



Novembro 2014

Reabilitação Energética de uma Moradia Unifamiliar

Soluções de isolamento térmico

Lã Mineral Natural* con ECOSE® Technology



Eficiência energética e sustentabilidade

A **ECOSE® Technology** é uma tecnologia revolucionária de resina sem formaldeído fabricada com materiais orgânicos facilmente renováveis, evitando assim a utilização de derivados do petróleo. Esta tecnologia reduz a utilização de energia no processo de fabrico, oferecendo uma maior sustentabilidade ambiental.

Apresentamos a nova geração de **Lã Mineral Natural***:

- **Nível superior de sustentabilidade**
- **Sem corantes nem tintas artificiais**
- **Reduz as emissões contaminantes durante o seu fabrico**
- **Prestações ensaiadas e comprovadas**



Isolamento
térmico



Eficiência
energética



Isolamento
acústico



Proteção
contra incêndio



Sustentabilidade



* Tecnologia de resina sem formaldeídos nem fenóis



Índice

1. Introdução	pág 4
2. Caso de estudo	pág 5
2.1. Enquadramento Regulamentar	pág 5
2.1.1. Zonas climáticas	pág 6
2.1.2. Critérios térmicos	pág 6
2.2. Análises e Objetivos	pág 8
2.3. Metodologia	pág 8
2.4. Resultados	pág 8
2.5. Observações	pág 9
3. Características do edifício	pág 10
3.1. Descrição	pág 10
3.2. Características dos elementos construtivos	pág 12
3.3. Soluções KNAUF INSULATION	pág 13
3.3.1. MANTA KRAFT (TI 212)	pág 13
3.3.2. PAINEL ETICS FKD-S-C1	pág 14
3.3.3. PAINEL PLUS (TP 138)	pág 15
3.3.4. SUPAFIL 034	pág 16
3.4. Coeficientes de transmissão térmica da moradia	pág 17
3.5. Intervenções	pág 18
4. Análise energética	pág 19
4.1. Avaliação individual da contribuição das diferentes envolventes para a poupança energética	pág 19
4.1.1. Análise 1	pág 19
4.1.2. Análise 2	pág 20
4.1.3. Análise 3	pág 21
4.1.4. Análise 4	pág 22
4.2. Integração de todas as medidas de Reabilitação Energética	pág 23
5. Exemplo de redução de custos e período de retorno do investimento	pág 26
6. Conclusões	pág 27

1. Introdução

A procura energética de um edifício corresponde à necessidade que o edifício tem em usar energia para aquecer ou arrefecer os espaços interiores. O nível de procura de energia do edifício é determinado pelas suas características de localização, orientação e características de construção de paredes, coberturas e janelas. **Em zonas onde o clima é frio, a utilização de isolamento térmico nas paredes pode reduzir a perda de calor e manter as áreas quentes durante mais tempo** com uma menor utilização de sistemas de aquecimento. Portanto, a procura de energia pode ser entendida como a necessidade de consumir energia no edifício.

Face à legislação em vigor, no ato de venda / arrendamento de imóveis, é obrigatória a apresentação do respetivo certificado energético. Todos os imóveis novos estão obrigados a ser certificados energeticamente desde 2006, tal como o D.L80/2006 o impunha.

A necessidade de melhorar a qualidade dos edifícios mais antigos, nomeadamente o seu comportamento térmico, faz com que **a reabilitação térmica da envolvente se assuma como uma das principais medidas da reabilitação energética em edifícios**. Dependendo da performance da envolvente, podem ser obtidas significativas economias de energia, ao mesmo tempo que são melhoradas as condições de conforto térmico.

As medidas de melhoria de desempenho energético, para os edifícios existentes, têm de ter em linha de conta que **o parque edificado português, no que concerne ao setor residencial é genericamente um parque envelhecido**. Uma parte significativa encontra-se bastante degradada, exigindo intervenções que visem melhorar as suas características de habitabilidade, sendo que muitos deles por terem sido construídos antes da existência de qualquer regulamentação térmica, apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética, que se traduz, fundamentalmente, em envolventes com um isolamento térmico insatisfatório ou inexistente.

A reabilitação térmica e energética de edifícios constitui uma importante via para a correção de situações de inadequação funcional, proporcionando uma melhoria na qualidade térmica e nas condições de conforto dos ocupantes, permitindo reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento e ventilação, possibilitando ainda em muitos casos, a correção de patologias ligadas à presença de humidade e à degradação do aspeto nos edifícios.

As medidas apresentadas neste estudo têm enquadramento para novas construções, reabilitações ou meramente como medidas de melhoria.



Avalia-se o desempenho energético de uma moradia unifamiliar, de construção corrente em Portugal, para as diferentes zonas climáticas, anterior à legislação térmica em Portugal. Estudam-se as potencialidades existentes de uma reabilitação energética.

De entre os diversos fatores que afetam o comportamento térmico dos edifícios, destacam-se sobretudo, os materiais e os sistemas construtivos utilizados na definição da envolvente, enquanto influência direta nas condições de conforto no interior. Para criar ambientes interiores salubres e confortáveis, é necessário que exista interação entre o edifício e o clima em que está inserido. Na essência, a qualidade de um edifício depende das características dos elementos que fazem a fronteira entre a casa e o ambiente exterior, ou seja, da capacidade adequada para acumular, absorver ou evitar ganhos e perdas de calor no verão e no inverno.

As características principais a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos de energia, e que afetam o comportamento térmico do edifício, são a inércia térmica do material e o seu poder isolante, as pontes térmicas, os envidraçados e a ventilação.

2.1. Enquadramento regulamentar

A nível nacional, deve referir-se que anteriormente a 1990 não existiam requisitos térmicos de edificação em Portugal. No entanto, em 1990 foi publicado o Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro – que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A redução do consumo de energia pelos sectores residencial e de serviços foi uma das áreas estratégicas de atuação da União Europeia, que elaborou, em 2002, uma Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios, obrigando os estados membros a transpô-la até Janeiro de 2006 através de leis e regulamentos.

Assim no ano de 2006, O Decreto-lei n.º 80/2006, de 4 de Abril, que aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que indica as regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e serviços sem sistemas de climatização centralizados, substituiu o D.L. 40/90.

O D.L. 80/2006 foi recentemente revogado e atualmente o regulamento em vigor é o Decreto-lei 118/2013 e suas portarias e despachos que lhe dão suporte.



2.1.1. Zonas climáticas

Para os efeitos do Decreto-lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e respetiva regulamentação, o despacho n.º 15793-F/2013 define os parâmetros para o zonamento climático.

Neste despacho são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) para aplicação de requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente.

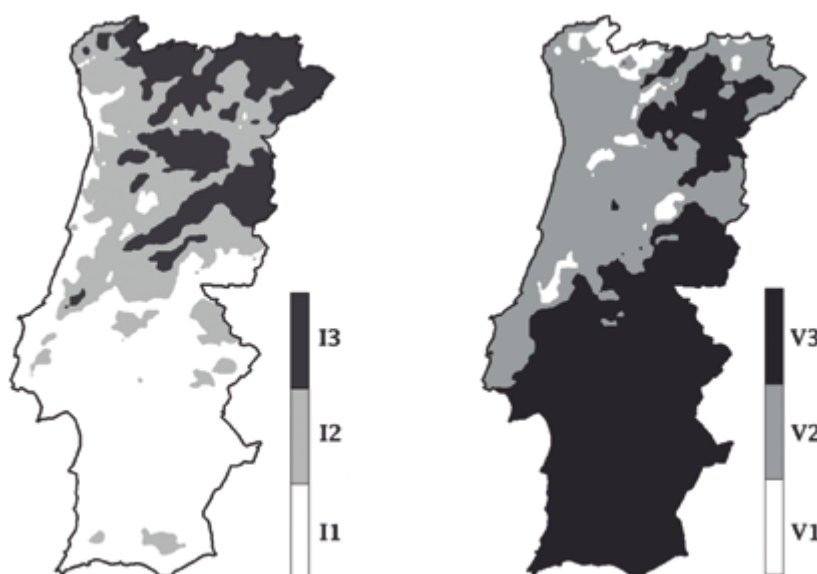


Figura 1: Zonas climáticas de inverno e verão, respetivamente



2.1.2. Critérios térmicos

A fachada de um edifício, em conjunto com os restantes elementos da sua envolvente exterior, constitui a zona mais exposta do edifício e estabelece a barreira de separação entre o ambiente interior e o ambiente exterior.

A utilização de materiais isolantes na envolvente de um edifício é essencial para satisfazer as condições de conforto interior cada vez mais exigentes e para a redução dos consumos energéticos, bem como para cumprir as exigências regulamentares nacionais.

No caso de edifícios novos, ou existentes sujeitos a grandes intervenções importa realçar, para este estudo, a indicação relativa aos coeficientes de transmissão térmica superficial de referência para elementos opacos, tal como indicado na Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de novembro.

Portugal Continental - Zona Climática - U_{ref} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

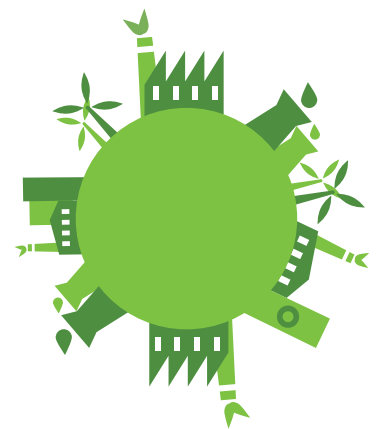
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos 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 $b_{tr} \leq 0.7$	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		

Tabela 1: Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados, U_{ref} ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

Da tabela anterior, constata-se que a exigência de envolventes exteriores cada vez mais isolada, para as diferentes zonas climáticas, é uma tendência nas regulamentações europeias, e consequência da transposição para os regulamentos nacionais das exigências da recente Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos edifícios.

Nesta mesma tabela são referenciados “espaços não úteis”, estes espaços são por definição espaços fechados, ventilados ou não, que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e são espaços não climatizados. Incluem-se aqui armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, lavandarias, entre outros.

Para os espaços não úteis é necessário determinar os valores dos coeficientes de redução de perdas, b_{tr} , para o cálculo da transferência de calor por transmissão através da envolvente interior, por elementos em contacto com locais não-úteis e edifícios vizinhos. Para o caso em estudo, tradando-se de um edifício existente foi adotada a regra de simplificação, despacho n.15793-E/2013 que indica um b_{tr} de 0,8 para todos os espaços não úteis e de 0,6 para edifícios adjacentes.





2.2. Análises e objetivos

A reabilitação energética de um edifício existente tem por objetivo melhorar a qualidade térmica e racionalizar a gestão da energia. A ineficiência energética tem um efeito direto na degradação do ambiente, de facto, a redução de emissões de CO₂ é um dos argumentos que se deve enfrentar a favor da transposição da reabilitação energética.

Na reabilitação energética da moradia unifamiliar, considerou-se hipoteticamente uma moradia da década de 70, que foi alvo de uma primeira reabilitação energética nos anos 90, tal como era típico da época. Esta reabilitação consistiu na colocação de 30 mm de isolamento de lã mineral no desvão da cobertura, na substituição de aquecedor elétrico existente para uma caldeira a gás propano e na substituição dos vidros existentes por vidros duplos. Dadas as escassas exigências térmicas da época, tudo indica que um grande parque de habitações desta altura não possui qualquer tipo de isolamento térmico nas suas envolventes, revelando um enorme potencial no que à poupança de energia diz respeito. É importante e fundamental avaliar-se a influência das diferentes soluções de isolamento térmico propostas pela KNAUF INSULATION, nos diferentes tipos de envolvente, com o intuito de se avaliar o contributo destes para a melhoria do desempenho energético.

Neste estudo são apresentados valores das poupanças (%) do consumo energético (kWh/m².ano) e das emissões de CO₂ (kgCO₂/m².ano).

2.3. Metodologia

A metodologia desenvolvida para atender ao propósito fundamental deste trabalho, que é avaliar várias medidas corretivas destinadas a superar as deficiências apresentadas nos edifícios existentes, em termos de desempenho térmico e nas suas necessidades nominais anuais de energia, tendo em conta a garantia das condições de conforto mínimas.

Na avaliação do desempenho energético, recorreu-se à folha de cálculo denominada por “folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios”, de acordo com o REH (decreto-lei 118/2013 de 20 Agosto).

Neste estudo foram adotadas as regras de simplificação previstas pelo despacho n°15793-E/2013 para os edifícios existentes.

2.4. Resultados

Na tabela seguinte, resume-se a gama de valores obtidos para a poupança energética, em percentagem de redução de consumo de energia e “ambiental”, em percentagem de redução das emissões de CO₂, tendo em conta os critérios térmicos mencionados anteriormente, referindo-se à reabilitação energética das:

- Cobertura;
- Fachadas;
- Elementos interiores (em contacto com espaços não úteis).

a. Cobertura

b. Fachadas

c. Elementos interiores

Critério térmico	Intervenção dos anos 90 ⁽¹⁾		⁽¹⁾ + Reforço do isolamento na cobertura ⁽²⁾		⁽¹⁾ + ⁽²⁾ + Isolamentos das fachadas e dos elementos interiores em contacto com espaços não úteis ⁽³⁾	
	Poupança energética ⁽⁴⁾ (%)	Poupança "ambiental" ⁽⁵⁾ (%)	Poupança energética (%)	Poupança "ambiental"	Poupança energética (%)	Poupança "ambiental"
REH D.L. 118/2013	11	57	18	60	48	75

Tabela 2: Resumo das poupanças energéticas e "ambientais" máximas obtidas nas diversas zonas climáticas

(1) – Ver subcapítulo 4.1.1, consiste na colocação de 30 mm de isolamento de lã mineral no desvão da cobertura, na substituição de aquecedor elétrico por uma caldeira a gás propano e na substituição dos vidros existentes por vidros duplos.

(2) – Ver subcapítulo 4.1.2, consiste em colocar 100 mm de lã mineral **MANTA KRAFT (TI 212) de KNAUF INSULATION**

(3) – Ver subcapítulo 4.1.4, consiste em colocar 80 mm de lã mineral **PANEL ETICS FKD-S-C1** e 100 mm de lã mineral **PANEL PLUS (TP138), da KNAUF INSULATION**, respectivamente.

(4) – Percentagem de redução do consumo energético.

(5) – Percentagem de redução das emissões de CO₂.

2.5. Observações

Dos resultados anteriormente apresentados, importa evidenciar que as poupanças variam consoante a zona climática.

As maiores poupanças energéticas e "ambientais" ao reabilitar-se uma habitação, alcançam-se intervindo nas coberturas e fachadas.

As soluções que a KNAUF INSULATION propõe permitem implementar níveis de isolamento mais exigentes sob o ponto de vista térmico, que o estabelecido na regulamentação (Decreto-lei 118/2013).

Dados de interesse geral

- Num edifício com mais de 30 anos, sem isolamento térmico, considera-se prioritária a reabilitação térmica, uma vez que se pode alcançar poupanças de 48% a nível de consumo energético de aquecimento e/ou arrefecimento.
- Tecnicamente, considera-se como um desperdício energético-económico a reabilitação estrutural e/ou superficial de um edifício quando, ao realizar-se a intervenção, não se aproveitar para intervir termicamente na envolvente, como oportunidade de poupança energética, e consequentemente económica.
- Redução muito significativa das emissões de gases do efeito estufa (CO₂), melhorando a sustentabilidade do edifício.

3. Características do edifício

3.1. Descrição

Morada unifamiliar, de tipologia T3 composta por 3 pisos acima da cota do solo, com as seguintes características:

Geral	Superfícies opacas
<ul style="list-style-type: none">• Construção da década de 70;• Inercia térmica média;• Orientação exterior nos 4 principais quadrantes;• Área útil de pavimento: 143.9m²;• Área dos espaços não úteis: 70.0m²;• Pé direito médio: 2.46m.	<ul style="list-style-type: none">• Área de fachada exterior: 133.2m²;• Área de fachada interior: 19.3m²;• Vãos opacos exteriores: 3.9m²;• Área de pavimento térreo: 5.17m²;• Área de pavimento (ENU)⁽¹⁾: 68.34m²;• Área de cobertura exterior: 75.67m².
Águas quentes sanitárias	Envidraçados
<ul style="list-style-type: none">• Termoacumulador elétrico para preparação de água quente sanitária;• Consumo: 40l/pessoa por dia (Despacho n.º 15793-I/2013);• Contribuição solar: 0% (energias renováveis).	<ul style="list-style-type: none">• Área envidraçada: 36.6m²;• Coeficiente U de transmissão térmica: 4.30 (fixa) e 3.40 (de correr) W/m².°C

⁽¹⁾ **ENU: Espaço Não Útil**

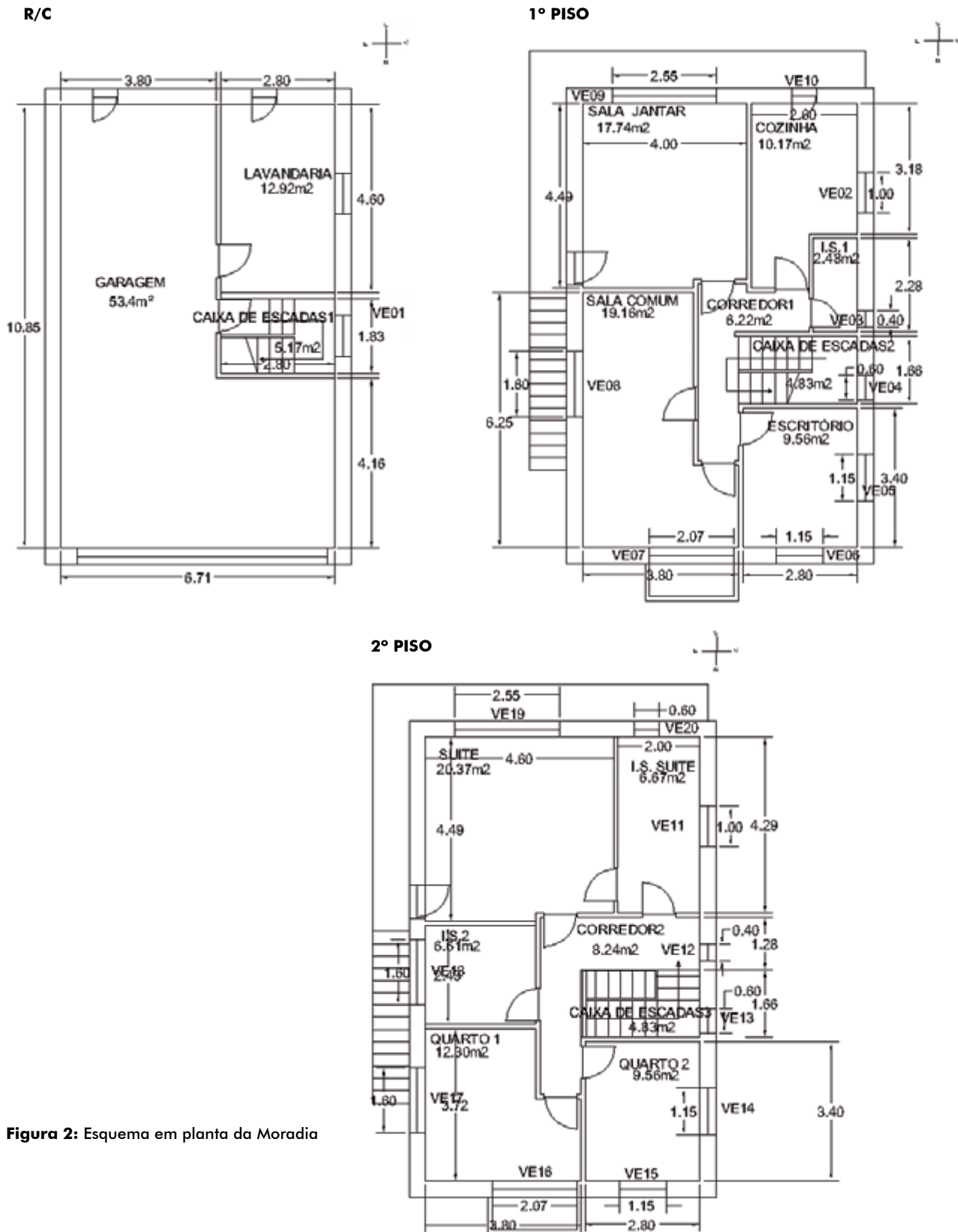


Figura 2: Esquema em planta da Moradia

3.2. Características dos elementos construtivos

Descrevem-se de seguida as características, conforme o existente.

Paredes exteriores
Parede original composta por pano dupla de alvenaria de tijolo de 15+11 com caixa-de-ar de 5cm e com acabamento superficial em ambas as faces do tipo reboco. Coeficiente U de transmissão térmica: 0,98 W/m²·°C
Paredes interiores ENU
Parede interior original de separação para a garagem e lavandaria, composta por pano simples de alvenaria de tijolo de 11 com acabamento superficial em ambas as faces do tipo reboco. Coeficiente U de transmissão térmica: 1,78 W/m²·°C
Tecto interior ENU
Tecto interior original (sobre espaços não uteis – garagem e lavandaria) composto por um pavimento superficial 1º piso do tipo madeira, betonilha de regularização e estrutura em laje aligeirado do tipo blocos cerâmicos (0.13 a 0.15). Coeficiente U de transmissão térmica: 1,65 W/m²·°C
Cobertura exterior
Cobertura inclinada original sem isolamento térmico, comporta por revestimento superficial interior do tipo estuque, esteira horizontal de laje aligeirada em blocos cerâmicos (0.13 a 0.15), desvão não-habitado e revestimento descontínuo do tipo telha. Coeficiente U de transmissão térmica: 2,80 W/m²·°C
Vãos opacos exteriores e interiores ENU
Portas de madeira densa com 5cm de espessura.
Vãos envidraçados
Vãos simples, compostos por vidros simples incolores e caixilharias em madeira.

Da composição das envolventes acima descritas, é de realçar a ausência de isolamento térmico na envolvente.

3.3. Soluções Knauf Insulation

As soluções apresentadas para a reabilitação energética, incidem sobre quatro soluções da KNAUF INSULATION.

3.3.1. Manta Kraft (TI 212)

MANTA KRAFT (TI 212) é um isolante termo-acústico de lã mineral com textura uniforme, que se apresenta sob a forma de rolos revestidos numa das suas faces com uma barreira de vapor constituída por um complexo de papel kraft / polietileno.

Características	Símbolo	Especificações	Normas
Condutibilidade térmica	λ_D	0.040 W/m·K	EN 12667
Reação ao fogo	Euroclasse	F	EN 13501-1
Resistência ao vapor de água	Z	$\geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{mg}$	EN 12086

Tabela 3: Características técnicas Manta Kraft (TI 212)

Aplicações típicas:

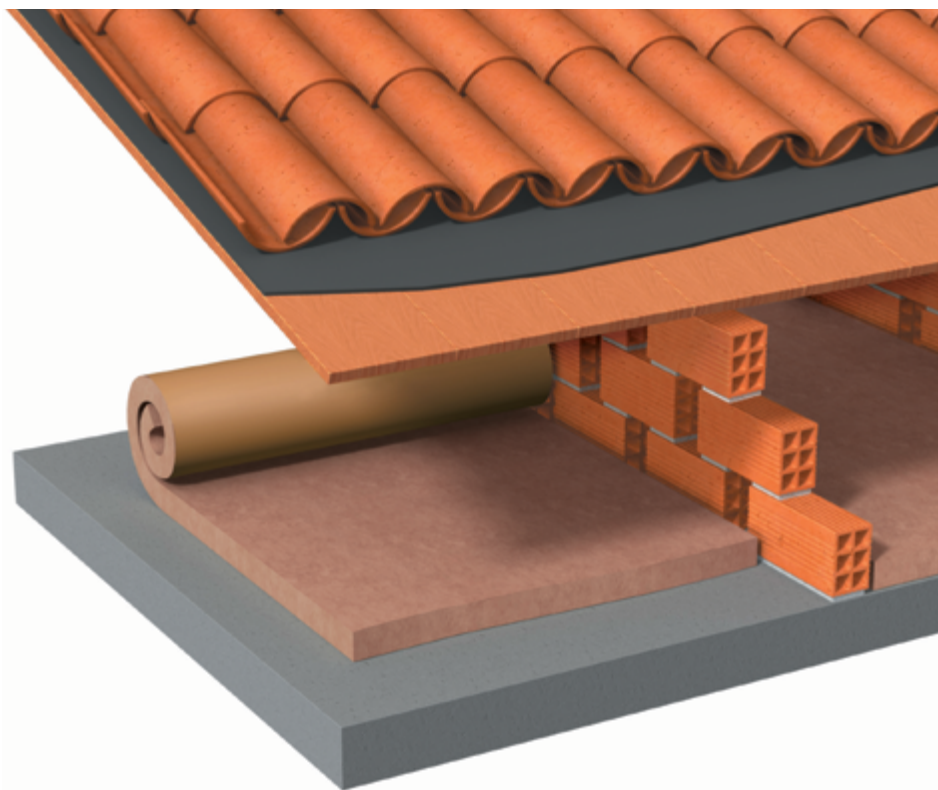


Figura 3: Aplicação de MANTA KRAFT (TI 212) sobre o desvão da cobertura.

3.3.2. Painel Etics FKD-S-C1

Painel compacto de Lã Mineral para ETICS, de altas prestações térmicas, com primário numa das faces. O PAINEL ETICS FKD-S-C1 cumpre largamente as exigências das normas EN 13500 e ETAG 004 relativas a aplicação de ETICS com lã mineral.

Características	Símbolo	Especificações	Normas
Condutibilidade térmica	λ_D	0.036 W/m-K	EN 12667
Reação ao fogo	Euroclasse	A1 "não combustível"	EN 13501-1
Toleranciamento dimensional de espessura	T5	-1, +3 mm	EN 823
Estabilidade dimensional segundo temperatura e humidade	DS(TH)	$\leq 1\%$	EN 1604
Resistência à compressão	CS(10)	≥ 30 kPa	EN 826
Resistência à tração perpendicular	TR	≥ 10 kPa	EN 1607
Absorção de água a curto prazo	W_p	1 kg/m ²	EN 1609
Absorção de água a longo prazo	W_{lp}	3 kg/m ²	EN 12087
Fator de resistência à difusão ao vapor de água	μ	1	EN 12086

Tabela 4: Características técnicas Painel ETICS FKD-S-C1

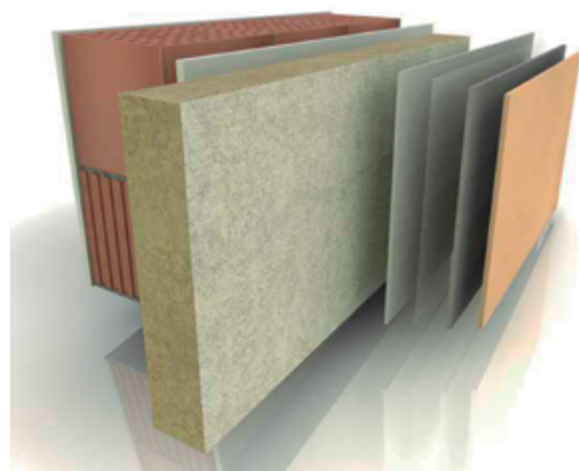


Figura 4: Aplicação do PAINEL ETICS FKD-S-C1 no Sistema de Isolamento Exterior de Fachadas (ETICS)

3.3.3. Painel Plus (TP 138)

O PAINEL PLUS (TP 138) é um isolante termo-acústico de lã mineral com textura uniforme. O seu coeficiente de condutibilidade térmica torna o PAINEL PLUS (TP 138) num painel isolante de elevada performance térmica.

Características	Símbolo	Especificações	Normas
Condutibilidade térmica	λ_D	0.032 W/m·K	EN 12667
Reação ao fogo	Euroclasse	A1 – não combustível	EN 13501 – 1
Absorção de água a curto prazo	W_p	$\leq 1 \text{ kg/m}^2$	EN 1609
Absorção de água a longo prazo	W_{pL}	$\leq 3 \text{ kg/m}^2$	EN 12087
Resistência ao fluxo de ar	r_s	$\geq 5 \text{ kPa}\cdot\text{s/m}^2$	EN 29053
Fator de resistência à difusão ao vapor de água	μ	1	EN 12086

Tabela 5: Características técnicas Painel Plus (TP 138)



Figura 5: PAINEL PLUS (TP 138)

3.3.4. Supafil 034

Isolante de lã mineral virgem sem ligante de fácil aplicação para aplicar em paredes duplas. Não combustível, de muito baixa condutividade térmica. Especialmente desenvolvido para isolamento térmico, acústico e proteção contra incêndios.

Características	Símbolo	Especificações	Unidades	Normas
Reação ao fogo	Euroclasse	A1 – “não combustível”	-	EN 13501 – 1
Condutibilidade térmica	λ_D	0.034	W/m·K	EN 12667
Resistência térmica segundo a espessura da cavidade preenchida	R_d	50 60 70 80 100	mm	
		1.50 1.80 2.10 2.40 2.90	m ² ·K/W	

Tabela 6: Características técnicas Supafil 034

Aplicações típicas:



Figura 6: Aplicação de SUPAFIL 034 na caixa-de-ar da fachada

3.4. Coeficientes de transmissão térmica da moradia

Com base nas soluções construtivas da moradia em estudo, avaliou-se os coeficientes de transmissão térmica para as diferentes soluções da KNAUF INSULATION.

		Original	Intervenção década de 90	Reforço isolamento cobertura	Isolamento fachadas	Isolamento elementos interiores em contacto com espaços não úteis ^{f)}	Referência		
							11	12	13
Coeficientes de transmissão térmica [W/m ² .°C]	Cobertura para o desvão	2.80	0.98 ^{a)}	0.28 ^{b)}	0.28	0.28	0.40	0.35	0.30
	Paredes exteriores	0.98	0.98	0.98	0.31 ^{c)}	0.31	0.50	0.40	0.35
	Paredes interiores ENU	1.78	1.78	1.78	1.78	0.27 ^{d)}	0.50 ^{e)} 1.00 ^{f)}	0.40 ^{e)} 0.80 ^{f)}	0.35 ^{e)} 0.70 ^{f)}
	Tecto interior ENU	1.65	1.65	1.65	1.65	0.26 ^{d)}	0.40 ^{e)} 0.80 ^{f)}	0.35 ^{e)} 0.70 ^{f)}	0.30 ^{e)} 0.90 ^{f)}
	Vãos envidraçados	4.30 3.40	2.90 2.50	2.90 2.50	2.90 2.50	2.90 2.50	2.90	2.60	2.40

Tabela 7: Coeficientes de transmissão térmica

- a) Aplicação de 30mm de lã mineral sobre o desvão
- b) Aplicação de 100mm de MANTA KRAFT (TI 212) sobre o desvão
- c) Aplicação de 80mm de PAINEL ETICS FKD-S-C1, equivalente a uma espessura de 70 mm de PAINEL PLUS (TP 138) e de 75 mm de SUPAFIL 034
- d) Aplicação de 100mm de PAINEL PLUS (TP 138)
- e) Ver subcapítulo 2.1.2, para casos em que o $b_{tr} > 0,70$
- f) Ver subcapítulo 2.1.2, para casos em que o $b_{tr} \leq 0,70$

Para considerações posteriores, foi definido por simplificação que o desempenho térmico de uma solução com PAINEL ETICS FKD-S-C1 é em tudo semelhante à de uma solução com a aplicação de SUPAFIL 034 na caixa-de-ar, ou à aplicação de PAINEL PLUS (TP 138) pelo interior. Esta simplificação é permitida porque no método simplificado não há alteração ao nível das pontes térmicas lineares e da inércia térmica.



3.5. Intervenções

Para a análise posterior consideraram-se vários níveis de intervenção, cumulativos, a saber:

0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;

1. Intervenção nos anos 90;

Nesta intervenção considerou-se a colocação de isolamento térmico no desvão da cobertura com 30 mm de lã de rocha, a instalação de uma caldeira a gás propano para água quente e aquecimento e a substituição dos envidraçados existentes por vidros duplos;

2. Reforço do isolamento térmico no desvão cobertura.

Esta intervenção refere-se à implementação do reforço do isolamento térmico no desvão da cobertura, utilizando-se lã mineral MANTA KRAFT (TI 212);

3. Aplicação de isolamento térmico nas fachadas e nos elementos interiores ENU.

Aplicação de PAINEL ETICS FGD-S-C1, nas fachadas exteriores e nos elementos da envolvente interior em contacto com espaços não uteis, aplicação de lã mineral PAINEL PLUS (TP 138);

4. Substituição da caldeira por uma caldeira de condensação;

5. Instalação de um sistema solar térmico para produção de AQS;

6. Substituição das caixilharias por caixilharias de classe de permeabilidade I e das caixas de estore por caixas de estore com permeabilidade ao ar baixa.

4. Análise energética

4.1. Avaliação individual da contribuição das diferentes envolventes para a poupança energética

Na presente secção pretende-se avaliar o desempenho energético das medidas de melhoria, de forma a permitir detetar as áreas mais relevantes de consumo, com o intuito de identificar medidas que permitam delinear estratégias de otimização, reduzindo a fatura energética e o seu impacto no ambiente.



4.1.1. Análise 1

0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;

1. Intervenção nos anos 90;

Zona Climática	I1V2	I1V3			I2V1		I2V2	I2V3	I3V1	I3V2		I3V3	
Cidade de referência	Porto	Lisboa	Faro	Beja	Coimbra	Braga	Viana do Castelo	Covilhã	Bragança	Vila Real	Guarda	Mirandela	
Altitude [m]	86	4	145	178	67	177	268	507	900	571	717	350	
0	kWh/m ² .ano	184,89	142,56	160,97	180,12	192,68	225,77	247,78	258,29	362,82	273,23	294,85	243,92
	kgCO ₂ /m ² .ano	66,56	51,32	57,95	64,84	69,37	81,28	89,20	92,98	130,61	98,36	106,15	87,81
0+1	kWh/m ² .ano	170,09	128,04	145,69	162,09	177,47	209,57	231,56	239,11	343,17	242,28	271,73	224,16
	kgCO ₂ /m ² .ano	28,92	22,83	26,07	30,38	30,17	35,63	39,37	41,60	58,34	42,43	46,19	39,90
	Poupança energética (%)	8	10	9	10	8	7	7	7	5	11	8	8
	Poupança ambiental (%)	57	56	55	53	57	56	56	55	55	57	56	54

Tabela 8: Valores de consumo de energia e emissões de CO₂. Redução percentual no consumo e emissões após a intervenção da década de 90.

4.1.2. Análise 2

Reforço isolamento no desvão da cobertura.

0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;
1. Intervenção nos anos 90;
2. Reforço do isolamento térmico no desvão cobertura;

Zona Climática	I1V2	I1V3			I2V1		I2V2	I2V3	I3V1	I3V2		I3V3	
Cidade de referência	Porto	Lisboa	Faro	Beja	Coimbra	Braga	Viana do Castelo	Covilhã	Bragança	Vila Real	Guarda	Mirandela	
Altitude [m]	86	4	145	178	67	177	268	507	900	571	717	350	
0	kWh/m ² .ano	184,89	142,56	160,97	180,12	192,68	225,77	247,78	258,29	362,82	273,23	294,85	243,92
	kgCO ₂ /m ² .ano	66,56	51,32	57,95	64,84	69,37	81,28	89,20	92,98	130,61	98,36	106,15	87,81
0+1+2	kWh/m ² .ano	157,46	118,39	134,85	149,85	164,17	194,19	214,83	221,20	319,11	224,32	254,74	207,32
	kgCO ₂ /m ² .ano	26,77	21,07	24,08	28,04	27,91	33,01	36,52	38,45	54,25	39,24	43,31	36,86
	Poupança energética (%)	15	17	16	17	15	14	13	14	12	18	14	15
	Poupança ambiental (%)	60	59	58	57	60	59	59	59	58	60	59	58

Tabela 9: Valores de consumo de energia e emissões de CO₂. Redução percentual no consumo e emissões após a intervenção da década de 90 e do reforço de isolamento térmico no desvão, por baixo da cobertura.

4.1.3. Análise 3

Aplicação de isolamento térmico nas fachadas e nos elementos interiores em contacto com espaços não úteis.

- 0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;
- 1. Intervenção nos anos 90;
- 3. Aplicação de isolamento térmico nas fachadas e nos elementos interiores em contacto com espaços não úteis;

Zona Climática	IIV2	IIV3			I2V1		I2V2	I2V3	I3V1	I3V2		I3V3	
Cidade de referência	Porto	Lisboa	Faro	Beja	Coimbra	Braga	Viana do Castelo	Covilhã	Bragança	Vila Real	Guarda	Mirandela	
Altitude [m]	86	4	145	178	67	177	268	507	900	571	717	350	
0	kWh/m ² .ano	184,89	142,56	160,97	180,12	192,68	225,77	247,78	258,29	362,82	273,23	294,85	243,92
	kgCO ₂ /m ² .ano	66,56	51,32	57,95	64,84	69,37	81,28	89,20	92,98	130,61	98,36	106,15	87,81
0+1+3	kWh/m ² .ano	116,49	88,55	101,22	112,08	120,96	143,18	158,74	161,94	236,77	165,21	186,62	152,66
	kgCO ₂ /m ² .ano	20,36	16,21	18,58	21,61	21,13	24,85	27,43	28,60	40,64	29,41	32,49	27,73
	Poupança energética (%)	37	38	37	38	37	37	36	37	35	40	37	37
	Poupança ambiental (%)	69	68	68	67	70	69	69	69	69	70	69	68

Tabela 10: Valores de consumo de energia e emissões de CO₂. Redução percentual no consumo e emissões após a intervenção da década de 90 e da colocação de isolamento térmico em fachadas e nos elementos interiores em contato com espaços não úteis.

4.1.4. Análise 4

Aplicação de isolamento térmico no desvão da cobertura, nas fachadas e nos elementos interiores em contacto com espaços não úteis.

0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;
1. Intervenção nos anos 90;
2. Reforço do isolamento térmico no desvão cobertura;
3. Aplicação de isolamento térmico nas fachadas e nos elementos interiores em contacto com espaços não úteis;

Zona Climática	I1V2	I1V3			I2V1		I2V2	I2V3	I3V1	I3V2		I3V3	
Cidade de referência	Porto	Lisboa	Faro	Beja	Coimbra	Braga	Viana do Castelo	Covilhã	Bragança	Vila Real	Guarda	Mirandela	
Altitude [m]	86	4	145	178	67	177	268	507	900	571	717	350	
0	kWh/m ² .ano	184,89	142,56	160,97	180,12	192,68	225,77	247,78	258,29	362,82	273,23	294,85	243,92
	kgCO ₂ /m ² .ano	66,56	51,32	57,95	64,84	69,37	81,28	89,20	92,98	130,61	98,36	106,15	87,81
0 + 1 + 2 + 3	kWh/m ² .ano	96,48	74,26	84,95	93,70	99,90	118,58	131,92	134,00	197,69	143,89	154,62	126,63
	kgCO ₂ /m ² .ano	16,95	13,71	15,72	18,24	17,54	20,65	22,86	23,79	33,99	25,55	27,02	23,17
	Poupança energética (%)	48	48	47	48	48	47	47	48	46	47	48	48
	Poupança ambiental (%)	75	73	73	72	75	75	74	74	74	74	75	74

Tabela 11: Valores de consumo de energia e emissões de CO₂. Redução percentual no consumo e emissões, após a intervenção dos anos 90, do reforço do isolamento térmico no desvão da cobertura e da colocação de isolamento nas fachadas e nos elementos interiores em contato com espaços não úteis.

4.2. Integração de todas as medidas de reabilitação energética

As medidas de reabilitação energética devidamente estruturadas, além de conduzirem à redução das necessidades de energia de aquecimento ou de arrefecimento, podem também melhorar as condições de conforto, reduzir a potência dos equipamentos de climatização, permitindo assim o desagrevamento das despesas do utilizador.

Na tabela seguinte, apresentam-se os resultados obtidos para a classificação energética (letra), poupança energética (kWh/m².ano) e “ambiental” (kWh/m².ano), para as diferentes soluções avaliadas para a moradia em estudo, aplicando-se progressivamente as medidas de eficiência energética indicadas no subcapítulo 3.5.

0. Moradia dos anos 70 no seu estado original;
1. Intervenção nos anos 90;
2. Reforço do isolamento térmico no desvão cobertura;
3. Aplicação de isolamento térmico nas fachadas e nos elementos interiores em contacto com os espaços não uteis;
4. Substituição da caldeira;
5. Sistema solar térmico;
6. Substituição das caixilharias e caixas de estore.

Zona Climática	I1V2	I1V3			I2V1		I2V2	I2V3	I3V1	I3V2		I3V3	
Cidade de referência	Porto	Lisboa	Faro	Beja	Coimbra	Braga	Viana do Castelo	Covilhã	Bragança	Vila Real	Guarda	Mirandela	
Altitude [m]	86	4	145	178	67	177	268	507	900	571	717	350	
Edifício Original													
0	Classe Energética	E	D	E	E	E	E	E	E	F	E	E	E
	kWh/m ² .ano	184,89	142,56	160,97	180,12	192,68	225,77	247,78	258,29	362,82	273,23	294,85	243,92
	kgCO ₂ /m ² .ano	66,56	51,32	57,95	64,84	69,37	81,28	89,20	92,98	130,61	98,36	106,15	87,81

Intervenção década de 90													
0+1	Classe Energética	D	D	D	D	D	D	D	D	E	D	D	D
	kWh/m ² .ano	170,09	128,04	145,69	162,09	177,47	209,57	231,56	239,11	343,17	242,28	254,74	207,32
	kgCO ₂ /m ² .ano	28,92	22,83	26,07	30,38	30,17	35,63	39,37	41,60	58,34	42,43	46,19	39,90
Medidas de reabilitação térmica – KNAUF INSULATION													
0+1+2	Classe Energética	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
	kWh/m ² .ano	157,46	118,39	134,85	149,85	164,17	194,19	214,83	221,20	319,11	224,32	254,74	207,32
	kgCO ₂ /m ² .ano	26,77	21,07	24,08	28,04	27,91	33,01	36,52	38,45	54,25	39,24	43,31	36,86
0+1+3	Classe Energética	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	kWh/m ² .ano	116,49	88,55	101,22	112,08	120,96	143,18	158,74	161,94	236,77	165,21	186,62	152,66
	kgCO ₂ /m ² .ano	20,36	16,21	18,58	21,61	21,13	24,85	27,43	28,60	40,64	29,41	32,49	27,73
0+1+2+3	Classe Energética	B-	B-	B-	B-	C	C	C	C	C	C	C	C
	kWh/m ² .ano	96,48	74,26	84,95	93,70	99,90	118,58	131,92	134,00	197,69	143,89	154,62	126,63
	kgCO ₂ /m ² .ano	16,95	13,71	15,72	18,24	17,54	20,65	22,86	23,79	33,99	25,55	27,02	23,17

Alteração dos sistemas de aquecimento ambiente / preparação de águas quentes e ventilação													
0+1+2+3+4	Classe Energética	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	C	B-	B-	B-
	kWh/m ² .ano	77,23	60,17	68,86	76,93	79,96	94,73	105,26	107,54	157,45	115,49	123,62	102,38
	kgCO ₂ /m ² .ano	13,67	11,32	12,98	15,39	14,15	16,60	18,33	19,29	27,15	20,73	21,75	19,05
0+1+2+3+4+5	Classe Energética	B	B	B	B	B	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
	kWh/m ² .ano	63,60	45,59	53,84	61,82	65,67	81,32	91,87	92,89	143,33	101,68	109,09	88,26
	kgCO ₂ /m ² .ano	11,36	8,84	10,43	12,82	11,72	14,32	16,05	16,80	24,75	18,38	19,28	16,65
0+1+2+3+4+5+6	Classe Energética	A	A	A	B	A	B	B	B	B	B	B	B
	kWh/m ² .ano	40,29	29,05	34,45	41,09	41,13	51,61	56,52	59,46	93,57	66,25	69,67	57,37
	kgCO ₂ /m ² .ano	7,66	6,34	7,43	9,35	7,81	9,53	10,31	11,42	16,52	12,64	12,87	11,60

Tabela 12: Classificação energética, consumo de energia e emissões de CO₂ da habitação com a integração cumulativa de várias medidas eficazes, passivas e ativas.

5. Exemplo de redução de custos e período de retorno do investimento

Na tabela seguinte apresenta-se um exemplo da poupança económica, incluindo o período de retorno do investimento, com o isolamento da envolvente da habitação (intervensões 1 + 2 + 3) que é objeto deste estudo (estado original 0), numa zona climática I1V3 (Lisboa).

Neste cálculo não foram considerados possíveis subsídios. **Esta tabela inclui ainda as economias totais de energia em TEP (toneladas equivalentes de petróleo)**, considerando-se que a vida útil desta habitação é de 50 anos.

Parâmetros	Edifício sem reabilitação (0)	Edifício reabilitado (0+1+2+3)	Poupança Energética
Consumo energético	142,56 kWh/m ² ·a	74,26 kWh/m ² ·a	48 %
Poupança energética anual	$(142,56 - 74,26) \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \times 143,9 \text{ m}^2 \text{ }^{(1)} = 9.828,37 \text{ kWh/a}$ $9.828,37 \text{ kWh/a} \times 8,6 \times 10^{-5} \text{ TEP/kWh} = 0,845 \text{ TEP/a}$		
Poupança energética total	9.828,37 kWh/a x 50 a x 1MWh/1.000 kWh = 491,42 MWh 0,845 TEP/a x 50 a = 42,26 TEP (10.324 €/TEP-a)		
Custo do isolamento ⁽²⁾	$(133,2 + 70,0 + 87,6) \text{ m}^{2(3)} \times 30 \text{ €/m}^{3(4)} = 8.724 \text{ €}$		
Poupança económica anual	$9.828,37 \text{ kWh/a} \times 0,13 \text{ €/kWh} \text{ }^{(5)} (+ \% \text{ incremento anual do preço da energia} - \% \text{ desvalorização anual da moeda}) \text{ }^{(6)} =$ 1.241 € no primeiro ano 1.855 € a partir do 15º ano		
Período de retorno do investimento	6,5 anos		
Poupança económica líquida a 25 años	32.752 €		
Poupança económica líquida a 50 años	79.118 €		

(1) Superfície útil da habitação

(2) O custo de isolamento inclui a mão de obra.

(3) Superfície fachadas + desvão da cobertura + paredes int. e tecto ENU

(4) Custo unitário orientativo médio, de fornecimento e montagem de isolamento em Lã Mineral nas fachadas, cobertura e paredes int. e tecto ENU

(5) Custo unitário estimado de energia

(6) As percentagens consideradas no aumento dos preços da energia são de 6% durante os primeiros 15 anos e de 3% nos restantes anos até perfazer 50 anos de vida útil. A percentagem considerada de desvalorização do euro é de 3%.



Em conclusão, 10.324 € de investimento na melhoria energética da parte exterior do edifício representam uma poupança de energia equivalente a 1 tonelada de petróleo por ano.

Uma vez realizada a análise energética do edifício, estas são as principais conclusões:

- A implementação de isolamento térmico neste caso de estudo **permite melhorar a classificação energética da habitação em quase todas as opções apresentadas (intervensões 1, 2 e 3)** para todas as zonas climáticas onde a casa está localizada.
- Destacam-se, de modo notável, as medidas de reabilitação energética que consistem em incorporar excelente isolamento térmico na cobertura, nas fachadas e nos espaços não úteis traduzindo-se em **percentagens muito elevadas de poupança de energia (quase 50%) e ambiental (até 75%), e**, em alguns casos, a melhoria até 3 letras na classificação energética.
- Do ponto de vista económico, este estudo permite afirmar que a **medida adoptada que tem maior impacto energético e económico consiste em aplicar isolamento na fachada de uma moradia**, sendo que, neste caso, o período de retorno de investimento é o mais reduzido.
- A supressão do efeito de parede fria provoca um aumento da temperatura interior no Inverno e a redução da variação da temperatura das divisões com isolamento, o que, sem dúvida, resultou da intervenção na fachada casa por meio da implementação de isolamento. Estes parâmetros têm uma influência **significativa na sensação de conforto e habitabilidade do edifício**.



Todos os direitos reservados, incluindo a reprodução fotomecânica e o armazenamento em meios electrónicos. É proibida a utilização dos processos e actividades de trabalho apresentados no presente documento. Actuou-se com extrema precaução na recompilação da informação, textos e imagens do presente documento. Não obstante, não se pode descartar a presença de erros. A editorial e os editores não assumem nenhuma responsabilidade jurídica ou qualquer tipo de obrigação pelos erros na informação e as suas possíveis consequências. A editorial e os editores agradecem as sugestões e a indicação dos erros encontrados.



**Linha Direta
com as Soluções**

Dpt. Atenção ao Cliente
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28
hola@knaufinsulation.com

Serviço de Asistencia Técnica
tecnico@knaufinsulation.com



www.knaufinsulation.pt

REHENERPT/11.14/EO/ALFD/1000/

Sobre a Knauf Insulation

A Knauf Insulation é um dos principais fabricantes de materiais de isolamento e a que apresenta o crescimento maior nestes últimos anos. A nossa missão consiste em nos tornarmos um líder mundial em sistemas de eficiência energética. Os nossos valores - o foco no cliente, a inovação, a abertura e o compromisso – marcam a nossa forma de actuar nos negócios. Com base nas três décadas de experiência em eficiência energética, disponibilizamos uma gama completa de soluções para a construção residencial e não-residencial, bem como para o isolamento na indústria. Estamos determinados em fornecer materiais de construção que optimizem a construção sustentável; com a produção da Lã Mineral Natural com ECOSE® Technology mantemo-nos fiéis a esse compromisso.



Knauf Insulation S.L.
Polígono Can Calderón
Avda. de la Marina, 54
08830 Sant Boi del Llobregat
(Barcelona)
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28