consumo de energia no setor residencial, à semelhança da matriz energética nacional, representava, em 2009, 20% do consumo energético total. Os sectores dos transportes e dos serviços têm sido os grandes consumidores de energia no município, responsáveis pelo consumo de 308761 MWh, correspondendo a cerca de 69,5% do consumo total de energia final em 2009 (CMB, 2012).

Tabela 3.4 – Percentagem de Consumo de Energia por setor de atividade, CMB (2012)

Sector de Atividade	Bragança	Portugal
Residencial	20%	19%
Serviços	27%	13%
Indústria	11%	29%
Transportes	42%	39%

A dependência energética do concelho incide sobretudo sobre o consumo de derivados de petróleo, que representava, em 2009, 56% do fluxo energético local, seguido da eletricidade, 28%, e do gás natural, 16% (CMB, 2012).

Tabela 3.5 – Consumo por vetor energético (MWh) nos vários setores energéticos, CMB (2012)

Vetor Energético	Residencial	Serviços	Indústria	Transporte
Eletricidade	51662	58712	9768	1938
Gás Natural	27356	39864	5489	376
Derivados de Petróleo	9496	23312	31783	184559
TOTAL	88514	121888	47039	186873

Na figura seguinte apresenta-se a evolução do consumo do gás natural, desde 2001, ano que marca o início do consumo desta energia no concelho de Bragança. Analisando o gráfico verifica-se um aumento exponencial do seu consumo até 2009, tendo vindo a verificar-se um decréscimo a partir de 2010.

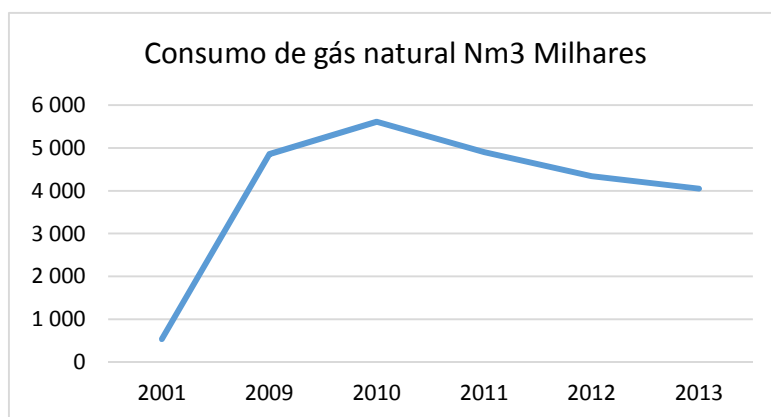


Figura 3.11 – Consumo de gás natural (Nm3), concelho de Bragança, com base em dados de PORDATA, 2015

Relativamente ao setor residencial, a energia elétrica apresenta-se como a principal fonte de energia consumida. Com base na análise de dados estatísticos e conforme ilustrado na figura seguinte, constata-se que, o seu consumo aumentou acentuadamente até 2009, tendo vindo a diminuir nos últimos anos.

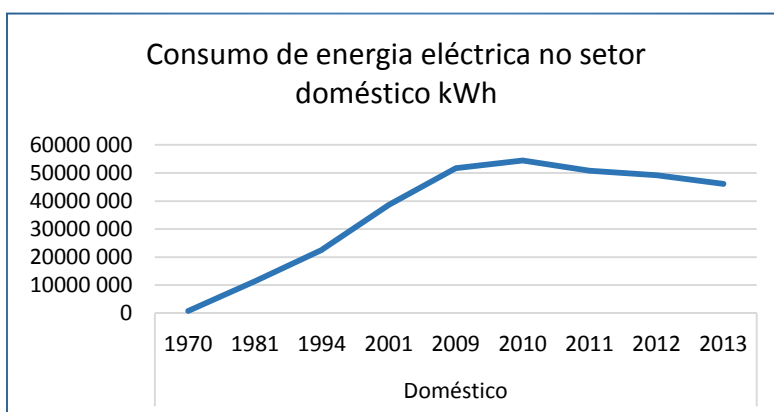


Figura 3.12 – Consumo de eletricidade no setor residencial (kWh) no concelho de Bragança, com base em dados de PORDATA, 2015

É apresentado na figura seguinte um resumo sobre os principais sistemas de climatização utilizados nos alojamentos familiares clássicos de residência habitual. Os mesmos caracterizam-se pela inexistência, no verão, de qualquer equipamento para o arrefecimento. Ao contrário, para fazer face às necessidades de aquecimento, no inverno, a maioria esmagadora dos alojamentos está equipada com sistemas. Os mais utilizados são a lareira (principalmente nas zonas rurais), predominando em 35% do total de alojamentos, o aquecimento central (predominante nas zonas urbanas) em 29%, e aparelhos móveis, a

funcionar a eletricidade ou a gás. De salientar que a utilização do recuperador de calor não chega aos 10%.

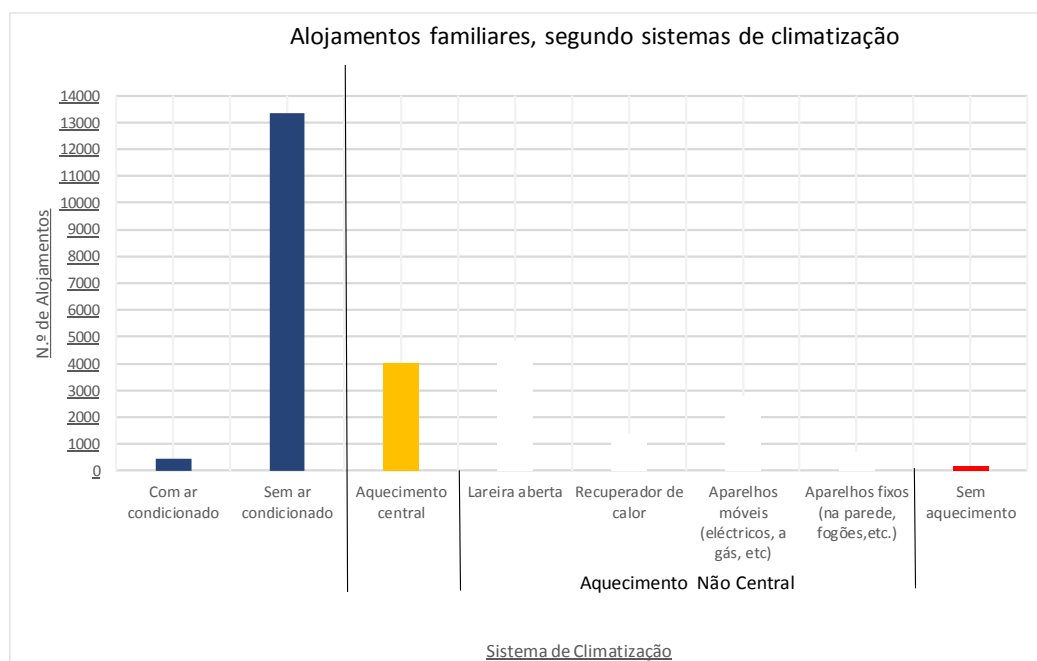


Figura 3.13 – N.º de alojamentos familiares clássicos de residência habitual, segundo sistemas de climatização, concelho de Bragança, com base em dados do INE, censos, 2011

Em complemento à informação do gráfico anterior, constata-se que, no que diz respeito ao aquecimento dos edifícios, com base em dados do INE, a principal fonte de energia utilizada é a madeira. Mas a este nível interessa efetuar uma análise segmentada pelos diferentes tipos de edifícios. Em alojamentos familiares constituídos por 1 ou 2 alojamentos a madeira é claramente a principal fonte utilizada, mas nos restantes edifícios é o gás natural.

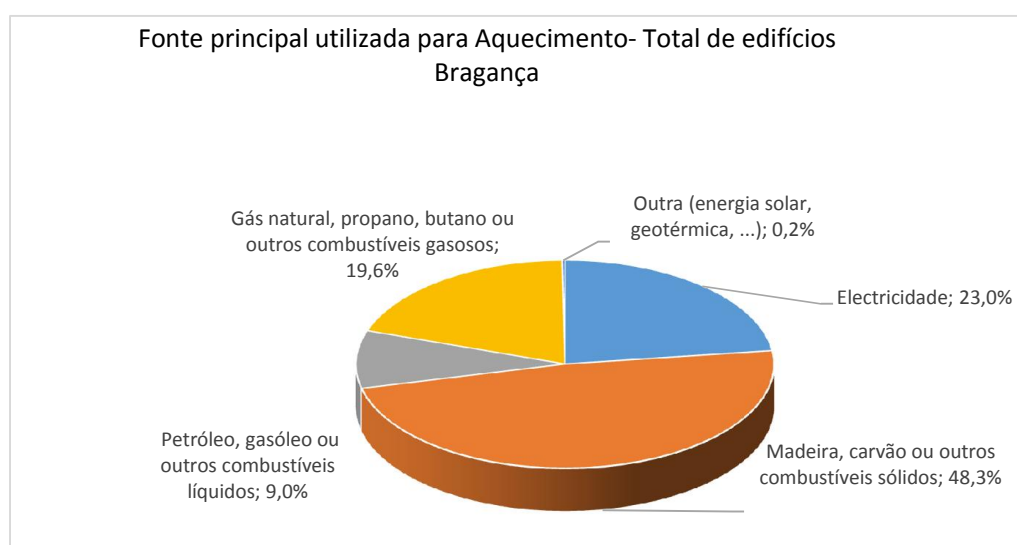


Figura 3.14 – Fonte principal de energia consumida para aquecimento nos edifícios, concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011

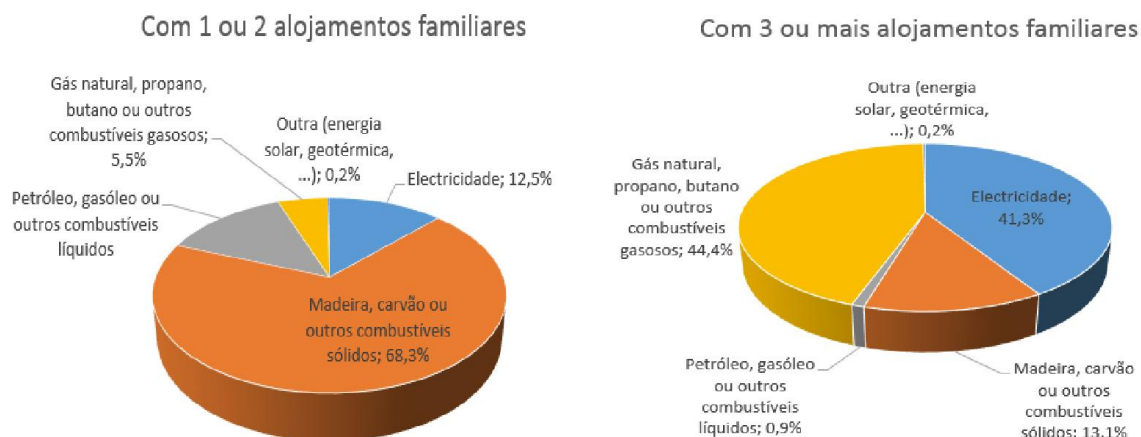


Figura 3.15 – Fonte principal de energia consumida para aquecimento por tipo de edifícios quanto ao número de alojamentos, concelho de Bragança, com base em dados do INE, Censos 2011

De acordo com o Plano de Ação para a Energia Sustentável, elaborado pela Câmara Municipal de Bragança, em 2012, as principais medidas relacionadas com a promoção de eficiência energética nos edifícios residenciais passam pela substituição de caixilharias, isolamento de coberturas e caixas de estores. Para além disso está previsto o apoio, aos condóminos e associações de moradores, a produção e distribuição de material informativo, organização de prémios, concursos e outros eventos, para além da dinamização da sensibilização para a temática da sustentabilidade.

3.3. DESEMPENHO E CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DOS EDIFÍCIOS

Com base na informação relativa aos primeiros 500 mil certificados energéticos emitidos, a ADENE elaborou um estudo (Santos, P.; Baptista N., 2011) sobre os imóveis que foram edificados antes da entrada em vigor do REH, tendo por base a análise de quatro distritos: Beja (I1 V3S), Bragança (I3 V2N), Lisboa (I1 V2S) e Porto (I2V1N). Esse estudo permitiu concluir que cerca de 55% dos imóveis nacionais analisados apresentam classes inferiores à B-. No entanto Bragança contraria esta média nacional, destacando-se a classe B como a predominante. Ora, isto permite concluir que a qualidade dos edifícios existentes, que foram objeto de certificação, em termos energéticos está acima da média nacional, que é a C. Relativamente aos novos projetos, a classe A predomina a nível nacional, destacando-se no entanto a forte percentagem de projetos com classe B-, relativamente a Bragança (aproximadamente 30%). Foi também possível verificar que as maiores necessidades de aquecimento ocorrem no distrito de Bragança, chegando, no caso dos edifícios existentes, a ser duas vezes superior ao limite imposto pelo regulamento (para edifícios novos). Relativamente à envolvente opaca (paredes, coberturas, pavimentos) e envidraçados em projetos novos, o estudo permitiu concluir que os valores médios dos coeficientes de transmissão térmica são, todos eles, significativamente inferiores ao respetivo limite, estando próximos aos valores de referência. Quanto aos edifícios existentes, verifica-se uma diferença acentuada entre as paredes e pavimentos, sendo que, estes últimos ultrapassam

significativamente os valores máximos permitidos para edifícios novos. Segundo os autores, esta disparidade de resultados em parte encontram explicação na utilização pelos peritos, quando não existe informação técnica sobre os elementos que compõem a construção, de valores tabelados para os coeficientes e que são, geralmente, conservadores.

Tabela 3.6- “U” médio por tipo de envolvente e “U” regulamentar e de referência – edifícios existentes (Santos, P.; Baptista N., 2011)

	I1				I2			I3		
	Beja	Lisboa	DL 80	Ref.	Porto	DL 80	Ref.	Bragança	DL 80	Ref.
Fachada exterior	1.3	1.3	1.8	0.7	1.0	1.6	0.6	0.9	1.5	0.5
Coberturas exteriores	2.3	2.0	1.3	0.5	1.6	1.0	0.5	1.9	0.9	0.4
Pavimento sobre o exterior	2.4	2.4	1.3	0.5	2.0	1.0	0.5	1.9	0.9	0.4
Paredes interiores	1.4	1.4	2.0	1.4	1.4	2.0	1.2	1.3	1.9	1.0
Pavimentos interiores	1.8	1.8	1.7	1.0	1.6	1.3	0.9	1.6	1.2	0.8
Coberturas interiores	2.5	2.3	1.7	1.0	2.1	1.3	0.9	2.0	1.2	0.8
Pontes térmicas planas	1.2	1.4	-	-	1.1	-	-	0.8	-	-

Quanto à comparação dos valores dos coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados, com os valores de referência, verificou-se que, em relação a Bragança, o “U” médio encontrado foi de 2,6 em edifícios novos e 3,5 em edifícios existentes, sendo de 3,3 o valor de referência. Relativamente ao fator solar foi registado o valor médio de 0,22 para edifícios novos e de 0,34 para edifícios existentes. No que diz respeito aos sistemas de produção de água quente sanitária, o estudo permitiu concluir que nos distritos mais a Norte existe uma utilização maior de caldeiras e termoacumuladores, por comparação com os distritos mais a Sul, onde se verifica uma maior predominância de esquentadores, como equipamento de produção. Já quando se analisam os sistemas de climatização ambiente, quer na componente aquecimento quer no arrefecimento, verificou-se que apenas 45% das frações certificadas possuem sistemas de climatização instalados, sendo muitos dos equipamentos utilizados nas habitações equipamentos móveis adquiridos posteriormente, para fazerem face a uma situação de desconforto sentido na habitação. Foi ainda possível confirmar que a grande maioria dos equipamentos são extremamente ineficientes, potenciando o aumento dos consumos energéticos, ao contrário das construções mais recentes, onde se verifica a instalação de sistemas de climatização mais eficientes. Verificou-se que os grandes pontos de intervenção identificados pelos peritos qualificados, foram os sistemas de produção de água quente sanitária, as envolventes opacas e a instalação de sistemas de energias renováveis – solar térmico ou solar fotovoltaico. Igualmente propostas, mas com menor predominância, são as intervenções ao nível dos vãos envidraçados e dos sistemas de climatização.

Através de uma pesquisa feita pela autora ao *site* da ADENE (www.adene.pt), foi possível concluir que, relativamente ao concelho de Bragança, já foram emitidos até à data aproximadamente 2000 DCR/CE.

Foram ainda consultados alguns dados estatísticos (divulgados no *site* da ADENE), disponíveis até ao primeiro semestre de 2013 e, fazendo uma compilação dos mesmos, relativamente ao concelho de Bragança, verifica-se que o maior número de emissão de DCR ocorreu em 2009 e 2010. Até 2011, a classe A aparece como predominante, sendo a B-, a preeminente em 2012 e 2013.

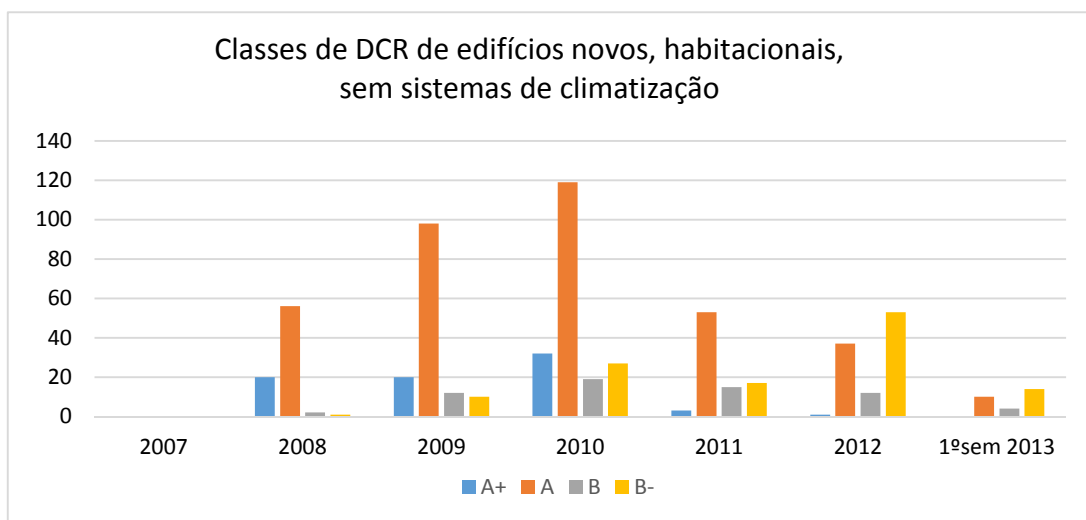


Figura 3.16 – Número e Classes de DCR, edifícios de habitação nova, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança, com base em dados da ADENE, 2015

Somente em 2010 é que começaram a surgir os CE's relativos às primeiras DCR emitidas (dois anos depois, o que coincide com o tempo aproximado de construção de um edifício).

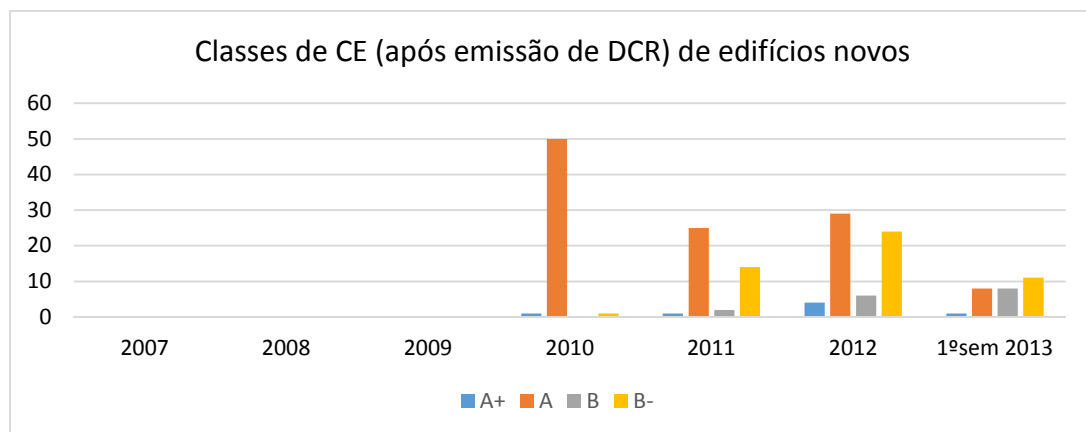


Figura 3.17 – Número e Classes de CE após DCR, edifícios de habitação nova, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança com base em dados da ADENE, 2015

Relativamente aos edifícios existentes, o efeito dos CE's só teve início a partir do ano de 2009. A classe predominante dos CE's emitidos em 2009, 2010 e 2011 é claramente a B. Este facto justifica-se, em grande medida, devido à entrada no mercado da venda/arrendamento de um número significativo de edifícios construídos nessas datas e portanto muito recentes. Alguns destes edifícios já tinham inclusive sido projetados tendo como base o RCCTE (2006), mas como o pedido de licença/comunicação prévia de construção foi feito anteriormente à data de entrada em vigor do SCE (que dependendo da área do edifício, entrou em vigor um a dois anos depois da data de entrada em vigor do RCCTE), estes passaram a ser considerados como edifícios existentes. O ano de 2012 é um ano de quebra, quer de número de CE's emitidos, quer da classe energética, conforme ilustrado na figura seguinte.

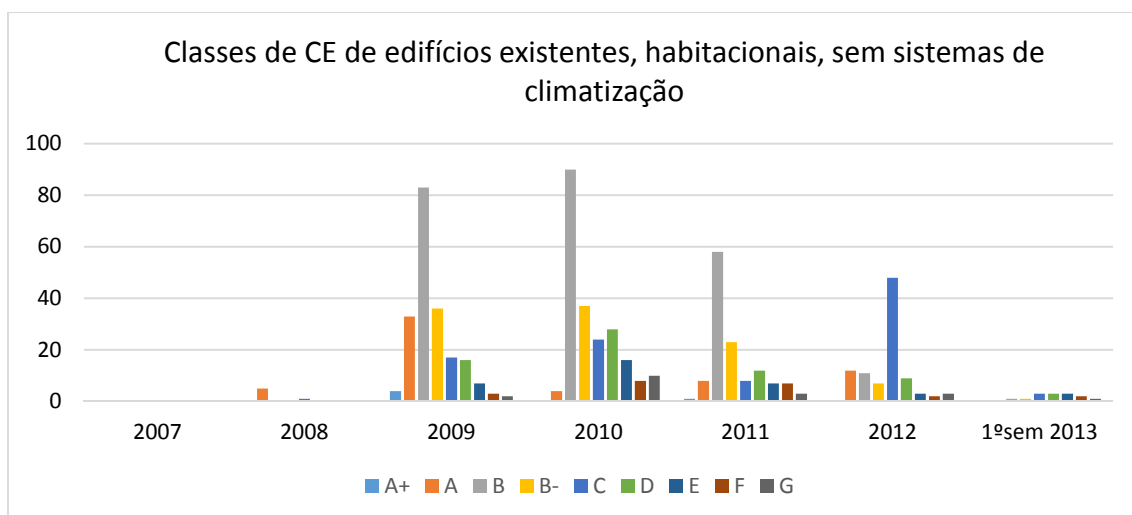


Figura 3.18 – Número e Classes de CE, edifícios de habitação existentes, sem sistemas de climatização, concelho de Bragança com base em dados da ADENE, 2015

4. AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS - TRABALHO PROFISSIONAL

4.1. INTRODUÇÃO E ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O trabalho relativo à avaliação do desempenho energético de edifícios teve início com a elaboração de projetos, em 2000, tendo no entanto assumindo uma profundidade maior a partir de 2008, com a especialização como Perita Qualificada no âmbito do RCCTE, permitindo à autora a realização de mais de três centenas e meia de DCR/CE (correspondendo cada uma, a um edifício ou fração autónoma), entre Dezembro de 2008 a Abril de 2011, tendo como alvo os seguintes tipos de edifícios, de acordo com o quadro 2.1:

- Edifícios novos e existentes de habitação e de serviços sem climatização (HsC), DCR/CE tipo A;
- Edifícios existentes de habitação com sistemas de climatização (HcC), CE tipo C.

Neste ultimo caso não era necessária a aplicação do RSECE. De acordo o ponto 4 do Art.º2º do Despacho nº 10250/2008, o CE a emitir no caso de edifícios residenciais existentes por terem uma potência térmica superior a 25kW, seria do tipo C. Segundo o mesmo despacho era indicado que nestes casos a metodologia a aplicar seria a estabelecida no RCCTE, ou/e as simplificações estabelecidas na NT-SCE-01. Estas disposições foram aplicadas em algumas moradias com caldeiras de potências na ordem dos 40kW.

A principal legislação e documentação técnica utilizadas foram os Decretos-Lei nº 78 e 80 de 4 de abril (RCCTE-2006) e a nota técnica NT-SCE-01.

A aplicação das metodologias de cálculo e avaliação do comportamento energético de edifícios no primeiro ano, após a entrada em vigor do RCCTE-2006, suscitou bastantes dúvidas por parte dos técnicos e demais intervenientes. Nesse sentido, a ADENE elaborou um conjunto de documentos clarificando e uniformizando informação relativa ao SCE, e que se apresentam:

- Perguntas e respostas sobre o sistema de certificação energética;
- Perguntas e respostas sobre o RCCTE;
- Perguntas e respostas sobre a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE.

4.2. RESPONSABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA ATIVIDADE DE PERITO QUALIFICADO

Existiam à data três tipos de PQ, conforme definido no Protocolo que foi estabelecido entre as Ordens e Associação Profissional e as entidades supervisoras do SCE: - “Peritos RCCTE”; “Peritos RSECE-Energia” e “Peritos RSECE-QAI”. A vertente da autora diz respeito à “Peritos-RCCTE”, tendo sido reconhecida como tal pela Ordem dos Engenheiros, após a aprovação em dois cursos técnicos e demonstração de experiência profissional de cinco anos na área de projeto e construção de edifícios.

Apresentam-se as principais funções e responsabilidades relacionadas com a atividade de Perita Qualificada:

- A verificação da correta aplicação do regulamento técnico;
- Avaliação do desempenho energético e da qualidade do ar interior;
- Estudo das medidas de melhoria na sequência das avaliações de desempenho realizadas;
- Emissão e registo das declarações e/ou certificados, juntamente com eventuais medidas de melhoria propostas.

As competências como perita qualificada eram exercidas tanto no decurso dos procedimentos de licenciamento ou autorização de construção e de utilização, para edifícios novos, como no decurso de processos de venda ou arrendamento, para edifícios existentes.

4.3. PROCEDIMENTOS GERAIS UTILIZADOS PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

a) Contato com o proprietário/promotor e informação fornecida

Relativamente aos edifícios novos, para a emissão das DCR, o procedimento iniciava-se com um primeiro contato com o cliente, no decorrer do qual lhe era solicitada toda a informação necessária, nomeadamente os documentos de identificação do imóvel (caderneta predial urbana, certidão de registo da conservatória), o projeto de comportamento térmico e demais projetos de especialidades com interferência no mesmo e outra documentação técnica para validação das soluções adotadas no projeto (catálogos e especificações técnicas).

Relativamente aos edifícios existentes, antes da realização da inspeção ao edifício, era efetuado um levantamento prévio da informação sobre o mesmo, nomeadamente a licença de utilização, caderneta predial urbana, certidão de registo da conservatória, o projeto/telas finais ou plantas de arquitetura do edifício, projetos de especialidades com interferência no comportamento térmico, ficha técnica da habitação, documentação sobre as características técnicas dos equipamentos de climatização e produção de águas quentes, registos de manutenção, outra documentação adicional relativa para caracterização das soluções construtivas/materiais, e ainda, evidências das eventuais alterações feitas desde a

data da licença de utilização. Esta informação era pedida ao proprietário/promotor, que no limite deveria ser entregue à data da visita ao imóvel, o que acontecia na maioria dos casos. A mesma permitiria efetuar uma análise preliminar ao edifício, analisar possíveis constrangimentos quanto à atividade (âmbito) de PQ e elaborar um orçamento adaptado à situação em análise. De realçar que a informação técnica facultada pelos proprietários dos edifícios no decorrer do processo de certificação apresentava-se na maioria dos casos escassa, a não ser quando o proprietário era o promotor imobiliário. Também foi possível constatar que os proprietários de moradias geralmente têm em sua posse mais documentação técnica (por vezes o projeto completo) do que os proprietários de apartamentos. Saliente-se a este nível, que o único documento de cariz informativo sobre as características técnicas e funcionais do edifício que o promotor imobiliário é obrigado a entregar ao futuro proprietário é a Ficha técnica da habitação, que entrou em vigor no dia 16 de Agosto de 2004. Nela constam breves descrições das soluções relativas às fundações, coberturas, paredes envolventes e caixilharia. Trata-se no entanto de um documento pouco valorizado, quer pelos técnicos, promotores ou mesmo proprietários. Esta foi aliás uma constatação efetuada pela autora, no âmbito do trabalho efetuado. Também muito raramente os proprietários dispunham de informação relativa às características técnicas dos equipamentos utilizados para a climatização e produção de AQS e muito menos os registos de manutenção, quando “excecionalmente” era feita. Nestes casos, não havendo informação disponível, e por recomendação da ADENE, o PQ deveria:- Suportar-se das evidências necessárias à demonstração de que diligenciou no sentido de obter do proprietário os referidos elementos;- Explicitar e justificar a inexistência de informação no campo para “Observações” na DCR ou CE.

OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR
<p>Efectuou-se uma visita à obra prevalecendo o que se viu "in situ". Usou-se a nota técnica SCE - RCCTE, quando não foi possível aplicar a metodologia normal a que o RCCTE faz referência.</p> <p>Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica indicados no presente certificado, bem como os valores dos factores solares, devem ser tomados como referência (apenas se aplicam a edifícios novos) para se identificarem mais facilmente oportunidades de melhoria.</p> <p>O valor utilizado para o rendimento da caldeira foi o da Nota técnica, anexo VIII.</p> <p>Documentação fornecida para a emissão do certificado: caderneta predial, certidão da conservatória e licença de utilização.</p> <p>Como informação complementar a este certificado foram elaborados um Relatório de Peritagem e um Estudo de Medidas de Melhoria.</p> <p>O Perito Qualificado esteve presente no imóvel para efectuar a vistoria no dia 04/10/2010 entre as 14:00 e as 15:00.</p>

Figura 4.1 – Documentação fornecida pelo proprietário, detalhada no campo de observações do certificado energético

b) Preparação da visita e inspeção aos edifícios

A visita a um edifício novo (com DCR emitida) dar-se-ia após a conclusão da construção para a emissão dos CE's. A autora só teve a oportunidade de emitir CE relativos a um edifício multifamiliar considerado novo pelo SCE. Foi um processo relativamente simples pois tinha sido a autora a responsável pela emissão das respetivas DCR.

A recolha da informação “*in situ*”, para a avaliação do desempenho energético de um edifício, era mais exaustiva quanto aos edifícios existentes, devido à falta de documentação, e era relativa ao levantamento dimensional e às características dos elementos e parâmetros com influência no desempenho térmico, tais como as que se apresentam:

- Caracterização geral do edifício: orientação das fachadas, tipologia, identificação dos espaços não úteis em contacto com a fração/moradia, levantamento dimensional (áreas de pavimentos e coberturas, pé-direito, desenvolvimentos das ligações dos pavimentos com as envolventes verticais), sombreamentos provocados por palas, paredes verticais ou edifícios e obstáculos vizinhos;
- Caracterização da envolvente opaca incluindo pontes térmicas (tipo, espessuras, materiais, revestimentos e cores);
- Caracterização dos vãos envidraçados (materiais, dimensões dos vidros e lâminas de ar, modo de abrir, tipo de dispositivos de proteção solar, cores);
- Ventilação (tipo, dimensão e localização dos vãos; vedação de portas de envolvente e caixas de estore; localização e tipo de grelhas e condutas de ventilação, extratores/recuperadores de calor; altura da fração em relação ao solo);
- Caracterização dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e águas quentes (tipo, idade, estado dos equipamentos, modo de funcionamento, potências e eficiências, certificados, garantias e contratos de manutenção, energias utilizadas);
- Caracterização das tecnologias de energias renováveis (tipo, idade do equipamento, funcionamento do sistema, características técnicas, certificados, garantias e contratos de manutenção);
- Caracterização dos aparelhos de controlo e monitorização;

A caracterização destes elementos permitiria a determinação dos parâmetros a introduzir no cálculo energético, tais como os coeficientes de transmissão térmica da envolvente, fatores de sombreamento, coeficientes de redução de perdas, inércia térmica, fatores solares, taxa de renovação horária, entre outros.

A localização, altitude e orientação das fachadas era previamente analisada no *Google-Earth* e posteriormente validada “*in situ*”.

A inspeção aos edifícios era feita de forma visual, dimensional e funcional. Os equipamentos utilizados nos processos em análise foram o medidor de distâncias e vidros a laser, fita métrica, bússola e câmara fotográfica.

Para facilitar a recolha da informação e posteriormente a sua leitura e registo, foi elaborada pela autora uma *check list* de verificações, que se apresenta no Anexo E. Houve sempre um especial cuidado em obter evidências de toda a informação recolhida, nomeadamente através de registos fotográficos autorizados pelo proprietário.

As visitas decorriam na maioria das vezes na presença do proprietário ou do seu representante. A sua duração era de aproximadamente 1 a 2 horas em apartamentos e 3 a

4 horas em moradias, dependendo da sua dimensão. Eram previamente apresentados ao proprietário os objetivos com a certificação energética e feita uma descrição do trabalho que iria ser desenvolvido.

Os utilizadores/proprietários dos edifícios é que detêm a experiência/vivência do edifício. Por isso, sempre que possível havia uma troca de informações, para permitir caracterizar melhor o tipo de utilização, obter informações quanto ao conforto térmico, hábitos ocupacionais (horários de ocupação, modo de ventilação, horários de funcionamento do sistema de climatização, banhos), vontade de efetuar reabilitação térmica/energética e conhecimentos quanto a soluções de reabilitação e quanto ao processo de certificação.

c) Cálculo do desempenho energético de edifícios segundo o RCCTE e simplificações permitidas

Relativamente aos projetos novos era feita a avaliação da adequabilidade do projeto em relação ao RCCTE, feitas as correções e pedidos os esclarecimentos necessários ao autor do projeto de térmica. Como o trabalho da autora se refere ao período inicial de aplicação do RCCTE, os projetos geralmente passavam por várias etapas de avaliação até à fase final.

Relativamente aos edifícios existentes, sempre que possível era utilizada a metodologia detalhada com base no RCCTE-2006, e quando não, eram utilizadas as simplificações previstas na NT-SCE-01.

d) Análise das medidas de melhoria

A importância dada às medidas de melhoria tem vindo a aumentar gradualmente ao longo dos anos de implementação do SCE. A sua extensão dependia em grande parte da época de construção do edifício em causa.

e) Relatório síntese

O relatório síntese consiste num documento que teria que ser entregue ao proprietário, e continha detalhadamente os pressupostos utilizados para a adoção dos parâmetros utilizados no cálculo e as medidas de melhoria apontadas nos CE's. Este relatório também foi assumindo uma importância maior ao longo do período em análise, tendo sido um documento ausente nas primeiras certificações efetuadas.

f) Emissão do certificado energético

Por fim eram emitidos as DCR/CE, que formalizavam os processos de pré e certificação energética. Para produção e registo destes documentos foi utilizado o sistema informático disponibilizado pela ADENE.

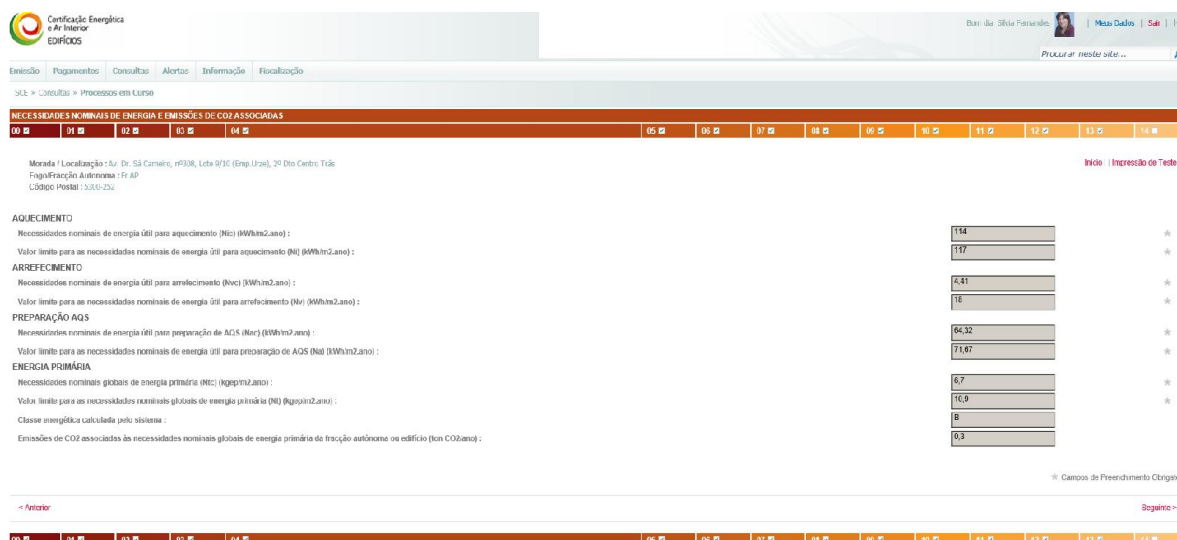


Figura 4.2 – Print Screen do Portal da ADENE para emissão de CE

4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS CERTIFICADOS E DEMONSTRAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

4.4.1. Apresentação genérica dos edifícios certificados

Pretende-se com o presente trabalho contribuir para a caracterização energética dos edifícios habitacionais do concelho de Bragança, por isso só os CE/DCR relativos a este concelho foram analisados, que correspondem a aproximadamente 75% dos processos avaliados (354). Destes, aproximadamente 80% são relativos a edifícios/frações existentes, sendo que os edifícios de serviços representam uma minoria (5%). Os edifícios certificados pertencem massivamente às décadas de 1980, 1990 e 2000, conforme demonstra a figura 4.3. Esta figura é também indicativa das áreas de atuação na zona urbana do concelho.

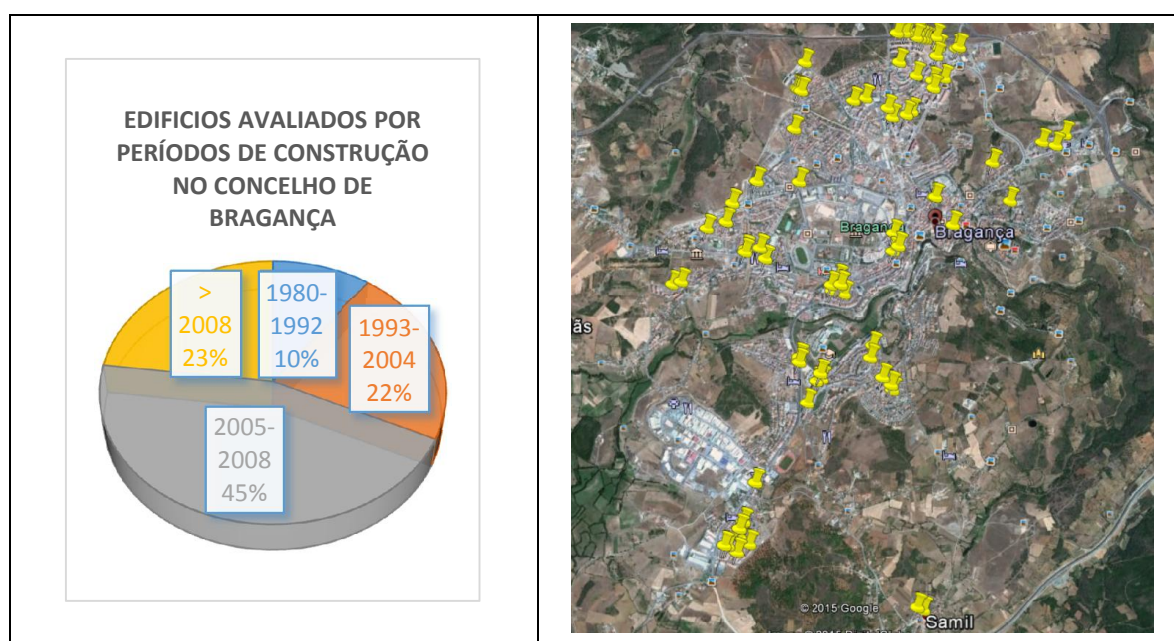


Figura 4.3 – Edifícios de habitação certificados no concelho de Bragança

De modo a caracterizar as soluções e analisar os principais índices e parâmetros energéticos foi efetuada uma análise aos edifícios, por períodos de construção, considerando que a data do CE geralmente corresponde à data final de construção. As épocas em análise foram separadas, atendendo aos valores dos parâmetros e índices térmicos, os quais foram variando ao longo das mesmas, especialmente devido aos seguintes aspetos: *i)* Entrada em vigor da legislação de térmica (que se refletiu na construção aproximadamente dois anos depois); *ii)* Entrada em vigor da Ficha técnica de Habitação (permitindo uma melhor caracterização de alguns elementos construtivos); *iii)* Introdução da rede de gás natural, com enorme impacto nos sistemas de climatização.

4.4.2. Zona e dados Climáticos

Através da consulta do Quadro III.1, do RCCTE, era possível verificar que o concelho de Bragança pertencia à zona climática I3-V2 Norte, com as seguintes características:

Tabela 4.1 – Zona e dados climáticos correspondentes ao concelho de Bragança, RCCTE-2006

Altitude	Ref: 680m (620-720)
Zona climática de inverno	I3
Duração da estação de aquecimento	8 Meses
Número de graus-dias	2850 °C. dias
Zona climática de verão	V2 Norte
Temperatura externa do projeto	33 °C
Amplitude térmica	15 °C
Temperatura do ar exterior (verão)	19 °C

De acordo com o quadro III.8 do RCCTE a energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul (G_{sul}) na estação de aquecimento era de 90 kWh/m².mês.

Tabela 4.2 - Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, RCCTE-2006

Zona de Inverno	G_{sul} (Kwh/m ² .mês)
I3	90
Continente	

Os valores médios da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro), I_r (kWh/m²), segundo o RCCTE para a zona V2 Norte assumiam os seguintes valores:

Tabela 4.3 -Valores médios da intensidade da radiação solar Energia, RCCTE-2006

Norte	Sul	Este	Oeste
200 kWh/m ²	420 kWh/m ²	450 kWh/m ²	450 kWh/m ²

Estes dados serviriam de ponto de partida para implementação e verificação do regulamento em vigor.

4.4.3. Tipologia e organização espacial

Relativamente à tipologia, identificou-se a T3 como sendo a mais representativa em apartamentos e a T4 em moradias. Foi possível verificar que as áreas dos compartimentos das habitações ultrapassam largamente as áreas mínimas do RGEU (Regime Geral das Edificações Urbanas), principalmente no que diz respeito à sala e à cozinha. Quanto à disposição dos compartimentos, os edifícios caracterizam-se por uma zona comum, composta por sala, cozinha, despensa e/ou lavandaria e uma zona privativa composta por quartos e instalações sanitárias. Estas, principalmente nos edifícios em banda encontram-se localizadas na zona central da habitação, sem qualquer iluminação natural.

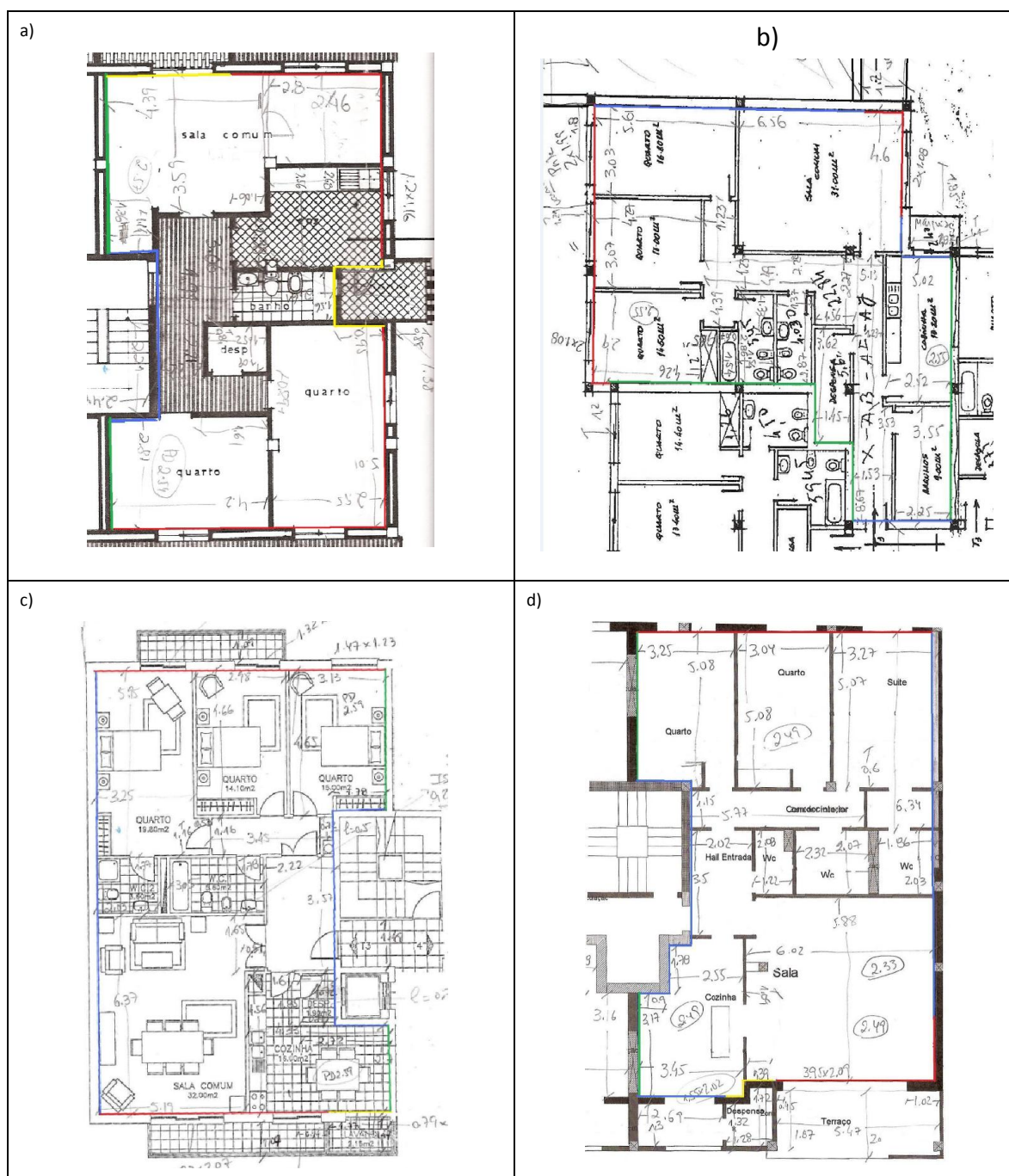


Figura 4.4 – Plantas de Edifícios construídos em 1984 (a), 1992 (b), 2004 (c), 2010 (d)

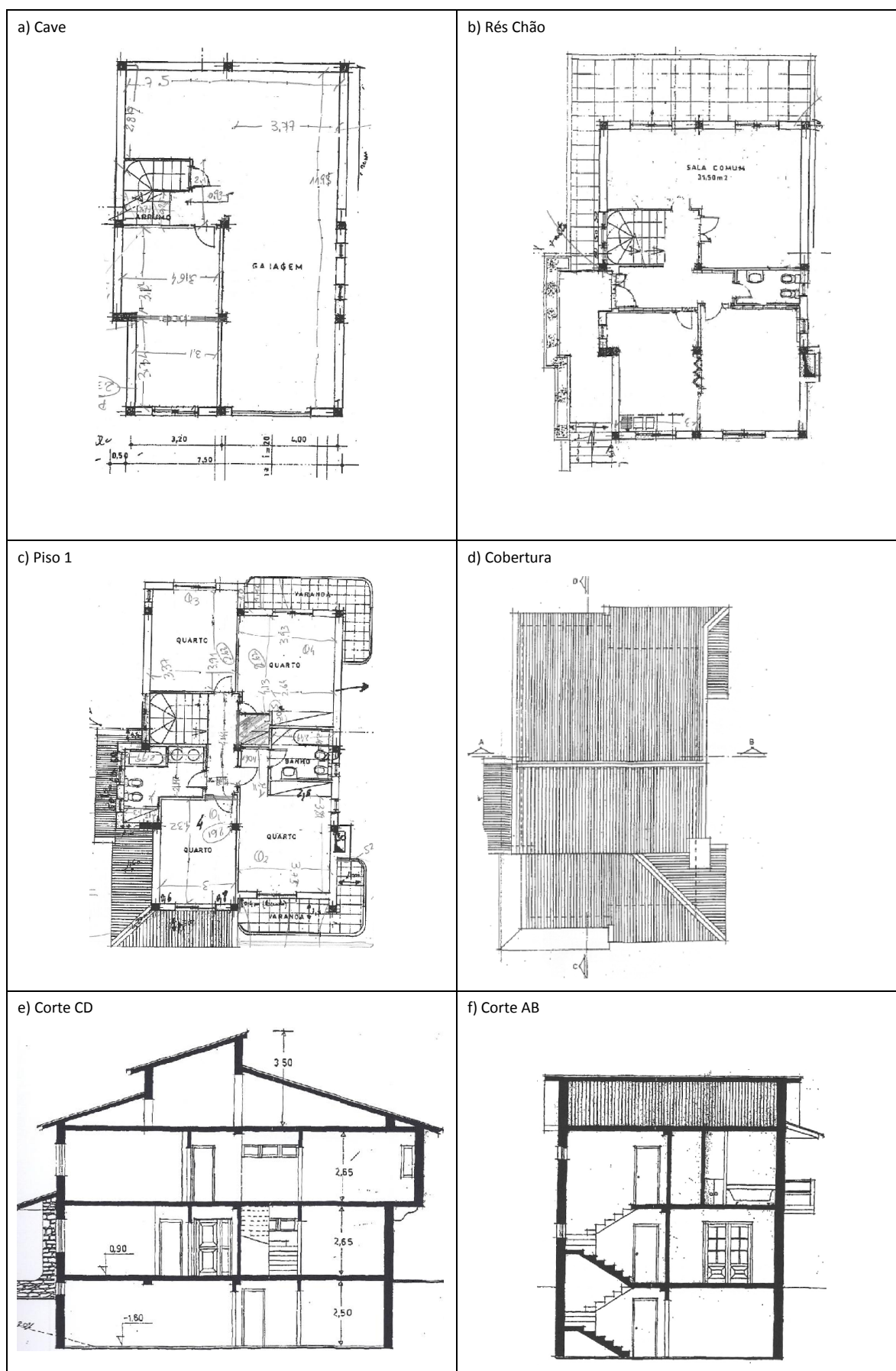


Figura 4.5 – Plantas/cortes de uma moradia construída em 1997

A maioria dos apartamentos apresenta 2 a 3 fachadas em contato com o exterior, e as moradias 3 a 4 fachadas, consoante sejam geminadas ou isoladas. Em apartamentos, o comprimento médio das fachadas principal e posterior é de aproximadamente 10m (cada) e a lateral, por vezes cega, mede aproximadamente 15m. Os edifícios multifamiliares apresentam em geral uma forma compacta, com saliências (pavimentos exteriores) somente ao nível do primeiro andar, com áreas pouco representativas em relação à área útil total. Muitos dos apartamentos foram projetados com pelo menos uma varanda, que em muitos casos se transformou em marquise.



Figura 4.6 – Fotografias de alguns Edifícios multifamiliares inspecionados por data de construção

Os apartamentos situados ao nível do rés-do-chão e último andar são os mais desfavorecidos, em termos de desempenho energético. Os primeiros geralmente estão em

contacto, com a garagem parcialmente enterrada, e os segundos, com a cobertura, pela qual existem perdas e ganhos térmicos significativos.

As moradias são caracterizadas por formas mais irregulares, mas em regra cada fachada mede aproximadamente 8 a 12 metros. Apresentam geralmente dois a três pisos, um dos quais, destinado à garagem. Esta, localizada no piso térreo, na maioria dos casos parcialmente enterrada, apresenta ligação ao piso superior por uma escada.



Figura 4.7 – Fotografias de alguns Edifícios uni/bifamiliares inspecionados por data de construção

4.4.4. Levantamento dimensional

As medições relativas ao levantamento dimensional, necessárias para efeitos de cálculo, foram sempre efetuadas pelo interior.

A este nível, relativamente aos edifícios existentes, podiam ser aplicadas as simplificações da NT-SCE-01, que se apresentam no quadro seguinte, de forma isolada ou em simultâneo. Tratando-se de edifícios acessíveis pelo menos no que diz respeito aos espaços habitáveis, à exceção da área das portas, não se utilizaram as simplificações permitidas. Saliente-se que

a visita do perito ao edifício era de carácter obrigatório e que o mesmo deveria utilizar a informação mais rigorosa ao seu dispor.

Quadro 4.1 – Simplificações permitidas pela NT-SCE-01, referentes ao levantamento dimensional

ENVOLVENTE	
Levantamento Dimensional	SIMPLIFICAÇÕES
Área útil de pavimento	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m; - Se a medição da área de pavimento for efetuada contabilizando a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos deve-se diminuir o valor da área total em 10%,.
Pé Direito	- Em caso de pé-direito variável deverá ser adotado um valor médio aproximado, estimado em função das áreas de pavimento associadas.
Área de parede da envolvente exterior	- Contabilizar, na sua totalidade, as paredes em contacto com o solo, considerando para efeitos de cálculo o coeficiente de transmissão térmica da parede da envolvente exterior adjacente. Nesta situação, deverá assumir-se que a respetiva perda linear é nula.
Área cobertura (interior e exterior)	- Ignorar áreas de cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m; - Se se tratar de uma cobertura inclinada (inclinação superior a 10º) a medição pode ser efetuada na horizontal. Neste caso deve-se agravar o valor da área em 25%.
Área de pavimento (interior e exterior)	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.
Áreas portas	- Ignorar áreas de portas cuja área envidraçada seja inferior a 25%; - Estas áreas consideram-se incluídas na restante envolvente vertical.

Foi possível verificar os seguintes intervalos representativos relativos às áreas úteis dos edifícios/frações autónomas:

- Apartamentos de tipologia T2 - 70 a 100 m²;
- Apartamentos de tipologia T3 - 100 a 130 m²;
- Moradias de Tipologia T4-160 a 180 m².

O Pé direito médio ponderado corresponde a valores na ordem dos 2,5 a 2,6m.

4.4.5. Espaços úteis, não úteis e delimitação de envolventes

Os principais espaços não úteis identificados foram os seguintes:

- Lavandarias, marquises e despensas (com janela para o exterior);
- Garagens;
- Desvãos de cobertura não habitáveis;
- Zonas comuns em edifícios multifamiliares (zonas de circulação horizontal e vertical, tais como caixas de escadas e de elevadores);
- Edifícios adjacentes.



Figura 4.8 – Exemplos de espaços não úteis inspecionados em edifícios existentes multifamiliares (caixa de escadas, hall de circulação comum, garagem coletiva e arrumo destinado ao condomínio)



Figura 4.9 – Exemplos de espaços não úteis inspecionados em moradias (escadas e garagem)

Em moradias foi frequente verificar que a porta da caixa de escadas que liga o rés-do-chão à cave (geralmente destinada a garagem e arrumos) se situa ao nível deste último piso, o que provoca maiores perdas de calor, aumentando a área dos elementos a intervir futuramente.



Figura 4.10 – Exemplos de ligação de áreas úteis de moradias com garagem/arrumos, verificados em edifícios inspecionados, construídos em 2007 e 2008

A identificação dos espaços úteis e não úteis do edifício permitia definir as envolventes, exterior, interior e sem requisitos.

Relativamente aos edifícios existentes, a identificação dos espaços úteis e não úteis era feita na fase de inspeção ao imóvel e, durante a mesma, eram definidas as envolventes, sendo a envolvente interior analisada mais a pormenor posteriormente, com a determinação do coeficiente τ .

A NT-SCE-01 permitia em relação à determinação deste coeficiente a seguinte simplificação:

- Atribuição do valor convencional de 0,75 a todos os espaços não aquecidos.

Mas, sempre que o PQ optasse por determinar o valor de τ para um dos espaços não aquecidos, seguindo a metodologia do RCCTE, não poderia aplicar esta regra de simplificação aos restantes espaços não aquecidos. De realçar também que se esta simplificação fosse adotada teriam que se contabilizar as Pontes térmicas lineares dos elementos da envolvente interior, o que poderia penalizar os resultados.

Deste modo, sempre que foi possível aceder aos *enu* foram determinados os valores dos τ 's, de acordo com o RCCTE, bastante simples de determinar na maioria dos casos.

Um dos *enu* em que a determinação do τ se tornava muito simples sem ser necessário o cálculo da relação de A_i/A_u eram os desvãos de cobertura não ventilados, pois sendo o seu telhado constituído por águas inclinadas, a área em contato com o exterior seria sempre maior do que a área em contato com os espaços úteis, logo A_i/A_u seria inferior a 1, e τ assumiria o valor de 0,8, conforme exemplificado na figura seguinte.

Da mesma forma, a determinação do τ para as circulações comuns de edifícios multifamiliares sem abertura direta para o exterior dispensava cálculos. Não havendo área em contato com o exterior, a relação de A_i/A_u seria sempre maior que 10, logo τ assumiria o valor de 0. Neste caso também não era necessário calcular a área da envolvente interior, assumindo-se que o *enu* teria a mesma temperatura que o espaço útil adjacente.

TABELA IV.1 Valores do coeficiente τ (secção 2.1)			
Tipo de espaço não útil	$A_s / (A_s + A_e)$		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maior que 10
1 — Circulação comum:			
1.1 — Sem abertura directa para o exterior	0	0,3	0
1.2 — Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total < 0,05 m³/m³	0	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total ≥ 0,05 m³/m³	0	0,7	0,3
2 — Espaços comerciais	0	0,6	0,2
3 — Edifícios adjacentes	0	0,6	0,6
4 — Armazéns	0,5	0,7	0,3
5 — Garagens:			
5.1 — Privada	0	0,5	0,3
5.2 — Colectiva	0	0,7	0,4
5.3 — Pública	0,5	0,8	0,5
6 — Varandas, marquises e similares (2)	0	0,6	0,2
7 — Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) (1):			
7.1 — Desvão não ventilado	0,8	0,6	0,4
7.2 — Desvão fracamente ventilado	0,9	0,7	0,5
7.3 — Desvão fortemente ventilado		1	

(1) A_s — área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.
 A_e — área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.
(2) Corresponde aos espaços do tipo varandas e marquises fechadas, ou equivalentes, em que a envolvente de separação com os espaços aquecidos deve satisfazer, obrigatoriamente, os requisitos mínimos de coeficiente de transmissão térmica (U) definidos no anexo IX.

a)

TABELA IV.1 Valores do coeficiente τ (secção 2.1)			
Tipo de espaço não útil	$A_s / (A_s + A_e)$		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maior que 10
1 — Circulação comum:			
1.1 — Sem abertura directa para o exterior	0	0	0
1.2 — Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total < 0,05 m³/m³	0,8	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total ≥ 0,05 m³/m³	0,9	0,7	0,3
2 — Espaços comerciais	0,8	0,6	0,2
3 — Edifícios adjacentes	0,6	0,6	0,6
4 — Armazéns	0,95	0,7	0,3
5 — Garagens:			
5.1 — Privada	0,8	0,5	0,3
5.2 — Colectiva	0,9	0,7	0,4
5.3 — Pública	0,95	0,8	0,5
6 — Varandas, marquises e similares (2)	0,8	0,6	0,2
7 — Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) (1):			
7.1 — Desvão não ventilado	0,8	0,6	0,4
7.2 — Desvão fracamente ventilado	0,9	0,7	0,5
7.3 — Desvão fortemente ventilado		1	

(1) A_s — área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.
 A_e — área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.
(2) Corresponde aos espaços do tipo varandas e marquises fechadas, ou equivalentes, em que a envolvente de separação com os espaços aquecidos deve satisfazer, obrigatoriamente, os requisitos mínimos de coeficiente de transmissão térmica (U) definidos no anexo IX.

b)

Figura 4.11 – Exemplificação da determinação do coeficiente τ , para desvãos não ventilados, a), e para circulações comuns sem abertura para o exterior, b)

4.4.6. Caracterização das soluções e parâmetros térmicos

4.4.6.1 Caracterização das soluções da Envolvente opaca corrente

A- SOLUÇÕES DE PAREDES EXTERIORES

Na maioria dos edifícios inspecionados foi possível constatar que as suas paredes exteriores apresentam espessuras entre 30cm a 40cm, sendo constituídas por pano duplo, destacando-se a prática da incorporação de isolamento térmico em edifícios da década de 1990, em virtude do aparecimento da primeira legislação térmica. O isolamento predominante é o poliestireno extrudido (XPS) com espessura de 3 cm.

A aplicação do RCCTE-2006 veio fazer com que as espessuras dos isolamentos aumentassem, o que em apartamentos se resumiu a um incremento ligeiro de 1 a 2cm e em moradias de 3 a 5cm. Esta legislação acabou também por influenciar a prática na adoção de algumas soluções novas, como a aplicação de isolamento pelo exterior através do sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) e da fachada ventilada, acabando o primeiro sistema por se enraizar no mercado, principalmente na área da reabilitação, pelos baixos custos e facilidade de aplicação.



Figura 4.12 – Exemplos de aplicação do sistema ETIC's e fachada ventilada, edifício construído em 2008

As paredes apresentam-se na generalidade dos casos revestidas pelo interior com reboco ou estuque de gesso de 2cm, com acabamento a azulejo ou tinta plástica respetivamente. Pelo exterior o reboco com acabamento a tinta ou azulejo cerâmico de cores claras são os revestimentos e acabamentos que predominam.



Figura 4.13 – Exemplos de paredes exteriores inspecionadas em edifícios

B-SOLUÇÕES DE PAREDES INTERIORES

As soluções de paredes interiores de separação com os edifícios adjacentes são semelhantes às paredes exteriores, mas as restantes apresentam em regra menores espessuras, não contemplando na sua maioria isolamento térmico até à data de entrada em vigor do RCCTE-2006. De destacar a solução corrente de paredes interiores, de separação de espaços úteis com lavandarias/marqueses, arrumos e desvãos de cobertura, construídas com um único pano de tijolo cerâmico de 7 a 11cm. Com a entrada em vigor do RCCTE-2006,

este tipo de paredes teve que sofrer alterações quanto à sua constituição, para satisfação de requisitos mínimos.



Figura 4.14 – Exemplos de paredes interiores inspecionadas em edifícios

C-SOLUÇÕES DE PAVIMENTOS E COBERTURAS

Em consonância com os dados estatísticos relativos ao concelho de Bragança, referidos no capítulo III, constatou-se que a cobertura dos edifícios novos e existentes se caracteriza por um telhado de duas águas rematado por um beiral ou uma platibanda.

Sob o telhado existe um desvão, geralmente não habitável e não ventilado. A utilização deste desvão para arrumos ou mesmo para ocupação humana verificou-se mais em moradias. Quando não habitável, o desvão é considerado espaço não útil, sendo a laje sob o mesmo considerada, segundo a regulamentação de térmica, como cobertura interior. O coeficiente de perdas τ assumia na maioria dos casos o valor de 0,8 (conforme demonstrado em 4.45).

A constituição da cobertura interior mais corrente assenta numa laje aligeirada de vigotas de betão pré-esforçado e abobadilhas cerâmicas, de 20 a 30 cm de espessura. Foi possível verificar a utilização crescente de abobadilha de esferovite (EPS) a partir do início da década de 2000, na laje superior ao desvão conforme se pode visualizar na figura 4.15, para dar leveza à estrutura e conferir-lhe isolamento, no entanto para efeitos de cálculo térmico esta laje superior não é contabilizada.



Figura 4.15 – Exemplos de soluções de desvãos de coberturas verificados nos edifícios inspecionados, construídos em 2008

Contrariamente ao que aconteceu com as paredes exteriores, o RCCTE-1990, infelizmente, não trouxe a prática corrente de incorporação de isolamento térmico nas coberturas, o que se veio a comprovar mediante as inspeções dimensionais e visuais decorrentes dos processos de certificação energética em análise, e através da auscultação a construtores e peritos do concelho, indo de encontro ao estudo elaborado pela ADENE, mencionado no capítulo III.



Figura 4.16 – Exemplos de soluções de desvãos de coberturas, sem qualquer isolamento térmico



Figura 4.17 – Isolamento térmico no desvão de cobertura (rematada com platibanda) de um edifício multifamiliar construído em 2007

Só com a entrada em vigor do RCCTE-2006, se generalizou a aplicação de isolamento nas coberturas, quer sobre a laje do telhado, no caso de desvãos habitáveis, quer sobre a cobertura interior, no caso de desvãos não habitáveis. Saliente-se ainda que o SCE teve efeitos positivos no controlo em obra, passando a contemplar registos de evidências da aplicação dos isolamentos. As espessuras registadas em apartamentos com base nesta legislação, rondam os 6 cm, e em moradias os 8cm.



Figura 4.18 – Isolamento térmico aplicado sobre a cobertura de um edifício multifamiliar construído em 2008 (à esquerda) e aplicado sobre a laje de esteira de um edifício unifamiliar, 2010 (à direita)

A constatação da falta de isolamento térmico nas coberturas estende-se aos restantes pavimentos do edifício, exteriores e interiores. A sua constituição estrutural é semelhante, assentando em lajes aligeiradas, sobre as quais vulgarmente eram colocadas camadas de regularização com argamassas de argila expandida. A partir da década de 2000 as lãs minerais e mantas têxteis começaram a ter alguma aplicação, mas na maioria dos casos só entre apartamentos por uma questão de isolamento sonoro.

4.4.6.2 Coeficiente de transmissão térmica superficial da envolvente opaca corrente (paredes, pavimentos e coberturas)

Em edifícios novos, havia um conhecimento integral de todos os elementos constituintes da solução, pelo que na maioria dos casos o coeficiente de transmissão térmica era obtido recorrendo à fórmula (2) apresentada em 2.4.1.3 Para estes edifícios seria necessário verificar o Requisito mínimo relativo à envolvente opaca corrente, que para a zona climática I3 assumia os seguintes valores:

ANEXO IX

Requisitos mínimos de qualidade térmica
para a envolvente dos edifícios

1 — Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis. — Nenhum elemento da envolvente de qualquer edifício pode ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente (U) superior ao valor correspondente no quadro IX.1.

QUADRO IX.1

Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos
admissíveis de elementos opacos

(U-W/m²°C)

Elemento da envolvente	Zona climática (*)		
	I ₁	I ₂	I ₃
Elementos exteriores em zona corrente (**):			
Zonas opacas verticais	1,8	1,60	1,45
Zonas opacas horizontais	1,25	1	0,90
Elementos interiores em zona corrente (***):			
Zonas opacas verticais	2	2	1,90
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

(*) V. anexo III.

(**) Incluindo elementos interiores em situações em que $\tau > 0,7$.

(***): Para outros edifícios e zonas anexas não úteis.

- *Paredes exteriores ou paredes interiores com requisitos de exterior (se $\tau > 0,7$): 1,45 W/m²°C;*
- *Paredes interiores com requisitos de interior (se $\tau \leq 0,7$): 1,9 W/m²°C;*
- *Coberturas/pavimentos exteriores ou Coberturas/pavimentos com requisitos de exterior (se $\tau > 0,7$): 0,9 W/m²°C;*
- *Coberturas/pavimentos interiores com requisitos de interior (se $\tau \leq 0,7$): 1,2 W/m²°C.*

$U_{\text{zona corrente}} \leq U_{\text{máx}}$

Figura 4.19 – Requisitos mínimos para a envolvente opaca para a zona climática I3, RCCTE-2006

As soluções correntes facilmente verificavam estes requisitos mínimos, e mesmo soluções, tais como paredes exteriores e coberturas sem isolamento, verificavam estes limites, no entanto, a adoção das mesmas em áreas significativas tornaria inviável o cumprimento dos requisitos energéticos.

Relativamente aos edifícios existentes, e segundo o descrito no Despacho n.º 11020/2009, a caracterização térmica da envolvente deveria seguir a seguinte hierarquia: 1) Projeto e fichas técnicas atestando-se a sua coerência e autenticidade; 2) Publicações LNEC ou outras fontes reconhecidas pelo SCE mediante despacho. Neste último caso os valores de U dependeriam da espessura do elemento opaco e do ano de construção do edifício, sendo que em caso de dúvida os valores a escolher deveriam ser os mais conservadores. Independentemente da fonte de informação adotada, a caracterização efetuada deveria suportar-se em evidências recolhidas durante a visita ao local, designadamente, fotografias e medições que revelassem a composição das soluções construtivas.

Existe uma gama de edifícios, entre (aproximadamente) 1993 e 2004 (data de entrada em vigor da Ficha Técnica da Habitação) que muito provavelmente têm isolamento térmico na envolvente (especialmente nas paredes, conforme mencionado atrás), mas o mesmo não

foi contabilizado devido à inexistência de evidências. De modo a agilizar os processos de certificação, eram utilizados pelos PQ, os valores por defeito, que acabavam por ter um efeito bastante penalizador nos resultados finais do cálculo térmico. A título de exemplo, apresenta-se na figura seguinte uma comparação, relativa a paredes exteriores, entre o valor de U obtido através do cálculo detalhado (para a solução que caracteriza a época de construção, com isolamento térmico de 3cm) e o valor de U por defeito (considerando a inexistência de informação/evidências da solução construtiva da parede).

Designação	Tipo	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	
Parede exterior					
Constituição do elemento					
Rse				0,04	D
Revestimento Ext.	Tinta				
Regularização Ext.	Reboco	0,02	1,3	0,015	I
Pano Ext.	Tijolo cerâmico	0,15		0,390	I
Cx ar		0,03		0,180	I
Isolamento térmico	XPS	0,03	0,037	0,81	I
Pano Int.	Tijolo cerâmico	0,11		0,270	I
Regularização int.	Gesso	0,02	0,56	0,036	I
Revestimento interior	Tinta				
Rsi				0,13	D
Espessura		0,36	R.total (m ² .°C/W)	1,87	
			U (W/m ² .°C)	0,53	
Espessura		0,36	n (W/m ² .°C)	0,23	
			U (W/m ² .°C)	4,81	
			U (W/m ² .°C)	0,13	

QUADRO II.3		PAREDE REBOCADA (POSTERIOR A 1960)
		PAREDES SIMPLES OU DUPLAS
		COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
		U (W/m ² .°C)
PAREDES EXTERIORES (R _{se} + R _{si} = 0,17 [(m ² .°C)/W])		
Espessura da alvenaria (m)		
0,18 a 0,20	0,23 a 0,29	0,30 0,35
1,7	1,3	1,1 0,96

* - A espessura da alvenaria indicada inclui os revestimentos (espessura total).

NOTAS:

O quadro II.3 poderá ser utilizado nos seguintes casos (paredes posteriores a 1960):

- paredes simples (em geral com espessura total inferior a 0,29 m) de alvenaria simples, quando não seja possível identificar, ou se desconheça, o tipo de tijolo ou de bloco utilizado;
- paredes duplas (em geral com espessura total superior a 0,29 m), quando não seja possível identificar, ou se desconheça, quer o tipo de tijolo ou de bloco utilizado quer a espessura dos panos de alvenaria; nos valores indicados não se considera a contribuição de um eventual isolante térmico.

Figura 4.20 – Comparação de valores de U parede (cálculo detalhado e valores por defeito)

Para demonstrar o impacto da adoção destas diferentes soluções apresenta-se na figura seguinte uma comparação dos resultados das necessidades energéticas relativas a um edifício inspecionado pela autora, com data de construção de 2004, ainda sem Ficha Técnica de Habitação (com adoção de U por defeito), o qual foi objeto de uma simulação assumindo a existência de parede dupla com isolamento térmico em poliestireno extrudido (XPS) de 3cm (U=0,57 W/m²°C).

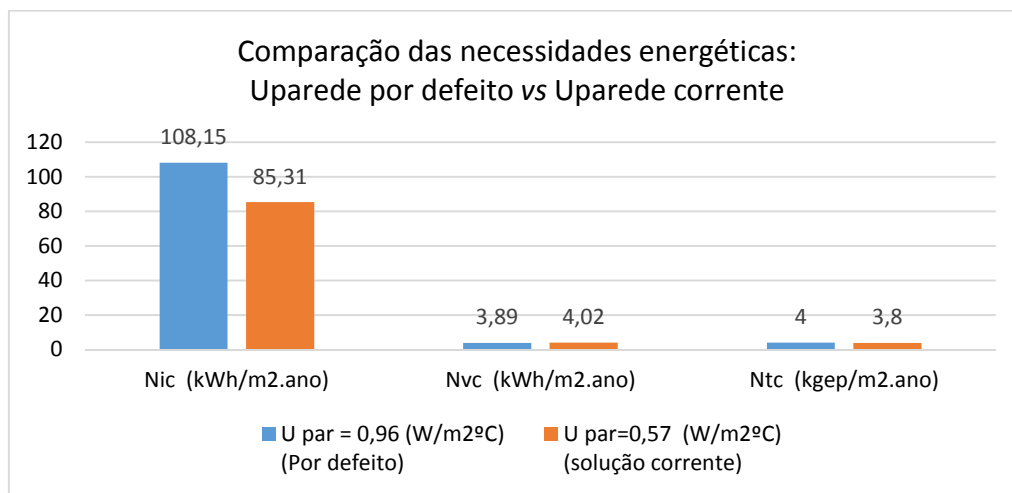


Figura 4.21 – Influência da adoção dos valores de U por defeito em paredes

Como se pode observar o impacto maior é ao nível do valor das necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}), onde existe um agravamento de aproximadamente 27% por ser considerado o valor de U por defeito. Esta percentagem está dentro do normal, mas embora esta diferença fosse significativa para a maioria dos edifícios, a classe energética dificilmente seria alterada (havendo somente um agravamento de 5% nas necessidades de energia primária se fosse considerado o U por defeito), a não ser que o quociente N_{tc}/N_t estivesse muito próximo do limiar dos limites das diferentes classes.

Quer em edifícios novos, quer nos existentes a envolvente opaca era contabilizada multiplicando a respetiva área pelo valor do coeficiente de transmissão térmica superficial.

4.4.6.3 Envolvente opaca não corrente

A- PORTAS

As portas dos edifícios da década de 1980 caracterizam-se por uma espessura entre os 4 a 6 cm, geralmente em madeira, assumindo valores de coeficientes de transmissão térmica entre 2 a 2,5 W/(m²°C). As portas dos edifícios da década de 1990 e 2000 passaram a ser mais robustas, construídas em estrutura de aço forradas com painéis de madeira, em PVC ou alumínio.

Relativamente a edifícios novos, as portas opacas, pertencentes quer à envolvente exterior quer à envolvente interior, não tinham que atender a requisitos mínimos. A sua especificação nos projetos variava muito, mas geralmente o “U” assumia valores inferiores a 1,5 W/(m²°C). Eram contabilizadas como elementos específicos da envolvente, multiplicando a respetiva área pelo valor do coeficiente de transmissão térmica superficial.

Quanto aos edifícios existentes, como por vezes era difícil de caracterizar exatamente a sua constituição, recorria-se frequentemente à simplificação permitida, já referida atrás (quadro 4.1).

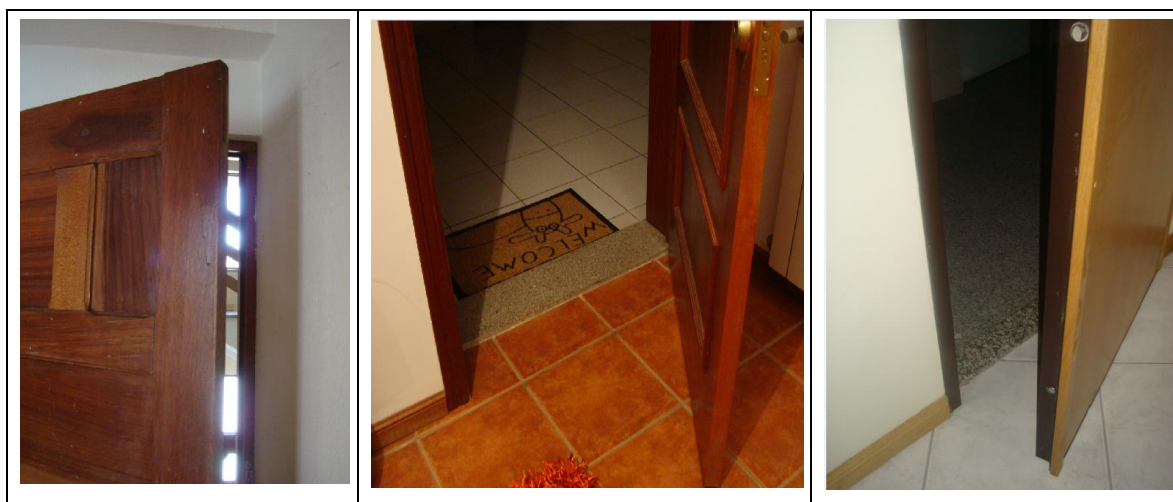


Figura 4.22 – Exemplos de soluções de portas, 1985, 1999 e 2008

B- PONTES TÉRMICAS PLANAS (PILARES, VIGAS E CAIXAS DE ESTORES)

As pontes térmicas planas (PTP) são heterogeneidades inseridas em zona corrente da envolvente (exterior ou interior), tais como os pilares, talões de vigas e caixas de estores, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície.

Antes da entrada em vigor do RCCTE-2006 não era frequente proceder-se ao isolamento térmico das PTP. No entanto, com esta legislação, a colocação de isolamento nestes elementos passou a ser praticamente obrigatória nas soluções correntes de paredes exteriores duplas com isolamento térmico, em edifícios novos, para a verificação de um dos requisitos mínimos impostos no regulamento, descritos no capítulo II. A título de exemplo, um pilar (ou outro elemento de betão armado) inserido numa parede exterior corrente de pano duplo, com isolamento em XPS de 4cm teria que, para cumprir o requisito mínimo ser forrado com pelo menos 3cm do mesmo isolamento. E o mesmo acontecia em relação a caixas de estores inseridas neste elemento.

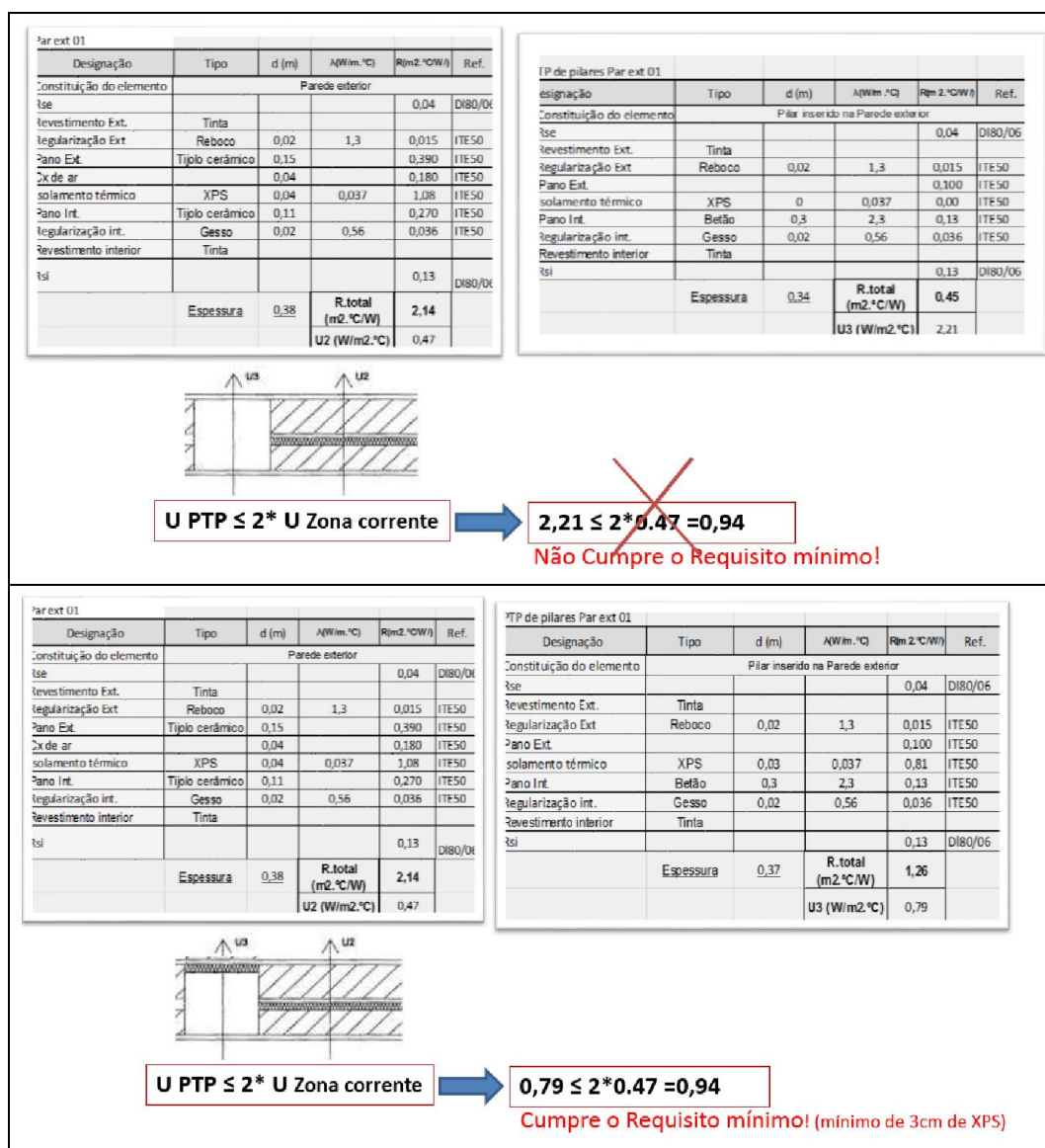


Figura 4.23 – Exemplificação do cumprimento do Requisito Mínimo para PTP Pilares



Figura 4.24 – Soluções de caixas de estores de um edifício construído em 2001



Figura 4.25 – Soluções de isolamento de caixas de estores de um edifício construído em 2008

Sendo assim, uma das alterações desta legislação à prática corrente de construção foi precisamente a incorporação de isolamento térmico nos pilares, talões de vigas e caixas de estores. Tal originou a que se repensasse o projeto de estabilidade no que toca à distribuição das dimensões de pilares e talões de vigas numa tentativa de que os mesmos ficassem alinhados com as paredes adjacentes. Neste sentido, a adoção de vigas embutidas passou a ser a primeira opção dos projetistas, em detrimento das vigas altas, eliminando-se também as pontes térmicas originadas pelas mesmas.

Em edifícios novos as PTP eram quantificadas no cálculo térmico tal como a restante envolvente opaca, multiplicando o valor de U pela respetiva área.

Relativamente aos edifícios existentes a NT-SCE-01 permitia as seguintes simplificações:

- Ignorar a determinação das áreas das pontes térmicas planas;
- Caso a solução construtiva não garantisse a ausência de pontes térmicas planas (isolamento térmico contínuo pelo exterior; paredes exteriores em alvenaria de pedra), deveria majorar-se o valor de U da zona corrente em 35%.

A caracterização e levantamento dimensional destes elementos em edifícios existentes constituía uma tarefa quase impossível sem um conjunto de alguns projetos de

especialidades (arquitetura, térmica, estabilidade). As plantas que os proprietários têm em seu poder, geralmente são gerais e portanto não fornecem informação válida das dimensões exatas de pilares, vigas e muito menos de caixas de estores. Também as fichas técnicas de habitação analisadas, raramente continham informações sobre estes elementos. Assim sendo, o recurso a esta simplificação foi recorrente, agravando-se o valor de U da zona corrente da envolvente em 35%.

4.4.6.4 Pontes Térmicas Lineares e Elementos em Contacto com o Solo

a) Pontes térmicas lineares

As PTL assumem uma contribuição significativa nas perdas térmicas totais do edifício (avaliada nos processos analisados em aproximadamente 10%), constituindo zonas com menos resistência à passagem de calor do que a zona corrente da envolvente, com temperaturas superficiais mais baixas, potenciando um maior risco de condensações e, consequentemente, aparecimento quer de patologias funcionais, quer de patologias construtivas.

O RCCTE-2006 veio trazer novidades quanto a esta matéria, permitindo uma clara diferenciação entre as várias ligações de elementos construtivos e a reflexão no impacto de cada uma delas no desempenho energético do edifício. Tal traduziu-se numa melhoria significativa da qualidade do projeto devido ao cuidado acrescido na escolha das soluções e sua pormenorização, no entanto, as PTL são alguns dos elementos de construção onde é mais difícil de intervir para melhorar o desempenho energético do edifício.

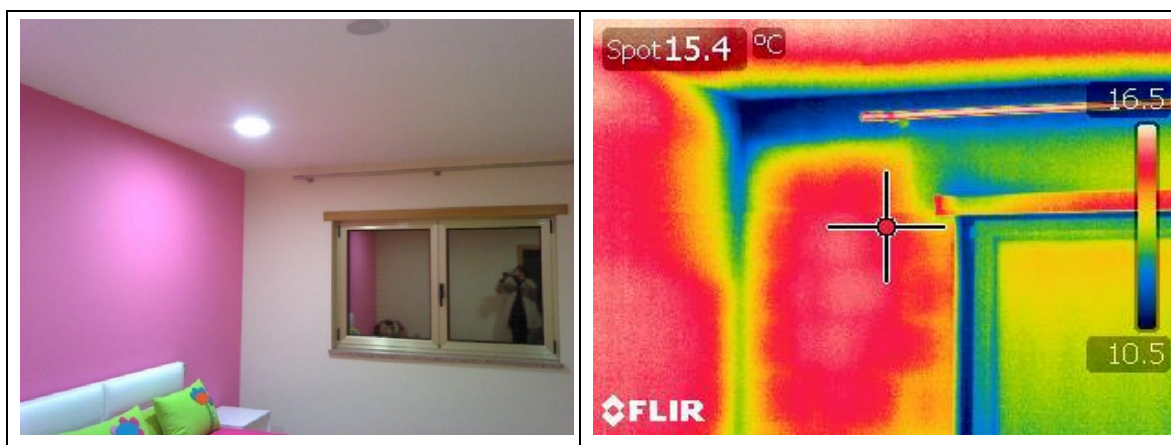


Figura 4.26 – PTL registadas através de uma Câmara termográfica

Em edifícios novos, para efeitos de cálculo, a ponte térmica era quantificada multiplicando o valor de ψ pelo respetivo desenvolvimento, conforme o descrito em 2.4.1.

Relativamente aos edifícios existentes, a NT-SCE-01 permitia a consideração apenas do desenvolvimento linear total das ligações de fachadas com pavimentos, cobertura ou varanda e a utilização de um valor convencional de $\Psi=0,75 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}$. Permitia ainda desprezar as ligações de fachada com caixa de estore, padieira, ombreira ou peitoril e as ligações entre duas paredes verticais. A autora recorria bastante a esta simplificação, uma

vez que a determinação exata através das tabelas do RCCTE-2006, dependendo dos casos, exigia um conhecimento das soluções construtivas, o que, na maioria dos casos, era impossível.

b) Caso particular dos elementos em contato com o solo

Geralmente os pavimentos e paredes dos edifícios em contato com o terreno, principalmente em edifícios multifamiliares, são os pavimentos e paredes das garagens e arrumos, não sendo neste caso contabilizados para o cálculo. Foram poucos os edifícios onde se contabilizaram estes elementos, predominando em moradias.

É importante realçar que os desvãos sanitários não eram uma solução frequente na zona em estudo, no entanto a autora recorreu aos mesmos, contemplando-os em projetos de edifícios novos em substituição dos pavimentos térreos, para baixar as necessidades de energia para o aquecimento, que eram muito agravadas se fossem considerados os pavimentos térreos.

Relativamente a edifícios existentes, a NT-SCE-01 permitia as seguintes simplificações:

- Paredes em contato com o solo: Caso se contabilizasse, na sua totalidade, a área de parede em contacto com o solo na área de parede de envolvente exterior, considerava-se $\Psi=0 \text{ W/m}^2\text{.}^{\circ}\text{C}$.
- Pavimentos em contato com o solo: Se a cota do pavimento fosse inferior à do terreno exterior considerava-se $\Psi=1,5 \text{ W/m}^2\text{.}^{\circ}\text{C}$. Caso contrário utilizava-se $\Psi=2,5 \text{ W/m}^2\text{.}^{\circ}\text{C}$.

4.4.6.5 Vãos envidraçados

1-SOLUÇÕES DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados mais representativos dos edifícios dos anos 80 são constituídos por caixilharia simples, em alumínio sem corte térmico, de correr, de cor clara, e com vidro simples incolor de 4 a 5mm.



Figura 4.27 – Exemplos de soluções de vãos envidraçados, em edifícios da década de 1980, anteriores ao RCCTE-1990

Os vãos envidraçados dos edifícios construídos após o RCCTE-1990 caracterizam-se pela incorporação de vidros duplos, sendo o mais frequente, o incolor + incolor, com 4 a 5mm. A caixa-de-ar entre os mesmos varia entre 8 a 14mm.

Somente a partir da década de 2000, é que os vãos envidraçados se caracterizam por uma caixilharia mais imponente em alumínio com rotura térmica, abertura giratória e oscilobatente. Paralelamente ao alumínio, na década de 2000, o PVC surge como uma opção recorrente.

Em todas as épocas analisadas, as proteções mais representativas são as persianas exteriores de cor clara. O material característico é o plástico, sendo substituído em larga escala por alumínio com isolamento em poliuretano no seu interior a partir da década de 1990. A partir da década de 2000, as persianas motorizadas passaram a ser uma solução recorrente, reduzindo as fugas de ar através das fitas.



Figura 4.28 – Exemplos de soluções de vãos envidraçados com caixilharia alumínio com corte térmico, PVC, vidro duplo e persiana térmica

A constituição dos vãos das instalações sanitárias muitas vezes diferem da constituição dos restantes, mesmo nos edifícios recentes, nomeadamente no tipo de vidro e nas proteções, sendo que em alguns casos estas são inexistentes ou interiores.

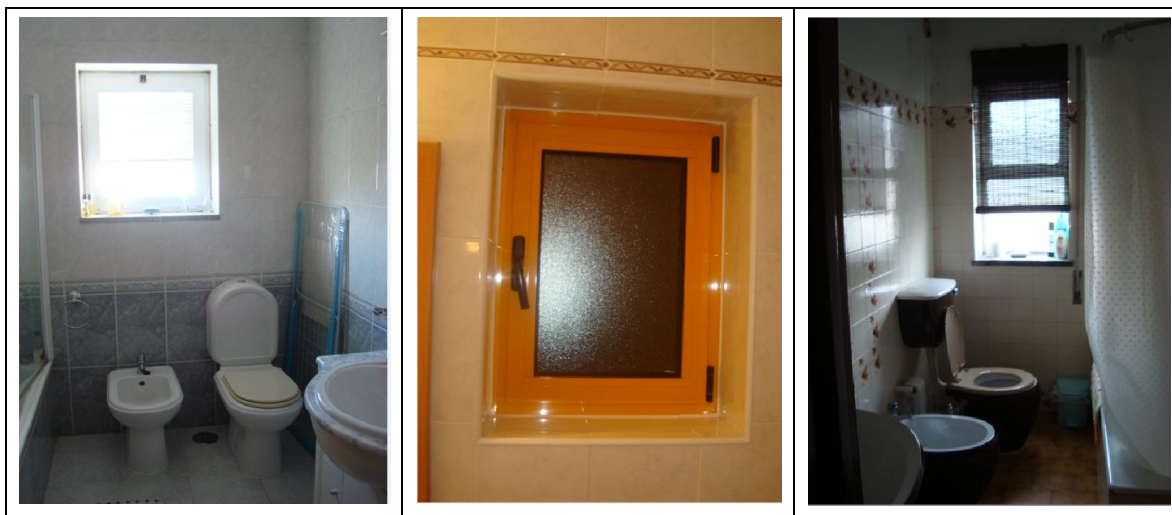


Figura 4.29 – Exemplos de vãos envidraçados em instalações sanitárias

2-COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

A metodologia de cálculo para determinar o valor do coeficiente de transmissão térmica dos vãos era a mesma para edifícios novos e existentes, recorrendo-se frequentemente à utilização das tabelas do ITE50, em face da inexistência de informação mais detalhada. A sua contabilização para efeitos de perdas era feita multiplicando o valor da área pelo U do vão.

3-FRAÇÃO ENVIDRAÇADA

Como a caixilharia representativa dos edifícios (novos e existentes) é o alumínio ou PVC, a fração envidraçada (F_g), parâmetro que traduz a redução de transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, dada pela relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado, assumiu na maioria das DCR/CE os valores de 0,7 e 0,65.

Tabela 4.4 – Fração envidraçada (F_g), para os vários tipos de caixilharia, RCCTE- 2006

Tipo de caixilharia	F_g	
	Caixilho sem quadricula	Caixilho com quadricula
Janelas de alumínio ou aço	0,70	0,60
Janelas de madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachadas-cortina de alumínio ou aço	0,90	

3-FATOR SOLAR

Segundo o exposto no RCCTE-2006, e já referido no capítulo II, os vãos envidraçados dos edifícios novos não tinham requisito quanto ao valor de U, mas sim quanto ao fator solar. Este requisito não era difícil de cumprir para as soluções recentemente adotadas, conforme se ilustra na figura seguinte.

Valores do factor solar de vãos com protecção solar activada a 100 % e vidro incolor corrente (g_v)

Tipo de protecção	Vidro simples			Vidro duplo		
	Cor da protecção			Cor da protecção		
	Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Protecções exteriores:						
Portada de madeira.....	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
Persiana:						
Régua de madeira.....	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Régua metálica ou plástica.....	0,02	0,10	0,12	0,04	0,07	0,09
Estore veneziano:						
Lâminas de madeira.....	—	0,11	—	—	0,08	—
Lâminas metálicas.....	—	0,14	—	—	0,09	—
Estore:						
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	0,20
Protecções 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
Ligeiramente transparentes.....	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Transparentes.....	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Muito transparentes.....	0,70	—	—	0,63	—	—
Portadas de madeira (opacas).....	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Persianas de madeira.....	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Protecção entre dois vidros — estore veneziano, lâminas delgadas				0,28	0,34	0,40

g 100% ?

J1: Janela com vidro duplo e persiana exterior plástica de cor clara

ANEXO IX, RCCTE

QUADRO IX 2

Factores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5 % da área útil do espaço que servem

	Zona climática (*)		
	V ₁	V ₂	V ₃
Classe de inércia térmica (**), factor solar:			
Fracas.....	0,15	0,15	0,10
Média.....	0,56	0,56	0,50
Forte.....	0,56	0,56	0,50

Cumprimento?

FATOR SOLAR MÁXIMO PERMITIDO: 0.56

Fator 100% (J1) = 0.04 < 0.56 O.K

Figura 4.30 – Cumprimento do requisito quanto ao fator solar

Para além do fator solar com as proteções solares ativadas a 100%, para o cálculo térmico teriam que ser considerados os fatores solares característicos das estações de aquecimento e de arrefecimento. Tal como referido, na estação de aquecimento, considerava-se que os dispositivos móveis se encontravam totalmente abertos para maximizar o aproveitamento da radiação solar, assumindo frequentemente os valores de 0,63 para vidros duplos e 0,7 para vidros simples. Na estação de arrefecimento o valor do fator solar tinha em consideração a utilização desejável dos dispositivos de proteção solar móvel, sendo o seu valor obtido pela soma de 30% do fator solar do vidro mais 70% do fator solar do vão envidraçado com a proteção solar móvel atuada, assumindo os valores de 0,26 e 0,3 para vidros duplos e simples, respetivamente.

O procedimento de cálculo do fator solar seria o mesmo quer para edifícios novos, quer para edifícios existentes, com a diferença de que para estes últimos não existia requisito mínimo.

4-FATORES DE SOMBREAMENTO

Os ganhos solares (brutos) através de um vão envidraçado n com orientação j eram dados pelas expressões seguintes, de acordo com o método detalhado constante no RCCTE:

Inverno:

$$Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj} \right] M \quad (4)$$

Verão:

$$Q_s = \sum_j \left[I_{rj} \sum_n (A \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_g \cdot F_w \cdot g_{\perp})_{nj} \right] \quad (5)$$

Os parâmetros das fórmulas (4) e (5) encontram-se definidos no Anexo A (resumo de metodologias). Os diversos fatores F e g_{\perp} traduzem a fração da radiação solar incidente disponível no exterior ($G_{Sul} \cdot X_j$ ou I_{rj}) que entra para o interior do espaço útil (sob a forma de radiação). O fator de obstrução (F_s) seria calculado multiplicando três fatores de sombreamento: F_h -fator de sombreamento do horizonte, traduzindo a percentagem de área do vão envidraçado que não é sombreada por obstruções longínquas exteriores ao edifício (outros edifícios ou construções, relevo, etc.) ou por outros elementos (corpos e outros volumes) do próprio edifício; F_o - fator de sombreamento por elementos horizontais adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado, representando a percentagem de área do vão envidraçado que não é sombreada por palas, varandas, caixas de estore salientes ou outros elementos exteriores horizontais; e F_f - fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ou sobrepostos ao vão envidraçado, representando a percentagem de área do vão envidraçado que não é sombreada por palas ou outros elementos exteriores verticais.

A este nível a NT-SCE-01, permitia a seguinte simplificação do produto “ $F_s \cdot F_g \cdot F_w$ ”, satisfazendo sempre a condição de “ $X_j \cdot F_s \geq 0,27$ ” (devido há existência da radiação incidente difusa e refletida, aplicada também aos edifícios novos):

Para a estação de Aquecimento:			Para a estação de Arrefecimento:		
Parâmetro	Regras de Simplificação	Regras de aplicação	Parâmetro	Regras de Simplificação	Regras de aplicação
Produto $F_s \cdot F_g \cdot F_w$	Sem sombreamento $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,57$ $F_s = 0,90; F_g = 0,70; F_w = 0,90$	<ul style="list-style-type: none"> Envidraçados orientados a Norte; Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas. 	Produto $F_s \cdot F_g \cdot F_w$	Sem sombreamento $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,57$	<ul style="list-style-type: none"> Envidraçados orientados a norte; Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,28$ $F_s = 0,45; F_g = 0,70; F_w = 0,90$	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.		Sombreamento Normal/Standard $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,50$	Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.
	Fortemente sombreado $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,17$ $F_s = 0,27; F_g = 0,70; F_w = 0,90$	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.		Fortemente sombreado $F_s \cdot F_g \cdot F_w = 0,45$	Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Figura 4.31 – Valores do produto $F_s \cdot F_g \cdot F_w$ para cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, NT-SCE-01

Em edifícios existentes esta simplificação era muito utilizada uma vez que não originava diferenças de valores de cálculo que fossem significativas, em relação à utilização do método detalhado e, para além disso, a determinação exata dos ângulos de obstrução por vezes tornava-se difícil pela dificuldade em se medirem alguns elementos.



Figura 4.32 – Exemplos de sombreamentos provocados por elementos horizontais e de horizonte

4.4.6.6 Ventilação

A ventilação natural foi o sistema de ventilação identificado em todos os projetos e edifícios inspecionados. A taxa de renovação horária, Rph, era determinada através da metodologia definida no RCCTE (para edifícios novos e existentes).

Apresentam-se a seguir os elementos relevantes, com influência no grau de estanquidade da envolvente, relativamente aos edifícios existentes, que foram objeto de certificação:

- **Vãos envidraçados, em particular a permeabilidade ao ar das respetivas caixilharias:** não foi possível confirmar a classe da caixilharia assente nos edifícios, pelo que se considerou sempre a caixilharia sem classificação.
- **A existência de caixas de estores:** foi possível constatar que praticamente todos os vãos dispunham de caixas de estores, à exceção de alguns vãos das cozinhas e quartos de banho;
- **Vedações nas portas de patamar ou exteriores:** teria que ser em todo o seu perímetro, o que por vezes não acontecia, mesmo em edifícios mais recentes;
- **Dispositivos de admissão de ar (grelhas autorreguláveis ou não) na envolvente exterior:** embora a existência de grelhas fosse corrente, na cozinha, as mesmas não se tratavam de grelhas autorreguláveis, ou seja grelhas que garantissem que, para diferenças de pressão entre 20Pa e 200Pa, o caudal não variasse mais de 1,5 vezes.
- **Relação da área dos envidraçados com a área útil:** aproximadamente 15%.



Figura 4.33 – Exemplos de elementos construtivos relevantes para a determinação de Rph (h-1)

Foi possível confirmar, principalmente nos edifícios da década de 2000, a existência de ventilação mecânica nas instalações sanitárias. No entanto, este tipo de ventiladores de funcionamento ocasional, com o acionar do interruptor da iluminação, era tratado de forma análoga ao exaustor de cozinha, desprezando-se na determinação do valor de Rph.

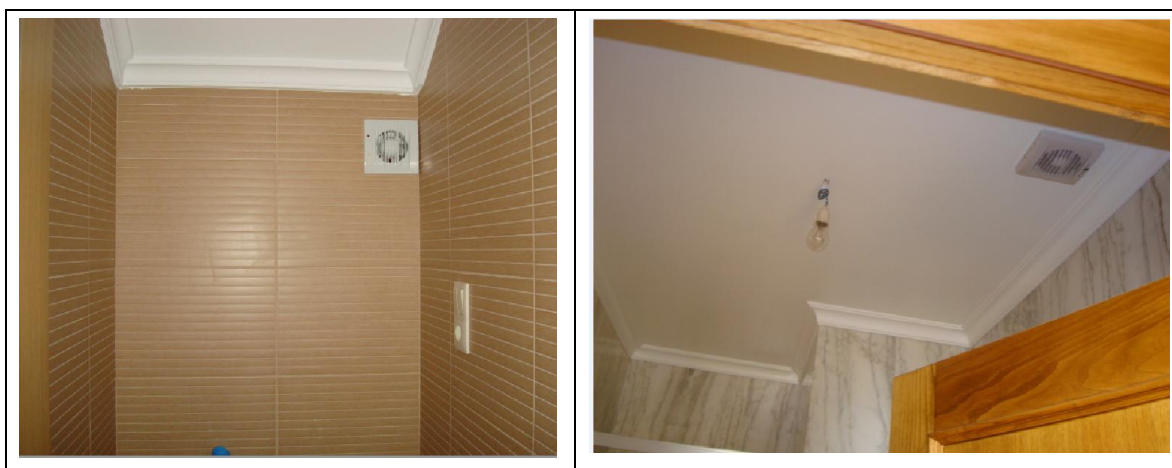


Figura 4.34 – Exemplos de ventiladores mecânicos acionados com o interruptor de iluminação

A taxa de renovação horária determinada e apontada nos CE's, de edifícios existentes, variou entre 0,9 a 1,15 Rph. Estes valores devem-se às seguintes considerações:

- Classe de exposição dos edifícios/frações entre 1 e 3 atendendo: a que a altitude do concelho de Bragança ultrapassa em média os 600m (região B), à localização da fração

(interior, periferia ou zona rural); e à altitude média da fracção autónoma acima do solo, geralmente inferior a 24 m (quadro IV.2, RCCTE-2006).

- Em função da classe de exposição do edifício e, atendendo à existência de caixas de estores na maioria dos vãos (era feita uma ponderação aos valores em função da área de vãos com caixas de estores) e ainda à classe da caixilharia (sem classificação), eram determinados os valores de R_{ph} (quadro IV.1, RCCTE-2006). Estes valores eram ainda sujeitos a alteração, sofrendo um agravamento de 0,1 se as grelhas não fossem autorreguláveis e se a área dos vãos envidraçados fosse superior à área útil do pavimento. Seriam diminuídos de 0,1 de as portas fossem vedadas em todo o seu perímetro.

QUADRO IV.2

Classes de exposição ao vento das fachadas do edifício ou da fracção autónoma

Altura acima do solo	Região A			Região B		
	I	II	III	I	II	III
Menor que 10 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
De 10 m a 18 m	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
De 18 m a 28 m	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4
Superior a 28 m	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 4

Notas

Região A — todo o território nacional, excepto 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).

QUADRO IV.1

Valores convencionais de R_{ph} (em h^{-1}) para edifícios de habitação

Classe de exposição	Dispositivos de admissão na fachada	Permeabilidade ao ar das caixilharias (de acordo com a norma EN 12207)								Edifícios conformes com a NP 1037-1	
		Sem classificação		Classe 1		Classe 2		Classe 3			
		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore		Caixa de estore			
		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não		
1	Sim	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70	0,75	0,65	0,60	
	Não	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75		
2	Sim	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75	0,80	0,70		
	Não	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80		
3	Sim	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80	0,85	0,75		
	Não	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85		
4	Sim	1,05	0,95	1,00	0,90	0,95	0,85	0,90	0,80		
	Não	1,15	1,05	1,10	1,00	1,05	0,95	1,00	0,90		

Notas

1 — Quando os dispositivos instalados para admissão de ar nas fachadas não garantirem que, para diferenças de pressão entre 20 Pa e 200 Pa, o caudal não varie mais de 1,5 vezes, os valores do quadro IV.1 devem ser agravados de 0,10.

2 — Quando a área de vãos envidraçados for superior a 15% da área útil de pavimento, os valores do quadro IV.1 devem ser agravados de 0,10.

3 — Se todas as portas do edifício ou fracção autónoma forem bem vedadas por aplicação de borrachas ou equivalente em todo o seu perímetro, os valores indicados no quadro IV.1 para edifícios não conformes com a NP 1037-1 podem ser diminuídos de 0,05.

Figura 4.35 – Valores correntes de R_{ph} (h^{-1}) para os edifícios avaliados.

De realçar que o RCCTE-2006 impunha uma taxa de renovação de ar para cálculo de perdas térmicas, superior ou igual a 0,6 renovações por hora, valor que deveria ser considerado apenas como taxa de renovação de ar novo de referência.

O valor de R_{ph} em edifícios novos começou a assumir valores ligeiramente mais baixos, entre 0,75 e 0,85 h⁻¹, devido à consideração de classes de permeabilidade ao ar das caixilharias (geralmente Classe 3), a qual devia ser comprovada por certificados.

4.4.6.7 Inércia térmica

O método detalhado para o cálculo da inércia térmica dos edifícios encontrava-se descrito no RCCTE. Para edifícios novos este seria sempre o método utilizado e, em praticamente todos os edifícios novos a classe determinada foi “forte”.

Relativamente aos edifícios existentes, devido ao desconhecimento de algumas soluções construtivas optava-se pela sua determinação recorrendo às simplificações descritas na NT-SCE-01, que se apresentam no quadro seguinte.

Quadro 4.2 – Simplificações permitidas pela NT-SCE-01, referentes à Inércia Térmica

PARAMETROS TÉRMICOS	
INÉRCIA TÉRMICA	SIMPLIFICAÇÕES
Classe de Inércia (Frac, Média ou Forte)	<p>No caso de não existirem cálculos devidamente justificados da classe de inércia térmica</p> <p>1) Inércia térmica FORTE: Características a verificar cumulativamente na fração autónoma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado; - Revestimento de teto em estuque ou reboco; - Revestimento de piso cerâmico, pedra, <i>parquet</i>, alcatifa tipo industrial sem pelo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes); - Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; - Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; - Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; <p>Nota: Nenhuma das soluções em cima referidas inclui isolamento térmico pelo interior.</p> <p>2) Inércia térmica FRACA: Características a verificar cumulativamente na fração autónoma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); - Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira; - Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação; <p>3) Inércia térmica MÉDIA: No caso de não se verificarem os requisitos acima indicados que permitem definir uma classe de inércia térmica FORTE ou FRACA, a inércia térmica interior da fração em estudo deve considerar-se MÉDIA</p> <p>Em caso de dúvida optar pela IT menor</p>

As soluções correntes de estrutura, paredes e revestimentos dos edifícios em causa caracterizam-se pela sua elevada massa, no entanto, segundo a NT-SCE-01, bastava a existência de um teto falso ou de um revestimento do tipo flutuante para que se inviabilizasse a consideração de inércia térmica forte, pelo que a inércia “média” foi a mais utilizada para o cálculo térmico dos edifícios inspecionados.

Esta simplificação é bastante redundante, no entanto a sua consideração tinha um impacto praticamente nulo na classificação energética do edifício.



Figura 4.36 – Soluções de revestimentos em edifícios existentes que inviabilizavam a consideração de Inércia forte

4.4.4.8 Sistemas de climatização e preparação de AQS

Os sistemas de climatização e preparação de águas quentes mais comuns, quer em edifícios novos, quer em existentes, com ligação à rede de gás natural, são os que se apresentam:

- Aquecimento: Caldeira mural, alimentada a gás natural, que aquece a água dos radiadores distribuídos pelos vários compartimentos do edifício;
- Arrefecimento: Inexistente;
- AQS: Caldeira mural, a mesma que faz o aquecimento.

Embora se registe a existência a partir da década de 90, em certas zonas mais urbanas da cidade, de depósitos de GPL, foi a rede de gás natural, que veio trazer a partir de 2001, uma generalização do sistema de aquecimento central com caldeira. As caldeiras foram substituindo os esquentadores pelo facto de estes últimos não poderem ser utilizados para o sistema de aquecimento ambiente. Neste tipo de sistema existe uma rede de água aquecida pela caldeira, constituída por um circuito paralelo e fechado, geralmente em cobre distribuída pelos vários compartimentos até aos emissores que difundem o calor pela habitação (radiadores). Em moradias, nas zonas não abrangidas pela rede de gás natural, era frequente a utilização destes sistemas alimentados a gasóleo.

Quanto à instalação das caldeiras, as murais são as mais representativas, com potências na ordem dos 20 a 25 kW, em relação às de chão, com potências na ordem dos 40kW. Estas últimas foram encontradas somente em algumas moradias. Saliente-se o facto de que a potência dos equipamentos, em edifícios novos (somente nestes), era determinante para definir o âmbito de aplicação da legislação, tendo que a maior das potências térmicas de climatização (aquecimento ou arrefecimento) ser inferior a 25kW para o projeto ser tratado no âmbito do RCCTE e ser avaliado por um PQ-RCCTE, caso contrário seria tratado no âmbito

do RSECE. Isto levou a que houvesse um cuidado acrescido com as especificações de projeto e com o controlo em obra, de modo a evitar alterações ao equipamento, por parte do proprietário ou dono de obra.

Relativamente à exaustão do ar, verificou-se uma predominância das caldeiras atmosféricas nos edifícios construídos até meados da década de 2000, e uma predominância das caldeiras estanques nos edifícios mais recentes. Estas últimas possuem uma câmara de combustão estanque, não necessitando de utilizar o ar interior da divisão onde está instalado e por isso apresentam-se como uma solução mais segura.



Figura 4.37 – Sistema de aquecimento e preparação de AQS de um edifício existente, 2006

Foi frequente observar estes sistemas também em edifícios da década de 1980 e 1990, com ligação à rede de gás, tratando-se de alterações efetuadas aos sistemas originais.

Os edifícios destas décadas que ainda não tinham sido sujeitos a intervenção apresentavam os seguintes sistemas:

- Aquecimento: Em regra feito por aquecedores alimentados com eletricidade/gás/óleo, geralmente móveis, e portanto não contabilizados para efeitos de cálculo; De destacar também a existência de lareiras, especialmente em moradias, que quando abertas inviabilizava a sua consideração.
- Arrefecimento: Inexistente;
- AQS: Esquentadores, alimentados com gás de garrafa de 13Kg (butano).

Foram raros os projetos e as inspeções em que se constatou a existência de equipamento para o arrefecimento, e neste ultimo caso era feito através de unidades de ar condicionado “mono-split”, utilizados para climatizar pontualmente certos compartimentos do edifício.

Quer em edifícios novos, quer em existentes, se aquando do licenciamento/inspeção, não estivessem definidos/instalados os sistemas de aquecimento, arrefecimento ou preparação de AQS, consideravam-se por defeito, as seguintes soluções, conservadoras e penalizadoras do desempenho energético do edifício:

- Aquecimento: resistência elétrica;

- Arrefecimento: máquina frigorífica;
- AQS: termoacumulador elétrico com 50mm de isolamento térmico em edifícios sem alimentação de gás, ou um esquentador a gás natural ou GPL quando estivesse previsto o respetivo abastecimento.



Figura 4.38 – Sistemas de aquecimento a eletricidade, edifícios da década de 1990



Figura 4.39 – Sistema de produção de AQS, edifícios da década de 1990

Quanto às eficiências dos equipamentos, o RCCTE-2006 previa que, na ausência de dados mais precisos pudessem ser utilizados os valores de referência, de acordo com a figura seguinte, valores aos quais se recorria na maioria dos casos.

<p>2 — Os valores indicados no número anterior devem ser afectados pela eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento e de arrefecimento, η_i e η_r, respectivamente, sob condições nominais de funcionamento, e, na falta de dados mais precisos, podem ser adoptados os seguintes valores de referência:</p> <p>a) Resistência eléctrica — 1; b) Caldeira a combustível gasoso — 0,87; c) Caldeira a combustível líquido — 0,8; d) Caldeira a combustível sólido — 0,6; e) Bomba de calor (aquecimento) — 4; f) Bomba de calor (arrefecimento) — 3; g) Máquina frigorífica (ciclo de compressão) — 3; h) Máquina frigorífica (ciclo de absorção) — 0,8.</p>	<p>3 — <i>Eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS (η_p).</i> — A eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS (η_p), é definida pelo respectivo fabricante com base em ensaios normalizados, podendo ser utilizados os seguintes valores de referência na ausência de informação mais precisa:</p> <p>Termoacumulador eléctrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico — 0,95; Termoacumulador eléctrico com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico — 0,90; Termoacumulador eléctrico com menos de 50 mm de isolamento térmico — 0,80; Termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento térmico — 0,80; Termoacumulador a gás com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico — 0,75; Termoacumulador a gás com menos de 50 mm de isolamento térmico — 0,70; Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico — 0,87; Caldeira mural com acumulação com 50 mm a 100 mm de isolamento térmico — 0,82; Caldeira mural com acumulação com menos de 50 mm de isolamento térmico — 0,65; Esquentador a gás — 0,50.</p>
---	---

Figura 4.40 – Eficiências por defeito dos equipamentos para climatização e preparação de AQS, RCCTE-2006

Relativamente aos edifícios existentes, como já foi referido, ao nível dos sistemas, salienta-se a escassez de informação fornecida pelo proprietário, relativa às especificações técnicas dos equipamentos. Também muito raramente eram detetados registos de manutenção destes equipamentos. Os valores das eficiências dos equipamentos mais recentes eram retirados de catálogos/fichas técnicas de fabricantes. As caldeiras mais recentes apresentavam eficiências na ordem dos 90% e os esquentadores na ordem dos 75%. Relativamente aos equipamentos mais antigos tentava recorrer-se a informação do fabricante, através de fornecedores e bases de dados existentes na *internet*, mas por vezes tal informação era difícil de obter, principalmente a relativa aos equipamentos já não disponibilizados no mercado, pelo que se recorreu frequentemente aos valores das eficiências tabeladas, penalizando bastante os resultados finais do cálculo energético. O valor considerado para a eficiência do equipamento de AQS teria ainda que ser diminuído de 0,1 quando a rede de águas quentes não fosse isolada com pelo menos 1cm de isolamento térmico (ou resistência térmica equivalente), ou não houvesse provas do seu isolamento, o que acontecia quase sempre em edifícios existentes. Quando não foi possível conhecer o ano de fabrico dos equipamentos, foi utilizado o ano de construção do edifício para a determinação da eficiência conforme a tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Valores de referência da eficiência dos equipamentos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias, NT- SCE-01

Tipo de Sistema	Idade do equipamento (Anos)		
	0 – 9	10 – 19	> 20
Climatização			
Resistência Eléctrica	1,00	1,00	1,00
Caldeira a combustível gasoso	0,87	0,83	0,79
Caldeira a combustível líquido	0,80	0,76	0,72
Caldeira a combustível sólido	0,60	0,60	0,60
Bomba de calor (aquecimento)	4,00	3,25	2,50
Bomba de calor (arrefecimento)	3,00	2,75	2,50
Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	3,00	2,75	2,50
Máquina frigorífica (ciclo de absorção)	0,80	0,85	0,85
Sistemas de AQS			
Termoacumulador eléctrico	0,70	0,70	0,70
Termoacumulador a gás	0,60	0,57	0,54
Caldeira mural	0,72	0,69	0,66
Esquentador a gás	0,40	0,39	0,38

O RCCTE-2006 veio trazer um acréscimo na utilização de soluções que não eram até à data frequentes, tais como as caldeiras de condensação, bombas de calor e pisos radiantes.

4.4.4.9 Sistemas solares

Não era comum a instalação de sistemas solares em edifícios anteriores ao RCCTE-2006. Esta legislação veio impor a instalação de painéis solares para a produção de água quente sanitária, sempre que houvesse uma exposição solar adequada. Portanto, só a partir desta data, a incorporação destes sistemas em projetos começou a ganhar relevo. A sua contribuição só podia ser contabilizada, se os sistemas ou equipamentos fossem certificados, instalados por instaladores acreditados pela DGGE (Direção-Geral de Energia e Geologia) e, cumulativamente, houvesse a garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de 6 anos. Para o cálculo da sua contribuição recorria-se ao programa Solterm, tendo em conta a tipologia da fração em estudo bem como o equipamento considerado para o aquecimento de AQS e tipo de utilização de referência para a dita fração. A simulação do sistema seria feita na base de 1 m² de coletor por ocupante convencional, podendo o mesmo valor ser reduzido com o intuito da área de coletores não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível. Poderia no entanto, segundo o exposto nas perguntas e respostas da ADENE, utilizar-se menor área desde que a o sistema alternativo captasse, numa base anual, a energia equivalente a um sistema solar térmico idêntico, considerando os coletores solares padrão definidos nesse documento.

O sistema mais especificado nos projetos e edifícios avaliados foi o sistema de circulação forçada, sendo a caldeira a gás natural o equipamento de apoio predominante. Este sistema é caracterizado pela separação física entre os coletores solares e o depósito, geralmente utilizados unicamente para a produção de águas quentes sanitárias. O princípio de funcionamento identificado foi o seguinte: - A radiação solar incidente sobre a cobertura de vidro do painel solar aquece o fluido que circula pela tubagem em circuito fechado transferindo o calor através da serpentina do depósito para a água de consumo. Os sistemas dispõem de uma bomba de circulação que faz com que o fluido circule entre o depósito e os coletores. Relativamente aos sistemas instalados em edifícios multifamiliares o cálculo da área dos coletores e da energia solar (Esolar) para cada uma das frações foi feito dividindo os valores proporcionalmente ao número dos ocupantes de cada fração.

O esquema de funcionamento do sistema mais representativo dos edifícios avaliados é o que se apresenta na figura 4.41.

As soluções relativas aos sistemas solares acabaram por ter influência não só nas especialidades de térmica, rede de águas e estabilidade, mas também no projeto de arquitetura, nomeadamente no que diz respeito à conceção de novos espaços, para o depósito e demais acessórios, e ainda à integração dos coletores solares com a cobertura.

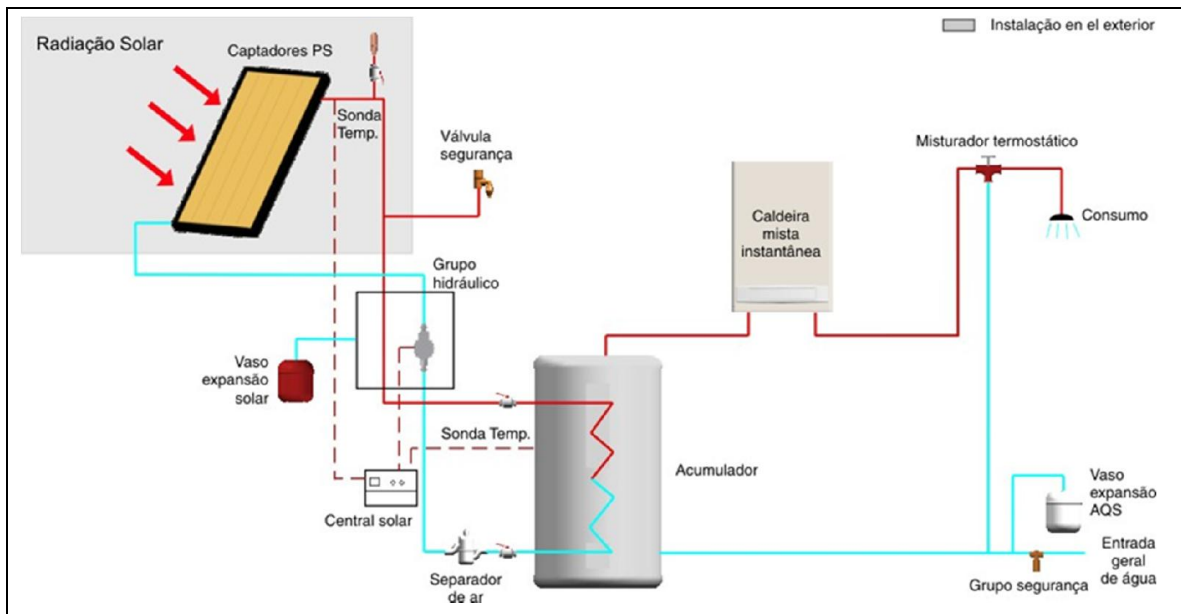


Figura 4.41 – Esquema de funcionamento do sistema solar com circulação forçada identificado em três edifícios inspecionados (BAXIROCA, 2010)



Figura 4.42 – Depósitos acumuladores, caldeira de apoio e descrição do funcionamento do sistema solar identificado num edifício inspecionado, construído em 2010

4.4.6.10 Índices energéticos

Nos edifícios novos, naturalmente todos os limites das necessidades energéticas foram respeitados, verificando-se no entanto que as necessidades nominais de energia útil para aquecimento de cálculo se aproximaram em muitos casos do valor limite ($N_{ic}/N_i \approx 1$). Na figura seguinte ilustra-se a variação das necessidades de energia por posição da fração relativamente a um edifício, construído em 2009, verificando-se como era de esperar, que as frações com pavimentos ou coberturas em contato com espaços não úteis, ou seja as dos primeiros e últimos pisos dos edifícios são as mais críticas em termos de necessidades energéticas.

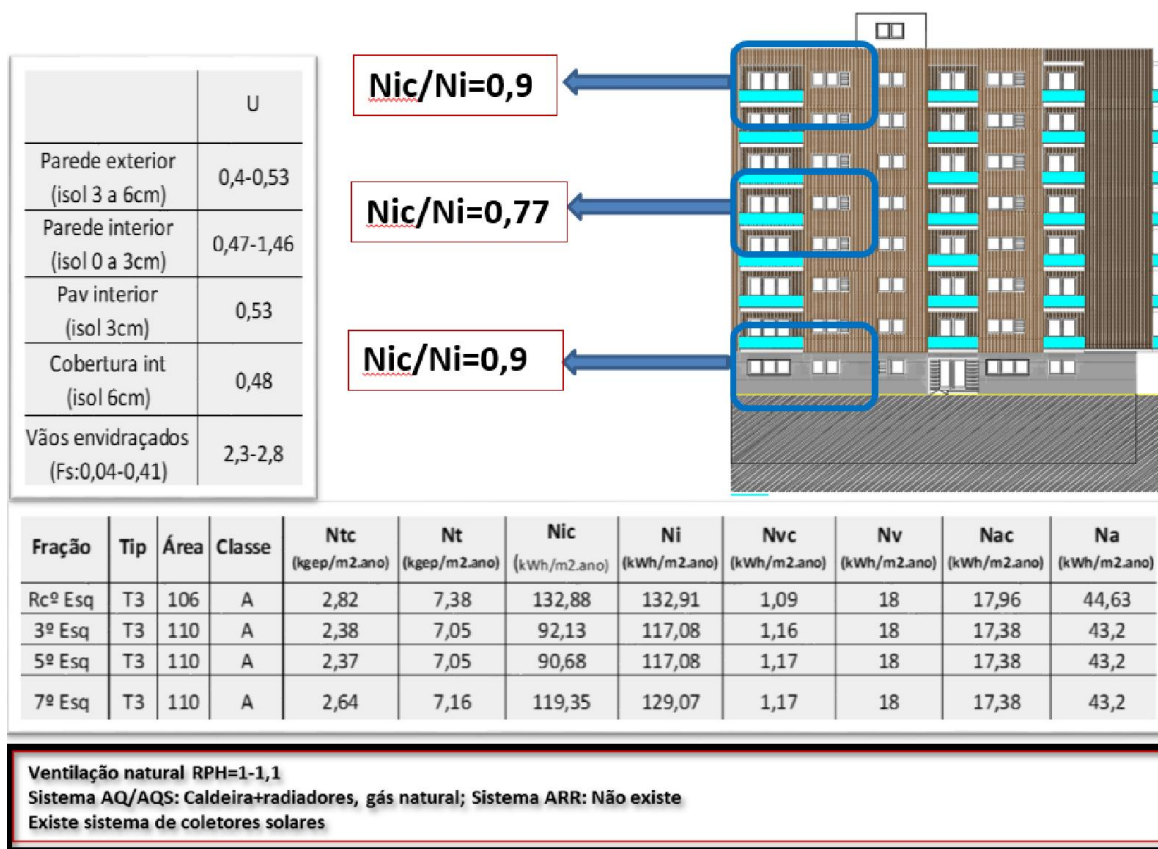


Figura 4.43 – Relação dos valores das necessidades energéticas de aquecimento, de cálculo e máximas

Como seria de esperar, tratando-se de edifícios inseridos na zona climática de inverno I3, as maiores necessidades de energia calculadas correspondiam sempre à estação de aquecimento. E relativamente a alguns edifícios, especialmente moradias isoladas e com área útil em contato com o terreno era difícil a verificação do valor limite adotando as soluções correntes. Nestes casos, como a ventilação assumia um peso significativo no total de perdas de energia, a atuação nesta vertente apresentava-se como uma solução eficaz, através da utilização de grelhas autorreguláveis ou de caixilharia com classificação. Como já referido, a diminuição das perdas por transmissão através da eliminação do pavimento térreo, substituindo-o por um desvão sanitário também era uma solução corrente.

Nos edifícios existentes, os valores de Nic, Nvc, Nac e Ntc, poderiam exceder os respetivos valores máximos admissíveis. Regra geral, o valor obtido relativo às necessidades de energia para o aquecimento (Nic) ultrapassava o valor limite (Ni), chegando a ultrapassá-lo em mais do dobro, especialmente em moradias e frações com maior área de envolvente (as correspondentes aos primeiros e últimos pisos dos edifícios), indo de encontro ao estudo desenvolvido pela ADENE, referido no capítulo III. Mesmo nestas condições a classe predominante era a B, não deixando de ser curioso, pois o mesmo nunca poderia acontecer numa fração nova, já que não cumpriria o regulamento.

Relativamente às necessidades de energia para arrefecimento, o valor máximo (Nv) era de 18kW/m2ano (zona climática V2, altitudes inferiores a 800m). Os valores obtidos de Nvc,

quer para edifícios novos, quer para existentes, foram todos muito baixos, na ordem dos 1 a 4 kWh/m².ano, excetuando certos edifícios, com valores na ordem dos 10 kWh/m².ano, derivado em grande parte aos ganhos solares pelas coberturas exteriores e/ou vãos envidraçados sem proteções solares ou com proteções solares interiores.

Quanto às necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias, foi feita uma comparação da relação N_{ac}/N_a relativa a edifícios com sistemas de AQS diferentes, visto que o N_{ac} correspondia a uma energia final, contemplando no seu cálculo a eficiência dos sistemas (ao contrário de N_{ic} e N_{vc}). São apresentados, na figura seguinte, os resultados da relação de N_{ac}/N_a , de quatro edifícios representativos da amostra, com sistemas diferentes, e que caracterizam as épocas em análise. A relação N_{ac}/N_a variava entre 0,3 a 0,4, para edifícios novos, com sistemas solares instalados e eficiências de equipamentos para a produção de AQS na ordem dos 90%. Nos edifícios existentes, sem sistemas solares instalados, mas com equipamentos para produção de AQS com eficiências na ordem dos 80% e 70%, as relações de N_{ac}/N_a assumiam valores de 0,8 e 0,9 (aproximadamente), e nos edifícios que contemplavam sistemas com baixa eficiência o valor de N_{ac} ultrapassava o valor limite.



Figura 4.44 – Relação dos valores das necessidades energéticas para AQS, de cálculo e máximas

Os sistemas e o tipo de energia eram os grandes determinantes da classe energética (o que vem corroborar o referido no capítulo II, metodologia de cálculo). Em edifícios existentes, da década de 1980 e meados da década de 1990, caracterizados pela inexistência de sistemas de climatização e com um esquentador a gás, as classes predominantes foram a C e D (regra geral a C em apartamentos intermédios, e a D em moradias e apartamentos, estes últimos situados no primeiro e último piso). Em edifícios, com sistema de aquecimento e preparação de AQS a gás/gasóleo a classe predominante foi a B e a B- (regra geral o B em apartamentos intermédios e a B- em moradias e apartamentos situados no primeiro e último piso). A classe predominante dos apartamentos construídos com base no RCCTE-2006, com sistemas solares e sistemas de aquecimento e preparação de AQS a gás, foi a A.

4.4.7. Medidas de melhoria propostas

O estudo das medidas de melhoria, que foram propostas nos certificados, teve por base a melhoria das condições de conforto e desempenho energético da habitação, seguindo a hierarquia indicada pela ADENE: *i)* correção de patologias, *ii)* redução das necessidades de energia útil por intervenção na envolvente, *iii)* utilização de energias renováveis e *iv)* eficiência dos sistemas.

Praticamente não foram detetadas patologias nas habitações inspecionadas, porque, para além de muitas serem recentes, a maioria estava em processo de venda, desabitadas e com pinturas recentes. As situações patológicas identificadas foram a queda de revestimentos de fachadas (em azulejo cerâmico), e ainda humidades, criadas pela condensação de vapor de água, em paredes, tetos e vidros. As condensações foram registadas sobretudo em edifícios da década de 1980, demonstrando as suas debilidades ao nível da resistência térmica dos elementos, especialmente nas zonas de pontes térmicas e nos vãos envidraçados, e ainda em edifícios novos, nos quais as condensações muito provavelmente surgiram por condições de utilização dos espaços e falta de ventilação dos mesmos. Nestes casos, a solução de intervenção passaria pela incorporação de isolamento térmico na envolvente, a substituição dos vidros simples por vidros duplos, e ainda por uma eficiente ventilação dos espaços.



Figura 4.45 – Exemplos de anomalias registadas

Relativamente aos edifícios da década de 1980, foi possível constatar que alguns já tinham sido alvo de intervenções de melhoria de desempenho energético, nomeadamente a substituição de equipamentos ou sistemas de climatização e a intervenção nos vãos envidraçados, esta última justificada, não pela poupança energética, mas sim pela melhoria de conforto térmico. Tocando neste último ponto, convém salientar que a poupança energética nem sempre era o motivo da medida proposta. Para além do conforto térmico, a própria classificação energética era motivo para apresentar uma medida, o que acontecia muitas vezes com a medida relativa à instalação de sistemas solares térmicos, justificada com benefícios ambientais (diminuição das emissões de CO₂).



Figura 4.46 – Exemplos de reabilitação de caixilharia (edifícios anteriores à aplicação do RCCTE-1990)

Existe uma diferença clara no tipo de medidas que foram propostas nos certificados energéticos relativamente aos períodos de construção identificados, que se apresentam a seguir:

1) Edifícios da década de 80, antes da entrada em vigor do RCCTE-1990:

- Aplicação de isolamento térmico nas paredes, pavimentos e coberturas;
- Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia (ou colocação de caixilharia dupla se a existente estivesse em boas condições) e melhoria das características solares dos vidros (colocação de vidro duplo);
- Colocação de vedantes no contorno de portas e janelas;
- Instalação nas fachadas de aberturas autorreguláveis para controlo da ventilação;
- Substituição do equipamento de climatização/AQS por outro mais eficiente e por vezes substituição da energia utilizada;
- Instalação de sistemas solares térmicos;
- Instalação de termostatos para controlo da temperatura;
- Medidas comportamentais, tais como a ventilação dos espaços.

2) Edifícios da década de 1990 e 2000, após a entrada em vigor do RCCTE-1990:

- Aplicação de isolamento térmico nos pavimentos e coberturas;
- Colocação de vedantes no contorno de portas e janelas;
- Instalação nas fachadas de aberturas autorreguláveis para controlo da ventilação;
- Instalação de sistemas solares térmicos;
- Instalação de termostatos para controlo da temperatura;
- Medidas comportamentais, tais como a ventilação dos espaços.

3) Projetos e Edifícios construídos após a entrada em vigor do RCCTE-2006:

- Instalação de termostatos para controlo da temperatura;
- Medidas comportamentais, tais como a ventilação dos espaços;
- Especificamente em fase de projeto (DCR) eram feitas as seguintes recomendações:
 - Escolha de equipamentos com eficiências elevadas;
 - Escolha de caixilharia com classe alta de permeabilidade ao ar;
 - colocação de grelhas autorreguláveis;
 - Colocação do isolamento encostado ou complanar com a caixilharia;
 - Escolha de energias menos poluentes;
 - Indicação de valores de Esolar para se atingirem determinadas classes energéticas.

O procedimento para a determinação da viabilidade económica das medidas de eficiência energética era calculada, através do parâmetro PRS, Período de Retorno Simples, determinado através do quociente entre o custo adicional de investimento (calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base, e o da solução mais eficiente) e a poupança anual resultante da aplicação da alternativa mais eficiente (calculada através da diferença entre o cálculo para a situação base e a situação com a solução mais eficiente). Os custos de energia estipulados para o cálculo eram iguais aos do momento do investimento, não sendo considerados quaisquer custos financeiros nem efeitos da inflação, dada a incerteza inerente à previsão de quaisquer dos parâmetros financeiros necessários à sua consideração numa outra metodologia, porventura mais precisa, mas também necessariamente mais complexa.

As soluções de aplicação de isolamento térmico na envolvente, principalmente na cobertura, eram, em regra, as soluções que apresentavam um período de retorno mais baixo. As soluções de aplicação de sistemas solares, eram aquelas que apresentavam períodos de retorno mais altos, principalmente quando as energias utilizadas eram as de custo mais baixo.

4.4.8. Resumo e tipificação das soluções

São apresentados nesta secção quadros resumos com as soluções características (as que mais se repetiram), incluindo a gama de valores obtidos nos certificados energéticos, relativa aos parâmetros relevantes. De modo a sustentar a escolha das soluções características, para além da experiência da autora, foram auscultados alguns projetistas, peritos qualificados e construtores que trabalharam na zona geográfica em questão.

São ainda indicadas no quadro, potenciais medidas de melhoria, tendo em consideração os requisitos mínimos e de referência, quer do RCCTE-2006 (os que a autora utilizou para a elaboração dos CE's), quer do REH-2013 (para fazer um enquadramento dos edifícios às atuais exigências).

QUADRO IX.3				
Coeficientes de transmissão térmica de referência				
(U-W/m².°C)				
Elemento da envolvente	Zona climática (*)			
	I ₁	I ₂	I ₃	RA (**)
Elementos exteriores em zona corrente:				
Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	1,40
Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	0,80
Elementos interiores em zona corrente (***):				
Zonas opacas verticais	1,40	1,20	1	2
Zonas opacas horizontais	1	0,90	0,80	1,25
Envidraçados (****)	4,30	3,30	3,30	4,30
(*) V. anexo II. (**) Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, apenas para edifícios na zona I. (***) Para outras zonas anexas não úteis. (****) Valor médio dia-noite (inclui efeito do dispositivo de protecção nocturna) para vãos envidraçados verticais, os vãos envidraçados horizontais consideram-se sempre como se instalados em locais sem ocupação nocturna.				

TABELA I.01 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U _{ref} [W/(m².°C)]							
U _{ref} [W/(m².°C)]		Zona Climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, b _w > 0.7	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, b _w ≤ 0.7	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U _w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

RCCTE-2006

Valor de referência para moradias unifamiliares com menos de 50 m²m dispensando a verificação detalhada do RCCTE.

REH-2013

Figura 4.47 – Valores de referência dos Coeficientes de transmissão térmica (U_{ref})

A separação em dois tipos de edifício- apartamento e moradia- só foi feita para o período de construção “RCCTE-2006, após 2008” porque só neste período é que a divergência entre as duas soluções começou a ter impacto.

Os cálculos para a determinação do isolamento necessário para serem atingidos os valores de referência tiveram em conta coeficientes de condutibilidade térmica correntes estabelecidos no ITE 50.

Quadro 4.3 – Soluções de Paredes Exteriores

Épocas construção	Antes do RCCTE	RCCTE- 1990	RCCTE- 2006	
	1980-1992	1993-2008	Após 2008	
Soluções de Paredes exteriores por períodos de construção				
			Apartamentos	Moradias
Solução característica (inspeções/entrevistas) U [W/m². °C]	Parede exterior dupla Tijolo 15+Caixa de ar+Tijolo11 U=1	Parede exterior dupla Tijolo 15+Caixa de ar+XPS3+Tijolo11 U=0,57	Parede exterior dupla Tijolo 15+Caixa de ar+XPS4+Tijolo11 U=0,5	Parede exterior dupla Tijolo 15+Caixa de ar+XPS6+Tijolo11 U=0,4
Gama de valores de U nos CE emitidos	[0,96 - 1,7]	[0,49 -1,1]	[0,4 - 0,53]	[0,34 - 0,47]
U Máximo	U=1,45 RCCTE (2006) = REH (2013)			
U Referência	RCCTE (2006) U=0,5 REH (2013) U=0,35			
PTP adjacentes (pilares, vigas, caixas de estores) com Isolamento?	Não	Não	Sim	Sim
Isolamento necessário para atingir a referência	Colocação de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) RCCTE (2006): 4cm REH (2013): 8cm	Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) RCCTE (2006): 2cm REH (2013): 5cm	Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) RCCTE (2006): - REH (2013): 4cm	Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) RCCTE (2006): - REH (2013): 2cm

Observações/Oportunidades de melhoria:

- As soluções de paredes exteriores anteriores ao RCCTE-2006, especialmente de edifícios da década de 1980 (anteriores ao RCCTE-1990) são as que apresentam um potencial maior de intervenção através da incorporação de isolamento térmico.

O isolamento pode ser aplicado pelo exterior, pelo interior, ou na caixa-de-ar. Em soluções de reabilitação o sistema ETICS é o sistema pelo exterior mais utilizado, tendo um menor custo que a maioria dos sistemas exteriores, maior facilidade de aplicação e um menor impacto a nível estético. As fachadas ventiladas, embora sejam uma solução com um custo superior podem apresentar vantagens em acrescentar valor em termos estéticos e não necessitarem da remoção do revestimento existente. Os sistemas de isolamento pelo exterior apresentam a vantagem de manter a inércia térmica do edifício e tratar as pontes térmicas planas (pilares e vigas) e lineares através da continuidade do isolamento, no entanto, em edifícios multifamiliares é necessário que o condomínio chegue a acordo. Quando tal não sucede, ou quando por outras razões, como a impossibilidade de alterar a estética do edifício ou a dificuldade de execução da obra, o isolamento pelo interior (colocado diretamente na parede ou formando uma estrutura com caixa de ar) constitui uma opção. As placas de isolamento térmico mais utilizadas nas soluções de isolamento são o poliestireno expandido e extrudido (no entanto existem sistemas com aplicação de outros isolantes, tais como o poliestireno extrudido, a cortiça ou lã de rocha). Em paredes de pano duplo sem isolantes térmicos, a aplicação de isolamento térmico na caixa-de-ar, através da incorporação de materiais isolantes soltos ou a injeção de espumas na caixa-de-ar pode apresenta-se como uma solução de reabilitação térmica, no entanto, embora seja uma solução de fácil execução e económica, oferece menos garantias da continuidade do isolamento (pela eventual existência de detritos, espessuras de ar reduzidas), os pilares/vigas/caixas de estores não ficam isolados, para além de ser a solução mais penalizadora em termos de perdas lineares, é também a solução que oferece mais dificuldade quanto ao controlo de qualidade dos trabalhos.

As caixas de estores são zonas muito sensíveis às infiltrações de ar e apresentam uma resistência térmica muito baixa. A incorporação de isolamento térmico nas mesmas, em edifícios anteriores ao RCCTE-2006, para além de proporcionar melhorias ao nível do desempenho energético proporciona melhorias ao nível do conforto térmico. Havendo espaço, o isolamento poderá ser incorporado no interior da caixa, traduzindo-se numa medida simples, rápida, económica e sem interferências com a estética dos espaços adjacentes.





Quadro 4.4 – Soluções de Paredes Interiores

Épocas construção	Antes do RCCTE 1980-1992	RCCTE- 1990 1993-2008	RCCTE- 2006 Após 2008
			
Soluções de paredes interiores por períodos de construção			
Solução característica (inspeções/entrevistas) U [W/m².°C]	<p><u>EDIFÍCIOS ADJACENTES</u> Parede dupla Tijolo 11/15+Caixa de ar+Tijolo11 U=0,88</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> Parede simples Tijolo 15 U=1,5</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> Parede simples Tijolo 11 U=1,9</p>	<p><u>EDIFÍCIOS ADJACENTES</u> Parede dupla Tijolo 11/15+Caixa de ar+XPS3+Tijolo11 U=0,55</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> Parede dupla Tijolo 11+XPS3+ Tijolo 11 U=0,65</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> Parede simples Tijolo 11 U=1,9</p>	<p><u>EDIFÍCIOS ADJACENTES</u> Parede dupla Tijolo 15+Caixa de ar+XPS4+Tijolo11 U=0,48</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> Parede dupla Tijolo 11+XPS3+Tijolo 11 U=0,65</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> a) Parede dupla Tijolo 7+XPS4+Tijolo7 U=0,58 (se $\tau/btr > 0,7$) b) Parede simples Tijolo 15 U=1,5 (se $\tau/btr \leq 0,7$)</p>
Gama de valores de U nos CE emitidos	[0,88-1,9]	[0,45 -2,72]	[0,47 -1,9]
U Máximo RCCTE (2006) = REH (2013)	<p><u>ED ADJACENTES</u> U=1,45</p> <p><u>PARTES COMUNS</u> U=1,45 (se $\tau/btr > 0,7$) U=1,9 (se $\tau/btr \leq 0,7$)</p> <p><u>GARAGENS/ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES</u> U=1,45 (se $\tau/btr > 0,7$) U=1,9 (se $\tau/btr \leq 0,7$)</p>		
U Referência	<p><u>ED ADJACENTES</u> RCCTE (2006): U=1 REH (2013): U=0,7</p> <p><u>PARTES COMUNS</u> RCCTE (2006): 1/0,5 ($\tau \leq 0,7 / \tau > 0,7$) REH (2013): 0,7/0,35 ($btr \leq 0,7 / btr > 0,7$)</p> <p><u>GARAGENS/ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> RCCTE (2006): 1/0,5 ($\tau \leq 0,7 / \tau > 0,7$) REH (2013): 0,7/0,35 ($btr \leq 0,7 / btr > 0,7$)</p>		
PTP adjacentes (pilares, vigas, caixas de estores) com Isolamento?	Não	Não	Sim
Isolamento necessário para atingir a referência	<p>Colocação de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...)</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> RCCTE (2006): 2/5cm REH (2013): 3/9cm</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> RCCTE (2006): 2/6cm REH (2013): 4/10cm</p>	<p>Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...)</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> RCCTE (2006): -/ 2cm REH (2013): -/ 5cm</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> RCCTE (2006): 2/6cm REH (2013): 4/10cm</p>	<p>Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...)</p> <p><u>ZONAS COMUNS</u> RCCTE (2006): -/2cm REH (2013): -/ 5cm</p> <p><u>ARRUMOS/LAVANDARIAS/MARQUISES/DESVÃOS</u> RCCTE (2006): a) -/ b) 2/5cm REH (2013): a) -/ 4cm b) 3/9cm</p>

Observações/Oportunidades de melhoria:

- As soluções de paredes interiores da década de 1980 e em geral as soluções de paredes interiores em contato com garagens, lavandarias, marquises e desvãos são as que apresentam um potencial maior de intervenção através da incorporação de isolamento térmico. Estas últimas na generalidade dos casos são interiores à fração autónoma pelo que fica facilitada a decisão de intervenção por parte do proprietário. A rentabilidade da incorporação de isolamentos em regra será maior em edifícios mais velhos, com revestimentos mais leves ou danificados, quando o isolamento não diminui a área útil e quando o contato do espaço não útil (lavandaria, arrumo, etc.) com o exterior é significativo. Em regra o desempenho energético é melhor se o isolamento for aplicado pelo lado exterior da parede interior. Existem soluções pré-fabricadas com isolamento incorporado que são uma boa solução para espaços interiores.

Quadro 4.5- Soluções de Pavimentos e Coberturas

Épocas construção	Antes do RCCTE 1980-1992	RCCTE- 1990 1993-2008	RCCTE- 2006 Após 2008	
Soluções de Coberturas e Pavimentos por períodos de construção				
Solução característica (inspeções/entrevistas) U [W/m².°C]	Cobertura interior Laje aligeirada 20cm U=2,25 Pavimento exterior Laje aligeirada 20cm+betonilha de regularização 4cm+revestimento 1cm U=2,0 Pavimento interior Laje aligeirada 20cm+regularização 4cm+revestimento 1cm U=1,6	Cobertura interior Laje aligeirada 30cm U=1,87 Pavimento exterior Laje aligeirada 30cm+regularização betão leve 6cm+betonilha de regularização 4cm+revestimento 1cm U=1,4 Pavimento interior Laje aligeirada 30cm+regularização betão leve 6cm+regularização 4cm+revestimento 1cm U=1,2	Apartamentos Cobertura interior Laje aligeirada 30cm+ XPS 6cm U=0,46 Pavimento exterior Laje aligeirada 30cm+ XPS/lã mineral 3/4cm+betonilha de regularização betão leve 6cm+regularização 4cm+revestimento 1cm U=0,58/0,68 Pavimento interior Laje aligeirada 30cm+ XPS/lã mineral 3/4cm+regularização betão leve 6cm+ regularização 4cm+revestimento 1cm U=0,54/0,64	Moradias Cobertura interior Laje aligeirada 30cm+ XPS 8cm U=0,37 Pavimento exterior Laje aligeirada 30cm+ XPS/lã mineral 4/6cm+betonilha de regularização betão leve 6cm+regularização 4cm+revestimento 1cm U=0,51/0,58 Pavimento interior Laje aligeirada 30cm+ XPS/lã mineral 4/6cm+regularização betão leve 6cm+ regularização 4cm+revestimento 1cm U=0,48/0,54
	Gama de valores de U nos CE emitidos Cobertura interior [2,25-2,8] Pavimento exterior [3,1] Pavimento interior [2,21-2,82]	Cobertura interior [0,75-2,8] Pavimento exterior [0,48-1,4] Pavimento interior [0,6-2,5]	Cobertura interior [0,48-0,9] Pavimento exterior [0,47-0,9] Pavimento interior [0,52-0,95]	Cobertura interior [0,48-0,9] Pavimento exterior [0,47-0,62] Pavimento interior [0,43-0,63]
	U Máximo RCCTE (2006) = REH (2013) U=1,2/0,9 (t ou btr ≤ 0,7/t ou btr > 0,7)			
	U Referência RCCTE:0,8/0,4 (t ≤ 0,7/t > 0,7) REH:0,6/0,3 (btr ≤ 0,7/btr > 0,7)			
Isolamento necessário para atingir a referência	Colocação de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) Cobertura interior RCCTE (2006): 3/8cm REH (2013): 5/10cm Pavimento exterior RCCTE (2006): 3/8cm REH (2013): 5/10cm Pavimento interior RCCTE (2006): 3/8cm REH (2013): 4/8cm	Colocação de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) Cobertura interior RCCTE (2006): 3/8cm REH (2013): 5/10cm Pavimento exterior RCCTE (2006): 2/7cm REH (2013): 4/8cm Pavimento interior RCCTE (2006): 2/6cm REH (2013): 3/8cm	Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) Cobertura interior RCCTE (2006): -/ REH (2013): -/2cm Pavimento exterior RCCTE (2006): -/4cm REH (2013): -/7cm Pavimento interior RCCTE (2006): -/4cm REH (2013): -/ 7cm	Incremento de Isolamento XPS/EPS/Lã mineral (...) Cobertura interior RCCTE (2006): -/ REH (2013): -/ Pavimento exterior RCCTE (2006): -/3cm REH (2013): -/6cm Pavimento interior RCCTE (2006): -/3cm REH (2013): -/6cm

Observações/Oportunidades de melhoria:

- Existe um potencial significativo de poupança energética através da incorporação de isolamento térmico nas coberturas e pavimentos dos edifícios anteriores ao RCCTE-2006, principalmente em edifícios unifamiliares em que a decisão parte de um só proprietário. Para além disso a intervenção é mais segura e o pé direito em regra é maior, permitindo aumentar às espessuras dos pavimentos. Na maior parte dos casos, é isolando o desvão não habitável da cobertura (de preferência colocando o isolante sobre a laje de esteira horizontal), que se conseguem maiores poupanças de energia e períodos de retorno mais baixos, uma vez que: -os desvãos apresentam temperaturas muito próximas do exterior; - a área de intervenção é significativa; -e a medida é económica (bastando na maioria dos casos colocar unicamente a camada de isolante, sem grandes interferências funcionais e estéticas). Aliado à incorporação de isolamento térmico deve providenciar-se que as coberturas disponham de aberturas para ventilação, preferencialmente controláveis (para abrir no verão, evitando sobreaquecimentos e fechar no inverno, diminuindo as perdas de calor). A escolha de cores claras e revestimentos com baixa emissividade ajudam a diminuir as necessidades energéticas de verão.

Quadro 4.6 - Soluções de Vãos Envidraçados

Épocas construção	Antes do RCCTE	RCCTE- 1990		RCCTE- 2006
	1980-1992	1993-2000	2000-2008	Após 2008
Soluções de vãos envidraçados por períodos de construção				
Solução característica (inspeções/entrevistas) U [W/m².°C]	Caixilharia em alumínio sem rotura térmica, de correr, cor clara, Vidro simples 4mm Persianas exteriores plásticas U=4,1 Fsolar 100%=0,07 (Vãos pontuais sem proteções: U=6,5 Fsolar=0,88)	Caixilharia em alumínio sem rotura térmica, de correr, cor clara, Vidro duplo 5+8+4mm Persianas exteriores plásticas U=3,1 Fsolar 100%=0,04 (Vãos pontuais sem proteções: U=4,4 Fsolar=0,78)	Caixilharia em alumínio com rotura térmica, giratória, cor clara, Vidro duplo 5+12+4mm Persianas exteriores plásticas U=2,58 Fsolar 100%=0,04 (Vãos pontuais sem proteções: U=3,46 Fsolar=0,78)	Caixilharia em PVC/alumínio com rotura térmica, giratória, cor clara, Vidro duplo 6+16+5mm Persianas exteriores plásticas U=2,1/2,5 Fsolar 100%=0,04 (Vãos pontuais com proteções interiores: U=2,7/3,3 Fsolar=0,5)
Gama de valores de U e FS100% nos CE emitidos	U [4,1-6] Fsolar 100% [0,07-0,88]	U [2,58 - 4,84] Fsolar 100% [0,04-0,78]	U [2,1 - 3,46] Fsolar 100% [0,04-0,78]	U [2,16 - 2,5] Fsolar 100% [0,04-0,55]
Fsolar Máximo	RCCTE (2006) = REH (2013) FS máx.= 0,56 (Inércia térmica média ou forte)			
U Referência	RCCTE (2006) U=3,3 REH (2013) U=2,5			
Melhoria	Substituição da caixilharia/Caixilharia dupla em alumínio com rotura térmica/PVC/madeira, vidro duplo, persiana exterior	Colocação de proteção solar em vãos pontuais (casas banho, cozinhas)	Colocação de proteção solar em vãos pontuais (casas banho, cozinhas)	—

Observações/Oportunidades de melhoria:

- Na generalidade dos casos, a qualidade das soluções de caixilharias de vãos envidraçados, dos edifícios da década de 2000 é boa. O maior potencial de intervenção está sobretudo nos edifícios da década de 1980 (anteriores ao RCCTE-1990), com soluções de caixilharia pouco robustas, de correr e vidro simples.

O contributo dos vãos envidraçados dependerá do conjunto caixilho, vidro e proteção solar. No inverno podem originar perdas térmicas significativas, e no verão podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento interior, pelo que em grandes reabilitações vale a pena refletir na alteração de dimensões e localização dos vãos, de preferência aumentando a área de vãos a sul, dimensionando convenientemente os dispositivos de proteção ou sombreamento (por exemplo palas que façam sombreamento no verão e deixem entrar sol no inverno) e diminuindo a área dos vãos a norte e oeste (os vãos orientados para oeste podem originar ganhos solares excessivos no verão, uma vez que o edifício acumula calor durante todo o dia, saturando a sua capacidade de absorção e acumulação da massa térmica). Quando a caixilharia ainda estiver em bom estado de conservação e houver espaço para a colocação de outra caixilharia, o sistema duplo proporcionará um bom reforço da resistência térmica, podendo no entanto diminuir a transmissividade luminosa, ser mais inestética e no verão contribuir para um sobreaquecimento devido ao efeito estufa criado na caixa-de-ar entre os dois envidraçados (exigindo um controlo manual para evitar este efeito). Se a caixilharia apresenta mau estado de conservação, a melhor solução passará pela sua substituição, adotando soluções com melhores desempenhos térmicos (por exemplo, substituir uma caixilharia em alumínio por uma outra de alumínio com rotura térmica, de PVC ou madeira). O tipo de caixilho (sem quadricula ou com quadricula) deve ser equacionado. A colocação de um caixilho com quadricula diminui a fração solar mas por razões estéticas da envolvente pode ter que ser a opção a considerar. Quanto ao sistema de abertura (de correr, abrir, oscilo-batente), os sistemas oscilo-batentes para além de apresentarem menor permeabilidade ao ar permitem um controlo mais eficaz da ventilação dos espaços. Relativamente à substituição do vidro, um dos aspetos mais importantes a tomar em conta aquando da sua substituição é fator solar. O vidro duplo corrente, com uma caixa-de-ar na ordem dos 16mm, constitui na generalidade dos casos uma boa solução devido à melhoria do isolamento e à redução dos riscos de condensações. Embora menos económicas, existem soluções de vidro duplo com argon ou de baixa emissividade. Relativamente às proteções solares para além de outras funções (controlar a luminosidade, privacidade), evitam sobreaquecimento dos espaços no verão (à exceção da orientação Norte) e reforçam a resistência térmica do vão. De preferência devem ser colocadas pelo exterior porque apresentam mais eficácia em reduzir a incidência da radiação solar no vidro, no entanto podem ser soluções menos económicas, exigindo também mais manutenção ao longo da sua utilização.

Quadro 4.7 - Soluções de Ventilação

Épocas construção	Antes do RCCTE-2006	RCCTE- 2006
	1980-2008	Após 2008
Soluções de Ventilação por períodos de construção		
Solução característica (inspeções/entrevistas)	<p><u>Ventilação natural</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bragança, H>600m, Região B - Rugosidade I/II (interior de zona urbana/periferia ou zona rural) - Nº de fachadas expostas: 2 a 3 (apartamentos); 3 a 4 (moradias) - Área de vãos/Área de pavimento \approx 15% - Caixas de estores na maioria dos vãos envidraçados com alta permeabilidade ao ar; - Caixilharia sem classificação; - Inexistência de grelhas autoreguláveis; - Portas mal vedadas; - Conduitas de ventilação natural nas instalações sanitárias de apartamentos - Inexistência de meios mecânicos de ventilação (exceto exaustor) 	<p><u>Ventilação natural</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bragança, H>600m, Região B - Rugosidade I/II (interior de zona urbana/periferia ou zona rural) - Nº de fachadas expostas: 2 a 3 (apartamentos); 3 a 4 (moradias) - Área de vãos/Área de pavimento \approx 15% - Caixas de estores na maioria dos vãos envidraçados com baixa permeabilidade ao ar; - Caixilharia com classificação; - Inexistência de grelhas autoreguláveis; - Portas bem vedadas; - Conduitas de ventilação natural nas instalações sanitárias de apartamentos; - Inexistência de meios mecânicos de ventilação (exceto exaustor e ventiladores nas instalações sanitárias a acionar pontualmente)
Gama valores nos CE emitidos: Rph	[0,9-1,15]	[0,75-0,85]
Requisitos (RCCTE-2006)	<p>RCCTE (2006): Rph \geq 0,6 h⁻¹ (Requisito de cálculo)</p> <p>REH (2013): Rph \geq 0,4 h⁻¹ (Requisito de cálculo e solução). Rph \geq 0,4 h⁻¹; Rph verão \geq 0,6 h⁻¹ (Requisito de cálculo)</p>	

Observações/Oportunidades de melhoria:

- A falta de ventilação pode ter consequências diretas na saúde, no conforto e bem-estar dos utilizadores, sendo necessária para a renovação do ar, repondo a quantidade de oxigénio, eliminando fumos, gases tóxicos e odores desagradáveis. A ventilação ajuda a prevenir o aparecimento de condensações e melhora as condições de conforto térmico no verão através do arrefecimento dos espaços. A taxa ideal de renovações de ar é de 0,6 rph (não sendo aconselhável que ultrapasse os 0,8 rph). O ideal será projetar de modo a prever mecanismos para a saída do ar viciado e a entrada de ar novo, sem que isso implique um excessivo aumento do consumo de energia.

A ventilação natural é assegurada através do deslocamento do ar permitido pelas aberturas do edifício (janelas ou grelhas), umas funcionando para a entrada de ar (nos compartimentos de estar) e outras para a saída (compartimentos de serviços). A sua dimensão e o seu posicionamento devem ser adequadamente projetadas. Para além das aberturas, o fluxo de ar que entra e sai é influenciado por alguns fatores: diferenças de pressão e temperatura do ar entre o exterior e interior do edifício, incidência do vento, a forma da edificação.

Deverá haver uma preocupação em controlar infiltrações de ar nos edifícios. Elas estão relacionadas com a área de vãos, a qualidade das caixilharias (janelas e portas), com a altitude do edifício, com os obstáculos e edifícios vizinhos que possam atenuar a exposição ao vento, com a existência de caixas de estores. A reabilitação neste domínio passará pela aposta das seguintes medidas: - Colocação de vedantes nas portas, janelas e caixas de estores;- Colocação de caixilharias com classificação quanto à permeabilidade ao ar; - Colocação de isolamento nas caixas de estores;- Colocação de grelhas autorreguláveis.

Os utilizadores dos edifícios apresentam com frequência resistência à sua ventilação, porque a mesma provoca uma diminuição da temperatura interior dos espaços, diminuindo o conforto térmico no inverno e aumentando os gastos energéticos. A ventilação mecânica pode colmatar estes problemas, proporcionando um controlo da renovação de ar e assegurando a qualidade do ar interior, quase independente das condições meteorológicas. Geralmente é feita através de conduitas de ventilação forçada, ligadas aos espaços interiores através de extratores e ventiladores. De modo a que se evitem as perdas de energia, podem ser aplicados sistemas de ventilação com recuperadores de energia, através de permutadores de calor dentro dos quais os fluxos de entrada e saída de ar se cruzam (sem haver mistura). Em termos de reabilitação pode ser difícil a integração das tubagens do sistema.

Quadro 4.8 - Soluções de Sistemas de Climatização e Preparação de AQS

Épocas construção	1980-1999	2000-2011
Soluções de Sistemas de climatização e preparação de AQS por períodos de construção		
Solução característica (inspeções/entrevistas)	<ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento: Pontual/móvel (não considerado) • Arrefecimento: Inexistente • AQS: Esquentador (gás butano) 	<p><u>ZONAS URBANAS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento: Equipamento-Caldeira mural/ Combustível-gás natural (com circuito de água quente com radiadores) • Arrefecimento: Inexistente • AQS: Caldeira mural, gás natural <p><u>MORADIAS EM ZONAS PERIFÉRICAS/RURAIS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento: Equipamento- Lareira/Caldeira mural; Combustível-Lenha/gasóleo • Arrefecimento: Inexistente • AQS: Caldeira mural/Esquentador; gasóleo/gás garrafa
Gama de valores eficiências dos equipamentos nos CE emitidos	AQS [39%-65%]	Aquecimento [87%-93%] AQS [69%-93%]
Chuveiros/Sistemas duche com certificado de eficiência hídrica (rótulo A ou superior)?	Não	Não
Eficiência Referência RCCTE (2006): - REH (2013)	<p>REH (2013)</p> <p>Caldeira para Aquecimento: e AQS > 86%</p> <p>Esquentador para AQS: ≥ 0,84</p>	

Observações/Oportunidades de melhoria:

- Os sistemas de preparação de águas quentes e climatização (aquecimento e arrefecimento) assumem enorme importância nos gastos energéticos dos edifícios. Há vários parâmetros a considerar na escolha/substituição de equipamentos para a produção de águas e de sistemas de climatização: a potência dos equipamentos, o tipo de evacuação dos gases de combustão exigidos pelos esquentadores, caldeiras, recuperadores (podem exigir ou não chaminés), o tamanho dos diversos equipamentos (falta de espaço, encarecimento do sistema), a praticabilidade em utilizar a energia (acesso à rede de cidade ou não), o pacote da solução (o equipamento pode efetuar só aquecimento de águas, climatização ou os dois), entre outros. Depois da análise dos condicionalismos existentes a sua escolha deve ter em conta a sua eficiência (quanto mais alta melhor), que altera significativamente o consumo energético. A energia consumida deve ser equacionada e, para além dos custos, deve-se ter em conta o seu impacto nas emissões de CO₂, em prol da sustentabilidade. Devido às exigências de mercado que se tenta adaptar aos requisitos legislativos, os equipamentos têm melhorado muito quanto à sua performance e a tendência é que os seus custos diminuam. As bombas de calor, caldeiras de condensação, pavimentos radiantes podem ser uma opção. Os recuperadores de calor, salamandras e as caldeiras a biomassa, devido ao facto da biomassa ser considerada uma energia renovável melhoram bastante a classificação energética dos edifícios, além do baixo preço da energia. A tubagem onde circulam os fluidos térmicos deve ser convenientemente isolada para que não haja perdas no circuito. O uso de termostatos para controlo de temperatura traduz-se em poupanças energéticas significativas. A manutenção dos sistemas é primordial.

Quadro 4.9 - Soluções de Sistemas Solares

Épocas construção	Antes do RCCTE-2006	RCCTE- 2006
	1980-2008	Após 2008
Soluções de sistemas solares por períodos de construção		
Solução característica (inspeções/entrevistas)	Sem sistema solar	Sistema solar: - Coletores planos - Sistema de circulação forçada - Depósito acumulador - Sistema de apoio: caldeira/esquentador
Valores nos CE emitidos: Esolar médio (KWh/ano)	—	T2: 1500 T3: 2300 T4: 3000
Requisitos	RCCTE(2006) - Cálculo através do programa <i>Solterm</i> ; - Sistemas ou equipamentos certificados; - Instalação por instaladores acreditados pela DGGE (Direção-Geral de Energia e Geologia); - Garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de 6 anos. REH(2013) - Esolar> Esolar com sistema padrão; - Se A>20m ² : Projeto de execução; - Relógio programável e acessível dentro do depósito de armazenamento caso este contenha apoio com resistência elétrica; - Sistemas ou equipamentos certificados, - Instalação por instaladores acreditados; - Registo de instalação e manutenção em base de dados criada e gerida pela ADENE.	

Observações/Oportunidades de melhoria:

- Devido à inexistência de sistemas solares nos edifícios anteriores ao RCCTE-2006, existe um potencial enorme de intervenção nesta matéria. Em projetos novos, o recurso a estes sistemas para a produção de AQS, é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1m² por ocupante. Em alternativa à utilização de coletores solares térmicos podem ser utilizadas outras formas renováveis de energia que captem, numa base anual, energia equivalente. Os sistemas solares térmicos mais utilizados são o termossifão e o sistema de circulação forçada. O sistema de termossifão é o mais simples. Consiste num coletor plano ao qual é acoplado um depósito de capacidade variável. A sua instalação pode passar por uma simples ligação da água da rede ao depósito e de uma ligação da água quente do depósito até aos pontos de consumo do edifício. A radiação solar incide sobre a cobertura de vidro do painel solar, sendo o calor transferido para o fluido que circula pela tubagem tornando-se menos denso, subindo do coletor para o depósito. A permuta de calor é então feita para a água de consumo, e o fluido térmico arrefece, descendo para o coletor, fechando-se o ciclo. Este sistema é de fácil instalação em telhados de todos os tipos; é um sistema económico devido à simplicidade dos acessórios. A maior desvantagem é a sua limitada capacidade de fornecer água constituindo uma boa solução para casas de férias, com pouca utilização. O Sistema de circulação forçada é um sistema onde o coletor solar e o depósito se encontram fisicamente separados. Podem ser utilizados para águas quentes sanitárias, aquecimento de piscinas, apoio a piso radiante e aquecimento central. A radiação solar incide sobre o painel solar. O fluido quente circula em circuito fechado e transfere calor através da serpentina do depósito para a água de consumo. Neste sistema o fluido não circula por gravidade, podendo a bomba ser acionada por meio de um termostato diferencial. Este sistema tem utilização versátil, permitindo uma boa integração arquitetónica com a cobertura, para além do que não contribui com o peso do depósito para a cobertura. É no entanto um sistema mais complexo, mais caro, e com mais exigências quanto ao espaço interior (colocação do depósito e restantes elementos). Qualquer um dos sistemas necessita da utilização de um sistema de apoio (caldeira, esquentador, resistência elétrica, termoacumulador ou bomba de calor). É importante assegurar qualidade nos pormenores de execução, nomeadamente o isolamento das tubagens e depósitos, de modo a que sejam minimizadas as perdas de calor desde o coletor até ao ponto de utilização. Os sistemas/equipamentos devem ser certificados; ser instalados por profissionais acreditados, e serem sujeitos a manutenção periódica. Os custos com os equipamentos e sua manutenção tendem a diminuir em virtude dos desenvolvimentos tecnológicos, tornando os períodos de retorno dos investimentos nesta matéria mais atrativos.

Observações Gerais:

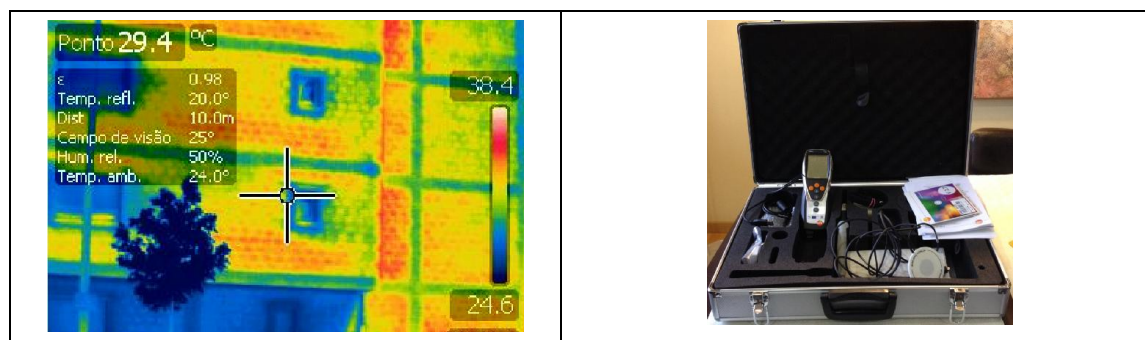
Antes de se proceder a qualquer intervenção de melhoria do desempenho energético de um edifício torna-se necessário elaborar um diagnóstico, avaliando possíveis anomalias e falhas que existam, identificando as suas causas (isolamento térmico inexistente/insuficiente, pontes térmicas, humidades, Infiltrações de ar, falta de sombreamentos, ventilação não controlada, falta de manutenção dos sistemas, etc.).

No campo da reabilitação energética as soluções a tomar estão condicionadas ao existente, tanto ao nível do próprio edifício, como da edificação vizinha. Também se torna importante que a intervenção tome em consideração o estudo de eventuais interferências e constrangimentos com as demais especialidades, para que haja uma perfeita compatibilidade entre as mesmas, especialmente com a estrutura, a rede de águas, acústica e incêndio. Algumas questões devem ser levantadas: - É possível alterar a localização ou dimensão dos vãos? - Pode o isolamento ser colocado pelo exterior? Como é que ele vai interferir com as ombreiras e caixilharias? E com os edifícios vizinhos? E com as restantes especialidades? - A inclinação, área e orientação da cobertura são adequadas para a instalação de sistemas solares?

De realçar que qualquer intervenção deveria ser aproveitada para intervir e requalificar térmica e energeticamente. Para tal, torna-se fundamental uma prévia avaliação técnico-económica das soluções possíveis. Muitas delas só são viáveis quando for necessária uma intervenção profunda na envolvente/vãos envidraçados/sistemas de climatização ou preparação de AQS, no entanto convém realçar que soluções a adotar, para além do aspeto técnico-económico, devem ter em conta outros fatores, tais como o conforto térmico ou mesmo a estética.

A garantia da qualidade da aplicação e instalação dos sistemas deve assentar numa adequada qualificação e responsabilização dos técnicos. Da mesma forma, a utilização de materiais certificados garante a qualidade dos sistemas e sua durabilidade. É também essencial proceder à manutenção dos sistemas instalados.

Para uma caracterização mais específica, principalmente para os edifícios correspondentes ao período de 1992 a 2004, em que as soluções reais da envolvente podem não corresponder às do certificado energético pode recorrer-se a ferramentas de medição “in-situ”, não destrutivas, através de câmaras termográficas e termofluxímetros. A câmara termográfica permite a deteção de elementos não visíveis através de imagens térmicas. A indicação das temperaturas superficiais dos vários elementos construtivos permite facilmente identificar zonas singulares de pilares, vigas, caixas de estores, elementos sem isolamento térmico (permitindo para além da localização ter conhecimento das suas dimensões), traçados da rede de águas, presença de humidades e infiltrações, entre outros. A ADENE reconhece a utilização da termografia em processos de certificação de edifícios existentes, de acordo com o método descrito na norma EN 13187:1998. O método do termofluxímetro é experimental e permite obter o coeficiente de transmissão térmica de elementos, podendo oferecer mais confiabilidade ao estudo das várias propostas/medidas de melhoria. Apresenta a desvantagem da determinação do valor de U não ser imediata, tendo que ser aplicado o método do fluxímetro, especificado na norma ISO 9869:1994, que exige determinadas condições de temperaturas e dias de ensaio. A termografia revela-se uma ferramenta de grande utilidade, quando combinada com o termofluxímetro, pois serve de guia para a colocação dos fluxímetros em áreas representativas da envolvente.



Imagens obtidas por uma câmara termográfica (à esquerda) e equipamento termofluxímetro (à direita)

4.4.9. Principais entraves e alterações sentidas com a aplicação do SCE

A autora sentiu alguns entraves e dificuldades com a implementação do SCE, destacando os seguintes pontos:

- Falta de pormenores e especificações técnicas em projetos de arquitetura, bem como a falta da formação e sensibilização para as questões de desempenho energético por parte dos arquitetos. A este nível a autora participou na elaboração de um artigo (Fernandes, Sílvia; *et al.*, 2013), que alerta para o papel relevante que o arquiteto tem nesta área, como um dos primeiros decisores do processo construtivo;
- A resistência de alguns promotores e projetistas em instalar os sistemas solares, bem como a falta de capacidade de informação dos fornecedores locais quanto ao seu funcionamento, instalação e manutenção;
- Constatação da falta de preparação dos engenheiros civis para as questões relacionadas com os sistemas mecânicos;
- Proprietários dos imóveis em posse de pouca informação sobre os mesmos;
- Fichas técnicas da Habitação com pouca informação/informação contraditória;
- Falta de interesse dos proprietários pelo conteúdo do certificado energético;
- Falta de manutenção efetuada aos equipamentos;
- Falta de adequação das medidas de melhoria (quanto aos gastos e poupanças de energia) às condições reais de utilização dos edifícios (o cálculo considerava a climatização durante toda a estação para se atingirem as temperaturas de referência);
- Soluções muito vantajosas, mas pouco enraizadas no mercado (como por exemplo as grelhas autorreguláveis).

Pode dizer-se que estas dificuldades e lacunas em parte foram sendo ultrapassadas. As exigências quanto à qualidade do projeto térmico aumentaram significativamente com a introdução do sistema de certificação energética, em consequência da obrigatoriedade da validação do projeto térmico e emissão do respetivo certificado energético. Para além disso, o RCCTE-2006 veio introduzir novos requisitos e exigências regulamentares com consequências nas outras especialidades e no processo construtivo. As principais alterações sentidas durante o período em questão, em projeto e obra, foram as seguintes:

- Aumento/melhoria das especificações técnicas e da pormenorização do projeto de arquitetura e térmico;
- Exigência da qualificação de técnicos para a instalação de equipamentos;
- Aumento da importância/exigência de produtos e sistemas certificados;
- Aumento das exigências quanto aos requisitos de materiais, equipamentos e soluções construtivas (por exemplo caixilharia com classificação quanto à

permeabilidade ao ar; eficiências de equipamentos; espessuras de isolamentos, caixas de estores pré-fabricadas com isolamento incorporado, etc.);

- Aumento da espessura dos isolamentos térmicos com consequências nas soluções finais de paredes, pavimentos e especialmente coberturas;
- Incorporação de isolamento térmico em pilares, talões de vigas e caixas de estores e o tratamento de pontes térmicas lineares através do isolamento das ligações entre os elementos;
- Integração dos sistemas solares que exigiu a programação de novos espaços para a integração dos coletores e equipamentos de apoio;
- Posicionamento no mercado de novas soluções construtivas, tais como as fachadas ventiladas, sistemas de isolamento pré-fabricados, sistemas ETIC's, grelhas autorreguláveis;
- Integração de novas soluções de climatização e preparação de AQS, tais como as bombas de calor, as caldeiras de condensação, os pavimentos radiantes, os recuperadores de calor;
- Interesse em novas soluções de utilização de energias renováveis, para além dos coletores solares, tais como os sistemas fotovoltaicos e a geotermia de baixa entalpia;
- Cuidados acrescidos em aplicar sombreamento nos vãos envidraçados para a verificação do requisito mínimo relativo ao fator solar;
- A importância em escolher equipamentos com utilização de energias mais amigas do ambiente com base no fator de conversão para a energia primária, onde a eletricidade era bastante penalizadora e a importância dada à eficiência dos equipamentos, principalmente para a produção de AQS, já que esta componente energética assumia um peso superior em relação às restantes no cálculo de energia primária;
- Aumento do controlo da execução da obra por parte da direção técnica;
- Aumento da sensibilização dos arquitetos, projetistas de térmica, proprietários, promotores e construtores para as questões relacionadas com a eficiência energética.

É importante frisar o esforço feito pela ADENE, tornando-se um exemplo de sucesso de implementação do SCE para outros países europeus. Uma das medidas de sucesso consistiu no sistema apertado de fiscalização garantindo rigor e qualidade ao seu funcionamento.

4.5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS DO RCCTE E REH

4.5.1. Introdução

Pretende-se com os exemplos que se seguem apresentar especificamente o procedimento de certificação relativos a edifícios/frações autónomas que a autora levou a cabo, de acordo com a legislação anterior, nomeadamente o Regulamento das Características do Comportamento dos Edifícios (RCCTE-2006) e em paralelo fazer uma simulação da aplicação da nova legislação (REH-2013). O objetivo consiste em comparar e analisar as principais diferenças entre as metodologias e simplificações permitidas por ambos os regulamentos, bem como os resultados finais de cálculo e impacto na classificação energética.

As ferramentas utilizadas para os cálculos foram as seguintes:

- Ferramenta de cálculo de desempenho energético RCCTE: 2010/07/08, ITECONS;
- Ferramenta de cálculo de desempenho energético REH: 2014/04/02, ITECONS;
- Ferramenta de cálculo de ventilação REH: 2014/12/02, LNEC;

4.5.1.2 EXEMPLO 1: Fração autónoma existente construída em 2004

- *Categoria do edifício/fração autónoma: Habitação sem sistemas de climatização.*
- *Metodologia utilizada para o cálculo: Método detalhado e simplificado, por ser um edifício existente.*
- *Folhas de cálculo, Relatório Síntese e Certificado energético no Anexo B.*

a) Descrição geral do imóvel

A fração autónoma de habitação em análise pertence a um edifício multifamiliar, localizado em Bragança, composto por cave, rés-do-chão e sete andares. A Fração corresponde ao 2º andar Esquerdo, de tipologia T3, de 1 piso, com área de 125m² e um pé direito de 2,5m, composta por 1 sala, 1 cozinha, 1 despensa, 3 quartos, 2 instalações sanitárias e 1 corredor (todos espaços úteis). A fração tem o seu teto e pavimento inferior em contacto com habitações do mesmo edifício e as paredes exteriores da fração encontram-se orientadas maioritariamente a este e oeste, estando algumas em contato com o edifício adjacente. Os sombreamentos são provocados pelo edifício vizinho e varandas do próprio. A ventilação à data da visita era feita de forma natural. A inércia térmica determinada foi média. A habitação dispunha de uma caldeira a gás natural para a produção de AQS (águas quentes sanitárias) e o aquecimento. Não existiam equipamentos para arrefecimento, nem sistemas de coletores solares



Figura 4.48 – Localização do imóvel

b) Documentação fornecida pelo proprietário

A documentação fornecida pelo proprietário para a elaboração do certificado foi a seguinte:

- Caderneta predial e certidão da conservatória;
- Licença de Utilização.

c) Descrição geral da Visita ao imóvel

A visita obrigatória teve lugar no dia 04 de Outubro de 2010, com início às 14:00h e fim às 15:00h. O edifício estava à data desocupado e não existiam evidências do imóvel ter sido objeto de qualquer reabilitação térmica ou reforço de isolamento. Não se verificou a existência de quaisquer patologias construtivas que afetassem o desempenho térmico, o conforto e a salubridade dos espaços. Relativamente aos equipamentos e componentes com influência na eficiência térmica ou na qualidade do ar interior, não foram identificados defeitos de funcionamento.

d) Zona climática

O imóvel inspecionado está localizado na cidade de Bragança, no interior de uma zona urbana, a uma altitude de 685m. A Zona climática determinada foi a I3-V2 N.

Existem alterações significativas em relação aos dados climáticos entre os dois regulamentos. Embora a zona climática continue a ser a mesma, I3-V2, os restantes parâmetros climáticos apresentam valores diferentes.

Tabela 4.6 – Parâmetros climáticos, RCCTE vs. REH

Dados Climáticos, Bragança, 685m		
	RCCTE-2006	REH-2013
Zona Climática (Inverno Verão)	I3 V2	I3 V2
Graus-dia (°C.dias)	2850	2022
Duração da estação de Aquecimento (meses)	8	7,3
Duração da estação de Arrefecimento (meses)	4	4
Temperatura média exterior verão (°C)	19	21,5
G _{sul} (Kwh/m ² .mês)	90	125

Apresentam-se na tabela seguinte os valores médios da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro).

Tabela 4.7 – Intensidade da radiação solar para a estação de arrefecimento, RCCTE vs. REH

Valores Intensidade da radiação solar para a estação arrefecimento (Julho a Setembro)									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
RCCTE-2006	200	320	450	470	420	470	450	320	790
REH-2013	220	345	480	485	425	485	480	345	790

e) Levantamento dimensional

No quadro seguinte consta um resumo com as simplificações permitidas à metodologia detalhada, contempladas no RCCTE e no REH, através do Despacho n.º 11020/2009 (NT-SCE-01) e Despacho n.º 15793-E/2013, respetivamente.

Quadro 4.10 – Comparação das simplificações para o Levantamento dimensional, RCCTE vs. REH

1- ENVOLVENTE		
1.1. Levantamento Dimensional		
	Despacho n.º 11020/2009 , RCCTE (2006)	Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)
Área útil de pavimento	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m; - Se a medição da área de pavimento for efectuada contabilizando a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, deve-se diminuir o valor da área total em 10%.	(=)
Pé Direito	- Em caso de pé-direito variável deverá ser adoptado um valor médio aproximado, estimado em função das áreas de pavimento associadas.	(=)
Área de parede da envolvente exterior	- Contabilizar, na sua totalidade, as paredes em contacto com o solo, considerando para efeitos de cálculo o coeficiente de transmissão térmica da parede da envolvente exterior adjacente. Nesta situação, deverá assumir-se que a respectiva perda linear é nula.	(=)
Área cobertura (interior e exterior)	- Ignorar áreas de cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m; - Se se tratar de uma cobertura inclinada (inclinação superior a 10º) a medição pode ser efectuada na horizontal. Neste caso deve-se agravar o valor da área em 25%.	(=)
Área de pavimento (interior e exterior)	- Ignorar áreas de pavimento associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m; - Ignorar áreas de pavimento associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.	(=)
Áreas portas	- Ignorar áreas de portas cuja área envidraçada seja inferior a 25%; - Estas áreas consideram-se incluídas na restante envolvente vertical.	(=)

Como se pode constatar as simplificações permitidas mantêm-se iguais com a atual legislação. Relativamente ao imóvel em questão só foi considerada a simplificação relativa à área das portas interiores. Foi efetuado o levantamento dimensional das áreas do imóvel pela medição direta das principais dimensões, pelo interior.

Tabela 4.8 – Medições dos principais elementos

Tipologia:	T3, Habitação	Área útil (m²):	125	Pé-direito médio (m)	2,5
Área total (m²) de:	Paredes exteriores	Paredes interiores com requisitos		Vãos envidraçados	
	42.2	29.4		12	

f) Espaços úteis, não úteis e delimitação da envolvente

Na vistoria foi possível aceder a todos os espaços úteis e não úteis do imóvel a certificar. Como espaços não úteis foram identificados o edifício adjacente e a zona de circulação horizontal comum.

Apresentam-se a seguir as simplificações permitidas para a determinação do coeficiente de redução de perdas que, com a atual legislação, se passou a denominar de *btr*.

Quadro 4.11 – Comparação das simplificações para a determinação do coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH

1- ENVOLVENTE		
1.2.Coefficiente de redução de perdas (τ / <i>btr</i>) de espaços não úteis (ENU)		
	Despacho n.º 11020/2009, RCCTE (2006)	Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)
Coeficiente de redução de perdas	<p>Atribuir um valor convencional de 0,75 a todos os espaços não aquecidos.</p> <p>- Sempre que o PQ opte por determinar o valor de τ, para um dos espaços não aquecidos, seguindo a metodologia do Decreto-Lei n.º 80/2006, não poderá aplicar esta regra de simplificação aos restantes espaços não aquecidos.</p> <p>- A consideração do valor convencional referido para todos os espaços não úteis, implica a contabilização de pontes térmicas lineares através de elementos da envolvente interior em contacto com os espaços não úteis, conforme definido do despacho mencionado no ponto anterior, uma vez que $btr > 0,7$.</p>	<p>Valores por defeito: $btr = 0,8$ para todos os ENU $btr = 0,6$ Para edifícios adjacentes</p> <p>-Sempre que o PQ opte por determinar o valor de btr, para um dos espaços não aquecidos, seguindo a metodologia prevista no despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos, não poderá aplicar esta regra de simplificação aos restantes espaços não aquecidos.</p> <p>- A consideração do valor convencional referido para todos os espaços não úteis, implica a contabilização de pontes térmicas lineares através de elementos da envolvente interior em contacto com os espaços não úteis, conforme definido do despacho mencionado no ponto anterior, uma vez que $btr > 0,7$.</p> <p>Caso se aplique a regra de simplificação descrita, deverão considerar-se aqueles mesmos valores de referência de btr, para efeito de determinação do limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil.</p>

Não foram utilizadas as regras de simplificação. Os valores dos coeficientes de redução de perdas assumem os seguintes valores, segundo o método detalhado:

Tabela 4.9 – Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH

Descrição do espaço não útil	Zonas com as quais está em contacto	t (RCCTE)	btr (REH)
Edifício adjacente	Sala/suite	0,6	0,6
Zona circulação comum	Parede de Cozinha e sala	0	0,3

Verifica-se que o coeficiente de redução de perdas por defeito aumentou com a atual legislação para o *enu* referente à zona de circulação comum.

A envolvente referente às paredes encontra-se marcada na figura 4.49. Os pavimentos e tetos em contato com espaços úteis de frações autónomas fazem parte da envolvente sem requisitos.

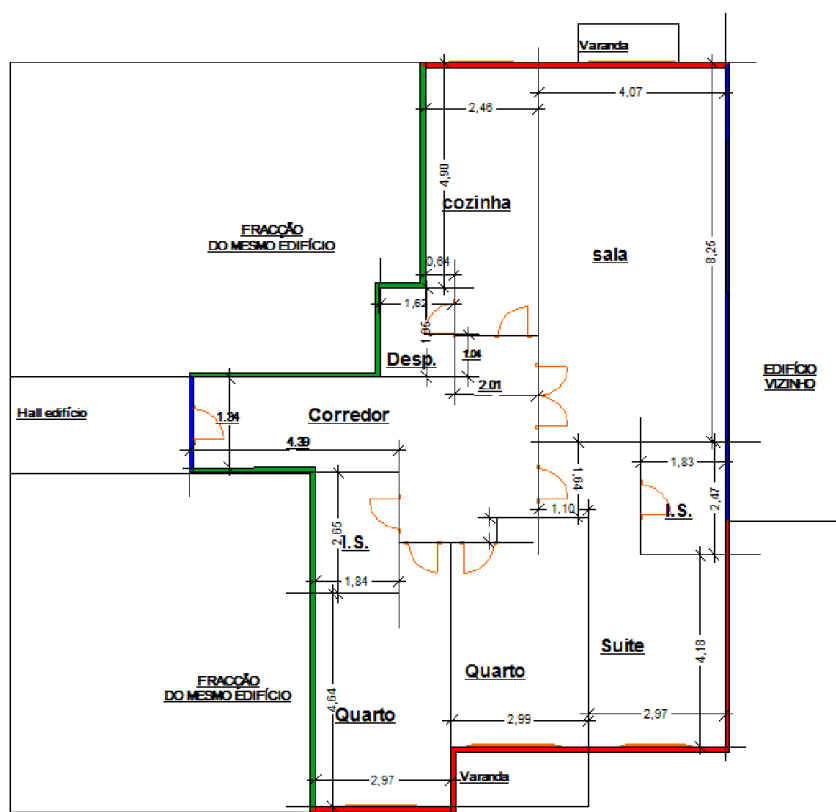


Figura 4.49 – Planta do imóvel

g) Caracterização térmica dos elementos da envolvente opaca

A hierarquia a seguir, para a determinação do coeficiente de transmissão térmica da zona corrente, manteve-se com a atual legislação, de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 4.12 – Simplificações para a determinação de U da zona corrente, RCCTE vs. REH

2- PARÂMETROS TÉRMICOS		
	Despacho n.º 11020/2009, RCCTE (2006)	Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)
2.1. Transferência de calor por transmissão através da envolvente		
a) Zonas correntes	<p>A caracterização térmica deve seguir a seguinte hierarquia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-Projeto e fichas técnicas atestando-se a sua coerência e autenticidade; 2- Publicações LNEC ou outras fontes reconhecidas pelo SCE mediante despacho. Neste caso os valores de U podem depender da espessura do elemento opaco e do ano de construção do edifício, sendo que em caso de dúvida os valores a escolher deverão ser os mais conservadores. Independentemente da fonte de informação adotada, a caracterização efetuada deverá suportar-se em evidências recolhidas durante a visita ao local, designadamente, fotografias e medições que revelem a composição das soluções construtivas, podendo ainda suportar-se em medições in-situ de determinação da resistência térmica, de acordo com a norma ISO 9869. 	

Embora se tratando de um imóvel do ano de 2004, o mesmo não tem ficha técnica de habitação, pelo que não pôde ser contabilizado isolamento térmico nas paredes. Os valores determinados para o U da envolvente corrente são os que se apresentam na tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Valores de U da envolvente opaca corrente

Designação da solução construtiva	Evidências ou fontes utilizada para determinação do valor de U	Valor de U (W/m ² .°C)
Paredes exteriores orientadas a este, oeste e sul revestidas interiormente a estuque pintado (azulejo na cozinha) e exteriormente a azulejo cerâmico de cor clara.	Espessura medida no local, 38cm, ITE 54 - paredes posteriores a 1960	0,96
Parede interior (divisão da habitação com zonas comuns e edifícios adjacentes) revestida interiormente a tinta (azulejo na I.S.).	Espessura medida no local; espessura aproximada de 20 cm, ITE 54 paredes posteriores a 1960	1,47 (1/(1/1,7+0,09))

PAREDES

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Paredes exteriores com espessura aproximada de 38 cm (paredes posteriores a 1960, ITE 54), orientadas a este, oeste e sul revestidas interiormente a estuque pintado (azulejo na cozinha) e exteriormente a azulejo cerâmico de cor clara.
- Paredes interiores (divisão da habitação com zonas comuns e edifícios adjacentes) com espessura aproximada de 20 cm (paredes posteriores a 1960, ITE 54), revestida interiormente a tinta (azulejo na I.S.).

Coeficiente de transmissão
térmica superficial (U) em $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

da solução

máximo regulamentar

0,96

1,45

1,47

1,9

Figura 4.50 – Paredes exterior e interior

Quanto às pontes térmicas planas, como não foi possível identificá-las e medi-las, optou-se pela majoração em 35% das perdas associadas à envolvente corrente. As simplificações pelo atual despacho são as mesmas, conforme descritas no quadro 4.13.

Quadro 4.13 – Comparação das simplificações relativas às PTP, RCCTE vs. REH

2- PARÂMETROS TÉRMICOS		
		Despacho n.º 11020/2009, RCCTE (2006)
		Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)
2.1. Transferência de calor por transmissão através da envolvente		
b) Zonas não correntes (pilares, vigas, cx de estores)	1 - No âmbito do cálculo das perdas planas de calor por condução através da envolvente, caso as soluções construtivas, designadamente o isolamento térmico contínuo pelo exterior e paredes exteriores em alvenaria de pedra, garantam a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica da zona corrente da envolvente. 2 - Nas situações em que não existam evidências de que a solução construtiva garante a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica determinado para a zona corrente, agravado em 35%. 3- Nos termos do número anterior, o referido valor agravado será aplicado à globalidade da envolvente, compreendendo zonas correntes e não correntes.	

h) Caracterização térmica das pontes térmicas lineares

Foram identificadas e medidas todas as situações de ponte térmica linear e adotadas as simplificações previstas na NT-SCE-01. O Despacho nº 15793-E/2013 vem trazer alterações quanto à quantificação das pontes térmicas lineares, obrigando a um detalhe maior do levantamento dimensional. As ligações das fachadas com caixas de estores, caixilharia e a ligação entre duas paredes passam a ser contabilizadas, o que no final do cálculo se traduz num aumento de perdas através destes elementos.

Quadro 4.14 – Comparação das simplificações relativas às PTL, RCCTE vs. REH

2- PARÂMETROS TÉRMICOS															
Despacho n.º 11020/2009 , RCCTE (2006)		Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)													
2.1.Transferência de calor por transmissão através da envolvente															
d) PTL	<p>- Considerar apenas o desenvolvimento linear total das ligações de fachadas com pavimentos, cobertura ou varanda e utilizar um valor convencional de $\Psi=0,75 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$ (desprezar as ligações de fachada com caixa de estore, padieira, ombreira ou peitoril e as ligações entre duas paredes verticais).</p>	<div>Considerar a seguinte tabela:</div> <table><tr><th>Tipo de ligação</th><th>Ψ [W/(m.°C)]</th></tr><tr><td>Fachada com pavimentos térrcos</td><td rowspan="4">0,70</td></tr><tr><td>Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido</td></tr><tr><td>Fachada com cobertura</td></tr><tr><td>Fachada com pavimento de nível intermédio⁽¹⁾</td></tr><tr><td>Fachada com varanda⁽¹⁾</td><td rowspan="2">0,50</td></tr><tr><td>Duas paredes verticais em ângulo saliente</td></tr><tr><td>Fachada com casulharia</td><td rowspan="2">0,30</td></tr><tr><td>Zona da caixa de estore</td></tr></table>	Tipo de ligação	Ψ [W/(m.°C)]	Fachada com pavimentos térrcos	0,70	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Fachada com cobertura	Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾	Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Fachada com casulharia	0,30	Zona da caixa de estore
	Tipo de ligação	Ψ [W/(m.°C)]													
Fachada com pavimentos térrcos	0,70														
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido															
Fachada com cobertura															
Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾															
Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50														
Duas paredes verticais em ângulo saliente															
Fachada com casulharia	0,30														
Zona da caixa de estore															
⁽¹⁾ Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação															

Despacho-n.º-111020/2009,·RCCTE·(2006)·				Despacho-n.º-15793-E/2013,·REH·(2013)·			
				PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ·B W/°C
Pontes Térmicas lineares				Fachada com pavimento intermédio	20,34	0,7	14,24
Ligações entre:				Fachada com varanda	13,38	0,7	9,366
Todas as pontes térmicas lineares				Duas paredes verticais em ângulo saliente	5,16	0,5	2,58
				Fachada com caixilharia	26,01	0,3	7,803
				Zona da caixa de estores	7,93	0,3	2,379
							36,37

Figura 4.51 – Quantificação das PTL, RCCTE vs. REH

i) Caracterização térmica dos vãos envidraçados

Relativamente aos vãos envidraçados, apresentam-se a seguir as principais características e parâmetros determinados.

- Material: Alumínio com corte térmico;
- Tipo de vão envidraçado: Simples;
- Sistema de abertura: oscilobatente;
- Vidro: Duplo incolor+incolor (4mm+5mm)
- Lâmina de ar (mm): 14 mm
- Dispositivo oclusão noturna: Persianas exteriores de cor clara (dispositivos com baixa permeabilidade);
- Evidências e/ou fontes de informação: Espessura medida no local; ITE 50; RCCTE;
- Valor de U (W/m².°C):2,54.

6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
* Vãos verticais, orientados a este e oeste (sala, cozinha e quartos). A caixilharia é simples em alumínio com corte térmico, de cor clara, giratória, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro duplo 4mm+14mm+5mm; persianas exteriores plásticas, de cor clara; Inexistência de proteções interiores. Os obstáculos mais significativos nos vãos são parede do edifício vizinho e tecto da varanda. U = 2,54 W/m°C (ITE 50)	0,04	0,56

Figura 4.52 – Constituição dos vãos envidraçados

j) Sistema de Ventilação

A renovação do ar interior no imóvel processava-se com base em ventilação natural. Para efeitos de determinação da respetiva taxa de ventilação, foi utilizada a metodologia definida no RCCTE, considerando o imóvel situado a uma distância superior a 5 km da costa sendo a respetiva zona de implantação urbana. Foi determinado o valor de Rph 0,95h⁻¹, tomando em consideração os seguintes aspetos:

- Caixilharia sem classificação;
- Existência de caixas de estores em todos os vãos;
- Inexistência de aberturas autorreguladas;
- Existência de portas bem vedadas.



Figura 4.53 – Elementos construtivos relevantes para a determinação de R_{ph}

De acordo com a metodologia definida no REH, utilizando a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC, chega-se a um valor de taxa de renovação de ar inferior a $0,4h^{-1}$. Embora não haja requisitos mínimos para edifícios existentes, quando tal acontece, os valores utilizados para o cálculo serão os valores mínimos definidos no regulamento, que correspondem aos valores de $R_{ph, i} = 0,40h^{-1}$ e $R_{ph, v} = 0,60h^{-1}$, valores bastante inferiores aos obtidos pelo regulamento térmico anterior.

I) Inércia Térmica

Devido ao desconhecimento de algumas soluções construtivas, optou-se pela determinação da inércia térmica recorrendo às simplificações descritas na NT-SCE-01. As simplificações mantêm-se iguais no atual despacho. Como foi possível detetar a existência de um teto falso no *hall* de entrada, a inércia térmica teve que se considerar como sendo média.

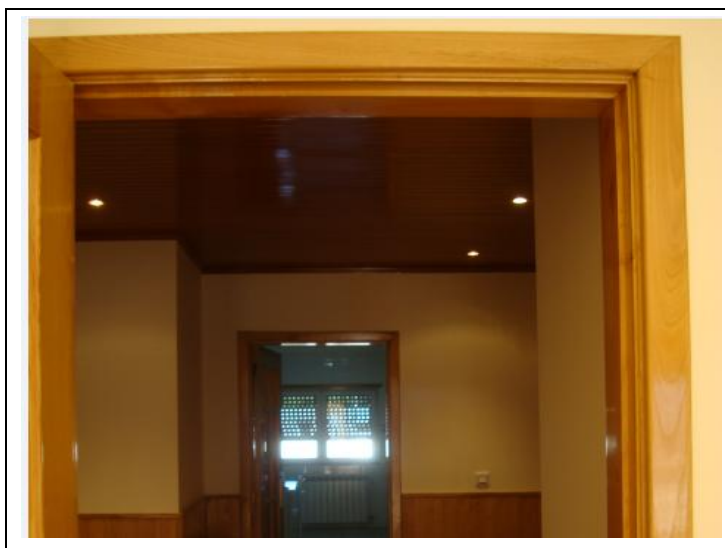


Figura 4.54 – Teto falso no *hall* de entrada

Quadro 4.15 – Comparação das simplificações relativas à Inércia Térmica, RCCTE vs. REH

2- PARÂMETROS TÉRMICOS	
	<div> Despacho n.º 11020/2009 , RCCTE (2006) Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013) </div>
Classe Inércia (Frac, Média ou Forte)	<p>No caso de não existirem cálculos devidamente justificados da classe de inércia térmica</p> <p>1) Inércia térmica FORTE:</p> <p>Características a verificar cumulativamente na fracção autónoma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pavimento e tecto de betão armado ou pré-esforçado; - Revestimento de tecto em estuque ou reboco; - Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pêlo (não se incluem soluções de pavimentos flutuantes); - Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; - Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; - Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; <p>Nota: Nenhuma das soluções em cima referidas inclui isolamento térmico pelo interior.</p> <p>2) Inércia térmica FRACA:</p> <p>Características a verificar cumulativamente na fracção autónoma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); - Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira; - Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação; <p>3) Inércia térmica MÉDIA:</p> <p>No caso de não se verificarem os requisitos acima indicados que permitem definir uma classe de inércia térmica FORTE ou FRACA, a inércia térmica interior da fracção em estudo deve considerar-se MÉDIA</p> <p>Em caso de dúvida optar pela IT menor</p>

m) Sistemas de climatização e preparação de AQS

Os sistemas de climatização e preparação de águas quentes utilizados à data da visita eram os seguintes:

Aquecimento ambiente e preparação de AQS

- Tipo de equipamento / sistema: Caldeira da marca Vulcano Eurostar Plus, a funcionar com uma rede em circuito fechado, com radiadores, localizados em todos os compartimentos, à exceção da despensa;
- Estado de conservação: Bom estado de conservação;
- Idade ou data da instalação: Inferior a 10 anos;
- Energia utilizada: Gás natural.

Arrefecimento ambiente

- Inexistente: considerado o equipamento por defeito.



Figura 4.55 – Sistema de aquecimento utilizado

As simplificações permitidas são as que se apresentam na figura seguinte.

	Despacho n.º 11020/2009 , RCCTE (2006)	Despacho n.º 15793-E/2013, REH (20013)																																																																																																					
Tipo de Equipamentos (aquecimento, arrefecimento e AQS)	Caso tenham de ser considerados sistemas por defeito, esses sistemas, bem como os valores das suas eficiências, serão os indicados no Decreto Lei n.º 80/2006.	Caso tenham de ser considerados sistemas por defeito, esses sistemas, bem como os valores das suas eficiências, serão os indicados na Portaria nº 349-B/3013 de 29 novembro.																																																																																																					
Eficiência/rendimento dos equipamentos	<p>Quando não existirem dados, considerar as eficiências da tabela:</p> <p>QUADRO XII – Valores de referência da eficiência dos equipamentos de climatização e de produção de águas quentes sanitárias</p> <table><tr><th rowspan="2">Tipo de Sistema</th><th colspan="3">Idade do equipamento (Anos)</th></tr><tr><th>0 – 9</th><th>10 – 19</th><th>> 20</th></tr><tr><td>Climatização</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Resistência Elétrica</td><td>1,00</td><td>1,00</td><td>1,00</td></tr><tr><td>Caldeira a combustível gasoso</td><td>0,87</td><td>0,83</td><td>0,79</td></tr><tr><td>Caldeira a combustível líquido</td><td>0,80</td><td>0,75</td><td>0,72</td></tr><tr><td>Caldeira a combustível sólido</td><td>0,60</td><td>0,50</td><td>0,40</td></tr><tr><td>Bomba de calor (aquecimento)</td><td>4,00</td><td>3,25</td><td>2,60</td></tr><tr><td>Bomba de calor (arrefecimento)</td><td>3,00</td><td>2,75</td><td>2,50</td></tr><tr><td>Máquina frigorífica (ciclo de compressão)</td><td>3,00</td><td>2,75</td><td>2,50</td></tr><tr><td>Máquina frigorífica (ciclo de absorção)</td><td>0,80</td><td>0,55</td><td>0,45</td></tr><tr><td>Sistemas de AQS</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Termoacumulador elétrico</td><td>0,70</td><td>0,70</td><td>0,70</td></tr><tr><td>Termoacumulador a gás</td><td>0,60</td><td>0,57</td><td>0,54</td></tr><tr><td>Caldeira mural</td><td>0,72</td><td>0,59</td><td>0,66</td></tr><tr><td>Esquentador a gás</td><td>0,40</td><td>0,39</td><td>0,38</td></tr></table> <p>i) Poderão ser considerados outros valores, desde que devidamente justificados; ii) O PQ poderá aumentar a eficiência dos equipamentos de produção de AQS em 0,1 desde que comprove a existência de isolamento na tubagem; iii) Caso não seja possível determinar o ano de fabrico do equipamento, deverá ser considerado o ano de construção;</p>	Tipo de Sistema	Idade do equipamento (Anos)			0 – 9	10 – 19	> 20	Climatização				Resistência Elétrica	1,00	1,00	1,00	Caldeira a combustível gasoso	0,87	0,83	0,79	Caldeira a combustível líquido	0,80	0,75	0,72	Caldeira a combustível sólido	0,60	0,50	0,40	Bomba de calor (aquecimento)	4,00	3,25	2,60	Bomba de calor (arrefecimento)	3,00	2,75	2,50	Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	3,00	2,75	2,50	Máquina frigorífica (ciclo de absorção)	0,80	0,55	0,45	Sistemas de AQS				Termoacumulador elétrico	0,70	0,70	0,70	Termoacumulador a gás	0,60	0,57	0,54	Caldeira mural	0,72	0,59	0,66	Esquentador a gás	0,40	0,39	0,38	<p>A determinação da eficiência dos equipamentos:</p> <p>a) Preferencialmente, pelos resultados de inspeção ou medição realizada no último ano, por entidade habilitada para o efeito; b) Em alternativa a resultados de medições, será permitida a utilização de informação técnica fornecida pelos fabricantes, com base em ensaios normalizados, mediante a verificação do adequado funcionamento dos sistemas.</p> <p>Na ausência da informação referida pode ser considerado o valor base de eficiência resultante da aplicação da Tabela 07, tendo em conta que:</p> <p>a) O valor de eficiência deve considerar a idade do equipamento de produção do sistema técnico, mediante multiplicação pelo respetivo fator de correção; b) Nas situações em que tenha sido realizada uma manutenção do equipamento no último ano, devidamente documentada por evidências, não se aplica o fator de correção; c) Caso não seja possível determinar o ano de fabrico do equipamento, deverá ser considerado o ano de construção do edifício ou da última intervenção realizada aos sistemas, devidamente evidenciada.</p> <table><tr><th>Tipo de sistema</th><th>Eficiência</th><th>Idade do sistema</th><th>Fator</th></tr><tr><td>Resistência elétrica para aquecimento ambiente.</td><td>1,00</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td rowspan="3">Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.</td><td rowspan="3">0,90</td><td>Entre 1 e 10 Anos</td><td>0,95</td></tr><tr><td>> 10 anos</td><td>0,90</td></tr><tr><td>> 20 anos</td><td>0,80</td></tr><tr><td rowspan="2">Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.</td><td rowspan="2">0,75</td><td>Depois de 1995</td><td>0,95</td></tr><tr><td>Até 1995</td><td>0,80</td></tr><tr><td rowspan="3">Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.</td><td rowspan="3">0,75</td><td>Entre 1 e 10 Anos</td><td>0,95</td></tr><tr><td>> 10 anos</td><td>0,90</td></tr><tr><td>> 20 anos</td><td>0,80</td></tr><tr><td rowspan="3">Sistemas de ar condicionado para arrefecimento ambiente, aquecimento ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.</td><td rowspan="3">2,50</td><td>Entre 1 e 10 Anos</td><td>0,95</td></tr><tr><td>> 10 anos</td><td>0,90</td></tr><tr><td>> 20 anos</td><td>0,80</td></tr></table>	Tipo de sistema	Eficiência	Idade do sistema	Fator	Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-	Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 e 10 Anos	0,95	> 10 anos	0,90	> 20 anos	0,80	Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95	Até 1995	0,80	Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 Anos	0,95	> 10 anos	0,90	> 20 anos	0,80	Sistemas de ar condicionado para arrefecimento ambiente, aquecimento ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.	2,50	Entre 1 e 10 Anos	0,95	> 10 anos	0,90	> 20 anos	0,80
Tipo de Sistema	Idade do equipamento (Anos)																																																																																																						
	0 – 9	10 – 19	> 20																																																																																																				
Climatização																																																																																																							
Resistência Elétrica	1,00	1,00	1,00																																																																																																				
Caldeira a combustível gasoso	0,87	0,83	0,79																																																																																																				
Caldeira a combustível líquido	0,80	0,75	0,72																																																																																																				
Caldeira a combustível sólido	0,60	0,50	0,40																																																																																																				
Bomba de calor (aquecimento)	4,00	3,25	2,60																																																																																																				
Bomba de calor (arrefecimento)	3,00	2,75	2,50																																																																																																				
Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	3,00	2,75	2,50																																																																																																				
Máquina frigorífica (ciclo de absorção)	0,80	0,55	0,45																																																																																																				
Sistemas de AQS																																																																																																							
Termoacumulador elétrico	0,70	0,70	0,70																																																																																																				
Termoacumulador a gás	0,60	0,57	0,54																																																																																																				
Caldeira mural	0,72	0,59	0,66																																																																																																				
Esquentador a gás	0,40	0,39	0,38																																																																																																				
Tipo de sistema	Eficiência	Idade do sistema	Fator																																																																																																				
Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-																																																																																																				
Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 e 10 Anos	0,95																																																																																																				
		> 10 anos	0,90																																																																																																				
		> 20 anos	0,80																																																																																																				
Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95																																																																																																				
		Até 1995	0,80																																																																																																				
Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 Anos	0,95																																																																																																				
		> 10 anos	0,90																																																																																																				
		> 20 anos	0,80																																																																																																				
Sistemas de ar condicionado para arrefecimento ambiente, aquecimento ambiente ou bombas de calor para preparação de AQS.	2,50	Entre 1 e 10 Anos	0,95																																																																																																				
		> 10 anos	0,90																																																																																																				
		> 20 anos	0,80																																																																																																				

Figura 4.56 – Comparação das simplificações relativas às eficiências dos equipamentos, RCCTE vs REH

Deste modo as eficiências consideradas para o cálculo, são as constantes da tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH

	RCCTE-2006	REH-2013
Aquecimento	0,87	0,71 (0,75*0,95)
Arrefecimento	3 (Defeito)	2,8 (Defeito)
AQS	0,72	0,64 (0,75*0,95*0,9)

n) Contribuição de sistemas de coletores solares

O imóvel em estudo, não dispunha à data da visita, de sistemas de coletores solares ou outros sistemas de energia renovável.

o) Análise/comparação dos resultados do cálculo do desempenho energético

O valor das perdas térmicas totais para a estação de aquecimento calculadas segundo o REH, em comparação com o RCCTE, reduziu bastante, devendo-se essencialmente a dois fatores:

- A variação do número de GD, que passou de 2850°C-dias para 2022°C-dias, provocando uma diminuição dos valores das perdas por transmissão e ventilação.
- A variação do parâmetro R phi, que passou de 0,95 h⁻¹ para 0,4 h⁻¹, provocando uma diminuição dos valores das perdas associadas à renovação de ar.

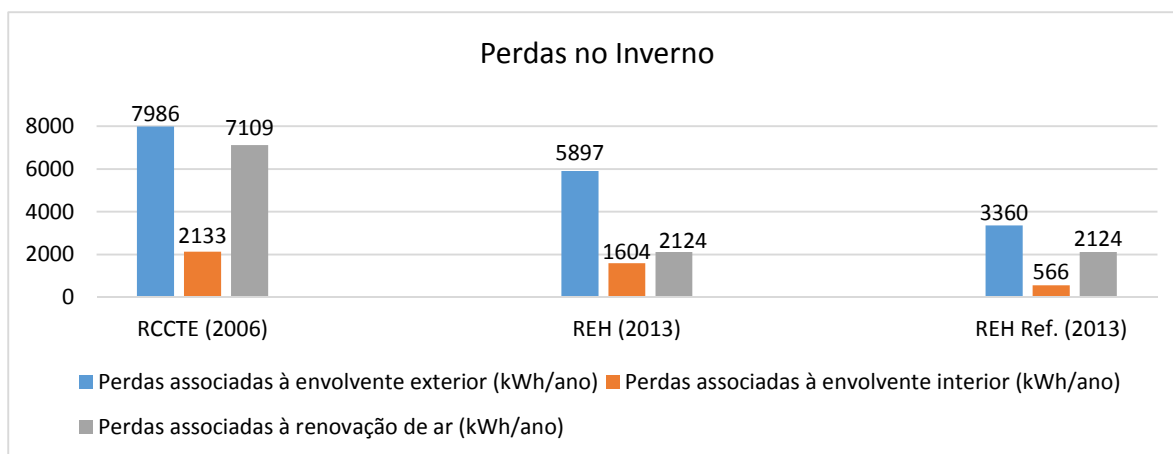


Figura 4.57 – Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH

A figura seguinte é esclarecedora do peso das perdas associadas à envolvente e à renovação do ar, em relação às perdas totais na estação de aquecimento. Com o REH, o peso da ventilação em relação as perdas totais na estação de aquecimento diminui significativamente e o da envolvente aumentou.

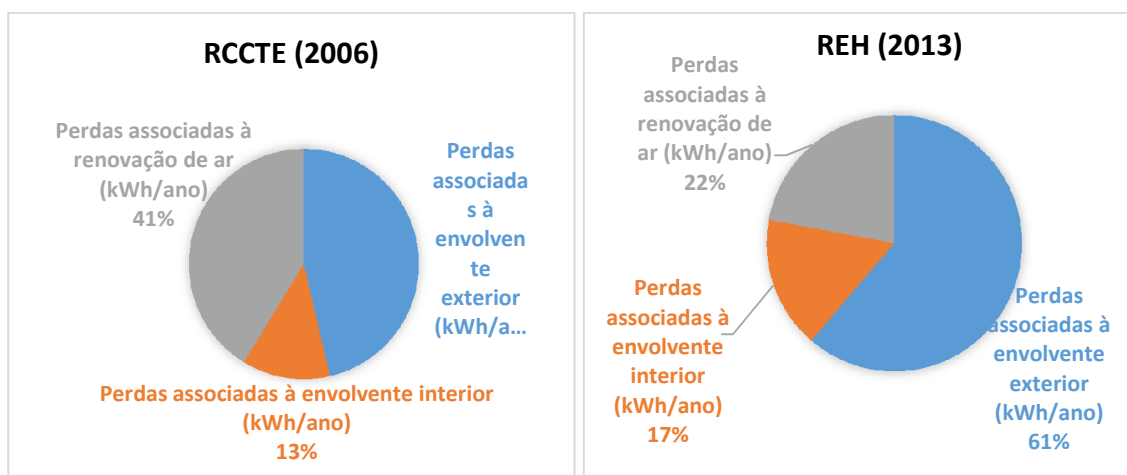


Figura 4.58 – Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente aos ganhos térmicos no inverno, ao inverso do que acontece com as perdas, regista-se com o REH um aumento do seu valor, embora não tão significativo.

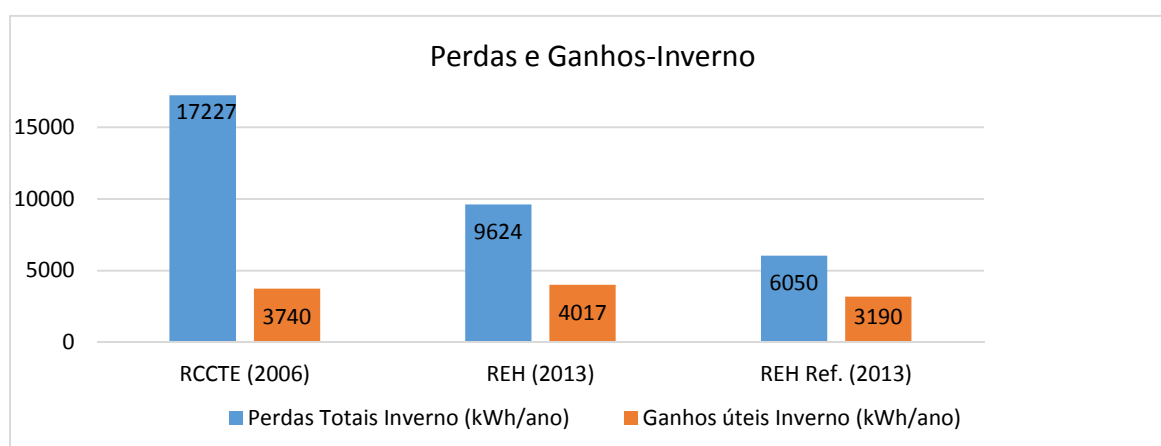


Figura 4.59 – Comparação entre as Perdas e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH

Os ganhos internos brutos tiveram uma ligeira diminuição pelo facto do número de meses da estação ter passado de 8 para 7,3. E, embora este valor tenha diminuído, os ganhos solares tiveram um acréscimo significativo, pelo facto da radiação incidente de um envidraçado a sul (Gsul) ter passado de 90 kWh/m².mês para 125 kWh/m².mês.

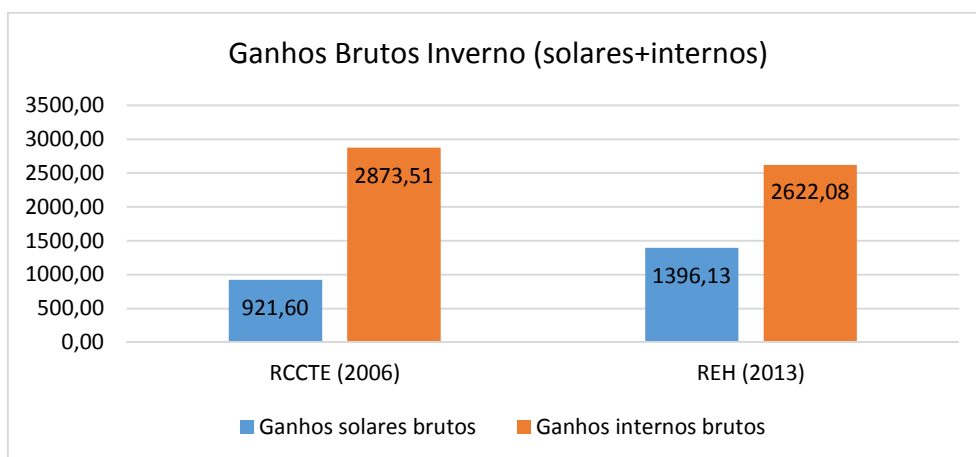


Figura 4.60 – Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH

Os ganhos de calor úteis resultam do produto dos ganhos térmicos brutos por um fator de utilização dos ganhos térmicos (η), 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. Atendendo ao facto da inércia térmica ser média, e tomando em conta o valor calculado pelo quociente entre ganhos e perdas, determina-se o fator de utilização dos ganhos, o qual assume o valor de 0,98 aplicando o RCCTE, e 0,94 aplicando o REH.

Com base nestes dados, fazendo o balanço entre perdas e ganhos, constata-se com o REH uma diminuição substancial (para menos de metade) do valor das necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}). No entanto, ao passo que, com a aplicação do RCCTE o valor de N_{ic} era menor que o limite (aplicável a edifícios novos, mas servindo aqui como referência), com o REH, o limite é ultrapassado. Isto deve-se ao facto de que o edifício se distancia em determinados parâmetros do edifício de referência, sobretudo no coeficiente de transmissão térmica de referência (0,35 W/m²°C para paredes exteriores e 0,7 W/m²°C para paredes interiores).

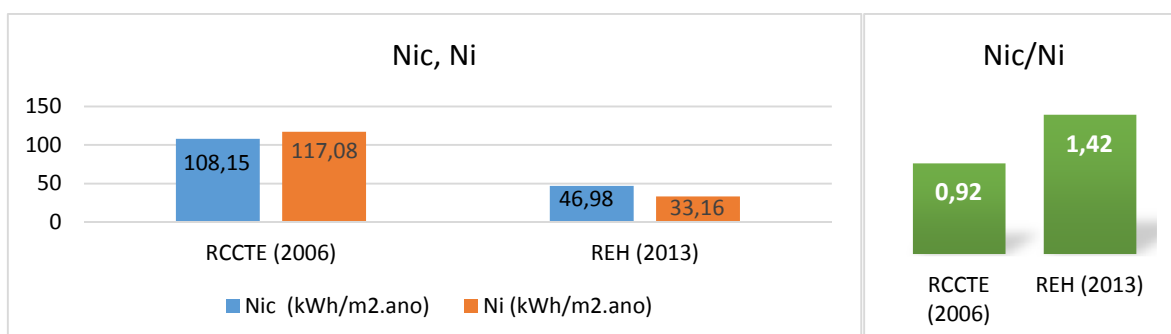


Figura 4.61 – Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente ao verão, se analisarmos o gráfico seguinte, constata-se que as perdas contabilizadas para o cálculo desta estação, são bem menores com o REH. O principal

motivo prende-se com o facto do valor do parâmetro R_{ph} ter passado de $0,95 \text{ h}^{-1}$ para $0,6 \text{ h}^{-1}$ (verão). Para além disso, há a acrescentar outro facto relevante, é que, embora se tenham mantido a duração de 4 meses e a temperatura de referência de 25°C , a temperatura média exterior de verão passou de 19°C para $21,5^{\circ}\text{C}$.

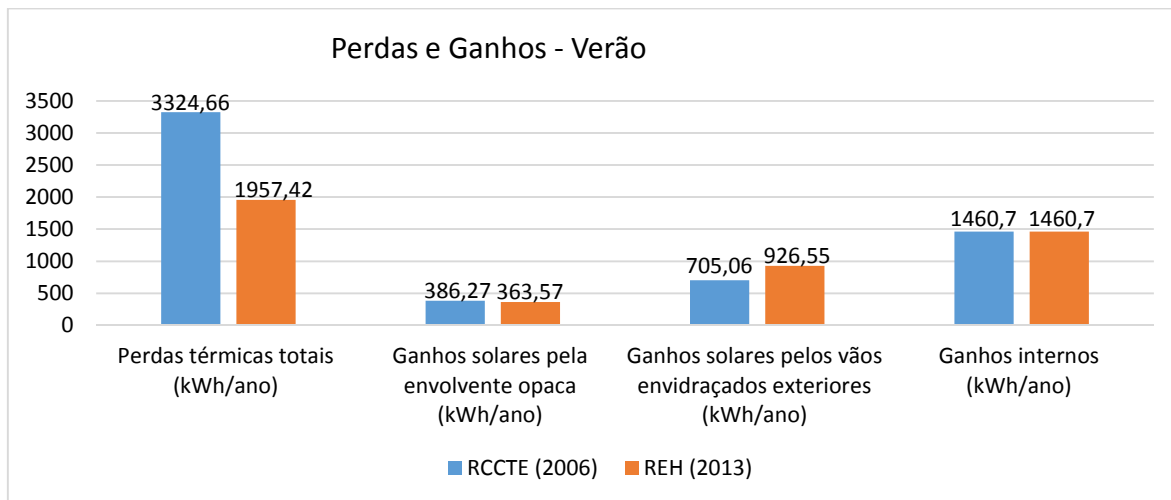


Figura 4.62 – Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH

O valor obtido para os ganhos internos mantem-se com a aplicação do REH, uma vez que a duração da estação de arrefecimento é a mesma (4 meses). O aumento dos valores da intensidade da radiação solar com a atual legislação fez com que os ganhos solares pela envolvente opaca e pelos vãos envidraçados aumentassem. Relativamente a estes últimos, o seu aumento também se deveu aos valores superiores do fator solar dos vãos.

Da relação entre ganhos e perdas e, atendendo ao facto da inércia térmica ser média, determina-se o fator de utilização dos ganhos, que assume o valor de 0,81 aplicando o RCCTE, e 0,59 aplicando o REH. O valor do N_{vc} aumentou em mais do dobro com a aplicação do REH. Para além disso o limite admissível (N_v) reduziu. Enquanto com o RCCTE, o valor de N_{vc} ficava muito aquém do valor máximo permitido (N_v), com o REH verifica-se uma aproximação desses valores, ficando por isso a relação entre N_{vc}/N_v próxima da unidade.

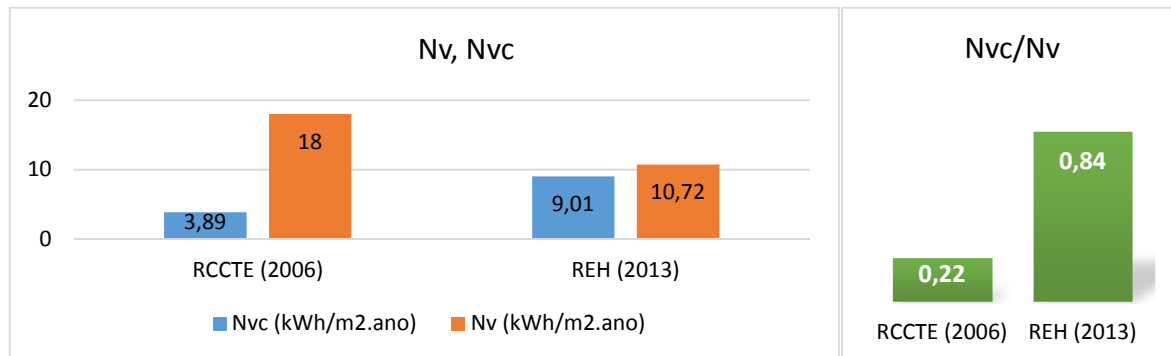


Figura 4.63 – Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH

Em relação às necessidades de energia final (Nac) para a produção de águas quentes, regista-se com a aplicação do REH uma diminuição do seu valor. O valor das necessidades de energia úteis diminuíram porque a temperatura requerida passou de 60°C para 50°C. O valor da eficiência por defeito é menor com a legislação atual, mas mesmo assim o valor de Nac ficou abaixo do obtido com o RCCTE.

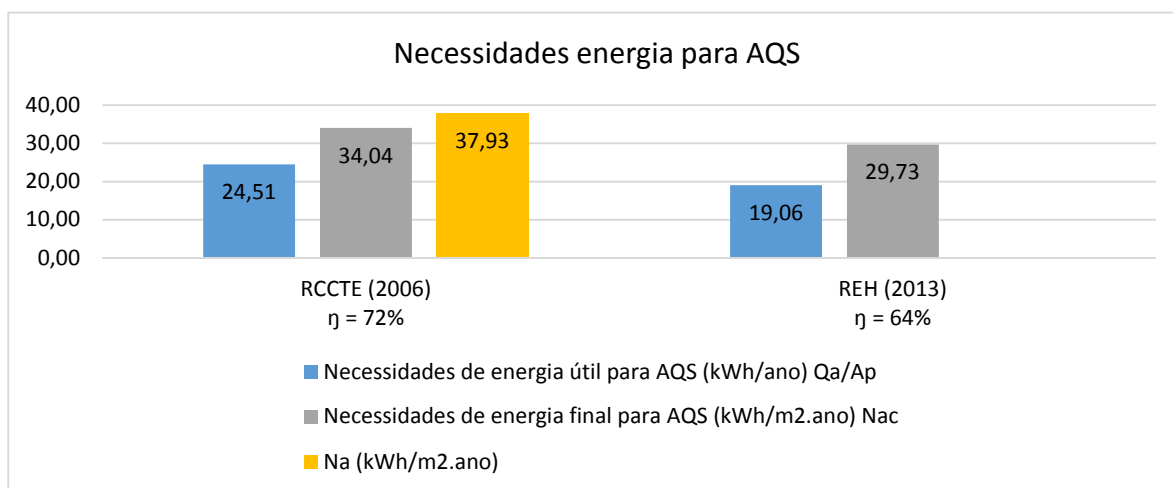


Figura 4.64 – Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH

Calculando a energia primária, constata-se que, com a aplicação do REH, as várias componentes energéticas passam a assumir pesos diferentes no total de energia primária. A componente de energia para aquecimento passa a ter um peso muito superior e, ao inverso, a componente para AQS passa a ter um peso muito inferior.

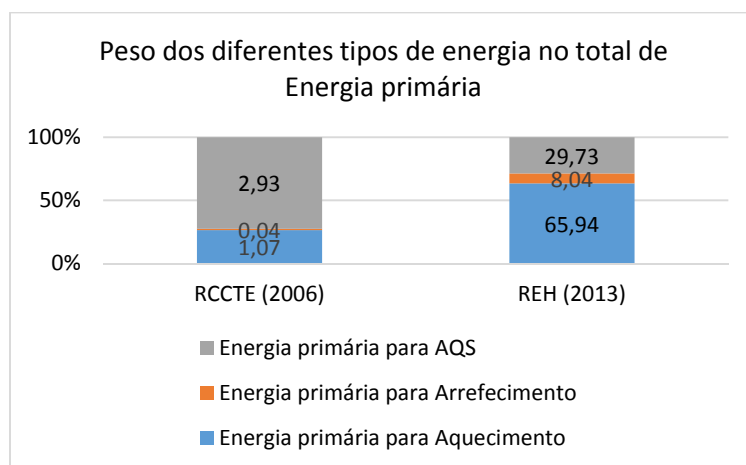


Figura 4.65 – Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH

O acréscimo que houve com o REH, relativamente ao peso da envolvente, pode ser facilmente demonstrado, utilizando o exemplo que foi exposto em 4.4.6.1, e que trata sobre o imóvel referido neste exemplo. Se antes, com a aplicação do RCCTE, a adoção do valor de U da parede por defeito não assumia um impacto significativo na classe energética, com a

atual legislação, efetuando o mesmo tipo de simulação verifica-se que, se for adotado o valor de U por defeito, as necessidades energéticas de aquecimento são agravadas em 47% e as necessidades de energia primária em 18%, o que vem demonstrar o aumento do impacto da envolvente e a importância em se conhecer a solução real das soluções construtivas dos edifícios existentes.

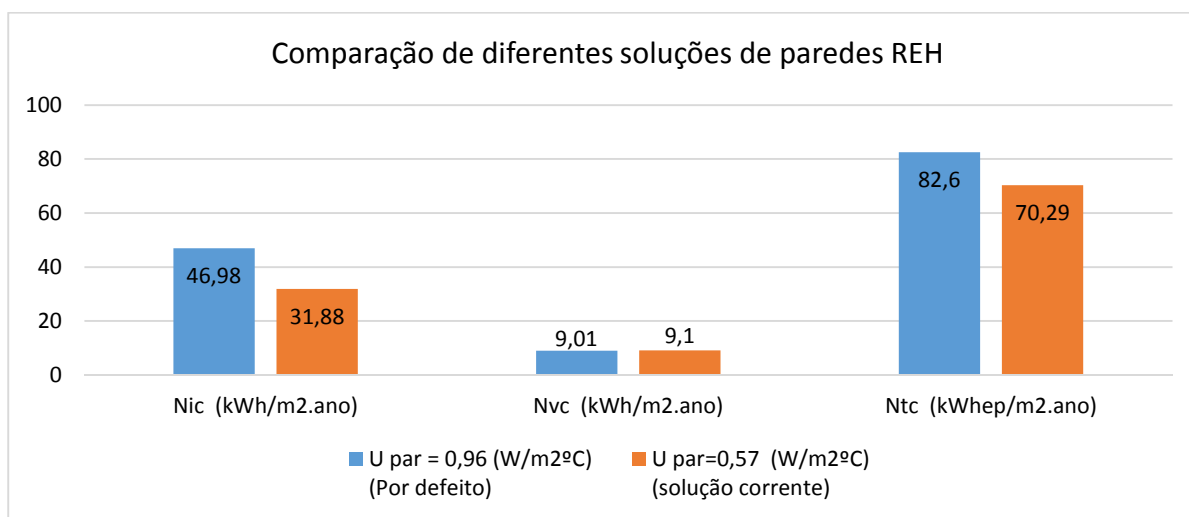


Figura 4.66 – Influência da adoção do valor de U por defeito em paredes

A classe energética do imóvel, conforme ilustrado na figura seguinte desce dois degraus.

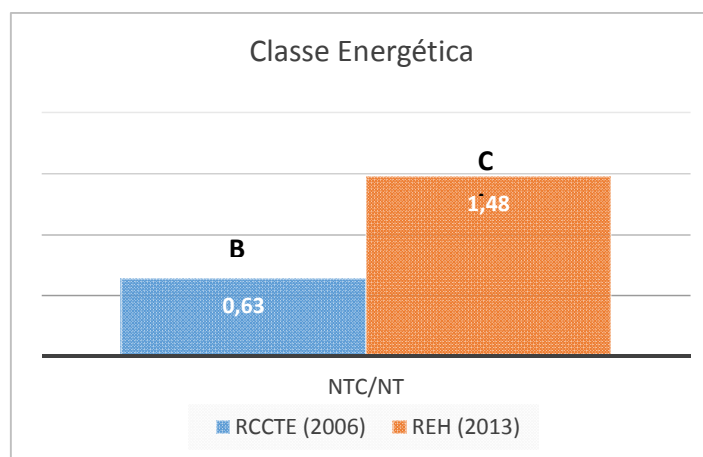


Figura 4.67 – Classe energética, RCCTE vs. REH

4.5.1.2 EXEMPLO 2: Moradia existente construída em 1990

- *Categoria do edifício/fração autónoma: Habitação sem sistemas de climatização.*
- *Metodologia utilizada para o cálculo: Método detalhado e simplificado, por ser um edifício existente.*
- *Folhas de cálculo, Relatório Síntese e Certificado energético no Anexo C.*

a) Descrição geral do imóvel

O imóvel em causa trata-se de uma moradia unifamiliar, localizada numa zona urbana, cidade de Bragança. O imóvel é de tipologia T4, composto por rés-do-chão, que compreende 1 sala, 1 saleta, 1 cozinha, 1 instalação sanitária, 1 despensa, 1 *hall* de distribuição e 1 escadas, as quais comunicam com o 1º andar, que compreende 4 quartos, 1 instalação sanitária e 1 *hall* de distribuição (todos espaços úteis). O pavimento do rés-do-chão contata com terreno, o teto do 1º andar com desvão não útil (não habitável) da cobertura e, lateralmente, as paredes contatam com o edifício vizinho. A fachada principal encontra-se orientada a Este. As obstruções mais significativas são provocadas pelos edifícios vizinhos, por paredes do próprio edifício e cornija do telhado.



Figura 4.68 – Localização do imóvel

b) Documentação fornecida pelo proprietário

A documentação fornecida pelo proprietário para a elaboração do certificado foi a seguinte:

- Caderneta predial e certidão da conservatória;
- Plantas da habitação.

c) Descrição geral da Visita ao imóvel

A visita obrigatória realizada ao imóvel teve lugar no dia 13 de Novembro de 2010, com início às 11:00h e fim às 12:30h. Estava à data desocupado e não existiam evidências de ter sido objeto de qualquer reabilitação térmica ou reforço de isolamento. Foi igualmente possível confirmar a inexistência de qualquer indício de patologias construtivas com consequências no desempenho térmico, conforto e salubridade dos espaços. Relativamente aos equipamentos e componentes com influência na eficiência térmica ou na qualidade do ar interior, não foram identificados defeitos de funcionamento.

d) Zona climática

O imóvel está localizado na cidade de Bragança, no interior de uma zona urbana, a uma altitude de 699m, inserido na zona climática I3-V2. Encontram-se na tabela seguinte os dados climáticos referentes às duas metodologias.

Tabela 4.12 – Parâmetros climáticos, RCCTE vs. REH

Dados Climáticos, Bragança, 699m		
	RCCTE-2006	REH-2013
Zona Climática (Inverno Verão)	I3 V2	I3 V2
Graus-dia (°C.dias)	2850	2042
Duração da estação de Aquecimento (meses)	8	7,3
Duração da estação de Arrefecimento (meses)	4	4
Temperatura média exterior verão (°C)	19	21,4
G _{sul} (Kwh/m ² .mês)	90	125

Os valores médios da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro) estão indicados na tabela 4.7.

e) Levantamento dimensional

O procedimento para efetuar o levantamento dimensional foi o mesmo que o utilizado para o apartamento do exemplo anterior, sendo somente considerada a simplificação relativa à área das portas interiores.

Tabela 4.13 – Medições dos principais elementos

Tipologia:	T4 (considerada T5: saleta)	Área útil (m ²):	106.7	Pé-direito médio (m)	2,6
Área total (m ²) de:	Paredes exteriores	Paredes interiores	Vãos envidraçados		
	108,36	66.3	17.2		

f) Espaços úteis, não úteis e delimitação da envolvente

Os espaços não úteis identificados foram os seguintes:

- Marquise;
- Desvão da cobertura;
- Edifício adjacente.



Figura 4.69 – Espaços não úteis do imóvel

Relativamente aos valores dos coeficientes de redução de perdas, não foram utilizadas as regras de simplificação da NT-SCE-01, tendo sido utilizado o método detalhado, assumindo os valores da tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH

Descrição do espaço não útil	Zonas com as quais está em contacto	t	btr
Edifício adjacente	Sala/cozinha/quartos	0,6	0,6
Marquise	Quarto	0,8	0,7
Desvão cobertura	Teto do 1º andar	0,8	0,8

A informação deste coeficiente permitiu a definição completa das envolventes, conforme a figura seguinte. O traçado das envolventes com o REH seria diferente, no que diz respeito à parede de separação com a marquise (passaria a ser representada a azul, requisitos de interior), uma vez que $btr \leq 0,7$.

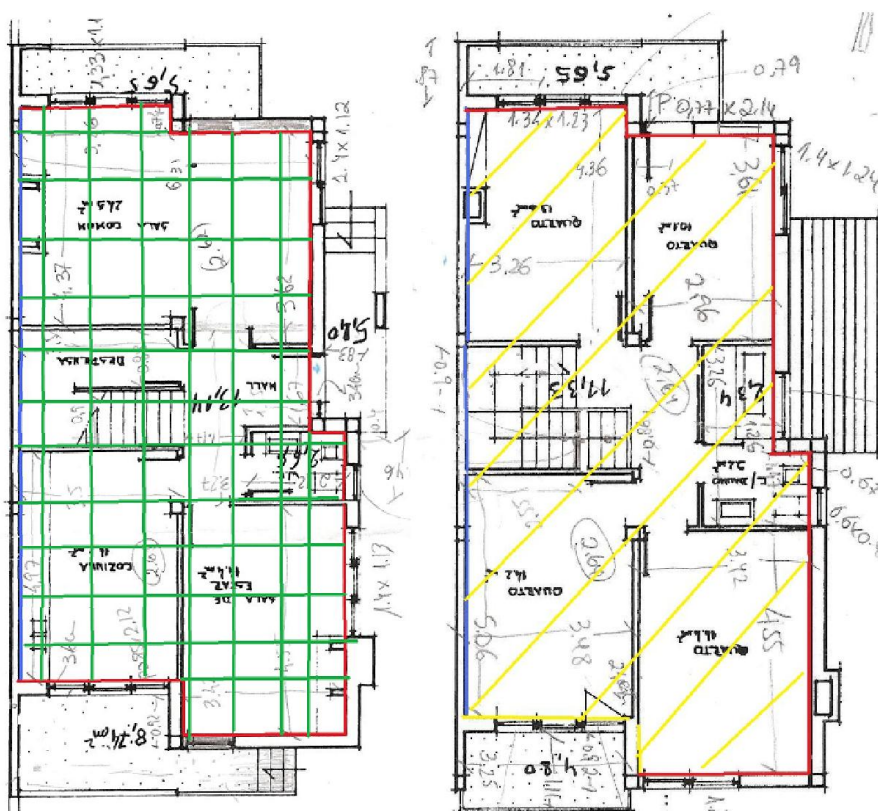


Figura 4.70 – Plantas do imóvel

g) Caracterização térmica dos elementos da envolvente opaca

Foi seguida a hierarquia para a determinação do coeficiente de transmissão térmica da zona corrente, conforme o constante no quadro 4.12. Tratando-se de um edifício construído em

1990, foi considerada a inexistência de qualquer isolamento térmico em paredes e pavimentos, obtendo-se os valores que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 4.15 – Valores de U da envolvente opaca corrente

Designação da solução construtiva	Evidência (s) ou fonte (s) utilizada (s) para determinação do valor de U	Valor de U (W/m ² .°C)
Parede exterior	Espessura medida no local, 34cm; ITE 54 - paredes posteriores a 1960	0,99
Parede interior (habitação/marquise, e habitação/edifícios adjacentes)	Espessura medida no local, 34cm; ITE 54 - paredes posteriores a 1960	0,91 (1/(1/0,99+0,09))
Cobertura interior	Espessura medida no local, 20cm, ITE 54	2,25


			
PAREDES		Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C	
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar	
• Paredes exteriores com espessura aproximada de 34 cm (paredes posteriores a 1960, ITE 54), orientadas a este, este, sul e norte, revestidas interiormente a estuque pintado (azulejo na cozinha e instalações sanitárias) e exteriormente a tinta de cor clara.	0,99	1,45	
• Paredes interiores (divisão da habitação com marquise) com espessura aproximada de 34 cm (paredes posteriores a 1960, ITE 54), revestida interiormente a tinta. Requisito de exterior.	0,91	1,45	
• Paredes interiores (divisão da habitação com edifício vizinho) com espessura aproximada de 34 cm (paredes posteriores a 1960, ITE 54), revestida interiormente a tinta. Requisito de exterior.	0,91	1,9	
• Pavimento interior em contacto com desvão não útil da cobertura em betão, fluxo ascendente (ITE54). Requisito de exterior	2,25	0,9	

Figura 4.71 – Soluções de Cobertura e Paredes

Quanto às pontes térmicas planas, como não foi possível identificá-las e medi-las, optou-se pela majoração em 35% das perdas associadas à envolvente corrente.

h) Caracterização térmica das pontes térmicas lineares

Foram identificadas e medidas todas as situações de ponte térmica linear e adotadas as simplificações previstas na NT-SCE-01. Tal como no exemplo anterior, existe com a aplicação do REH, um aumento de perdas através destes elementos.

Despacho-n.º 111020/2009, RCCTE (2006)				Despacho-n.º 15793-E/2013, REH (2013)			
Pontes Térmicas lineares	Comp. (m)	Ψ (W/m²°C)	Ψ_B (W/m²°C)	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	Ψ W/m²°C	Ψ_B W/m²°C
Ligações entre:							
Todas as pontes térmicas lineares	94,48	0,75	70,86	Fachada com cobertura	21,42	0,7	14,994
				Fachada com varanda	10,3	0,7	7,21
Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$)				Fachada com pavimento intermédio	32,54	0,7	22,778
				Duas paredes verticais em ângulo saliente	26,4	0,5	13,2
Todas as pontes térmicas lineares	6,52	0,75	0,80	Fachada com caixilharia	61,1	0,3	18,33
				Zona da caixa de estores	12,73	0,3	3,819
				Fach. com pavimentos térreos	25,82	0,7	18,074

Figura 4.72 – Quantificação das PTL, RCCTE vs. REH

i) Caracterização térmica dos vãos envidraçados

Relativamente aos vãos envidraçados exteriores, apresentam-se a seguir as principais características e parâmetros determinados.

Designação do vão: Vãos exteriores (quartos e sala)	Designação do vão: Vãos exteriores (IS e portas)	Designação do vão: Vão exterior (Porta de entrada)
- Material: Alumínio sem corte térmico	Material: Alumínio sem corte térmico	Material: Alumínio sem corte térmico
- Tipo de vão envidraçado: Simples	Tipo de vão envidraçado: Simples	Tipo de vão envidraçado: Simples
- Sistema de abertura: Correr	Sistema de abertura: Giratória	Sistema de abertura: Tipo 1: Giratória; Tipo 2: Fixa
- Vidro: Simples incolor 4mm	Vidro: Simples incolor 4mm	Vidro: Simples incolor 4mm
- Dispositivo oclusão noturna: persianas exteriores (dispositivos com baixa permeabilidade)	- Dispositivo oclusão noturna: persianas exteriores (dispositivos com baixa permeabilidade)	Dispositivo oclusão noturna: Sem dispositivos
- Evidências e/ou fontes de informação: Espessura medida no local; ITE 50; RCCTE	Evidências e/ou fontes de informação: Espessura medida no local; ITE 50; RCCTE	Evidências e/ou fontes de informação: Espessura medida no local; ITE 50; RCCTE
- Valor de U (W/m².°C): 4,1	- Valor de U (W/m².°C): 3,9	- Valor de U (W/m².°C): 6,2 (tipo 1); 6 (tipo 2)

6. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
* Vãos verticais, orientados a este, oeste e sul (sala, saleta, cozinha, quartos). A caixilharia é simples em alumínio sem corte térmico, de cor clara, de correr, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro simples de 4mm; As protecções exteriores são persianas plásticas de cor clara; protecções interiores inexistentes. Os obstáculos mais significativos nos vãos são paredes do próprio edifício, edifícios vizinhos e cornija. U = 4,1 W/(m²°C) (ITE 50)	0,07	0,56
* Vãos verticais, orientados a sul (janelas nas instalações sanitárias e portas dos quartos e cozinha). A caixilharia é simples em alumínio sem corte térmico, de cor clara, giratória, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro simples de 4mm; As protecções exteriores são persianas plásticas de cor clara; protecções interiores inexistentes. Os obstáculos mais significativos nos vãos são paredes do próprio edifício, edifícios vizinhos e cornija. U = 3,9 W/(m²°C) (ITE 50)	0,07	0,56
* Vão vertical, orientados a sul (porta de entrada). A caixilharia é simples em alumínio sem corte térmico, de cor clara, giratória, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro simples de 4mm; protecções interiores e exteriores	0,88	0,56

Entidade gestora



Entidades supervisoras



Direcção Geral

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Planeamento

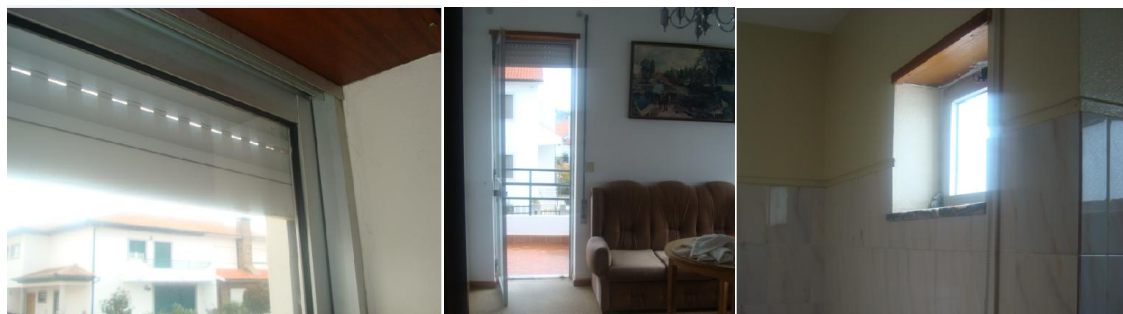


Figura 4.73 – Constituição dos vãos envidraçados

j) Sistema de Ventilação

A renovação do ar interior no imóvel processava-se com base em ventilação natural. Para efeitos de determinação da respetiva taxa de ventilação, foi utilizada a metodologia definida no RCCTE, considerando que o imóvel se encontra a uma distância superior a 5 km da costa, que a respetiva zona de implantação é no interior de uma zona urbana e que a altura acima do solo é inferior a 10m. Foi determinado o valor de $0,99 \text{ h}^{-1}$ de ar com base apenas na ventilação natural e considerando os seguintes aspetos:

- Caixilharia sem classificação;
- Existência de caixas de estores em $15,28\text{m}^2$ de vãos (numa área total de $17,18\text{m}^2$);
- Inexistência de aberturas autorreguladas;
- Portas mal vedadas.

De acordo com a metodologia definida no REH, utilizando a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC (Anexo C), obtêm-se os valores de $R_{ph,i} = 0,73\text{h}^{-1}$ e $R_{ph,v} = 0,73\text{h}^{-1}$, valores inferiores aos obtidos pelo regulamento térmico anterior. Comparativamente ao apartamento (exemplo 1), o valor de R_{ph} é superior, devido essencialmente à classe de permeabilidade da caixilharia, que se considerou sem classificação (no apartamento considerou-se classe 2 porque a caixilharia estava bem vedada em todo o perímetro das janelas) e porque, em edifícios existentes, havendo instalações sanitárias sem condutas de evacuação e com janelas para o exterior, admite-se uma contribuição de 250cm^2 de área livre por janela para efeitos de ventilação.

l) Inércia Térmica

Recorrendo às simplificações descritas na NT-SCE-01, inalteradas pelo atual despacho, como foi possível detetar a existência de alcatifa nos quartos, a inércia térmica teve que se considerar média.



Figura 4.74 – Revestimento de pavimento com alcatifa

m) Sistemas de climatização e preparação de AQS

Os sistemas de climatização e preparação de águas quentes utilizados à data da visita eram os que se apresentam a seguir.

Aquecimento ambiente

- Considerado o equipamento por defeito.

Arrefecimento ambiente

- Considerado o equipamento por defeito.

Produção de águas quentes sanitárias

- Tipo de equipamento / sistema: Esquentador da marca Vulcano, com ventilação natural e Potência 17,4KW; Estado de conservação: razoável; Idade ou data da instalação: inferior a 10 anos; Energia utilizada: gás natural; Considerada rede de águas sem isolamento (por não existirem evidências).

Apresentam-se a seguir as eficiências consideradas com a aplicação do RCCTE e REH (conforme tabelas da figura 4.56).

Tabela 4.16 – Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH

	RCCTE	REH
Aquecimento	1 (defeito)	1 (defeito)
Arrefecimento	3 (defeito)	2,8 (defeito)
AQS	0,4	0,54 (0,75*0,8*0,9)

n) Contribuição de sistemas de coletores solares

O imóvel em estudo, não dispunha à data da visita, de sistemas de coletores solares ou outros sistemas de energia renovável.

o) Análise/comparação dos resultados do cálculo do desempenho energético

À semelhança do apartamento do exemplo 1, o valor das perdas totais para a estação de aquecimento calculadas segundo o REH, reduziu, devendo-se essencialmente à variação do número de GD; e à variação do parâmetro R phi (que passou de 0,99 h-1 para 0,73 h-1, provocando uma diminuição dos valores das perdas associadas à renovação de ar).

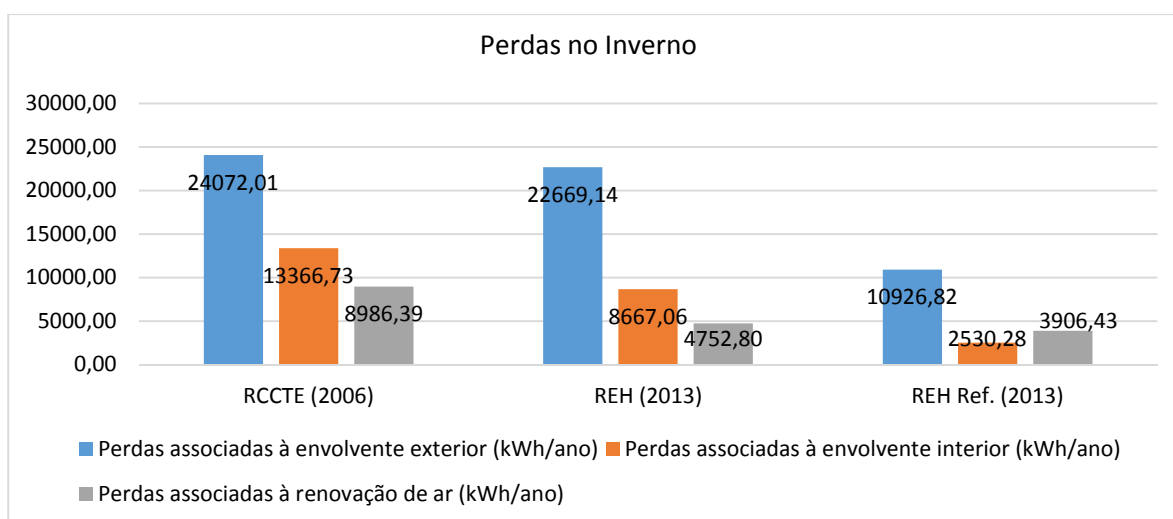


Figura 4.75 – Perdas térmicas no inverno. RCCTE vs. REH

O peso da ventilação em relação as perdas totais na estação de aquecimento diminui, e o da envolvente aumentou.

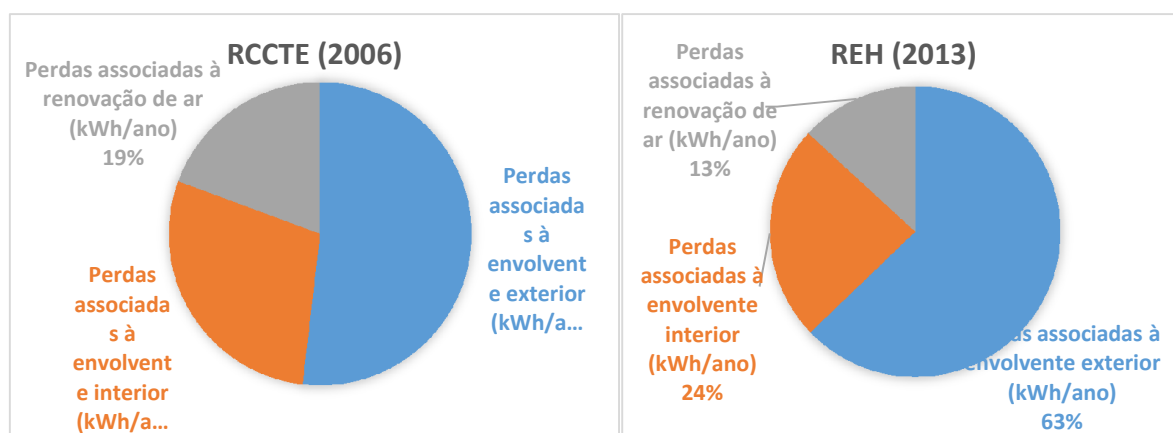


Figura 4.76 – Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente aos ganhos térmicos no inverno, tal como o sucedido para o exemplo anterior, regista-se com o REH um aumento do seu valor.

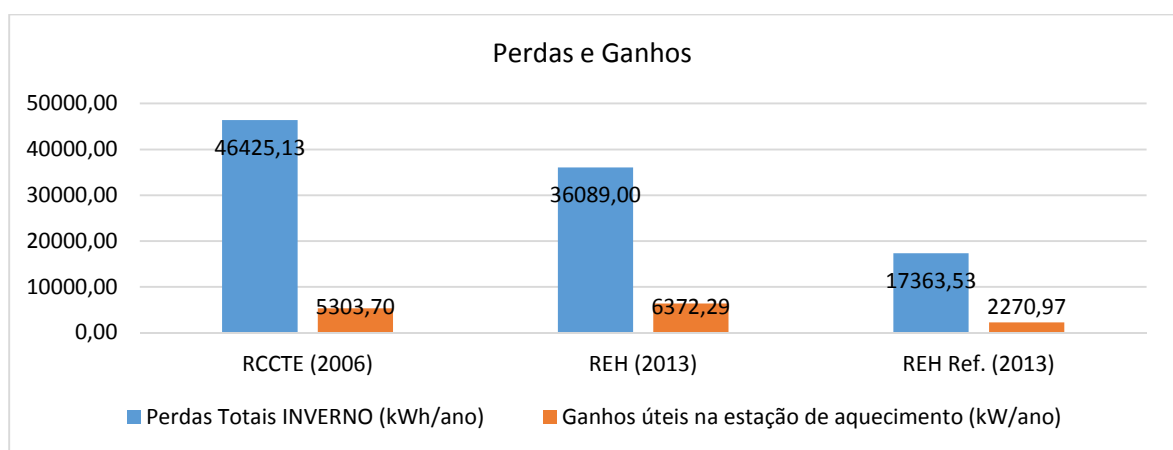


Figura 4.77 – Comparação entre Perdas e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH

Da mesma forma, e pelos mesmos motivos regista-se uma diminuição dos ganhos internos brutos e um acréscimo dos ganhos solares (de 74%).

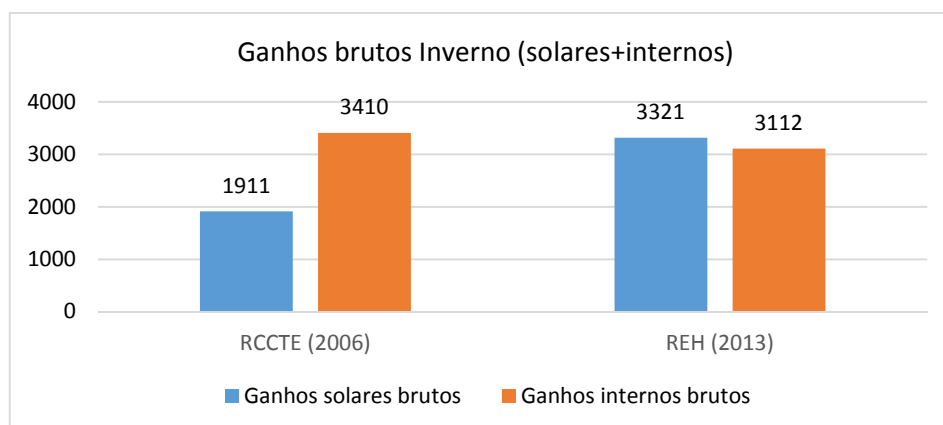


Figura 4.78 – Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH

Atendendo ao facto da inércia térmica ser média, da relação entre ganhos e perdas determina-se o fator de utilização dos ganhos, que assume o valor de 0,98 com o RCCTE, e 0,94 com o REH.

Efetuada o balanço entre perdas e ganhos constata-se com o REH, uma diminuição do valor das necessidades nominais de aquecimento (Nic). Ao inverso do apartamento do exemplo anterior a relação Nic/Ni é menor com o REH. Isto deve-se ao facto dos ganhos solares do edifício real serem bastante superiores ao edifício de referência.

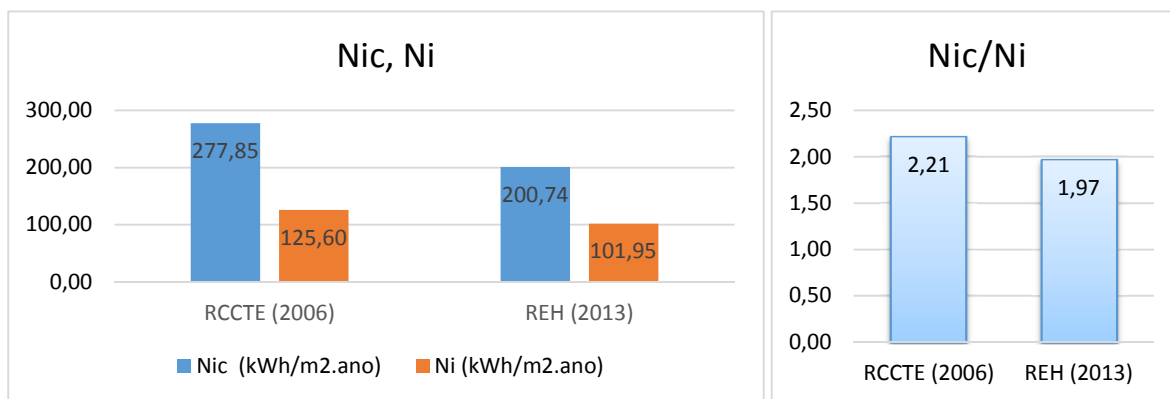


Figura 4.79 – Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente ao verão, se analisarmos o gráfico seguinte constata-se que as perdas contabilizadas para o cálculo desta estação, são maiores com o REH (ao contrário do que acontece com o apartamento do exemplo 1). Embora o valor do parâmetro Rph tenha passado de 0,99 para 0,73 h-1 (verão) e a temperatura média exterior de verão tivesse passado de 19°C para 21,4°C, o REH contabiliza as perdas pelos elementos em contato com o solo e pela envolvente interior, que neste exemplo são relevantes. Os ganhos solares pela envolvente opaca também aumentaram significativamente devido não só ao aumento dos valores da Intensidade da radiação solar, mas essencialmente devido à contabilização da cobertura interior.

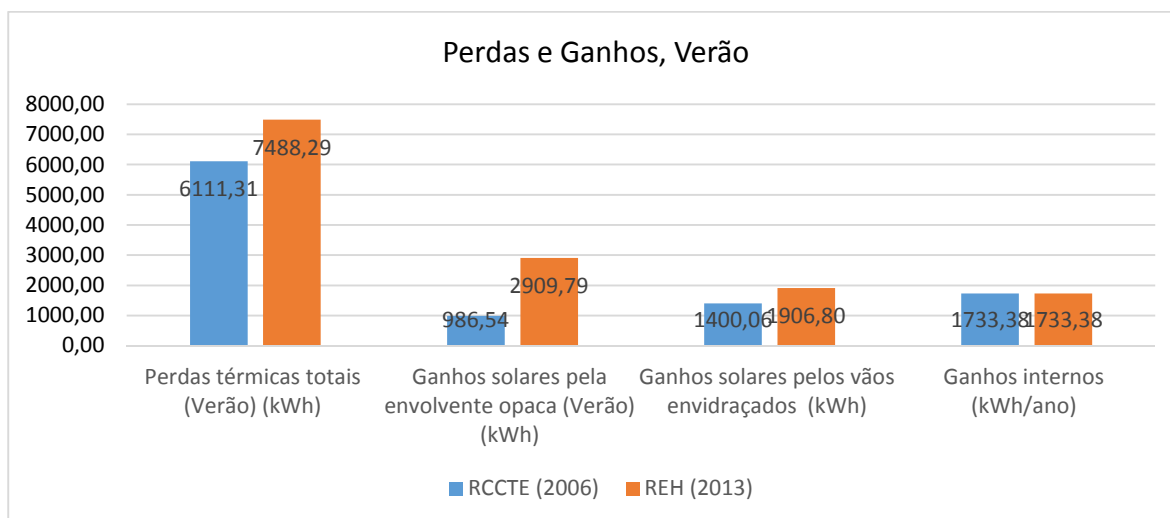


Figura 4.80 – Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH

Da relação entre ganhos e perdas e, atendendo ao facto da inércia térmica ser média, determina-se o fator de utilização dos ganhos, que assume o valor de 0,85 com o RCCTE, e 0,77 com o REH. Com o REH a relação entre N_{vc}/N_v é próxima da unidade.

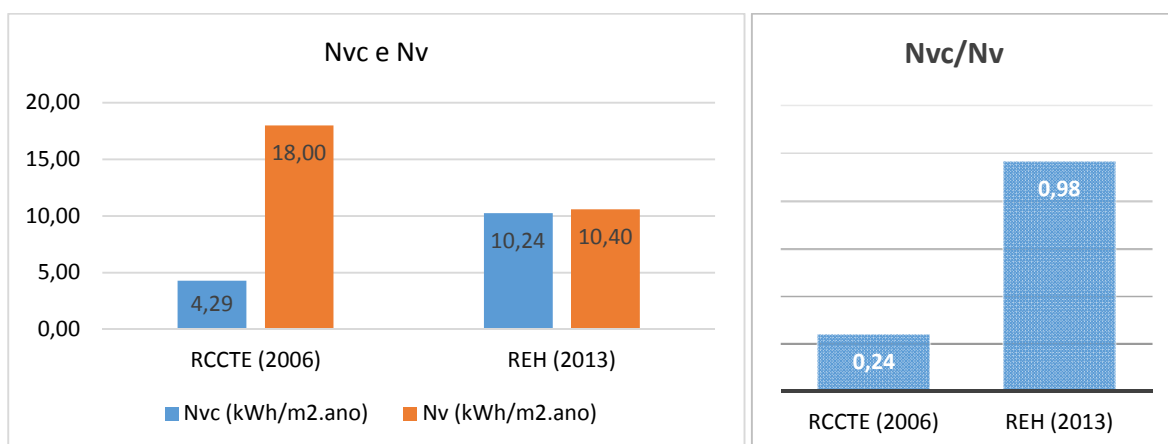


Figura 4.81 – Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH

Em consonância com o exemplo anterior, em relação às necessidades de energia final para a produção de águas quentes, regista-se com a aplicação do REH uma diminuição do seu valor. Para além do valor das necessidades de energia úteis diminuírem porque a diferença de temperatura a alcançar diminuiu 10°C, por outro lado, as indicações da ADENE quanto à consideração do nº de quartos mudou, e sendo assim a saleta não é considerada para efeitos de cálculo. Neste caso, em vez de 6 utilizadores (RCCTE) consideraram-se 5 utilizadores (REH). A eficiência utilizada de acordo com a simplificação do novo pacote legislativo é superior à do RCCTE.

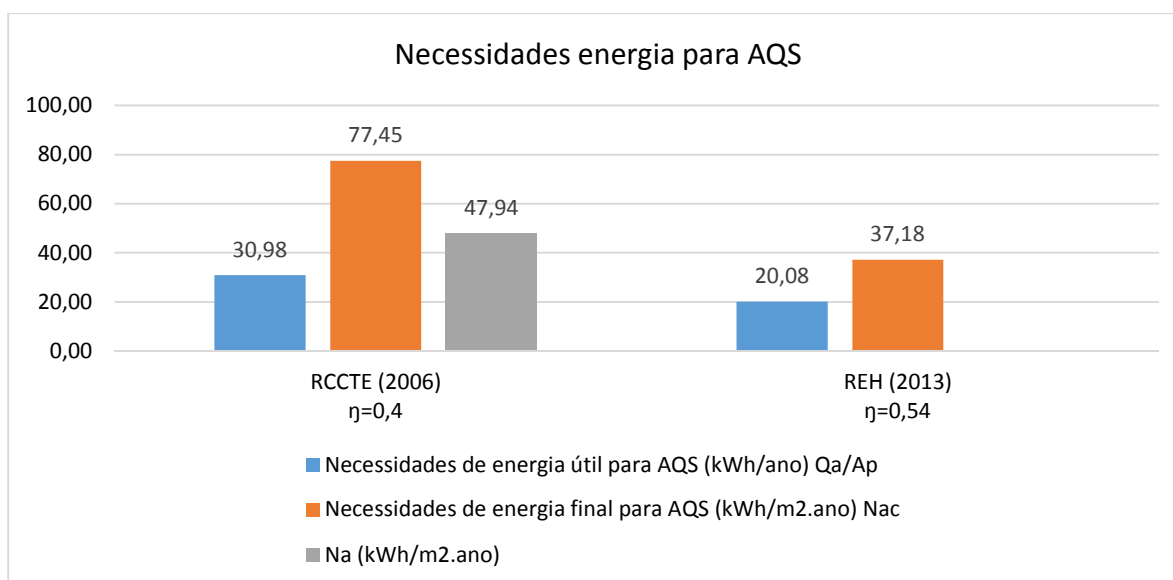


Figura 4.82 – Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH

Em consonância com o exemplo anterior, a componente de energia para aquecimento passa a ter um peso muito superior e, ao inverso, a componente para AQS passa a ter um peso muito inferior.

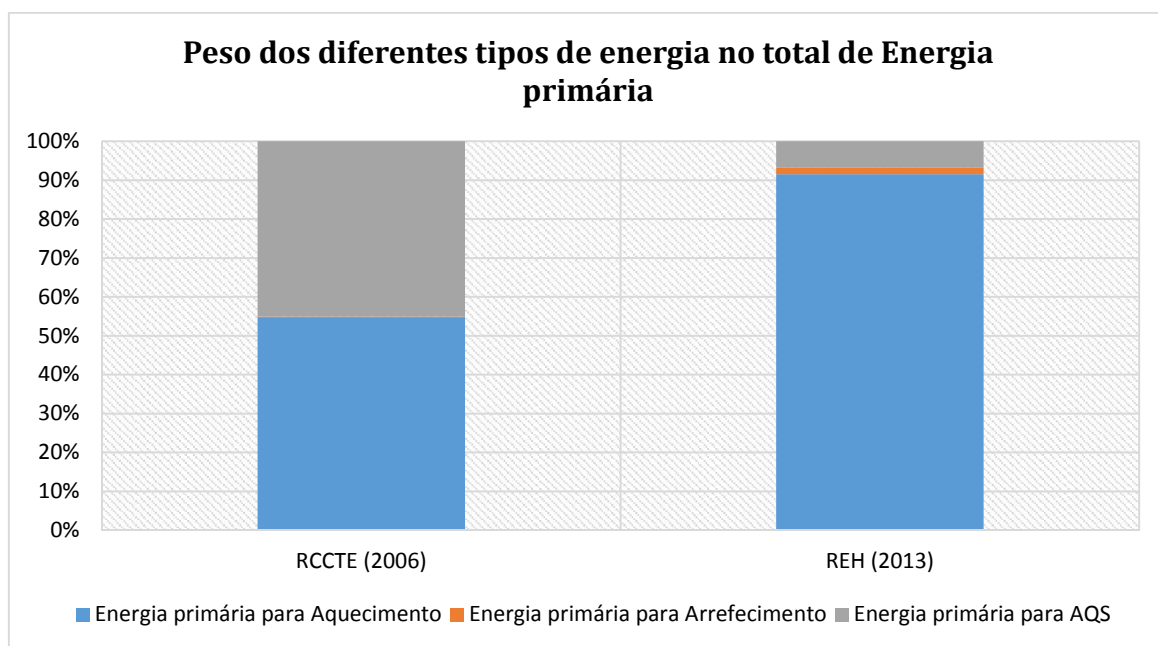


Figura 4.83 – Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH

A classe energética, conforme ilustrado na figura seguinte mantem-se D.

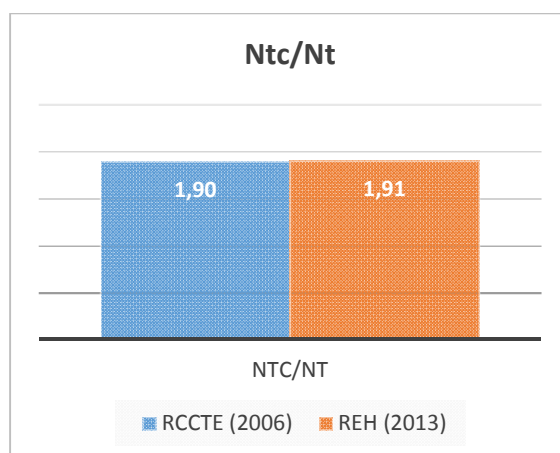


Figura 4.84 – Classe energética, RCCTE vs. REH

4.5.1.2 EXEMPLO 3: Edifício novo-Fração autónoma construída em 2010

- *Categoria do edifício/fração autónoma: Habitação sem sistemas de climatização.*
- *Metodologia utilizada para o cálculo: Método detalhado, por ser um edifício novo.*
- *Folhas de cálculo, Relatório Síntese e Certificado energético no Anexo D.*

a) Descrição geral do imóvel

Este exemplo trata de uma fração autónoma inserida num edifício multifamiliar situado em Bragança (Zona climática I3-V2 e altitude de 655m), composto por subcave e cave, destinadas a estacionamento, e rés-do-chão, 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º andares destinados a habitação. A fração corresponde ao 7º Esq. de tipologia T3, 1 piso, e compreende 1 sala, 1 cozinha, 1 despensa, 2 Instalações sanitárias, 3 quartos, um corredor, um *hall* e duas varandas (todos os compartimentos interiores são área útil). O pavimento encontra-se em contacto com frações do mesmo edifício e a cobertura é interior, sob desvão não ventilado. Embora fosse prevista a construção de um edifício vizinho a oeste, considerou-se a parede lateral como envolvente exterior. A fachada principal encontra-se orientada a Sul. Os sombreamentos nos vãos envidraçados provocados pelos edifícios vizinhos não são significativos, uma vez que se trata do 7º andar. A Inércia térmica determinada foi “forte” e a ventilação natural. Foi instalado um sistema de coletores solares na cobertura e como sistema de climatização (aquecimento) e produção de AQS (águas quentes sanitárias) uma caldeira mural estanque, alimentada a gás natural. O apartamento não contemplava equipamentos para o arrefecimento.



Figura 4.85 – Localização do imóvel

b) Documentação fornecida pelo proprietário

A documentação fornecida pelo proprietário para a elaboração da DCR e CE foi a seguinte:

- Caderneta predial, propriedade horizontal e certidão da conservatória;
- Projeto de arquitetura e especialidades;

- Termos do projetista/diretor técnico da obra;
- Licença de construção e utilização;
- Certificado do instalador, certificados e contrato de manutenção dos coletores solares;
- Especificações técnicas dos equipamentos e sistemas instalados;
- Fotografias de obra.

c) Descrição geral da visita ao imóvel

Para efeitos de aplicação do SCE o edifício foi considerado novo, pelo que foi emitida a DCR com base no projeto de especialidade de térmica e, posteriormente, após a conclusão da obra, foi emitido o CE. A visita ao edifício foi feita já em fase de acabamentos, na última semana de Dezembro de 2009, com duração de 1h. Os equipamentos estavam instalados.

d) Zona climática

O imóvel inspecionado está localizado na cidade de Bragança, no interior de uma zona urbana, a uma altitude de 655m. A Zona climática obtida foi a I3-V2 N.

Encontram-se na tabela seguinte os dados climáticos referentes às duas metodologias.

Tabela 4.17 – Parâmetros climáticos, RCCTE vs. REH

Dados Climáticos, Bragança, 655m		
	RCCTE (2006)	REH (2013)
Zona Climática Inverno	I3 V2	I3 V2
Graus-dia	2850	1980
Duração da estação de Aquecimento (meses)	8	7,3
Duração da estação de Arrefecimento (meses)	4	4
Temperatura média exterior verão (°C)	19	21,5
Gsul (kWh/m2.mês)	90	125

Os valores médios da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro) estão indicados na tabela 4.7.

e) Levantamento dimensional

As medições foram efetuadas tendo como base o projeto e confirmadas após a conclusão da obra.

Tabela 4.18 – Medições dos principais elementos

Tipologia:	T3	Área útil (m²):	109,5	Pé-direito (m)	2,6
Área total (m²) de:	Paredes exteriores		Paredes e coberturas interiores	Vãos envidraçados	
	tipo1 (U=0,53):22,87/ tipo2 (U=0,4):34,84 PTPpilares tipo 1:1,56/PTPpilares tipo 2:1,56 PTP caixas de estores: 3,8		Paredes: 23,31 Cobertura: 109,5	15,45	

f) Espaços úteis, não úteis e delimitação da envolvente

Apresentam-se a seguir os coeficientes de redução de perdas dos espaços não úteis identificados.

Tabela 4.19 – Coeficiente de redução de perdas, RCCTE vs. REH

Descrição do espaço não útil	Zonas com as quais está em contacto	t (RCCTE)	btr (REH)
Desvão cobertura	Teto fração	0,8	0,8
Caixa de elevadores	Cozinha	0	0,4
Caixa de escadas	Quarto	0,5	0,4
Zona circulação comum	Parede de corredor	0	0,3



Figura 4.86 – Espaços não úteis do imóvel

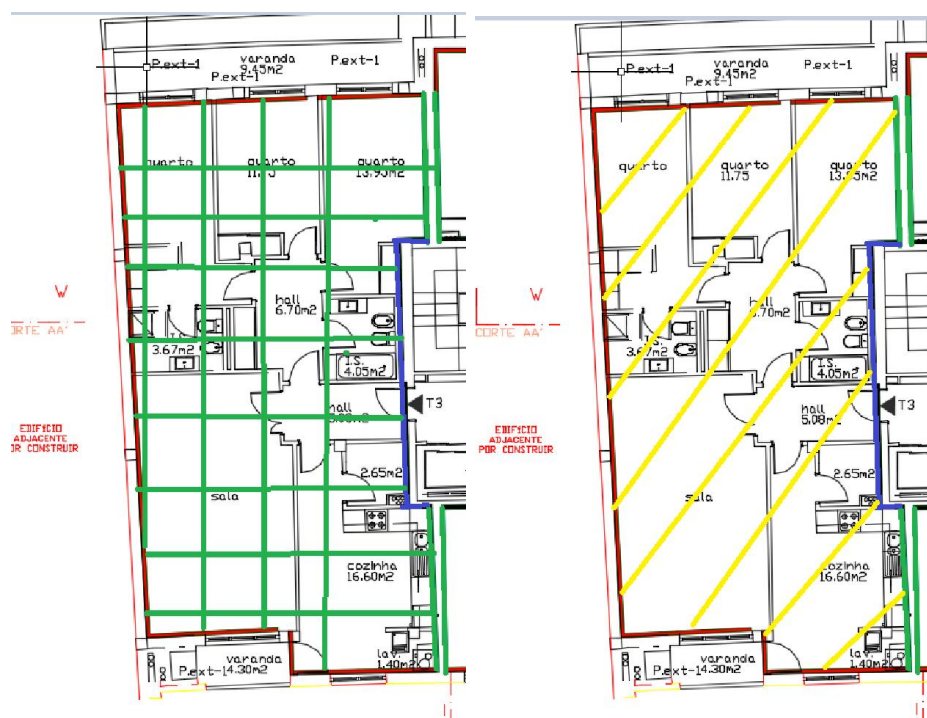


Figura 4.87 – Plantas do imóvel

Os valores determinados para o U da envolvente, incluindo as pontes térmicas planas (PTP) são os que se apresentam, calculados com base na fórmula 2 (ver ponto 2.4.1):

Soluções	U (W/m2.°C) Soluções adotadas	U (W/m2.°C) Valores máximos regulamentares
Fachadas Par ext 01	0,53	1,45
Fachada Par ext 02	0,4	1,45
PTP pilares Par ext 01	0,85	1,06 (2*0,53)
PTP pilares Par ext 02	0,79	0,8 (2*0,4)
PTP caixas de estores	0,87	1,06 (2*0,53)
Cobertura interior	0,48	0,9 (req.exterior)
Paredes interiores	0,47/0,53/1,44	1,9

5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS			
PAREDES	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m ² .°C		
	da solução	máximo regulamentar	
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <p>• Parede exterior dupla, com 36 a 40cm de espessura, localizada a Norte, Sul e Oeste, de cor média, composta por (do exterior para o interior): 1) azulejo cerâmico com 1 cm de espessura e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C 2) reboco de 3 cm de espessura com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C 3) tijolo de 15cm com resistência térmica de 0,39 m².°C/W; 4) espaço de ar com mais de 2cm, resistência térmica de 0,18 m².°C/W; 5) poliestireno extrudido de 3 cm de espessura com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/m°C 6) tijolo de 11cm com resistência térmica de 0,27 m².°C/W (massa de 150 Kg/m²); 7) Gesso projectado de 2 cm de espessura com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,56 W/m°C ou reboco de 2 cm de espessura e azulejo cerâmico de 1cm de espessura com coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/m°C (massa de 26 ou 61 Kg/m²).</p> <p>• Parede exterior dupla que separa a habitação do edifício vizinho Esq., ainda por construir, com 35 a 37cm de espessura, composta por (do exterior para o interior): 1) poliestireno</p>	0,53	1,45	

h) Caracterização térmica das pontes térmicas lineares

Foram identificadas e medidas todas as situações de ponte térmica linear, e utilizados os valores tabelados.

RCCTE (2006)

Página 2

Pontes Térmicas lineares	Comp.	ψ	ψ B
Ligações entre:	(m)	(W/m²°C)	(W/°C)
Ligação de fachada compavimentos intermédios	3,70	0,29	1,05
Ligação de fachada compavimentos intermédios	14,10	0,10	1,41
Ligação de fachada com cobertura inclinada ou terraço	17,10	0,74	12,57
Ligação de fachada com varanda	13,40	0,44	5,83
Ligação entre duas paredes verticais	2,60	0,20	0,52
Ligação de fachada compadeira, ombreira ou peitoril	39,00	0,20	7,80
Soleiras	6,00	0,50	3,00
		TOTAL	32,18

REH (2013), Despacho nº 15793-K/2013

Página 5

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	ψ	ψ B
	m	W/m²°C	W/°C
Fachada com pavimento Intermédio	3,70	0,50	1,85
Fachada com pavimento Intermédio	14,10	0,15	2,12
Fachada com cobertura	17,10	1,00	17,10
Fachada com varanda	13,40	0,55	7,37
Dois paredes verticais em ângulo saliente	2,60	0,50	1,30
Fachada com calilharia	39,00	0,25	9,75
Zona da Laia de estores	9,50	0,30	2,85
Fachada com pavimento Intermédio	6,00	0,50	3,00
	-	-	-
		TOTAL	45,34

Contributos para a caracterização energética de edifícios habitacionais do concelho de Bragança

Como se pode ver na figura anterior existe um acréscimo do valor das perdas derivadas às PTL aplicando o REH.

i) Caracterização térmica dos vãos envidraçados

Relativamente aos vãos envidraçados, apresentam-se a seguir as principais características e parâmetros determinados.

<p>Designação do vão: Vãos do Tipo 1, verticais, orientados a Sul e Norte. Localizados na cozinha, despensa, quartos e sala.</p> <p>Material: PVC de cor clara, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar;</p> <p>Tipo de vão envidraçado: Simples;</p> <p>Sistema de abertura: Giratória;</p> <p>Vidro: Simples incolor vidro duplo incolor+incolor (5+10+4 mm);</p> <p>- Dispositivo oclusão noturna: persianas exteriores de cor clara em alumínio; (dispositivos com baixa permeabilidade);</p> <p>U = 2.28 W/m°C (ITE 50)</p> <p>g100% = 0,04</p> <p>g máx. =0,56</p> <p>Este vidro é considerado especial por ter g=0,78. Como neste caso a proteção é exterior opaca o g100% é retirado do quadro v.4.</p>	<p>Designação do vão: Vãos do Tipo 2, verticais, orientados a Este e Oeste, localizados na cozinha.</p> <p>Material: PVC de cor clara, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar;</p> <p>Tipo de vão envidraçado: Simples;</p> <p>Sistema de abertura: Giratória;</p> <p>Vidro: Simples incolor vidro duplo incolor+incolor (5+10+4 mm);</p> <p>- Dispositivo oclusão noturna: não existem proteções exteriores; proteções interiores em cortinas transparentes de cor clara.</p> <p>U = 2.54 W/m°C (ITE 50)</p> <p>g100% = 0,41</p> <p>g máx. =0,56</p> <p>Este vidro é considerado especial por ter g=0,78. Como neste caso a proteção é interior o g100% é retirado da fórmula 2) pág. 2504. g100%=0,78*0,39/0,75=0,41</p>
	

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)*	Factor solar	
	da solução	máximo regulamentar
<p>• Vãos do Tipo 1: vãos verticais, orientados a Sul e Norte. Estão localizados na cozinha, quartos e sala. A caixilharia é simples em PVC de cor clara, giratória, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro duplo incolor+incolor (5+10+4 mm); persianas exteriores de cor clara em alumínio; U = 2.28 W/m°C (ITE 50)</p> <p>Observação: Para os vãos orientados a Norte não se aplica o Factor solar máximo admissível.</p>	0,04	0,56
<p>• Vãos do Tipo 2: vão vertical, orientado a Oeste, localizados na cozinha. A caixilharia é simples em PVC de cor clara, giratória, sem quadrícula, sem classificação quanto à permeabilidade ao ar; vidro duplo incolor+incolor (5+10+4 mm); não existem proteções exteriores; proteções interiores em cortinas transparentes de cor clara; U = 2.54 W/m°C (ITE 50)</p>	0,41	0,56

*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

Figura 4.90 – Constituição dos vãos envidraçados

j) Sistema de Ventilação

A renovação do ar interior no imóvel processava-se com base em ventilação natural. Para efeitos de determinação da respetiva taxa de ventilação, foi utilizada a metodologia definida no RCCTE, considerando que o imóvel se encontra a uma distância superior a 5 km da costa, que a respetiva zona de implantação é na periferia de uma zona urbana e que a altura acima do solo é superior a 10m. Foi determinado o valor de $1,09 \text{ h}^{-1}$.

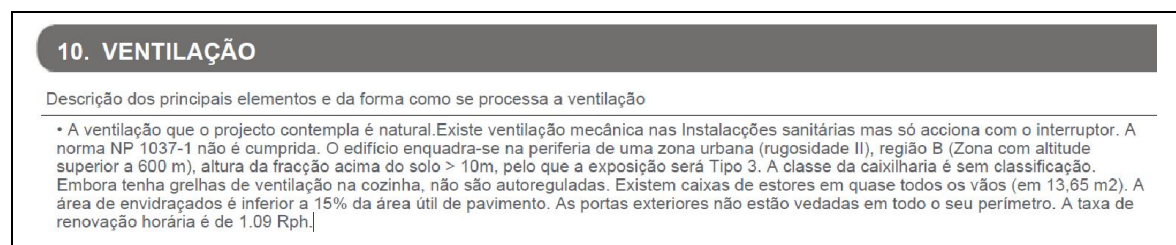


Figura 4.91 – Descrição da solução de ventilação no CE

De acordo com a metodologia definida no REH, utilizando a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC (em anexo), foi obtido um valor de $R_{ph} < 0,4 \text{ h}^{-1}$, e por isso anti-regulamentar! Para se conseguir verificar o requisito mínimo, foram consideradas 250cm² de grelhas fixas ou reguladas manualmente, e obtiveram-se os valores de $R_{ph,i} = 0,94 \text{ h}^{-1}$ e $R_{ph,v} = 0,94 \text{ h}^{-1}$.

Existe portanto uma diferença nas soluções construtivas exigidas pelos dois regulamentos. À luz da atual legislação, para a verificação do requisito, teriam que ser incorporadas grelhas fixas, reguladas manualmente, autorreguláveis ou então recorrer a um sistema de ventilação mecânica.

l) Inércia Térmica

Recorrendo ao cálculo detalhado, a inércia térmica determinada foi Forte (aplicando ambos os regulamentos).

m) Sistemas de climatização e preparação de AQS

Os sistemas de climatização e preparação de águas quentes utilizados à data da visita eram os seguintes:

Aquecimento ambiente e Produção de águas quentes sanitárias

Tipo de equipamento / sistema: caldeira mural, estanque de ventilação forçada, Marca Vulcano, com ventilação natural e Potência 23,8kW; Estado de conservação: novo; Energia utilizada: gás natural; Rede de águas sem isolamento (inferior a 1cm)

Arrefecimento ambiente

Não existia à data nenhum equipamento, pelo que foi considerado o equipamento por defeito (ar condicionado).

Apresentam-se na tabela seguinte as eficiências consideradas com o RCCTE e as estabelecidas na atual legislação. A eficiência é a de catálogo, no entanto, relativamente à produção de AQS, como a respetiva rede não foi isolada com pelo menos 1cm de isolante

(RCCTE) /não garantiu resistência térmica de pelo menos 0,25m²°C/W (REH), a mesma foi diminuída de 0,1 (RCCTE) /multiplicada por 0,9 (REH). Uma vez que não existe equipamento para arrefecimento, considerou-se a solução por defeito (um ar condicionado).

Tabela 4.21 – Eficiências dos equipamentos, RCCTE vs. REH

	RCCTE	REH (Despacho nº 15793 I/2013).
Aquecimento	0,902	0,902
Arrefecimento	3 (defeito)	2,8 (defeito)
AQS	0,802 (0,902-0,1)	0,81 (0,902*0,9)

n) Contribuição de sistemas de coletores solares

Foram instalados coletores solares, sistema circulação forçada, com os depósitos situados no desvão da cobertura. O equipamento de apoio utilizado consiste na caldeira especificada no ponto anterior, individual. Foi feito um estudo com o coletor padrão e outro com o sistema instalado (com coletores solares Baxi Roca) e obteve-se um E solar superior ao obtido pelo coletor padrão. Recorreu-se ao programa de simulação Solterm do INETI. O cálculo do E solar para cada uma das frações do edifício foi feito dividindo o Esolar total obtido proporcionalmente ao número dos ocupantes. O mesmo foi feito para o cálculo da área dos coletores destinados a cada uma das frações:

Tipologia	E solar (kWh/ano)	Tipologia	Un	Área de Coletores RCCTE (m2)	Área de Coletores instalada (m2)
T4	2384,75	T2	3	3/T2	1,75/T2
T3	1907,8	T3	15	4/T3	2,3/T2
T2	1430,85	T4	2	5/T4	2,92/T4
		Total		79	46,1

9. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	
SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	Energia fornecida pelo sistema
<p>Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • O sistema solar de preparação de águas quentes sanitárias assenta num modelo de coletores solares Baxi Roca PS 2.0, do tipo plano, com um total de 46,1 m² (inclinação a 36°, azimuth Sul), tendo sido utilizado o coletor padrão. Os depósitos e os coletores são comuns às frações e os primeiros estão instalados na casa de máquinas do sótão, no entanto o apoio é individual. Existem 6 depósitos acumuladores em aço esmaltado, conforme a norma DIN 4753, isolados com espuma rígida de poliuretano injectado, de 500L (modelo AS 500 - 1E). Quanto à programação do sistema: <ul style="list-style-type: none"> - No circuito primário (Coletores solares - Depósitos acumuladores), o que controla o sistema é a central solar que faz a leitura da temperatura dos coletores e dos depósitos de água e faz ou não funcionar o sistema - No circuito secundário (Depósitos acumuladores - Kit's solares), em cada apartamento existe um fluxostato, que detecta o movimento de água solicitada pelo utilizador e este envia um sinal eléctrico que faz com que os circuladores entrem em funcionamento se a água acumulada tiver uma temperatura superior a 30 °C. Os circuladores funcionarão em contínuo dentro do horário programado, das 8 às 9h e das 20 às 23h, quinze em quinze minutos. No restante horário funcionará segundo os sinais dos fluxostatos, não existindo qualquer tipo de limitação horária. A única limitação é a temperatura mínima de funcionamento do sistema, 30°C. O E solar calculado para o edifício foi de 37679 Kwh, sendo este valor distribuído proporcionalmente pelas frações consoante o seu nº de ocupantes, considerando-se no total 79 ocupantes. Não existem obstruções do horizonte e sombreamentos que influenciem o sistema. A contribuição de sistemas solares de preparação de AQS foi contabilizada para efeitos do regulamento porque os sistemas e equipamentos são certificados, foram instalados por instaladores acreditados pelo DGGE e há garantia de manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período de seis anos após a instalação. Área ponderada de coletores para a fração = 2,3m² 	1908 kWh/ano

Figura 4.92 – Referência à solução do Sistema solar no CE

o) Análise/comparação dos resultados do cálculo do desempenho energético

O valor das perdas totais para a estação de aquecimento calculadas segundo o REH, reduziu, devendo-se essencialmente à variação do número de GD. O valor de Rph, aplicando a atual metodologia, não difere muito (salvaguardando o facto de a solução ser diferente, conforme referido atrás), uma vez que o edifício está situado no último piso, e para além disso foi considerado desprotegido quanto à ação do vento. Para frações protegidas, com obstáculos que atenuem o vento, e localizadas em pisos mais baixos a diferença do Rph, com a aplicação do REH iria ser maior, traduzindo-se em valores de perdas por ventilação menores.

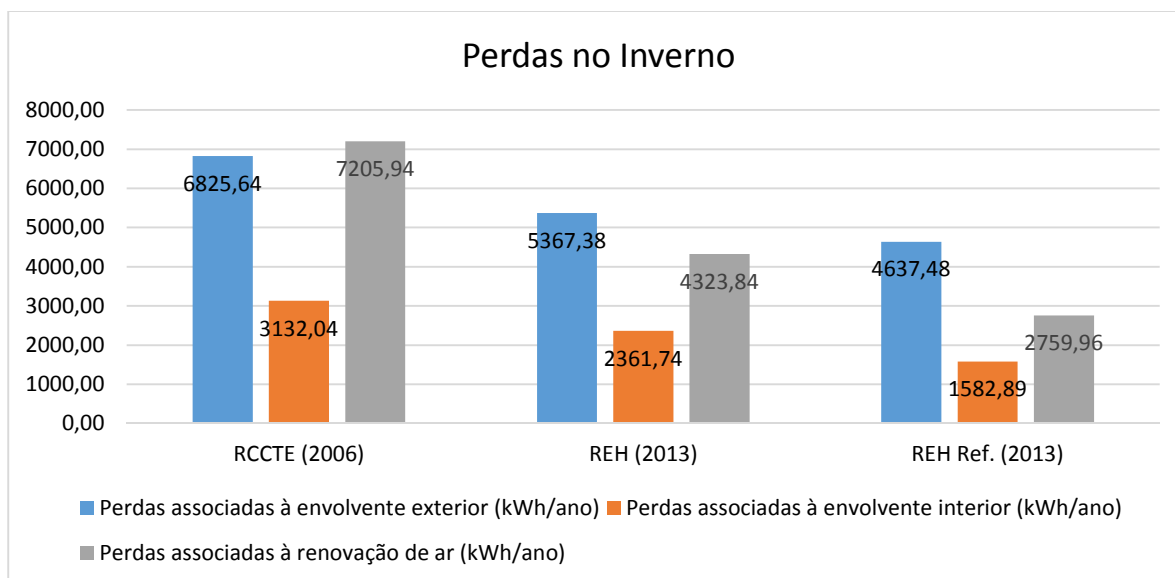


Figura 4.93 – Perdas térmicas no inverno. RCCTE vs. REH

O peso dos diferentes tipos de perdas, na estação de aquecimento manteve-se semelhante, com a aplicação do REH, conforme ilustra a figura seguinte.

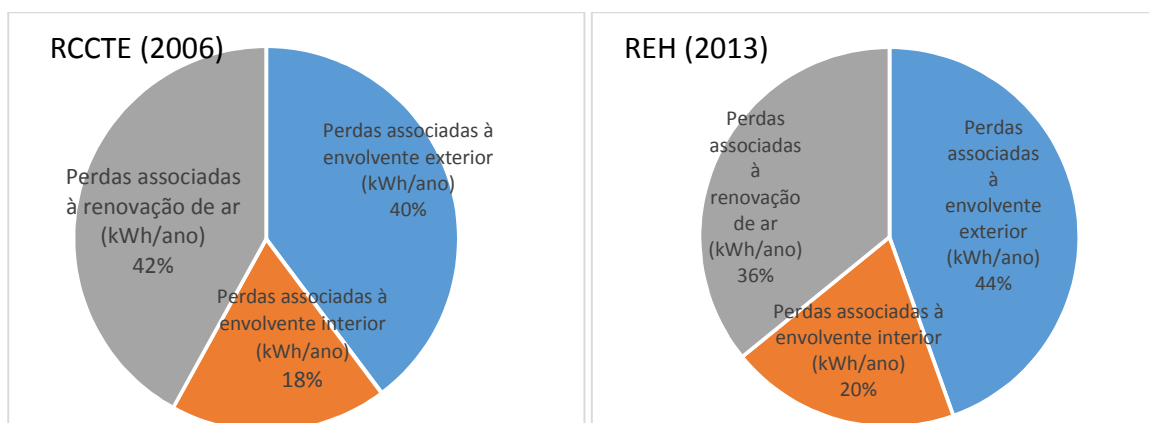


Figura 4.94 – Peso dos diferentes tipos de Perdas térmicas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente aos ganhos térmicos no inverno, tal como o sucedido relativamente aos exemplos anteriores, regista-se com o REH um aumento do seu valor.

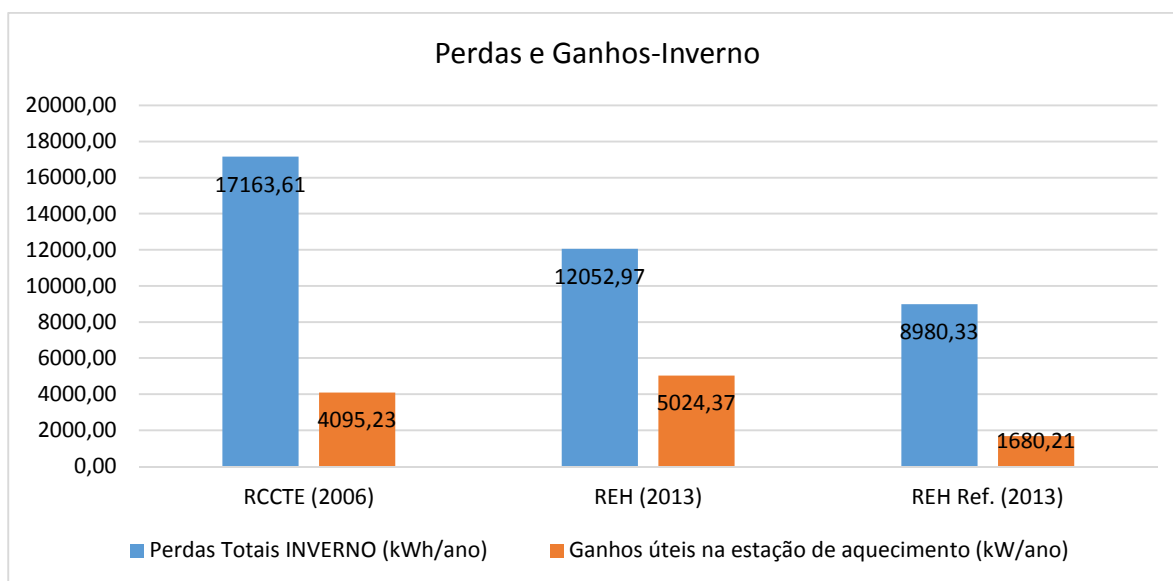


Figura 4.95 – Comparação entre as Perda e Ganhos térmicos no inverno, RCCTE vs. REH

Da mesma forma, e pelos mesmos motivos regista-se uma diminuição dos ganhos internos brutos e um acréscimo dos ganhos solares (de 77%).

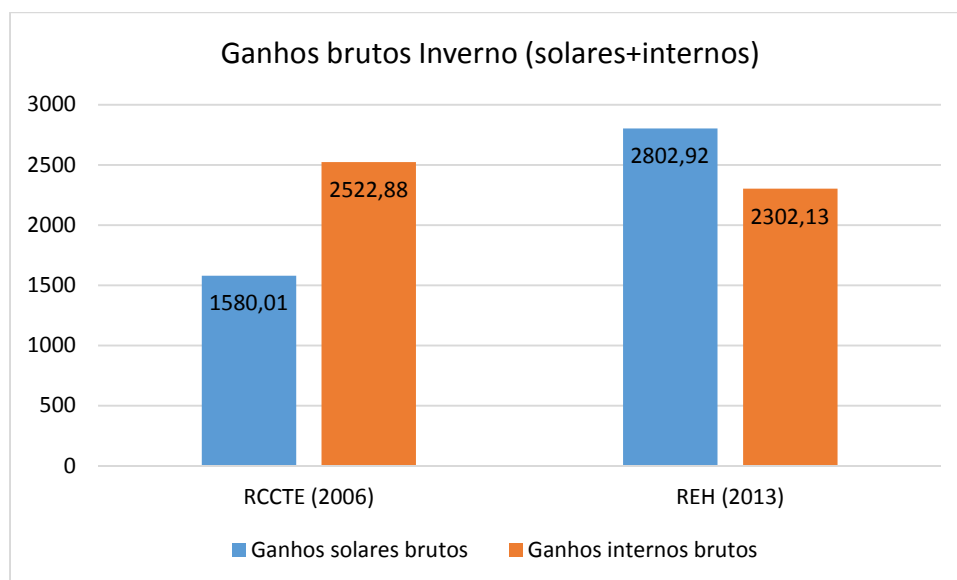


Figura 4.96 – Ganhos solares e Internos brutos no inverno, RCCTE vs. REH

Atendendo ao facto que a inércia térmica é forte, da relação entre ganhos e perdas determina-se o fator de utilização dos ganhos, que assume o valor de 1 com o RCCTE, e 0,98 com o REH.

Efetuando o balanço entre perdas e ganhos constata-se com o REH, uma diminuição do valor das necessidades nominais de aquecimento (Nic), quase para metade. A relação Nic/Ni apresenta-se mais próxima da unidade, no entanto continua a ser regulamentar.

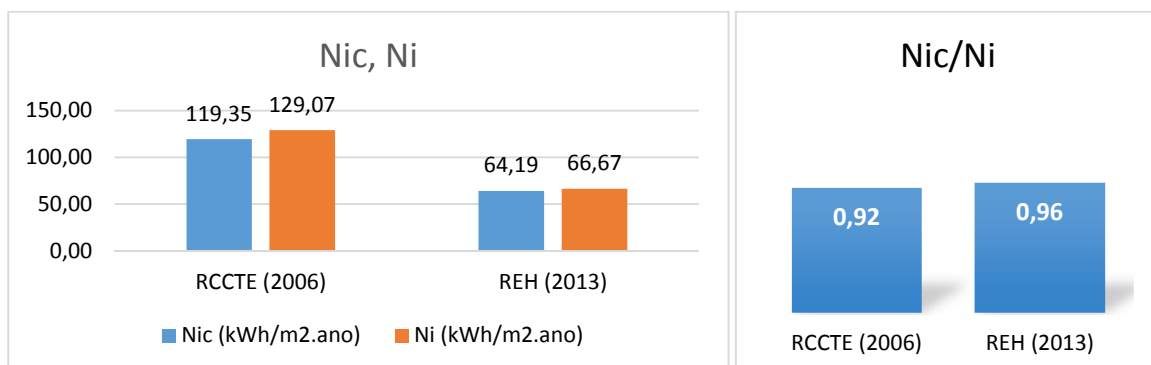


Figura 4.97 – Necessidades energéticas no inverno, RCCTE vs. REH

Relativamente ao verão, se analisarmos o gráfico seguinte constata-se que as perdas contabilizadas para o cálculo desta estação, são menores com o REH. Comparativamente à moradia do exemplo anterior, os ganhos solares pela envolvente opaca também aumentaram significativamente devido não só ao aumento dos valores da Intensidade da radiação solar, mas essencialmente devido à contabilização da cobertura interior.

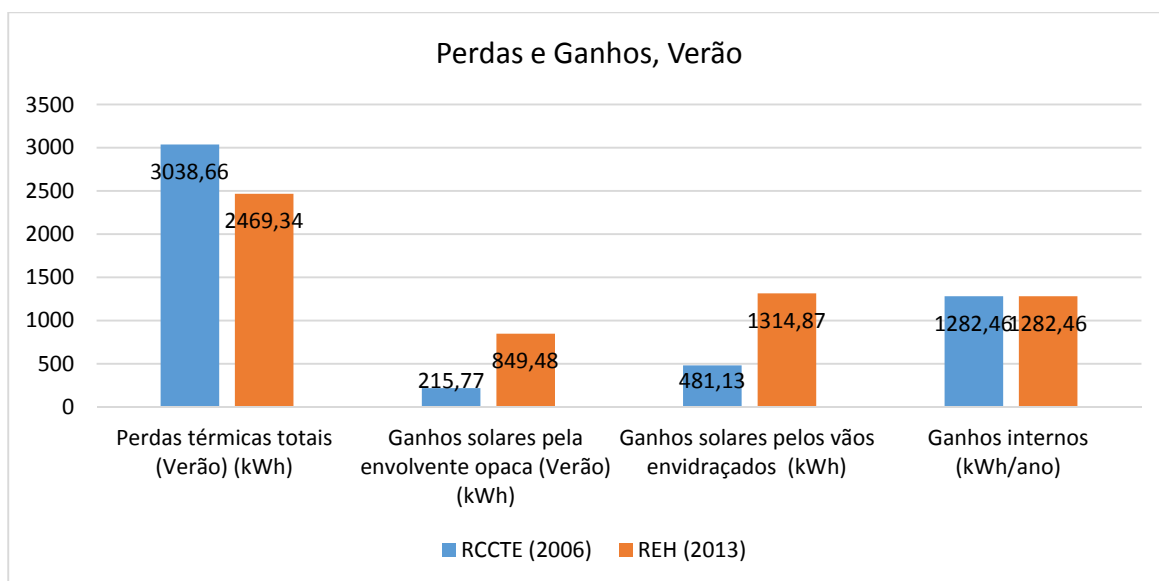


Figura 4.98 – Perdas e Ganhos térmicos no verão, RCCTE vs. REH

Da relação entre ganhos e perdas e, atendendo ao facto da inércia térmica ser forte, determina-se o fator de utilização dos ganhos, que assume o valor de 0,94 com o RCCTE, e 0,66 com o REH. Com o REH a relação entre Nvc/Nv é próxima da unidade.

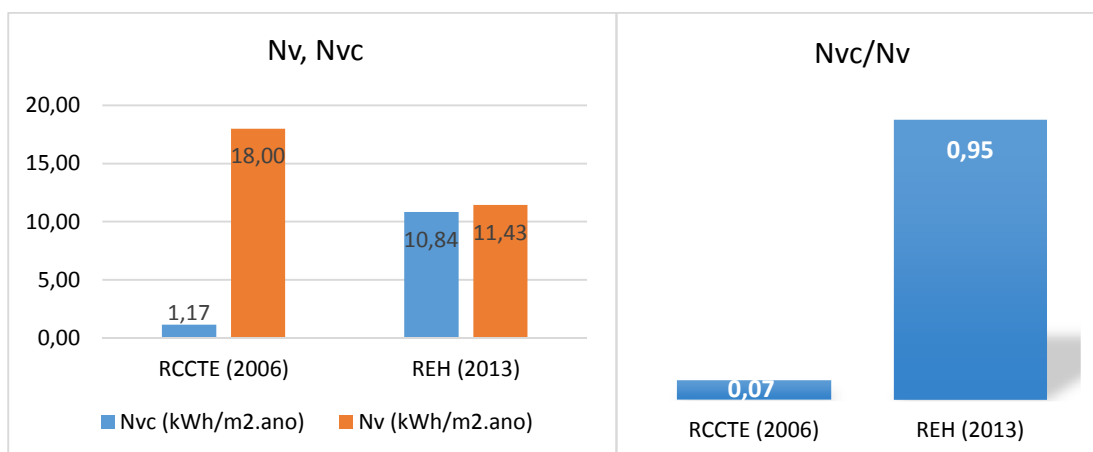


Figura 4.99 – Necessidades energéticas no verão, RCCTE vs. REH

Em consonância com os exemplos anteriores, em relação às necessidades de energia final para a produção de águas quentes, regista-se com a aplicação do REH uma diminuição do seu valor.

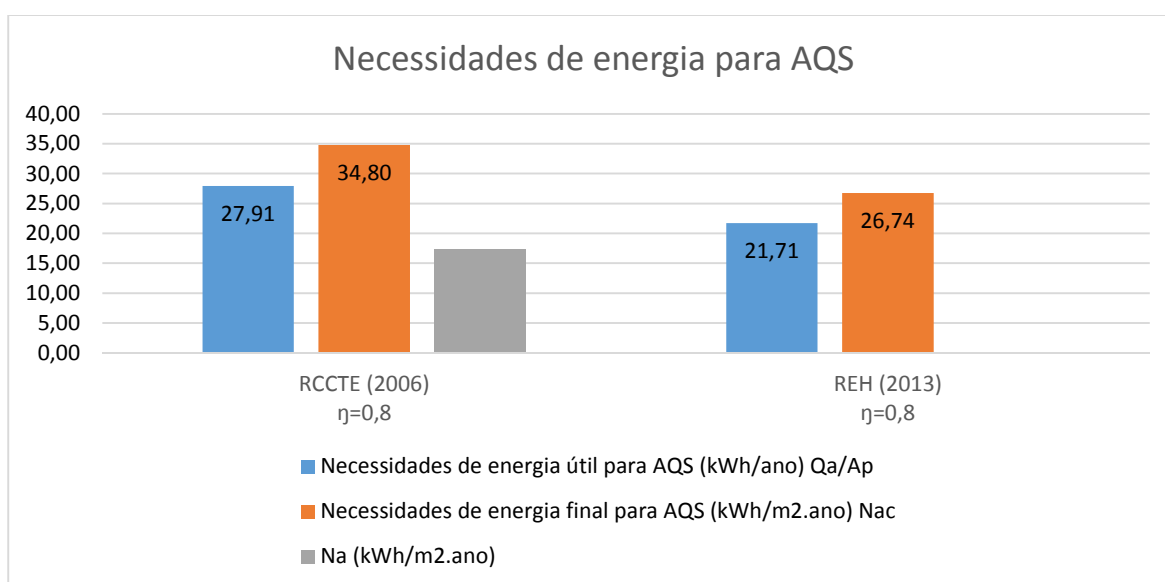


Figura 4.100 – Necessidades para preparação de AQS, RCCTE vs. REH

Também com este exemplo se demonstra que a componente de energia para aquecimento passa a ter um peso muito superior e, ao inverso, a componente para AQS passa a ter um peso muito inferior. Neste exemplo existe a contabilização da energia renovável, que é descontada à energia total. A metodologia de cálculo, relativamente à contabilização da energia renovável mudou com o REH.

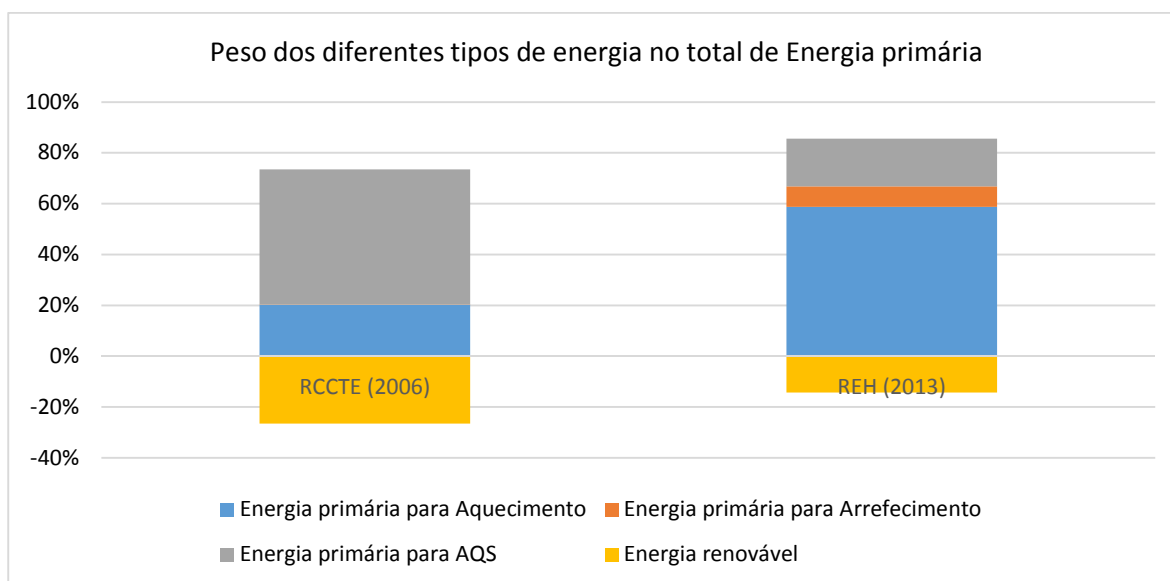


Figura 4.101 – Peso das várias componentes energéticas, RCCTE vs. REH

A classe energética, conforme ilustrado na figura seguinte passa da A, com a aplicação do RCCTE para a B-, com a aplicação do REH.

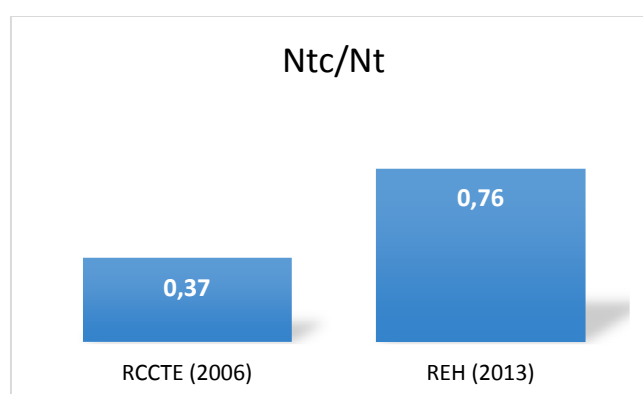


Figura 4.102 – Classe energética, RCCTE vs. REH

4.5.2. Principais conclusões (comparação das metodologias)

As metodologias do RCCTE e do REH apresentam diferenças significativas, conforme já detalhado no capítulo III, e evidenciadas com os exemplos que foram tratados nesta secção. No atual regulamento, para além dos aspetos metodológicos verificam-se diferenças relevantes, relativas aos dados climáticos, demonstrando que houve um claro aumento das temperaturas.

Para a zona climática em questão (I3-V2), à qual pertence o concelho de Bragança, essas diferenças têm impacto sobretudo ao nível das necessidades energéticas de aquecimento (N_{ic}), obtendo-se com o atual regulamento, valores bem menores (cerca de metade dos valores anteriores). Estes valores justificam-se: *i)* pela diminuição das perdas térmicas, que ocorrem essencialmente devido à redução do número de GD e à diminuição, em regra, da taxa de renovação do ar, R_{ph} , principalmente para edifícios protegidos da ação do vento; *ii)* pelo aumento dos ganhos térmicos, especialmente devido à alteração do valor de G_{sul}

(que passou de 90 para 120 kWh/m².mês) provocando um aumento de ganhos térmicos solares. No entanto, não é por isso que esta estação deixa de ser uma preocupação, ao nível da verificação dos requisitos energéticos, pois o valor máximo admissível (Ni) também apresenta valores menores.

Relativamente ao verão, estação com a qual não havia grandes preocupações, registam-se com o atual regulamento valores bastante superiores, que fazem com que tenham que ser tomadas precauções, pois a relação N_{vc}/N_v tende a aproximar-se da unidade. Isto deve-se essencialmente ao aumento dos ganhos solares, quer através dos vãos envidraçados, derivado, em grande parte, do aumento dos valores de I_r (tabela 2.2.), quer através da cobertura interior, quando existente (maioria das moradias e apartamentos situados nos últimos pisos dos edifícios).

Os quadros 2.4 e 2.5 elaborados pela autora, ajudam no entendimento das diferenças existentes entre as duas metodologias quanto aos balanços energéticos.

Relativamente às necessidades energéticas para a produção de AQS, o facto de a temperatura requerida ter passado de 60°C para 50°C, faz com que estas necessidades tenham valores inferiores, podendo ainda ser reduzidos se forem aplicados chuveiros com rótulo de eficiência hídrica de classes A.

O peso das necessidades energéticas para a produção de águas quentes, no total da energia primária diminui, e em contrapartida o peso da energia para aquecimento e arrefecimento aumentaram. Esta mudança é positiva, e mais adaptada ao consumo energético real dos edifícios do concelho em análise. Para além disso o facto da temperatura de conforto de inverno ter diminuído, dos 20°C para os 18°C, permite uma comparação maior com a realidade da utilização e um entendimento melhor do consumidor sobre as medidas de melhoria constantes nos certificados energéticos.

A comparação com o edifício de referência é vantajosa, uma vez que permite focalizar melhor as oportunidades de melhoria do edifício real.

Em geral a metodologia atual sofreu melhorias, mas existem no entanto alguns aspetos que deveriam ser limados. Relativamente à ventilação, a abertura dos vãos não é considerada para efeitos de cálculo do número de renovações horárias, e as dificuldades atuais no cumprimento de RPH mínimo (de 0,4), em edifícios novos, está a levar os projetistas a dimensionarem grelhas que podem ser reguladas manualmente, lado a lado com os vãos, o que não faz sentido nem esteticamente nem funcionalmente. A colocar grelhas, estas deveriam ser autorreguláveis para permitirem um controlo da ventilação eficaz, independente do controlo humano.

Relativamente às simplificações permitidas, para edifícios existentes, uma vez que a determinação do btr de acordo com a metodologia detalhada do REH, envolve mais cálculos e exigência de conhecimentos dos espaços “in-situ”, a tendência dos PQ, talvez seja a adoção da simplificação permitida. Esta simplificação é redutora, uma vez que a utilização

da mesma para um *enu*, implica a sua utilização para os restantes. Também a simplificação (embora continue a ser a mesma) para a inércia térmica é redutora uma vez que a simples existência de um teto falso (comum nos *halls* de entrada) implica a consideração de inércia média (ressalve-se no entanto que esta consideração não se traduz em alterações de cálculo significativas).

Seria também importante que fosse atualizada a tabela referente às soluções por defeito a considerar em edifícios existentes, no que toca aos valores dos coeficientes de transmissão térmica, especialmente de paredes, ou então ser dada maior flexibilidade ao perito qualificado na adoção de soluções com base na experiência/conhecimento das soluções construtivas, ainda mais agora, com a envolvente a assumir um peso maior.

5. CONCLUSÕES

As metas energéticas europeias para 2020, aliadas à clara tendência para a reabilitação do edificado, irão com certeza refletir-se não só em legislação mais exigente mas também em instrumentos de apoio à eficiência energética, servindo de alavancas para a melhoria do desempenho energético dos edifícios existentes.

Através de uma análise feita aos censos de 2011 constatou-se que, no concelho de Bragança, mais de 50% dos edifícios existentes são recentes, construídos após 1981, sendo que somente 6% foram construídos à luz do RCCTE-2006. Pode portanto concluir-se, que existe um número significativo de edifícios construídos sem qualquer legislação, ou tomando como base uma legislação ainda pouco exigente, necessitando de intervenções e de adaptações às novas exigências de conforto térmico/energético nos próximos anos. De salientar também o facto de que cerca de 60% do total de alojamentos familiares clássicos são moradias, apresentando em regra maiores necessidades energéticas.

Estes edifícios, anteriores ao RCCTE-2006, são caracterizados essencialmente por uma estrutura em betão armado, paredes duplas com baixas espessuras de isolamento térmico na caixa-de-ar, inexistência de isolamento térmico na maioria das coberturas, pavimentos, paredes interiores, pilares, vigas e caixas de estores. Para além disso, os edifícios anteriores ao RCCTE-1992, caracterizam-se por sistemas de caixilharias de correr e vidro simples. Ora, este tipo de construção confere zonas sensíveis e singulares, causadoras de desconforto e grandes perdas térmicas.

Tendo em atenção esta caracterização, e estando Bragança inserida numa das zonas climáticas do país com maiores necessidades energéticas para o aquecimento, está-se perante um potencial significativo de poupança energética se a renovação dos edifícios for feita com eficiência. Sendo assim, o inverno é merecedor de uma atenção especial, em que o reforço da resistência térmica dos vários elementos construtivos, nomeadamente das coberturas, deverá ser uma das prioridades.

Relativamente aos sistemas de climatização, sendo a lareira aberta, a solução predominante, principalmente em zonas rurais, existe um potencial de melhoria se a mesma for aproveitada para a incorporação de recuperador de calor com elevadas eficiências, que poderá servir para a climatização (no inverno) e até para aquecimento das águas quentes. Além disso, a biomassa é considerada uma energia renovável, o que para efeitos de certificação energética se traduz em classes energéticas melhores.

Apesar do inverno ser a estação que leva a maiores gastos energéticos, a importância com a estação de verão tende a aumentar, devido ao previsível aumento da temperatura média.

Embora a maioria dos edifícios do concelho de Bragança não contemple sistemas de arrefecimento, é natural que, atendendo ao aumento das exigências de conforto térmico, o recurso a estes sistemas venha a aumentar. Em consequência do desconhecimento das melhores soluções, os utilizadores dos edifícios geralmente recorrem a medidas ativas, como por exemplo à utilização de equipamentos de ar condicionado, como forma imediata de garantirem as condições de conforto que procuram, o que por vezes poderia ser evitado com a utilização de estratégias passivas. Convém salientar que, a este nível, a envolvente e os sistemas passivos passam a assumir, com o atual pacote legislativo uma importância maior, em detrimento dos sistemas técnicos. Esta alteração, merecida, irá com certeza refletir-se positivamente nas medidas de melhoria propostas nos certificados energéticos, e nas intervenções que venham a ser feitas. Em complemento, relativamente aos sistemas ativos, a legislação atual promove a utilização de sistemas mais eficientes, sendo também de salutar a relevância dada à garantia da qualidade de fabrico, instalação e manutenção dos produtos e sistemas.

Avizinha-se um caminho cada vez mais próximo dos edifícios de balanço zero, mas ainda muito incerto. As necessidades de energia quase nulas, desejáveis através de medidas de redução de consumo, terão que ser compensadas com a produção de energia, através do recurso às energias renováveis. A importância deste tipo de energias já se reflete atualmente, num despacho legal, com regras para a sua contabilização, apesar de algumas tecnologias estarem em processo inicial de maturação, especialmente no que diz respeito à geotermia, à mini-hídrica e à energia eólica. Tudo aponta para que, os novos avanços tecnológicos as posicionem no mercado, e que num futuro mais imediato se faça uso das tecnologias já disponíveis. Neste sentido, a biomassa, através da utilização de caldeiras ou recuperadores de calor, e a energia solar, através dos sistemas solares, térmicos e fotovoltaicos, serão as energias renováveis mais utilizadas nos próximos anos. À primeira terá que se aliar uma adequada gestão da floresta, à segunda, aperfeiçoamentos tecnológicos e programas de incentivo para a sua utilização se tornar mais rentável.

É essencial providenciar mais informação e consciencializar, sobretudo proprietários e construtores, para a adoção de melhores práticas no que toca à transformação energética dos edifícios, principalmente para prevenir que, as intervenções frequentes nos próximos anos, e que consistem em atos isolados, como a substituição de caixilharias, incorporação de isolamentos térmicos ou substituição de equipamentos degradados, sejam um desperdício de oportunidades de melhoria. Este tipo de medidas isoladas, frequentemente isentas de controlo prévio pelas entidades camarárias, escapam também ao controlo de técnicos e especialistas, podendo inclusive levar ao aparecimento de novos problemas no edifício, como o aparecimento de condensações locais ou sobreaquecimento. As intervenções de reabilitação deveriam ser planeadas e as várias soluções integradas para se alcancem os pacotes de soluções ótimos. A ADENE, juntamente com as autarquias terão um

papel decisivo para o sucesso das intervenções, e o perito qualificado também, como um dos veículos principais de informação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADENE, 2009. Agência para a Energia. Perguntas & Respostas sobre o SCE. Março de 2009.
- ADENE, 2010. Agência para a Energia. Perguntas & Respostas sobre a Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE. Fevereiro de 2010.
- ADENE, 2011. Agência para a Energia. Perguntas & Respostas sobre o RCCTE. Maio de 2011.
- ADENE, 2015. Manual de Formação. Curso Curso de Certificação de Projetista de Térmica REH (PQ-1);
- ADENE, 2015. Edifícios certificados: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/EdifíciosCertificados/Paginas/default.aspx> (acedido em 20 de Março de 2015).
- APA. 2012. Agência Portuguesa do Ambiente. Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2050.- opções de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050. Amadora.
- BPIE. 2011. Principles For Nearly Zero-energy Buildings Paving the way for effective implementation of policy requirements
- CCE. 2011. Communication from the Commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050.
- Commission of the European Communities.2008. Communication from the Commission to the European Parliament. 2008. The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 2020 by 2020. Europe's Climate Change Opportunity. Brussels.
- Decreto-Lei nº 78/2006, de 04 de Abril. Sistema nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.
- Decreto-Lei nº 79/2006, de 04 de Abril. O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios -RSECE.
- Decreto-lei n.º 80/2006 de 4 de Abril. Regulamento da Características do Comportamento Térmico de Edifícios - RCCTE.
- Decreto-Lei n.º156/92 de 26 de Julho. Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.
- Decreto-Lei n.º 118/2013. De 20 de Agosto - Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

- Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, define o Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, emitidos no âmbito do SCE (D.L. 78/2006 de 4 de Abril).
- Despacho n.º 11020/2009 de 30 de Abril - Define o Método de Cálculo Simplificado para a Certificação Energética de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE.
- Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Proceda à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.
- Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.
- Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes.
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Proceda à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Proceda à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.
- Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03. Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03. Proceda à publicação das regras de determinação da classe energética.
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.
- Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética

- DGEG.2012. Direção Geral de Energia e Geologia. Balanço Energético Sintético.
- EPBD-2002. Diretiva 2002/ 91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho Energético dos Edifícios. Jornal Oficial da União Europeia. 16/12/2002.
- EPBD-recast. 2010. EPBD recast, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), Official Journal of the European Union, 18/06/2010.
- Fernandes, Sílvia; *et al.* (2013). The qualifications and professional competencies of architects on the energy efficiency of buildings. Are they prepared to embrace the 2020 targets?. In Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets. Guimarães-Portugal. p. 59-66. ISBN 978-989-96543-7-2
- INE, I.P.; DGEG. 2011. Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010. Edição 2011. Lisboa. Outubro de 2011.
- INE, Censos, 2011. Instituto nacional de estatística. Disponível em: <http://www.ine.pt> (acedido em Fevereiro e Março de 2015).
- INETI, 2006. Manual de Apoio à Aplicação do RCCTE. Lisboa, INETI, Lisboa 2006.
- Larsson, N.2010. Mesa redonda. Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil. iiSBE. International initiative for a sustainable Built Environment. SB10Brazil.
- Lei n.º 58/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20 - Aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, conformando-o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, que transpõe a Diretiva n.º 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais.
- Pordata, Base de Dados de Portugal Contemporâneo. Disponível em: <http://www.pordata.pt/> (acedido em Fevereiro e Março de 2015).
- Portaria nº 461/2007 de 05 de Junho – Calendarização da Aplicação do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios.
- Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de novembro- Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de

qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

- Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29 - Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

- Portaria n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02 - Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

- Portaria n.º 349-D/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02 - Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

- Portaria n.º 113/2015, de 22 de Abril. Elementos instrutórios dos procedimentos previstos no regime jurídico da urbanização e edificação.

- Portaria n.º 66/2014. D.R. n.º 50, Série I de 2014-03-12 - Define o sistema de avaliação dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e aprova as adaptações ao regime jurídico de certificação para acesso e exercício da atividade de formação profissional, aprovado pela Portaria n.º 851/2010, de 6 de setembro

- Rezaie B., Esmailzadeh E., Dincer I. 2011. Renewable energy options for buildings: Case studies. Energy and Buildings. Journal Elsevier.

- RCM. 2013. Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de Abril. Diário da República. 1.ª série - N.º 70.

- Santos, P.; Baptista N., 2011, Desempenho energético dos edifícios – o impacto dos regulamentos na construção e as oportunidades de melhoria do parque habitacional, Conferência “Sustentabilidade na Reabilitação Urbana”, iiSBE- Lisboa, 2011.

ANEXOS

Anexo A: Comparação das Metodologias de Cálculo (RCCTE vs. REH): 15 páginas

Anexo B: Folhas de Cálculo, Relatório e Certificado Energético do Exemplo 1 (Ponto 4.5.1.2.)

Anexo B1 - Folhas de Cálculo RCCTE: 21 páginas

Anexo B2 - Relatório Síntese: 18 páginas

Anexo B3 - Certificado Energético: 4 páginas

Anexo B4 - Folhas de Cálculo REH (simulação): 37 páginas

Anexo C: Folhas de Cálculo, Relatório e Certificado Energético Exemplo 2, Ponto 4.5.1.3.

Anexo C1 - Folhas de Cálculo RCCTE: 20 páginas

Anexo C2 - Relatório: 25 páginas

Anexo C3 - Certificado Energético: 5 páginas

Anexo C4 - Folhas de Cálculo REH (simulação): 36 páginas

Anexo D: Folhas de Cálculo, Relatório e Certificado Energético Exemplo 3, Ponto 4.5.1.4.

Anexo D1 - Folhas de Cálculo RCCTE: 19 páginas

Anexo D2 - Relatório: 24 páginas

Anexo D3 - Certificado Energético: 5 páginas

Anexo D4 - Folhas de Cálculo REH (simulação): 37 páginas

Anexo E: Check-List para edifícios existentes: 6 páginas

Anexo F: Exemplos de outros Certificados energéticos

Certificado Energético 1

Certificado Energético 2

Certificado Energético 3

Certificado Energético 4

Certificado Energético 5

Certificado Energético 6

Certificado Energético 7

Certificado Energético 8

Certificado Energético 9

Certificado Energético 10