

# Impacto dos Sistemas de Climatização e AQS na Certificação Energética de Edifícios no Âmbito do RCCTE: Estudo de Caso

Cláudia F. F. P. R. Pacheco <sup>(1)</sup>, Miguel C. S. Nepomuceno <sup>(2)</sup>, Pedro D. Silva <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Mestre em Engenharia Civil pela Universidade da Beira Interior, claudiaffprpacheco@gmail.com

<sup>(2)</sup> C-Made, Centre of Materials and Building Technologies, Universidade da Beira Interior, mcsn@ubi.pt

<sup>(3)</sup> C-Made, Centre of Materials and Building Technologies, Universidade da Beira Interior, dinho@ubi.pt

Área Científica - CT9

## Resumo

O artigo descreve o estudo de um caso relativo a uma moradia unifamiliar, onde se comparam os desempenhos de dez combinações diferentes de sistemas de climatização (aquecimento e arrefecimento) e de sistemas convencionais de apoio para produção de água quente sanitária (AQS). Assumiu-se a existência de colectores solares que captam uma energia equivalente em todo o estudo e definiu-se como solução padrão para climatização e AQS aquela admitida por defeito no RCCTE para as situações em que estes sistemas não são especificados. O estudo compara as diferentes soluções em termos do valor dispendido nas facturas energéticas anuais para climatização e AQS, o custo estimado de aquisição dos equipamentos, o período de retorno simples de investimento face à solução padrão, as emissões anuais de gases de efeito de estufa e a classe energética. O estudo permitiu verificar que a uma classe energética mais elevada não corresponde necessariamente uma menor factura energética.

**Palavras-chave:** Climatização, águas quentes sanitárias, certificação energética, classe energética, emissões de CO<sub>2</sub>, factura energética.

## 1. Introdução

No contexto Europeu é consensual a necessidade de melhorar a eficiência energética dos edifícios, isto porque às preocupações comuns do Protocolo de Quioto e da segurança do abastecimento energético, junta-se também um cenário em que os edifícios representam 40% do consumo de energia final [1]. Na última década, os Estados-Membros têm vindo a implementar um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto nos edifícios, surgindo nesse contexto a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro [2]. Com a transposição desta Directiva, tornou-se possível comparar o desempenho energético de edifícios em diferentes Estados Membros da Europa, com base em parâmetros mutuamente estabelecidos.

A transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva n.º 2002/91/CE deu origem a um “pacote” legislativo que incluiu o Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril (SCE- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios) [3], o Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril (RSECE- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios) [4] e o Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril (RCCTE- Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) [5]. O RCCTE e o RSECE, na sua globalidade, abrangem todos os edifícios, desde a pequena habitação aos grandes edifícios de serviços. Salvo algumas excepções previstas na Lei, o RCCTE aplica-se a cada uma das fracções autónomas de todos os novos edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços, sem sistemas de climatização centralizados, ou com sistemas de potência igual ou inferior a 25 kW.

O RCCTE estabelece como objectivo que as exigências de conforto térmico no interior dos edifícios, sejam elas de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para a garantia da qualidade do ar no interior, bem como as necessidades de água quente sanitária, sejam satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia. Para alcançar esse objectivo, o Regulamento impõe o cumprimento de requisitos energéticos relativamente às necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) e para a produção de AQS ( $N_{ac}$ ), que não deverão ultrapassar os valores limite máximos, respectivamente,  $N_i$ ,  $N_v$  e  $N_a$ . Por outro lado, o Regulamento assume que uma parte significativa dos edifícios possuem equipamentos, quer para climatização, quer para produção de AQS, que funcionam com diferentes fontes de energia e diferentes eficiências, conduzindo a diferentes taxas de emissão de  $CO_2$ , tendo em conta o “mix energético” Nacional. Nesse sentido, estabelece que as necessidades globais de energia primária ( $N_{tc}$ ), expressas em  $kgep/(m^2 \cdot ano)$ , não deverão ultrapassar o valor limite máximo admissível ( $N_t$ ), calculado tendo por base a soma ponderada dos valores individuais máximos admissíveis das necessidades nominais anuais de energia útil de aquecimento ( $N_i$ ), de arrefecimento ( $N_v$ ) e de preparação de AQS ( $N_a$ ), admitindo fontes de energia convencionadas.

Para que sejam cumpridos os requisitos energéticos de aquecimento ( $N_{ic}$ ) e de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) o edifício deverá ser dotado de soluções construtivas adequadas, ao nível do isolamento térmico, correcção de pontes térmicas planas e lineares, soluções de envidraçados, etc. Relativamente às necessidades nominais de energia útil para a preparação das águas quentes sanitárias ( $N_{ac}$ ), para promover o recurso a outras formas de energia que não as convencionais, geradas a partir de combustíveis fósseis, o RCCTE torna obrigatório (números 2 a 4 do Artigo 7.º) o uso de colectores solares ou, em alternativa ou complementaridade, o recurso a outras formas de energias renováveis, como sejam, as provenientes da energia solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc. O RCCTE permite que às necessidades de energia provenientes de fontes convencionais (não renováveis) seja subtraída a energia proveniente de fontes renováveis. Nesta medida, o cumprimento deste requisito térmico ( $N_{ac}$ ) depende fortemente do recurso aos sistemas de aproveitamento de energias renováveis (em geral colectores solares), mas também da eficiência de conversão do equipamento convencional de apoio usado para a produção de AQS. No caso das necessidades globais de energia primária ( $N_{tc}$ ), parâmetro determinante para a quantificação da taxa de emissão de  $CO_2$  e da classe energética, os sistemas de climatização, suas eficiências de conversão e fontes de energia utilizadas, assumem um peso determinante.

Neste artigo discute-se o caso de uma fracção autónoma (moradia unifamiliar) com condições excepcionais de isolamento térmico e que cumpre com relativa margem os requisitos energéticos para aquecimento ( $N_{ic}$ ) e para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), que dependem apenas das soluções construtivas. Para além disso, dimensionou-se um sistema de colectores solares planos, de circulação forçada, colocados na cobertura que fornece uma energia equivalente constante ( $E_{solar}$ ). Neste edifício avaliou-se o desempenho de um conjunto de indicadores para dez soluções distintas, obtidas fazendo variar apenas os equipamentos para climatização (aquecimento e arrefecimento) e os sistemas convencionais para produção de AQS. A alteração destes sistemas afecta os requisitos energéticos para produção de AQS ( $N_{ac}$ ) e as necessidades globais de energia primária ( $N_{tc}$ ), tendo como consequência a alteração nas emissões anuais de gases de efeito de estufa, na classe energética e nos consumos energéticos. A par desta avaliação, analisaram-se os custos de implementação das diferentes soluções e o período de retorno simples de investimento face a uma solução padrão, à partida mais desfavorável em termos de classificação energética. A análise permitiu evidenciar alguns factores de decisão relevantes que devem ser ponderados aquando da selecção dos equipamentos, deixando antever a necessidade de uma complementaridade entre as diferentes especialidades envolvidas no projecto.

## 2. Descrição do caso em estudo

A descrição do caso em estudo inclui a caracterização geral do edifício, a descrição dos diferentes sistemas estudados, as condicionantes e premissas do estudo realizado e, por último, os indicadores de desempenho avaliados.

### 2.1. Caracterização geral do edifício

A fracção autónoma seleccionada é constituída por uma moradia unifamiliar isolada de tipologia T5, com uma área útil de pavimento de 229,75 m<sup>2</sup> e pé-direito médio ponderado de 2,59 m, com dois pisos acima da cota da soleira e cave parcialmente enterrada com acesso pelo exterior (Fig. 1). O rés-do-chão inclui a sala, cozinha, despensa, escritório, I.S., circulações interiores e caixa de escada com acesso à cave e ao 1.º andar. O 1.º andar inclui quatro quartos, duas I.S., um roupeiro e circulações interiores. A cave inclui uma zona de garagem, uma divisão para arrumos e uma casa de máquinas, e é fisicamente separada da caixa de escadas. O edifício localiza-se no concelho da Covilhã, na periferia da zona urbana, a uma altitude de 490 m (zona climática I3-V2N), com obstruções aos ganhos solares em toda a envolvente, em resultado de construções (moradias de 2 pisos) existentes ou previstas para o loteamento. A inércia térmica é forte e as soluções de isolamento térmico incluem paredes duplas de alvenaria de tijolo com isolante ocupando parcialmente a caixa-de-ar. A cobertura é inclinada, com placas tipo “sandwich” de cor clara, formada por um desvão fracamente ventilado, não acessível, com isolante térmico sobre a laje de esteira. Os vãos envidraçados são simples, de caixilharia metálica com corte térmico, de classe 3, sem quadrícula, com vidro duplo de baixa emissividade (colorido na massa de 6 mm + lâmina de ar de 16 mm + incolor de 5 mm), com protecção exterior com persianas de lâminas metálicas de cor clara (caixa de estore exterior), à excepção de dois vãos situados a Norte e quatro vãos localizados no alçado principal (Oeste), que não possuem protecção exterior.



Figura 1 - Fracção autónoma para habitação utilizada no estudo

O edifício dispõe de um sistema solar térmico individual de circulação forçada, composto por 3 colectores solares planos TiSUN FM-S, perfazendo uma área total de 7,1 m<sup>2</sup>, instalado na cobertura inclinada com azimute de 0° e inclinação de 35°, não existindo obstruções assinaláveis no horizonte. O depósito de acumulação possui 500 litros de capacidade com permutador de calor em serpentina, com eficácia de 55%, localizado no interior da fracção e instalado na posição vertical, construído em aço vitrificado e possuindo isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano com espessura de 50 mm. A contribuição energética anual dos colectores solares foi calculada com recurso ao programa Solterm do INETI, tendo sido obtido um Esolar = 3804 kWh. Os colectores são certificados pela CERTIF ou Solar keymark e foram instalados por instaladores credenciados pela DGEG e com garantia de manutenção e pleno funcionamento de pelo menos 6 anos após instalação.

O edifício cumpre os requisitos mínimos de qualidade térmica e possui uma taxa de renovação horária do ar interior de 0,85 Rph. Os valores estimados das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) e arrefecimento (Nvc) são, respectivamente, 89,72 e 2,72 kWh/(m<sup>2</sup>.ano). Os valores máximos regulamentares para aquecimento (Ni) e arrefecimento (Nv) são, respectivamente, 107,17 e 18,00 kWh/(m<sup>2</sup>.ano). Na caracterização do edifício não se apresentam os valores das necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS (Nac), nem os valores das necessidades globais de energia primária (Ntc), uma vez que estes dependem das soluções adoptadas para os diferentes equipamentos e são alvo de análise no presente estudo. No entanto, salienta-se que o limite máximo admissível para preparação de AQS (Na) situa-se em 30,88 kWh/(m<sup>2</sup>.ano), enquanto o valor limite admissível para as necessidades globais de energia primária (Nt) se situa em 5,3 kgep/(m<sup>2</sup>.ano). Importa salientar que todas as soluções preconizadas e avaliadas no âmbito deste trabalho cumprem os requisitos Na e Nt, viabilizando regulamentarmente a sua aplicação no edifício.

### 2.3. Descrição dos sistemas analisados

Os sistemas analisados incluíram um conjunto de equipamentos de climatização (aquecimento e arrefecimento) e de produção de AQS disponíveis localmente e correntemente utilizados em edifícios de habitação unifamiliar. Para a escolha dos equipamentos foram tidos em conta factores essenciais como a eficiência de conversão a 30% da carga nominal, o COP ou o EER, e a potência nominal. Como solução padrão adoptou-se a situação prevista no RCCTE (número 6 do Artigo 15º) para os casos em que os sistemas não são definidos em projecto, nomeadamente, um sistema de aquecimento composto por resistências eléctricas, um sistema de arrefecimento composto por uma máquina frigorífica com coeficiente de desempenho igual a 3 e um sistema de produção de AQS através de termoacumulador eléctrico com 50 mm de isolamento térmico em edifícios sem abastecimento de gás, ou através de esquentador a gás natural ou GPL quando estiver previsto o abastecimento. As dez soluções analisadas são apresentadas da Tabela 1 à Tabela 10.

Tabela 1- Sistema Padrão (S1)

	Sistema Padrão S1	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Resistências eléctricas	200	1*	≤ 25*
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Esquentador a gás natural	180	0,50*	---
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	780		

Tabela 2- Bomba de calor/Máquina frigorífica para aquecimento/arrefecimento e caldeira para AQS (S2)

	Solução S2	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Bomba de calor/Máquina frigorífica	8500	COP=4,61	18,8
Arrefecimento			EER=4,64	16
Apoio para AQS	Caldeira mural a gás natural	700	0,95	42
	Preço total s/ IVA (€)	9200		

Tabela 3- Bomba de calor/Máquina frigorífica para aquecimento/arrefecimento e termoacumulador eléctrico para AQS (S3)

	Solução S3	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Bomba de calor/Máquina frigorífica	8500	COP=4,61	18,8
Arrefecimento			EER=4,64	16
Apoio para AQS	Termoacumulador eléctrico	230	0,80	---
	Preço total s/ IVA (€)	8730		

Tabela 4- Bomba de calor/Máquina frigorífica para aquecimento/arrefecimento e bombas de calor para AQS (S4)

	Solução S4	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Bomba de calor/Máquina frigorífica	8500	COP=4,61	18,8
Arrefecimento			EER=4,64	16
Apoio para AQS	Bomba de calor	2386	COP=3,2	---
	Preço total s/ IVA (€)	10886		

Tabela 5- Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea (S5)

	Solução S5	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira mural a gás butano para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	800		

Tabela 6- Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantâneas (S6)

	Solução S6	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira mural a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	400	0,87*	23,6
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	800		

Tabela 7- Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantâneas (S7)

	Solução S7	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	1750	1,09	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira mural de condensação a gás natural para aquecimento e AQS instantânea	1750	1,09	25
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	2150		

Tabela 8- Caldeira de chão a diesel com acumulação para condensação e AQS por acumulação (S8)

	Solução S8	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira de chão a diesel para aquecimento e AQS por acumulação	2190	1,09	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira de chão a diesel para aquecimento e AQS por acumulação	2190	1,09	25
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	2590		

Tabela 9- Caldeira a biomassa para aquecimento e caldeira mural a gás natural para AQS (S9)

	Solução S9	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira mural a gás natural	700	0,95	42
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	6170		

Tabela 10- Caldeira a biomassa para aquecimento e AQS com acumulação (S10)

	Solução S10	Custo estimado da solução (€)	Eficiência a 30% da carga nominal	Potência (kW)
Aquecimento	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
Arrefecimento	Máquina frigorífica	400	EER=3*	≤ 25*
Apoio para AQS	Caldeira a biomassa	5070	0,60*	25
*RCCTE	Preço total s/ IVA (€)	5470		

## 2.2. Condicionantes e premissas do estudo realizado

Para a realização do presente estudo estabeleceram-se algumas premissas relativamente aos valores a adoptar, que a seguir se enunciam:

- a) Todos os parâmetros de estudo, à excepção dos respeitantes aos equipamentos, foram mantidos constantes;
- b) Não foi recalculado o *Esolar* para cada equipamento convencional de apoio, mantendo-se a contribuição dos colectores solares constante em todo o estudo;
- c) Considerou-se a eficiência de conversão dos equipamentos a 30% da carga nominal;
- d) Os preços dos equipamentos são meramente indicativos e incluem todos os acessórios e instalação em obra, tendo sido obtidos por consulta directa de mercado à data de realização do presente estudo (2010) e não incluem o IVA;
- e) Adoptaram-se os seguintes factores de conversão de energia para efeitos de estimativa da factura energética: Electricidade (0,1180 Euros/kWh), Biomassa (0,0410 Euros/kWh), Gasóleo (0,0820 Euros/kWh), Gás natural (0,0570 Euros/kWh), Gás propano (0,1350 Euros/kWh) e Gás butano (0,1310 Euros/kWh);
- f) Na ausência de dados relativos à eficiência nominal dos equipamentos de climatização, adoptaram-se os valores indicativos do nº 2 do art. 18º do RCCTE;
- g) Na ausência de dados relativos à eficiência nominal de sistemas convencionais de preparação de AQS, adoptaram-se os valores indicativos do nº 3 do Anexo VI do RCCTE.
- h) Sempre que a solução não contemplava qualquer equipamento para arrefecimento, adoptou-se o valor preconizado por defeito no nº 6 do Artigo 15º do RCCTE, assumindo-se, para efeitos de cálculo uma máquina frigorífica com EER de 3. A existência "potencial" dessa máquina frigorífica foi contabilizada no cálculo da factura energética. Relativamente ao custo do equipamento, optou-se por lhe atribuir um valor estimado em 400 euros (sem IVA), contabilizando apenas um equipamento mono-split.
- i) A potência dos equipamentos não excedeu os 25 kW, quer para aquecimento, quer para arrefecimento, nos termos do RCCTE. Relativamente aos sistemas exclusivamente para AQS, não existe limite quanto à potência a instalar, tendo-se optado nestes casos por equipamentos de maior eficiência, em detrimento da potência. Quando os sistemas para AQS serviam também para climatização (aquecimento), sem serviços diferenciados, a potência de 25 kW não foi excedida. No caso de existirem 2 serviços diferenciados (climatização e AQS), a potência para climatização não ultrapassou os 25 kW.

## 2.3 Indicadores de desempenho

Para comparação das soluções de climatização e de produção de AQS na moradia em estudo, seleccionaram-se os seguintes indicadores de desempenho relativamente aos edifícios novos:

### a) Classificação energética

De acordo com o artigo 3.º do Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril [6], a classe energética para edifícios ou fracções de edifícios que sejam objecto de DCR ou CE do tipo A (RCCTE) é calculada a partir da Equação 1.

$$R = N_{tc} / N_t \quad (1)$$

A escala de classificação energética de edifícios ou fracções autónomas de edifícios é composta por 9 classes, em coerência com o previsto na norma EN 15217 [7]. Para edifícios novos de habitação e grandes reabilitações, as classes energéticas variam entre A+ e B-, de acordo com os valores de R apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Classes energéticas para edifícios novos

Classe Energética	Valor de R
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$

### b) Taxa de emissão de CO<sub>2</sub>

O valor das emissões de CO<sub>2</sub> associadas às necessidades globais de energia primária (N<sub>tc</sub>), expresso em toneladas anuais equivalentes de CO<sub>2</sub> [ton CO<sub>2</sub>/ano], determina-se pela Equação 2, onde A<sub>p</sub> representa a área útil de pavimento, em [m<sup>2</sup>]. O parâmetro 0,0012 corresponde à taxa de conversão: 0,0012 ton CO<sub>2</sub>/kg<sub>ep</sub>

$$\text{Emissões de CO}_2 = N_{tc} \times A_p \times 0,0012 \quad (2)$$

### c) Factura energética

A factura energética para aquecimento (FE<sub>aquec.</sub>) e arrefecimento (FE<sub>arref.</sub>), expressa em €/ano, é calculada, respectivamente, de acordo com as Equações 3 e 4, onde F<sub>c</sub> é o factor de conversão de energia especificado na alínea e) do item 2.2 deste artigo e η representa a eficiência de conversão a 30% da carga nominal.

$$FE_{\text{aquec.}} = N_{ic} \times A_p \times FC / \eta \quad (3)$$

$$FE_{\text{arref.}} = N_{vc} \times A_p \times FC / \eta \quad (4)$$

### d) O período de retorno do investimento

O período de retorno simples (PRS), expresso em anos, é calculado através da Equação 5, onde CA representa o custo acrescido de investimento relativo à solução adoptada (€) e RA a correspondente redução anual da factura energética (€/ano).

$$PRS = CA / RA \quad (5)$$

### 3. Apresentação e discussão dos resultados

A Tabela 12 resume os resultados para os indicadores de desempenho, após uma análise detalhada do comportamento térmico do edifício em estrito cumprimento das disposições regulamentares do RCCTE.

Tabela 12- Indicadores de desempenho obtidos por aplicação do RCCTE

Solução	R	Classe energética	Ton. CO <sub>2</sub> /ano	Factura energética, €/ano (%)			Custo estimado s/ IVA (€)
				Aquecimento	Arrefecimento	AQS	
S1	0,88	B-	1,28	2432 (88,0%)	25 (0,9%)	306 (11,1%)	780
S2	0,18	A+	0,27	528 (87,7%)	16 (2,6%)	58 (9,7%)	9200
S3	0,57	B	0,83	528 (68,4%)	16 (2,1%)	227 (29,5%)	8730
S4	0,17	A+	0,25	528 (92,2%)	16 (2,8%)	29 (5,0%)	10886
S5	0,28	A	0,40	3104 (93,5%)	25 (0,7%)	192 (5,8%)	800
S6	0,28	A	0,40	1350 (92,6%)	25 (1,7%)	84 (5,7%)	800
S7	0,17	A+	0,24	1078 (95,8%)	25 (2,2%)	23 (2,0%)	2150
S8	0,32	A	0,47	2113 (92,0%)	25 (1,1%)	158 (6,9%)	2590
S9	0,08	A+	0,11	1409 (94,4%)	25 (1,6%)	58 (3,9%)	6170
S10	0,01	A+	0,01	1409 (88,6%)	25 (1,5%)	157 (9,9%)	5470

A Figura 2 ilustra graficamente as classes energéticas obtidas com as diferentes soluções implementadas. Salienta-se o facto da solução padrão (S1) ser aquela que regista um pior desempenho em termos de classe energética. A solução padrão correspondente à situação prevista no RCCTE para os casos em que não são preconizadas em projecto quaisquer soluções para os equipamentos, penalizando fortemente o desempenho do edifício e incentivando por esta via o projectista a definir o mais cedo possível essas soluções. A solução com melhor desempenho em termos de classificação energética é a solução S10, que recorre a energias renováveis, nomeadamente a biomassa, quer para aquecimento, quer para produção de AQS. Relativamente a este indicador, salienta-se ainda o desempenho das Soluções S2, S4, S7 e S9, que apresentam classe A+. As classes energéticas estão naturalmente relacionadas com a taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, correspondendo à melhor classe energética a menor taxa de emissão de CO<sub>2</sub>.

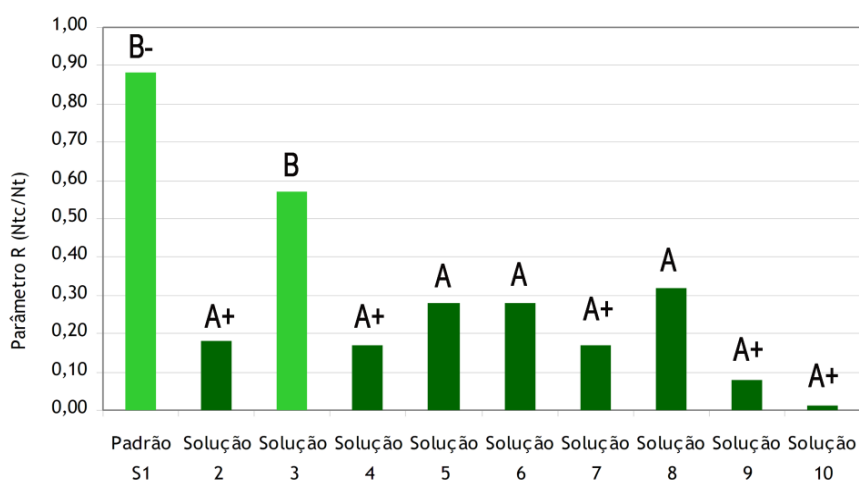


Figura 2 - Parâmetro R (Ntc/Nt) para obtenção da classe energética versus equipamento [8]

A Figura 3 apresenta a factura energética anual global obtida para as diferentes soluções e a desagregação dessa factura para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS. Uma primeira observação, comum a todas as soluções, é que a maior parcela da factura energética

é dispendida no aquecimento ambiente, sendo a parcela de arrefecimento quase residual em termos relativos. A parcela da factura energética para AQS é, na grande maioria dos casos, relativamente reduzida face à parcela do aquecimento, em especial nas soluções que utilizaram sistemas de apoio mais eficientes. É de notar que este resultado da factura energética para AQS só foi possível com recurso a colectores solares, caso contrário a factura assumiria um peso mais relevante. É de notar que a solução que apresentou o melhor desempenho em termos de classe energética (Fig. 2, solução S10), não corresponde à situação com menor factura energética, sendo aliás a quarta pior solução. Note-se ainda que a pior solução em termos de classe energética (Fig. 2, Solução padrão) apresenta também uma das piores soluções em termos de factura energética, mas não necessariamente a pior solução. De entre as soluções que apresentaram classe A+ (S2, S4, S7 e S9), aquelas que apresentam uma factura energética mais reduzida são as soluções S2 e S4, sendo que relativamente a estas, as soluções S7 e S9 mais do que duplicam a factura energética.

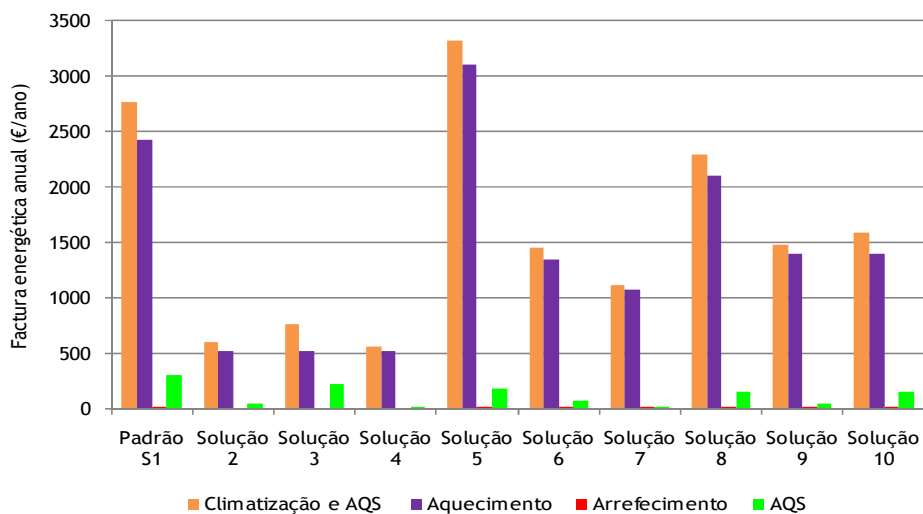


Figura 3 - Desagregação da factura energética anual (€/ano) versus equipamento [8]

A Figura 4 compara os custos de implementação das diferentes soluções. De entre as soluções que apresentaram melhor desempenho na avaliação conjunta dos indicadores anteriores (S2 e S4), aquela que apresenta um custo de implementação mais reduzido é a solução S2, correspondente à instalação de bomba de calor/máquina frigorífica para climatização e uma caldeira mural a gás natural para apoio na produção de AQS.

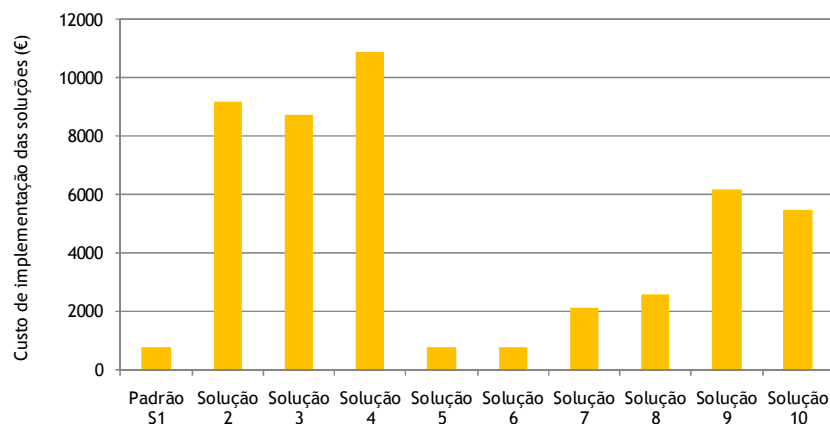


Figura 4 - Custo de implementação das soluções (€) versus equipamento [8]

A Figura 5 ilustra graficamente o período de retorno simples de investimento para as diferentes soluções, sendo evidente que a solução S2 pode ser mais vantajosa que a solução S4. Outras soluções (S5, S6 e S7) apresentam menor período de retorno, mas produzem anualmente uma maior factura energética (Fig. 3) e uma classe energética igual ou inferior à solução S2.

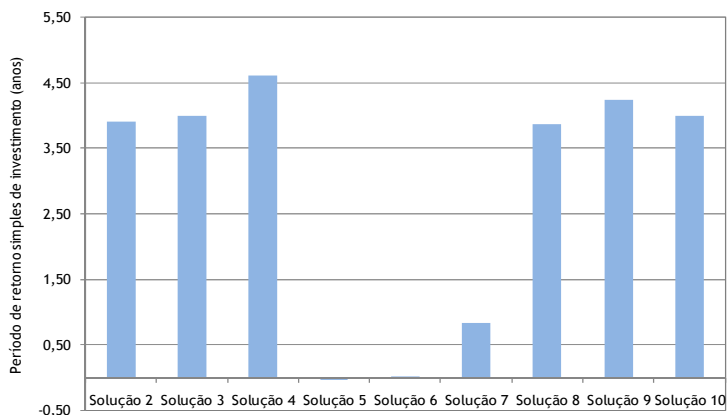


Figura 5 - Período de retorno simples de investimento (anos) [8]

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos são válidos para as situações analisadas e para as premissas assumidas. No entanto, algumas conclusões podem ser salientadas:

- Os indicadores de desempenho analisados constituem parâmetros relevantes no auxílio à decisão sobre os sistemas de climatização e de apoio para AQS a implementar. O equilíbrio mais adequado entre os vários indicadores deve ser tecnicamente justificado de forma a habilitar o decisor (promotor ou dono de obra) sobre a solução mais conveniente, suas vantagens e desvantagens.
- O peso dos sistemas de climatização e de produção de AQS, quer na factura energética, quer na classificação energética é muito significativo, sendo de recomendar que a decisão sobre estes sistemas seja avaliada pelas diferentes especialidades envolvidas.
- A uma boa classificação energética, com taxas de emissão de CO<sub>2</sub> reduzidas, não corresponde necessariamente uma menor factura energética.

#### Referências

- (1) Isolani, P. *et al.*- Eficiência Energética nos edifícios residenciais, DECO, Lisboa, 2008
- (2) Directiva n.º 2002/91/CE de 16 de Dezembro - Desempenho Energético dos Edifícios, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 4.1.2003 PT
- (3) Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril - SCE, Diário da República n.º 67, I série A
- (4) Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril - RSECE, Diário da República n.º 67, I série A
- (5) Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril - RCCTE, Diário da República n.º 67, I série A
- (6) Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, Diário da República, N.º 69, 2.ª série
- (7) EN 15217- Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings, CEN, May 2007
- (8) Pacheco, Cláudia - Impacto dos Sistemas de Climatização e AQS na Certificação Energética de Edifícios no Âmbito do RCCTE: Caso de Estudo, Dissertação de Mestrado, UBI, Out. 2010