

Metodologia para determinação de soluções de custo ótimo  
Manuela Almeida<sup>(1)</sup>, Marco Ferreira<sup>(2)</sup>, Ana Rodrigues<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> malmeida@civil.uminho.pt;

<sup>(2)</sup> marcoferreira@civil.uminho.pt;

<sup>(3)</sup> anarocha32846@yahoo.co.uk

Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Minho

## RESUMO

O sector dos edifícios é um dos maiores consumidores de energia a nível global e, consequentemente, representa um forte contributo para as emissões de gases com efeito de estufa, pelo que a redução desse consumo, bem como a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, constituem neste sector medidas importantes e necessárias para mitigar os efeitos das alterações climáticas. Essa redução terá de incidir sobre os edifícios existentes quando sujeitos a obras de reabilitação, uma vez que apenas com a atuação sobre os edifícios novos, levaria demasiado tempo até se obterem impactos relevantes face ao reduzido ritmo de substituição do parque edificado.

A concretização do potencial de poupança de energia nos edifícios existentes depende da combinação de medidas de eficiência energética e de geração de energia de fontes renováveis que, para além de garantirem os objetivos energéticos e ambientais estabelecidos, o consigam com o melhor compromisso entre o custo de investimento e o custo de utilização do edifício ao longo do seu tempo de vida.

O presente artigo apresenta uma metodologia para a determinação das soluções de reabilitação de custo ótimo, ou seja, das soluções que apresentem o menor custo considerando o investimento na operação de reabilitação e os custos de utilização do edifício ao longo do seu ciclo de vida, e demonstra a aplicação dessa metodologia num edifício residencial característico do parque edificado de Portugal.

## 1. INTRODUÇÃO

Dos vários sectores consumidores de energia, o dos edifícios, incluindo os residenciais e de serviços, é um dos mais relevantes, sendo o 2º maior consumidor em Portugal e o 1º no conjunto dos países da União Europeia (Comissão Europeia, 2006, 2011; Parlamento Europeu, 2010) e também nos Estados Unidos (U.S Department Of Energy, 2012).

Promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios já existentes é uma parte relevante da ação europeia para as alterações climáticas (Comissão Europeia, 2006) e do roteiro de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050 (Comissão Europeia, 2011), com uma expectativa de que as emissões de gases de efeito estufa podem ser reduzidas em cerca de 90% quando comparadas a valores de 1990, na área do ambiente construído.

Neste contexto, a redução do consumo de energia e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis no sector dos edifícios constituem medidas fundamentais, principalmente porque estes apresentam um potencial significativo de poupança de energia em condições que se consideram economicamente rentáveis (Nenry, Françoise et al., 2010).

Tendo em vista a concretização desse grande potencial de poupança de energia, devem ser implementadas medidas destinadas a melhorar o desempenho energético dos edifícios que tenham em consideração, para além das condições climáticas e locais e das necessidades de conforto e qualidade do ambiente interior, também a rentabilidade económica (BPIE, 2011). Neste contexto, os requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios e dos elementos construtivos, isto é, os limites estabelecidos pelos regulamentos para as necessidades de energia dos edifícios, para a eficiência dos equipamentos utilizados nos edifícios e para o desempenho de cada elemento construtivo (paredes, coberturas, envidraçados,...), deverão ser estabelecidos ponderando a rentabilidade entre os investimentos efetuados e os custos de energia economizados ao longo do ciclo de vida do edifício (Comissão Europeia, 2012a).

Assim, os requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios devem ser definidos com vista a alcançar níveis ótimos de rentabilidade para os edifícios e componentes de edifícios, definindo-se o nível ótimo de rentabilidade como o desempenho energético em termos de energia primária que conduz ao custo mínimo durante o ciclo de vida do edifício (Comissão Europeia, 2012a, 2012b).

Pretende-se neste artigo apresentar sucintamente os princípios essenciais da metodologia para o cálculo do custo ótimo para o desempenho energético dos edifícios e de componentes de construção, e demonstrar a sua aplicação num edifício residencial existente característico do Parque Edificado Português. A aplicação da metodologia permitiu identificar os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos energéticos aplicáveis na reabilitação deste edifício e em cada um dos seus componentes com relevância no desempenho energético, identificando as combinações de medidas de eficiência energética e de geração de energia através de fontes renováveis que, para além de garantirem os objetivos energéticos e ambientais estabelecidos, o consigam com o melhor compromisso entre o custo de investimento e o custo ao longo do ciclo de vida do edifício.

## 2. A METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DO CUSTO ÓTIMO

O nível ótimo de rentabilidade é definido como o nível de desempenho energético que leva ao mais baixo custo ao longo do ciclo de vida económico estimado (Comissão Europeia, 2012a), sendo o custo global determinado tendo em conta os custos de investimento, os custos de manutenção e os custos de funcionamento.

Na sua essência, a metodologia assenta na avaliação de diferentes soluções de reabilitação de um determinado edifício com base no consumo de energia primária e nos custos de cada uma das soluções. Cada possível solução de reabilitação corresponde a um ponto na figura 1, resultante do consumo de energia primária (energia que existe em forma natural na natureza como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural, e a par-

tir da qual se produziu a energia utilizada no edifício) e do custo global, integrando este último os custos de investimento e os custos de exploração do edifício ao longo do seu período de vida, que no presente estudo se considera de 30 anos.

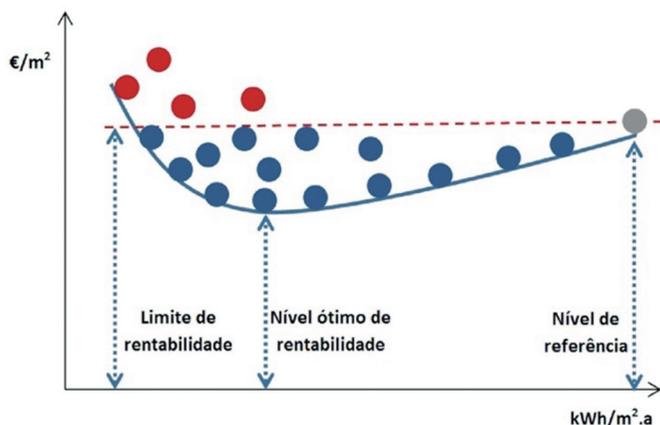


Figura 1 - Relação entre rentabilidade positiva e nível ótimo de rentabilidade

O nível ótimo de rentabilidade corresponde a um caso particular dentro dos níveis de rentabilidade positiva. Este último conceito corresponde a qualquer medida ou conjunto de medidas cujo custo de implementação seja inferior aos benefícios a obter durante o período de vida dessa medida, quando comparada com um cenário de referência. A medida ou conjunto de medidas em que os benefícios não compensam o custo de implementação (a vermelho na figura 1) são consideradas não rentáveis, enquanto as que minimizam esse custo global indicam os níveis ótimos de rentabilidade.

A análise da rentabilidade e do nível ótimo de rentabilidade pode ser feito sob diferentes perspetivas, sendo corrente a distinção entre a perspetiva social ou macroeconómica e a perspetiva privada ou microeconómica, servindo diferentes propósitos. Na perspetiva social, as preocupações da sociedade são consideradas, designadamente as relacionadas com o efeito do consumo de energia fóssil ao nível ambiental, na saúde e na eliminação de recursos não renováveis, enquanto na perspetiva privada são considerados apenas aspetos financeiros. Assim, na perspetiva social são incluídos custos relativos às emissões de CO<sub>2</sub> e excluídas taxas e subsídios, enquanto na perspetiva privada se consideram todas as taxas e subsídios aplicáveis ao investimento e não são considerados os custos relativos às emissões. No presente estudo ambas as perspetivas são analisadas.

A metodologia é composta por diversos passos que de seguida se descrevem. O primeiro passo consiste na definição do edifício a analisar, denominado de edifício de referência, uma vez que deve ser representativo do parque edificado, seguido da seleção das medidas de reabilitação energética a implementar, sendo que com cada conjunto de medidas de reabilitação aplicadas ao edifício de referência se obtém uma variante do edifício reabilitado.

Para cada uma das variantes serão calculados os consumos de energia e os custos totais, obtendo-se então, pelas variantes com menores custos totais, os níveis ótimos de rentabilidade. Por fim, de modo a avaliar a robustez dos resultados obtidos em função de possíveis alterações futuras nos dados utilizados nos cálculos, especialmente no que diz respeito à evolução dos preços da energia e nas taxas de desconto, são realizadas análises de sensibilidade variando estes pressupostos.

### 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

O edifício selecionado apresenta características comuns a uma enorme quantidade de edifícios do parque habitacional português, designadamente pela época de construção, materiais e métodos construtivos, geometria e configuração arquitetónica.

Foram testadas as medidas de melhoria mais comuns nas intervenções de reabilitação em Portugal, com impacto no comportamento térmico do edifício e na utilização de energia para aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas sanitárias.

Para o cálculo do custo global associado a cada uma das variantes foi necessário calcular os respetivos custos de investimento, os custos de manutenção e os custos associados às necessidades energéticas. Para a perspetiva privada foi considerada a taxa de desconto de 6%, enquanto para a perspetiva social a taxa foi de 3%.

A determinação dos custos de investimento e manutenção foi realizada utilizando a base de dados disponibilizada pela Cype (<http://www.geradordeprecos.info/>) de modo a obter preços oriundos de uma base comparável, e para o cálculo dos custos energéticos e das emissões de CO<sub>2</sub> foram considerados os valores descritos na Tabela 1.

Relativamente à evolução dos preços da energia, considerou-se o mais recente cenário publicado pela União Europeia ([http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends\\_2030/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/index_en.htm)) e o cenário de 2010 da Agência Internacional de Energia para o gás (<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2010/>).

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO

Este caso de estudo, ilustrado na figura 2, é um edifício residencial de tipologia unifamiliar, o que corresponde à tipologia mais dominante nos edifícios residenciais em Portugal.

Tabela 1 - Custos de energia e de emissões de CO<sub>2</sub> para o período de cálculo (em itálico os valores referentes à perspetiva social e restantes os referentes à perspetiva privada)

Preços Energia (sem taxas e com taxas e de CO <sub>2</sub> ) e	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
	Eletricidade (cent. de € por kWh)	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>12</i>															
Gás (cent. de € por kWh)	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>																						
CO <sub>2</sub> (€ por ton.)	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>35</i>	<i>50</i>												



Figura 2 - Edifício unifamiliar existente (vista da fachada posterior)

Localiza-se no distrito de Braga, na zona norte do país e foi construído nos anos 70, década em que se verificou um enorme crescimento no número de edifícios residenciais, muitas vezes construídos com pouca qualidade, pelo que necessitam hoje de reabilitação.

O edifício é geminado, com 2 pisos e cave, tipologia T4, possui lajes aligeiradas, cobertura em desvão revestida a telhas de barro, fachadas com parede dupla em tijolo furado sem isolamento, janelas em madeira com caixa de estore e persianas exteriores. A cave é semienterrada.

As três fachadas encontram-se orientadas a NW, SE e SW e apresenta uma relação entre a área da sua envolvente exterior e o volume de 0,4. A percentagem de área de janelas na envolvente do edifício é de 15,5% e a área de pavimento é de 156,7 m<sup>2</sup>. As necessidades energéticas para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias, antes de qualquer medida de melhoria são de 197,9 kWh/m<sup>2</sup>.a e o uso de energia primária também antes de qualquer medida de melhoria de 462,7 kWh/m<sup>2</sup>.a<sup>1</sup>.

### 3.2. MEDIDAS DE MELHORIA

Tratando-se de um edifício existente, foram testadas as medidas de melhoria mais comuns nas intervenções de reabilitação, com impacto no comportamento térmico do edifício e na utilização da energia para aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas sanitárias, num total de cerca de 80 variantes de reabilitação.

Foi designadamente testada a aplicação de isolamento térmico nas paredes exteriores pela aplicação de sistema ETICS com isolamento térmico de poliestireno expandido (EPS) com

espessuras de 30, 40, 50, 80, 100 e 120 mm e de poliisocianurato (PIR) com espessuras de 40 e 50 mm, a aplicação de isolamento térmico sobre a laje de teto do piso superior aproveitando a existência de desvão não utilizado com poliestireno extrudido (XPS) com espessuras de 30, 40, 50, 80, 100 e 120 mm e PIR com espessuras de 40 e 50 mm, e no teto da cave com isolamento térmico de XPS com espessuras de 30, 40, 50, 80, 100 e 120 mm.

As janelas foram trocadas por conjuntos caixilharia/vidro compatíveis com os requisitos da atual regulamentação, designadamente caixilharia de alumínio com vidro duplo e coeficiente global de transmissão térmica de 2,5 W/m<sup>2</sup>.°C e caixilharia de PVC com vidro duplo e coeficiente global de transmissão térmica de 2,3 W/m<sup>2</sup>.°C.

Foram introduzidos equipamentos de climatização e de preparação de águas quentes sanitárias com diferentes rendimentos e fonte energética, designadamente resistência elétrica com rendimento de 100% para aquecimento, caldeira a gás natural com rendimento de 93% para aquecimento e águas quentes sanitárias, bomba de calor com COP de 3,33 e EER de 2,7 para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias, ar condicionado com EER de 3,5 para arrefecimento e esquentador a gás com rendimento de 67,5% para aquecimento de águas sanitárias. Ao nível dos sistemas de geração de energia de fontes renováveis foi apenas testada a utilização de painéis solares térmicos.

### 3.3. DETERMINAÇÃO DO NÍVEL ÓTIMO DE RENTABILIDADE DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

Cada diferente agrupamento de medidas de melhoria constituiu-se como uma variante de reabilitação do edifício, ou seja, uma distinta solução de reabilitação para as quais foram calculados os diferentes custos de investimento e utilizações de energia primária, e consequentemente os custos de exploração ao longo de 30 anos. As soluções com o menor valor para o somatório de todos os custos apontarão os níveis ótimos de rentabilidade.

A análise do nível ótimo de rentabilidade do desempenho energético para os conjuntos de variantes testados resultou em três conjuntos bem diferenciados, em função dos equipamentos utilizados para aquecimento e para o tratamento das águas sanitárias, conforme se pode verificar na figura 3.

Os três conjuntos associados aos equipamentos utilizados demonstram uma enorme diferença entre a utilização de resistência elétrica para aquecimento (zona A na figura 3) e a utilização de caldeira a gás natural (zona B na figura 3) ou bomba de calor (zona C na figura 3).

A avaliação dos níveis ótimos de rentabilidade com a utilização de resistência elétrica para aquecimento apenas foi testada por ser uma solução ainda muito comum em Portugal, uma vez que após os primeiros cálculos foi imediatamente possível perceber que a utilização desse tipo de equipamento conduziria sempre a soluções bastante afastadas de níveis ótimos de rentabilidade.

<sup>1</sup> Cálculos realizados utilizando a metodologia de cálculo constante da proposta de revisão do RCCTE para 2013, que considera um fator de conversão para energia primária de 2,5 kWh<sub>ep</sub>/kWh para a eletricidade e de 1 kWh<sub>ep</sub>/kWh para o gás natural

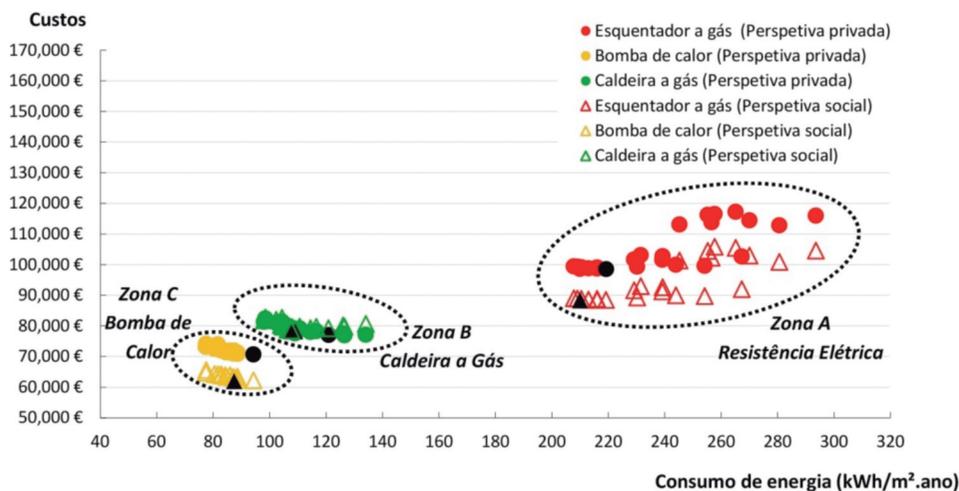


Figura 3 - Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar existente

Entre as variantes testadas, verifica-se que os níveis ótimos de rentabilidade, em ambas as perspetivas, são alcançados com a utilização de bomba de calor.

Analisadas as variantes testadas com resistência elétrica para aquecimento e esquentador a gás natural para as águas quentes sanitárias (zona A da figura 3 e representada na figura 4), verifica-se uma capacidade de redução do consumo de energia de cerca de um quarto entre as medidas mais básicas e aquelas que conduzem ao nível ótimo de rentabilidade, designadamente de cerca de 295 kWh/(m².ano) para cerca de 220 kWh/(m².ano).

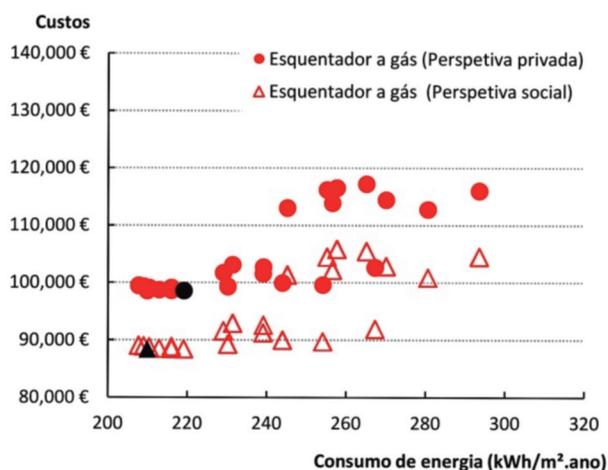


Figura 4 - Nível ótimo de rentabilidade com a utilização de resistência elétrica para aquecimento e esquentador a gás para águas quentes sanitárias - zona A da figura 3

De salientar que a utilização de um equipamento para aquecimento com um uso de energia tão ineficiente como a resistência elétrica, conduz a que os níveis ótimos de rentabilidade (variantes assinaladas a negro na figura 4) sejam encontrados com níveis de isolamento na envolvente bastante elevados quando comparados com os valores de referência atualmente utilizados em Portugal para a zona climática em questão (que são atualmente de 0,60 W/m².°C para as paredes exteriores, 0,45 W/m².°C para as envolventes horizontais e 3,30 W/m².°C para os envidraçados), como pode ser verificado nas Tabelas 2 e 3.

Neste caso em concreto, os níveis ótimos de rentabilidade na perspetiva social e na perspetiva privada foram encontrados para variantes diferentes e para uma utilização de energia primária de cerca de 209 kWh/(m².ano) e 219 kWh/(m².ano) respetivamente, valores estes que representam uma redução para 55% e 53%, respetivamente, do valor que o edifício apresentava antes de qualquer intervenção.

No caso das variantes testadas com a utilização de caldeira a gás natural para satisfação das necessidades de aquecimento ambiente e de águas quentes sanitárias (zona B da figura 3), verifica-se um grande equilíbrio entre o investimento necessário para variar as medidas de melhoria e o impacto que as medidas de melhoria apresentam ao nível da redução dos custos com

energia, conduzindo a uma curva em que as diferenças no custo global das várias variantes testadas não é muito expressivo (figura 5), ainda que o leque de variantes testadas permita reduzir em cerca de um terço a utilização de energia primária entre a variante mais básica e a que conduz a menores necessidades energéticas.

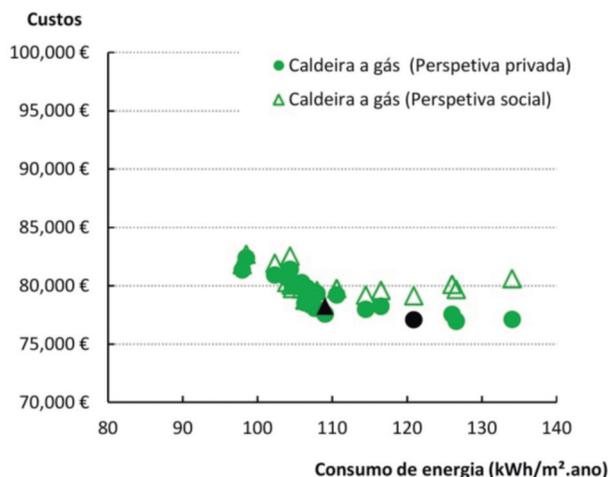


Figura 5 - Nível ótimo de rentabilidade com a utilização de caldeira a gás natural para aquecimento e para águas quentes sanitárias - zona B da figura 3

A utilização deste equipamento conduz a níveis ótimos de rentabilidade com uma utilização de energia primária de cerca de 120 kWh/(m².ano) na perspetiva privada e 110 kWh/(m².ano) na perspetiva social, valores estes que representam uma redução para 26% e 24% respetivamente, do valor que o edifício apresentava antes de qualquer intervenção.

Relativamente à utilização de bomba de calor para aquecimento e para as águas quentes sanitárias (zona C da figura 3), as diferentes variáveis apresentam uma capacidade limitada de redução da utilização de energia primária e o nível ótimo de rentabilidade corresponde a uma das soluções mais básicas de intervenção na envolvente.

A utilização de um equipamento com um uso de energia tão eficiente como a bomba de calor com um COP de 3.33 para aquecimento e águas quentes sanitárias conduz a que os níveis ótimos de rentabilidade (variantes assinaladas a negro na figura 6) sejam encontrados com níveis de isolamento na envolvente bastante baixos e no caso da cobertura e pavimento até acima do atual valor de referência. Os níveis ótimos de rentabilidade na perspetiva social e na perspetiva privada foram encontrados com variantes distintas. Na perspetiva privada, a variante correspondente ao nível ótimo implica uma utilização de energia primária de cerca de 95 kWh/(m<sup>2</sup>.ano), valor que representa uma redução para cerca de 20% dos valores que o edifício

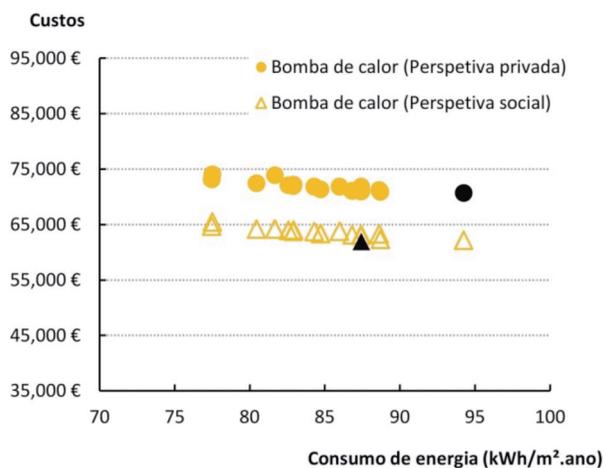


Figura 6 - Nível ótimo de rentabilidade com a utilização de bomba de calor para aquecimento e para águas quentes sanitárias - zona C da figura 3

apresentava antes de qualquer intervenção, enquanto na perspetiva social a variante que conduz ao nível de rentabilidade

ótimo apresenta valores de utilização de energia primária de 87 kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

Nas Tabelas 2 e 3 apresenta-se um resumo dos níveis ótimos de rentabilidade para o consumo de energia primária e para os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente do edifício encontrados com a utilização de cada um dos equipamentos, e também os mesmos valores para a solução de referência.

### 3.4. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Avaliado o impacto neste edifício da variação da evolução do preço da energia, dos crescimentos anuais previstos nos cenários

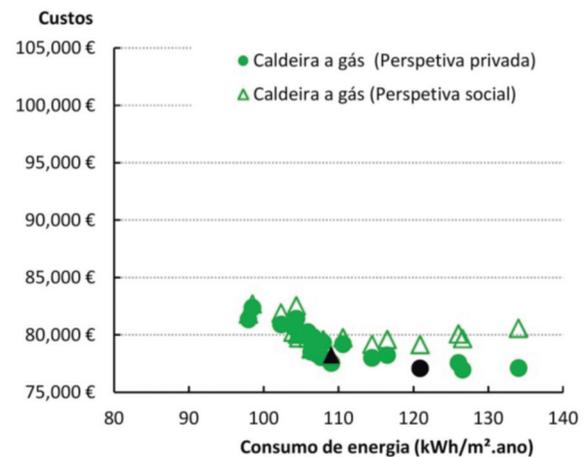


Figura 7 - Nível ótimo de rentabilidade para caldeira a gás natural para aquecimento e AQS com evolução do preço da energia do cenário base

Tabela 2 - Resumo das soluções ótimas por equipamento na perspetiva privada

	Energia Primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	U Paredes (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Cobertura (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Pavimento (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)
Referência	469.49	1.10	2.50	1.56	3.90
Esquentador a gás	219.19	0.29	0.31	0.30	2.30
Caldeira a gás	120.90	0.52	0.64	0.61	2.30
Bomba de calor	94.25	0.60	0.77	0.72	2.30

Tabela 3 - Resumo das soluções ótimas por equipamento na perspetiva social

	Energia Primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	U Paredes (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Cobertura (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Pavimento (W/m <sup>2</sup> .°C)	U Envidraçados (W/m <sup>2</sup> .°C)
Referência	469.49	1.10	2.50	1.56	3.90
Esquentador a gás	209.99	0.23	0.27	0.26	2.30
Caldeira a gás	109.03	0.29	0.33	0.50	2.30
Bomba de calor	87.43	0.38	0.77	0.69	2.30

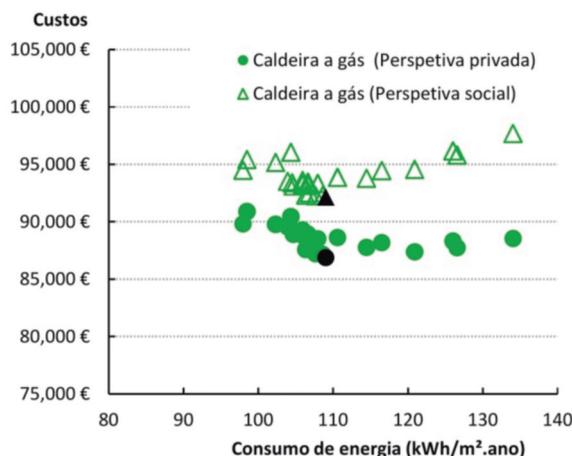


Figura 8 - Nível ótimo de rentabilidade para caldeira a gás natural para aquecimento e AQS com evolução do preço da energia de 5% ao ano

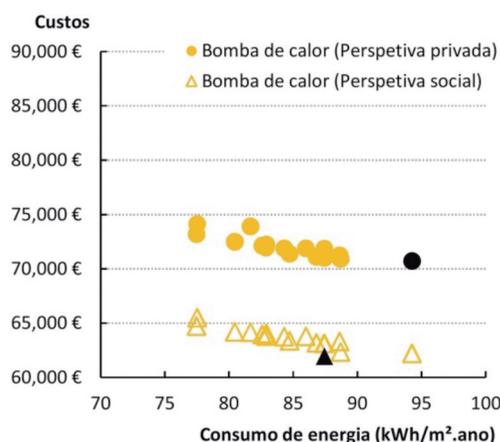


Figura 9 - Nível ótimo de rentabilidade para bomba de calor para aquecimento e AQS com evolução do preço da energia do cenário base

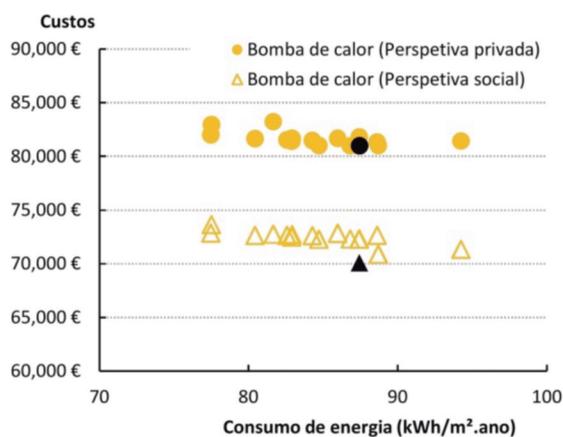


Figura 10 - Nível ótimo de rentabilidade para bomba de calor para aquecimento e AQS com evolução do preço da energia de 5% ao ano

rios selecionados para um cenário de evolução contínua dos preços da energia de 5% ao ano, verificam-se alterações relevantes no desenho das curvas de rentabilidade. As variantes ótimas na perspetiva privada também se alteram como se pode observar das comparações feitas nas figuras 7 e 8 e figuras 9 e 10.

As análises realizadas para este edifício permitiram identificar uma distância relevante entre os níveis ótimos de utilização de energia primária e os limites impostos pela atual regulamentação. Os níveis ótimos são atingidos com a utilização de bomba de calor para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias, sendo de 94 kWh/(m².ano) na perspetiva privada, enquanto na perspetiva social se obtêm níveis de 87 kWh/(m².ano). Estes valores representam uma diferença entre os níveis ótimos e os limites previstos na regulamentação de 16 e 22%, em função da perspetiva.

A utilização de variantes com outros equipamentos, designadamente caldeiras a gás natural para aquecimento e águas quentes sanitárias, conduz a divergências entre os níveis ótimos e os limites regulamentares ainda mais acentuados, chegando aos 29%.

Para as mesmas variantes de medidas, verifica-se uma tendência de deslocação dos níveis ótimos alcançados para alguns dos equipamentos, para níveis mais ambiciosos, principalmente na perspetiva privada quando se baixa a taxa de desconto ou se aumenta o acréscimo do preço de energia. No entanto, para os níveis ótimos anteriormente identificados, só no caso da perspetiva privada se regista a deslocação do nível ótimo de 94 para 87 kWh/(m².ano), igualando assim o valor atingido para a perspetiva social.

#### 4. CONCLUSÕES

Os cálculos dos níveis ótimos de rentabilidade realizados para o caso de estudo apresentado, apesar das limitações decorrentes de se tratar de um único edifício e da especificidade geográfica, permitem retirar algumas conclusões sobre a aplicação da metodologia.

A interação entre as medidas para a melhoria da envolvente e os equipamentos deve ser avaliada, uma vez que a análise tornou claro que para equipamentos com diferentes rendimentos e utilizando distintas fontes de energia, os níveis ótimos de rentabilidade podem ser obtidos com diferentes soluções na envolvente, e de um modo global, quanto mais eficiente o equipamento menor o investimento economicamente rentável na envolvente.

A solução de nível de rentabilidade ótimo corresponde a variantes que utilizam uma bomba de calor para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias.

Relativamente aos níveis de rentabilidade ótimos para os elementos da envolvente, obtêm-se valores relativamente elevados quando comparados com os valores de referência atualmente em uso em Portugal, e claramente condicionados pela elevada eficiência dos equipamentos de climatização. Ainda assim, nas paredes exteriores e envidraçados, existirá margem para melhorar o desempenho relativamente aos atuais valores de referência.

As análises realizadas permitiram identificar uma distância relevante, de aproximadamente 20%, entre os níveis ótimos de utilização de energia primária e os limites impostos pela atual regulamentação.

As análises de sensibilidade realizadas considerando um cenário alternativo para a evolução do preço da energia permitiram obter resultados que, para alguns dos equipamentos testados, são significativamente distintos no desenvolvimento das curvas e nos níveis ótimos de rentabilidade identificados. Este dado alerta para o facto de uma eventual evolução dos preços da energia mais acentuada que o previsto tornar os valores aqui considerados como ótimos em requisitos abaixo do nível ótimo de rentabilidade. Nestas análises, verifica-se tendencialmente uma aproximação dos níveis ótimos na perspetiva privada em direção aos níveis ótimos obtidos na perspetiva social com o aumento do preço da energia, dando a indicação de que esta última poderá conduzir a resultados de maior fiabilidade, uma vez que reduzem o impacto da incerteza na futura variação destes parâmetros.

### BIBLIOGRAFIA

*BPIE - Europe's Buildings under the Microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings, 2011*

*Comissão Europeia - A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, 2011, Brussels*

*Comissão Europeia - Orientações que acompanham o Regu-*

*lamento Delegado (EU) Nº 244/2012 da Comissão, de 16 de Janeiro de 2012, que complementa a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios, através do estabelecimento de um quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios (2012/C 115/01), 2012*

*Comissão Europeia - Regulamento Delegado (EU) Nº 244/2012 da Comissão, de 16 de Janeiro de 2012 que complementa a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios, através do estabelecimento de um quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios, 2012*

*Comissão Europeia - "The European Climate Change Programme". European Communities, 2006, ISBN 92-79-00411-5, 2006*

*NENRY, Françoise; UIHLEIN, Andreas; COLODEL, Cecilia Makishi; WETZEL, Christian; BRAUNE, Anna; WITTSTOCK, Bastian; HASAN, Ivana; KREIßIG, Johannes;*

*GALLON, Nicole; NIEMEIER, Sigrid; FRECH, Yosrea - Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union - Potential and costs, 2010*

*Parlamento Europeu - Directiva 2010/31/CE do Parlamento*

# Formação Modular Certificada

| Formação Financiada no Âmbito do POPH

### Destinatários:

Colaboradores de empresas associadas da APCMC.

### Certificação:

A conclusão com aproveitamento confere um Certificado de Qualificações.

### INSCRIÇÕES / MAIS INFORMAÇÕES

[www.apcmc.pt](http://www.apcmc.pt)

**Contactos:** [lurdes.figueiredo@apcmc.pt](mailto:lurdes.figueiredo@apcmc.pt) | [patricia.martinho@apcmc.pt](mailto:patricia.martinho@apcmc.pt)  
Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção  
Pç. Francisco Sá Carneiro, 219, 3º, 4200-313 Porto  
Tel.: 225 074 210; Fax: 225 074 218/9 | Site: [www.apcmc.pt](http://www.apcmc.pt)

### OFERTA FORMATIVA

- **Comércio (Norte, Centro, Lisboa, Alentejo e Algarve)**  
Política de gestão de stocks • Técnicas de merchandising • Ambiente, segurança, higiene e saúde no trabalho • Comunicação interpessoal • Atendimento • Fidelização de clientes • Profissional de vendas • Prospeção comercial, preparação e planeamento da venda • Entrevista de vendas • Apresentação, argumentação e fecho da venda • Relacionamento interpessoal • Organização pessoal e gestão do tempo • Normas de armazenagem • Operação/utilização de empilhadores • Marketing
- **Ciências Informáticas (Norte e Centro)**  
Processador de texto • Folha de cálculo
- **Enquadramento na Organização/Empresa (Norte e Centro)**  
Gestão da qualidade • Metodologias de implementação de sistemas de gestão da qualidade • Auditorias ao sistema de gestão da qualidade • Monitorização e medição dos processos / produto • Ferramentas da qualidade



