

# CONDICIONANTES E MEDIDAS DE MELHORIA NA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS TRADICIONAIS DE HABITAÇÃO LOCALIZADOS EM CENTROS HISTÓRICOS DA BEIRA INTERIOR – PORTUGAL

Cecília C.R. Martins\*<sup>1</sup>, João C.G. Lanzinha<sup>2</sup>, Miguel C.S. Nepomuceno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade da Beira Interior, Mestranda, Covilhã, Portugal

<sup>2</sup>Universidade da Beira Interior, Fac. Engenharia, Depart. Eng<sup>a</sup> Civil e Arquitectura - Covilhã, Portugal

\*Email: m2886@ubi.pt; cila.martins@gmail.com

**RESUMO:** *Este trabalho pretende analisar as condições de compatibilidade das condicionantes administrativas e regulamentares para obras de reabilitação em edifícios de habitação tradicionais localizados nos centros históricos da zona da Beira Interior, com a regulamentação térmica e de certificação energética. Nesse sentido, foi feita uma análise da legislação administrativa e demais disposições regulamentares em vigor e foram caracterizadas do ponto de vista arquitectónico e construtivo as tipologias dos edifícios escolhidos. Partindo da definição de um edifício-tipo e da sua caracterização térmica e energética, fez-se uma avaliação das suas necessidades energéticas globais e definiram-se prioridades de intervenção nos elementos construtivos menos eficientes. A partir da implementação de medidas de melhoria energética nesses elementos, foram tiradas conclusões sobre as melhorias energéticas alcançadas. Este estudo foi ainda alargado para os restantes centros históricos em estudo, sendo avaliado o desempenho energético do edifício-tipo em função da localização territorial e o potencial de redução das necessidades energéticas.*

## 1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios, através da aplicação de medidas de melhoria sustentáveis na reconstrução de um edifício, permite não só reutilizar e qualificar um espaço, como também representa um menor consumo de materiais e energia incorporada, comparativamente à construção de raiz, pelo que a reabilitação, sempre que possível, é a opção mais acertada. A reabilitação dos edifícios existentes contribui ainda para a preservação de marcos arquitectónicos importantes para a história das cidades, resultando em benefícios culturais e sociais.

Os projectistas têm grande responsabilidade na selecção, aplicação e desenvolvimento de soluções construtivas que apresentem maior desempenho ambiental, funcional e económico, tendo como objectivo uma construção cada vez mais sustentável e energeticamente eficiente. Neste sentido têm de ter em consideração as políticas específicas relativas à eficiência energética dos edifícios, nomeadamente o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE [RCCTE, 2006]. Contudo, constata-se que as políticas energéticas estão de certa forma orientadas para o edificado recente, pelo que se colocam constantes desafios às obras de reabilitação a levar a cabo, motivadas pela complexidade que envolve a reabilitação energética habitacional [Cruz, 2009].

A reabilitação e regeneração dos centros históricos é imprescindível para evitar o seu abandono e degradação. Têm sido realizados estudos em várias zonas históricas de Portugal que necessitam de uma intervenção para a recuperação dos seus edifícios, alguns em estado

avanzado de degradação, devido à deterioração dos materiais pelo tempo e a falta de manutenção, muitas vezes aliada à população residente ser maioritariamente idosa [Luso, 2009]. Dos projectos de edificios habitacionais situados em zonas históricas, em processo inicial de requalificação, que foram objecto de análise à luz do RCCTE, verificou-se que algumas das intervenções não demonstravam qualquer preocupação no cumprimento do regulamento, e reconhecendo-se à partida pontos de conflito entre os edificios e o regulamento [Craveiro, 2008].

Nos aglomerados populacionais da Beira Interior onde existem centros históricos, alguns até denominados de “Aldeias Históricas”, existem edificios de valor arquitectónico por qualificar, ainda que sejam de arquitectura tradicional. Foram alguns destes edificios que se estudaram com vista à sua reabilitação, aliando-lhe as vantagens da melhoria da eficiência energética.

Neste trabalho (Martins, 2010) estudaram-se as condições de compatibilidade das condicionantes administrativas e regulamentares para obras de reabilitação em edificios de habitação tradicionais, de cada município com centro histórico da zona em estudo, com a regulamentação térmica e de certificação energética, isto é, do RCCTE.

Nesse sentido, foi feita uma análise da legislação administrativa em vigor e demais disposições regulamentares, tanto a nível nacional como municipal, no que se refere ao regime da edificação e intervenção nos centros históricos em estudo. Com o objectivo de definir um edificio-tipo, foram caracterizadas do ponto de vista arquitectónico e construtivo as tipologias dos edificios tradicionais de habitação localizados nos centros históricos da região da Beira Interior.

Partindo da definição do edificio-tipo localizado no centro histórico da Covilhã, fez-se a sua caracterização térmica e energética. Fez-se uma avaliação das necessidades energéticas globais do edificio-tipo, com base em indicadores da qualidade térmica da envolvente dos edificios (Santos, 2009), e definiram-se prioridades de intervenção que permitissem uma diminuição dos consumos energéticos nos elementos construtivos menos eficientes. A partir da implementação de medidas de melhoria energética, introduzidas apenas ao nível da envolvente exterior do edificio-tipo, foram tiradas conclusões sobre as melhorias energéticas conseguidas com a implementação daquelas medidas. No final, este estudo foi alargado para as várias localizações dos restantes centros históricos em estudo, para avaliar o desempenho energético do edificio-tipo em função da localização territorial e o potencial de redução das necessidades energéticas.

Pretendeu-se demonstrar que com algumas medidas de melhoria energéticas nas soluções construtivas tradicionais da envolvente se pode proporcionar uma melhoria significativa na eficiência energética do edificio e assegurar um nível superior de conforto no interior dos edificios tradicionais/existentes, e naturalmente melhorar a qualidade de vida dos seus ocupantes. Este trabalho pretende ainda sensibilizar para a necessidade de reabilitar em vez de construir de novo, ainda que não seja a opção mais económica a curto prazo, e ao mesmo tempo contrariar a tendência de crescimento urbano excessivo, tão característico dos centros urbanos.

## **2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: CENTROS HISTÓRICOS DA BEIRA INTERIOR - PORTUGAL**

O âmbito deste trabalho integrou-se nos estudos do Observatório da Construção e da Reabilitação de Edificios da Beira Interior (a seguir designado por OCREubi), sediado no Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura da Universidade da Beira Interior (UBI), no qual a autora prestou colaboração.

A área de estudo do presente trabalho coincide com a área territorial definida para o OCREubi [Lanzinha, 2009], localizada na zona interior da região Centro de Portugal Continental e englobando as seguintes 4 N.U.T.'s de nível III, 2 distritos e 19 concelhos (Figura 1):

- COVA DA BEIRA - 3 Concelhos: Covilhã, Fundão, Belmonte
- SERRA DA ESTRELA - 3 Concelhos: Seia, Gouveia, Fornos de Algodres
- BEIRA INTERIOR NORTE - 9 Concelhos: Manteigas, Guarda, Sabugal, Almeida, Pinhel, Celorico da Beira, Trancoso, Mêda, Figueira de Castelo Rodrigo
- BEIRA INTERIOR SUL - 4 Concelhos: Penamacor, Idanha-a-Nova, Castelo Branco, Vila Velha de Ródão

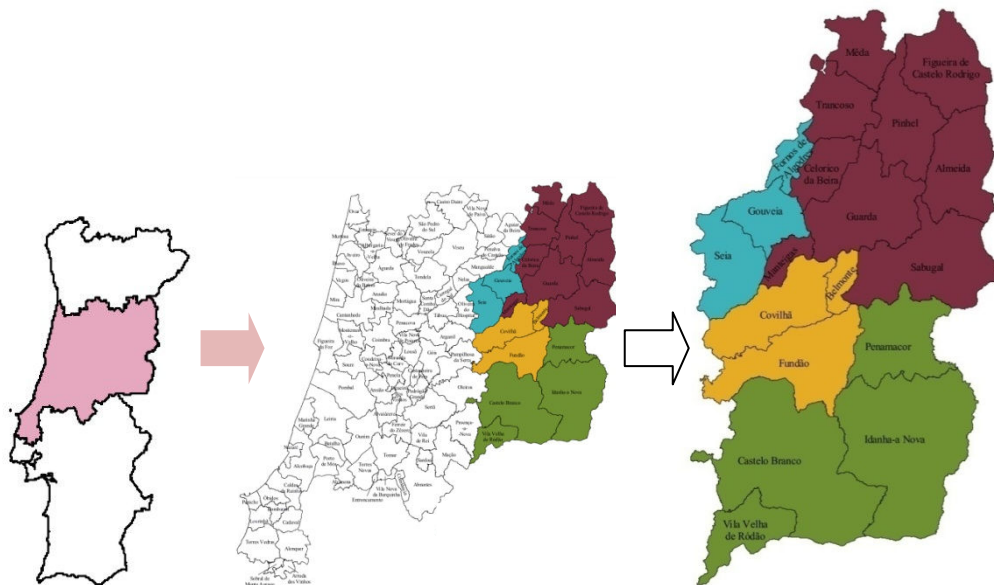


Figura 1 – Região Centro de Portugal Continental e área territorial OCREubi com os concelhos considerados

### 3. CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS E CONSTRUTIVAS MAIS RELEVANTES DOS EDIFÍCIOS TRADICIONAIS DA BEIRA INTERIOR

#### 3.1 Levantamento das soluções construtivas dos edifícios tradicionais de habitação em estudo

Numa fase inicial foi realizado em toda a região em estudo um levantamento fotográfico exaustivo dos edifícios de habitação tradicionais nas zonas urbanas consolidadas de cada sede de concelho, mais precisamente nos Centros/Núcleos Históricos, dependendo da sua existência ou não conforme as disposições dos respectivos Planos Directores Municipais. De seguida partiu-se para um levantamento que se verificou importante na região, isto é, o levantamento dos edifícios tradicionais das Aldeias Históricas e das Aldeias de Xisto, para assim se caracterizar com uma maior abrangência o tipo de construção tradicional dos edifícios de habitação da Beira Interior.

Em todos estes núcleos históricos foi possível encontrar edifícios de grande valor arquitectónico por qualificar, particularmente os de arquitectura tradicional, mais antigos e portanto muitos deles em avançado estado de degradação. Muitos desses edifícios exigem intervenções de fundo que visam melhorar as suas características de habitabilidade, e tendo

todos eles sido construídos antes da existência de regulamentação térmica de edifícios (referente ao desempenho térmico da sua envolvente), apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética.

Nos edifícios tradicionais de habitação observados, nomeadamente nos Centros Históricos das sedes de concelho e aglomerados, nas Aldeias Históricas e nas Aldeias de Xisto, o número de pisos dos edifícios mais frequente é de 2 pisos, podendo verificar-se a existência de 3 pisos nas zonas centrais de certos centros urbanos mais densamente povoados, por vezes com varanda recuada no piso superior, algumas a abranger toda a largura da fachada (Foto 1 a 5).



Foto 1 – Tipos de escadarias e alpendres de habitações tradicionais: Linhares, Celorico da Beira e Trancoso



Foto 2 – Pormenores das habitações tradicionais no Paúl: em calhau rolado, 3 pisos e varanda alpendrada

Predominam os telhados de duas águas, de média inclinação, e as coberturas em telha de aba e canudo (Foto 1 a 5). As fachadas são maioritariamente em alvenaria de granito à vista, ou xisto e calhau rolado de grandes dimensões dependendo das zonas, surgindo com menos frequência rebocadas (Foto 1, 2 e 3). As molduras dos vãos são em pedras de grandes dimensões de granito, à vista ou caiadas (Foto 3 e 4).



Foto 3 – Habitações tradicionais em xisto, com reforço de vãos em granito, no Sabugal



Foto 4 – Habitações tradicionais com banco à entrada: Marialva, Sortelha e Castelo Mendo



Foto 5 – Balcões das habitações tradicionais em Marialva, Castelo Mendo e Sortelha

São constantes as escadarias exteriores de acesso à habitação com balcões em granito, com ou sem guardas, no mesmo material, em ferro ou madeira. Em alguns casos os balcões são cobertos por alpendres em madeira e telha de canudo (Foto 1, 3 e 5).

Do levantamento das soluções construtivas nos edifícios tradicionais de habitação observados resultou um conjunto de características arquitectónicas e construtivas mais relevantes e frequentes, nomeadamente em termos de elementos e materiais construtivos:

- Paredes exteriores em alvenaria de pedra de granito ordinária e de pedra seca, existindo em algumas zonas um misto de soluções, com as paredes de alvenaria ordinária no rés-do-chão e os pisos superiores em tabique;
- Paredes divisórias interiores por vezes em alvenaria de pedra no rés-do-chão, e de madeira ou tabique nos pisos superiores;
- Coberturas de telha de canudo, com estrutura de suporte em madeira;
- Pavimentos de madeira com e sem forro de tecto, separando dois pisos de habitação ou a loja da habitação;
- Janelas com caixilharia em madeira, com quadrícula e vidros simples, de guilhotina ou 2 folhas de abrir, e portadas interiores em madeira;
- Portas em madeira, com ou sem postigo, menos frequente em ferro.

Foi de entre os edifícios observados que se seleccionou um edifício-tipo que pudesse representar o edifício de habitação tradicional da Beira Interior e se estudou com vista à sua reabilitação, privilegiando a preservação das características da construção da região e aliando-lhe as vantagens da eficiência energética.

### 3.2 Definição do edifício-tipo

O edifício-tipo alvo de estudo é uma habitação tradicional situada numa banda de edifícios no centro histórico da Covilhã (Figura 2), a uma altitude média de 681 m. O edifício, ladeado por edifícios contíguos de ambos os lados, excepto na fachada SE do 1º piso, localiza-se no concelho da Covilhã, no distrito de Castelo Branco, na Cova da Beira (NUT III), na Região Centro (NUT II) de Portugal Continental.

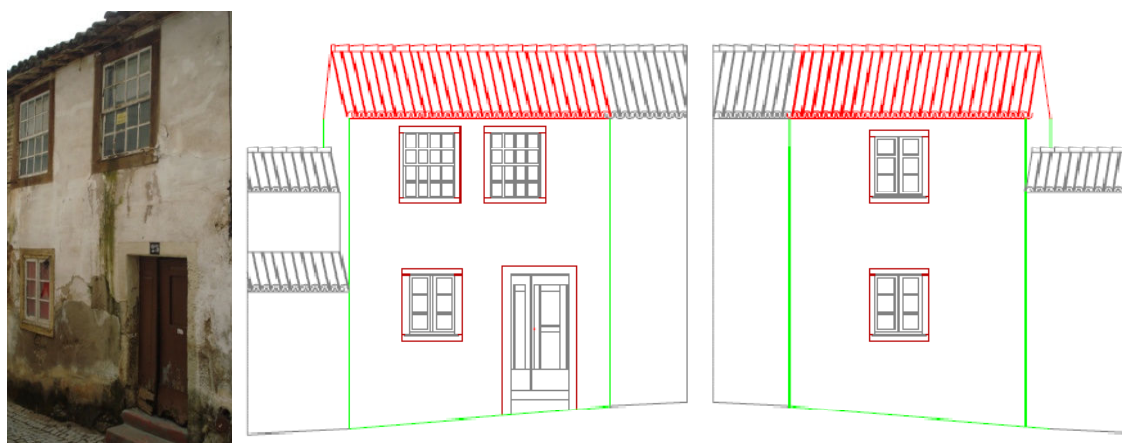


Figura 2 – Edifício-tipo alvo de estudo, no centro histórico da Covilhã

As suas paredes exteriores são em alvenaria de pedra ordinária de granito, funcionando como estrutura autoportante, com espessura aproximada de 62 cm no rés-do-chão e 37 cm no piso superior, rebocadas e pintadas em ambas as faces. O edifício é constituído por dois pisos,

separados por um pavimento em “soalho” de madeira, sobre vigas de madeira, tabicado pelo lado inferior, sendo que o acesso ao piso superior feito através de uma escadaria de madeira. As paredes interiores são de ripado de madeira e tabique, com espessuras aproximadas de 12 cm, rebocadas e pintadas em ambas as faces. A sua cobertura é de duas águas, revestida com telha canudo assente sobre ripado e estrutura de suporte de madeira. As aberturas de vãos para as janelas são delimitadas por molduras de madeira, e para a porta por ombreira e padieira de pedras de granito. As portas e janelas são em madeira, apresentando uma das janelas mais comuns da região - de guilhotina com duas folhas, com quadrícula e vidros simples, tendo apenas cortinas de cor clara como dispositivo de sombreamento. A porta também tem um desenho tradicional de duas folhas, com um pequeno postigo na folha principal, com espessura aproximada de 3cm.

#### **4. LEGISLAÇÃO NACIONAL E REGULAMENTAÇÃO MUNICIPAL REFERENTE A CENTROS HISTÓRICOS, REABILITAÇÃO E CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA**

Os centros históricos correspondem de modo geral aos núcleos consolidados dos aglomerados, coincidindo com o pólo de origem desses aglomerados, de onde se irradiaram outras áreas sedimentadas pelo tempo, conferindo assim a esta zona uma personalidade própria cuja delimitação deve implicar todo um conjunto de regras tendentes à sua conservação e valorização [Alvarez, 1994].

Para permitir determinar as condicionantes regulamentares às intervenções nos edifícios tradicionais em estudo, inicialmente foi analisada a legislação nacional referente a centros históricos e reabilitação em vigor, nomeadamente:

- Áreas Críticas de Recuperação e Reconversão Urbanística (ACRRU) (1976)
- Programa das Aldeias Históricas (1995)
- Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE) (1999)
- Lei de Bases da Política e do Regime de Protecção e Valorização do Património Cultural (2001)
- Sociedades de Reabilitação Urbana (SRU) (2004)
- Programa de Recuperação do Património Classificado (2009)
- Novo Regime Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU) (2009)
- Regulamentos Municipais de Urbanização e ou de Edificação (RMUE)

Foi também analisada a regulamentação urbanística municipal existente a nível nacional, nomeadamente os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT):

- Plano Director Municipal (PDM)
- Plano de Urbanização (PU)
- Plano de Pormenor (PP)

Sendo o PP o plano de maior escala, é o Regulamento deste plano que tem maior detalhe ao nível das disposições urbanísticas e arquitectónicas, estabelecendo as condicionantes às intervenções de reabilitação nos edifícios existentes. Pode adoptar várias modalidades específicas, de acordo com a finalidade de intervenção prevista na deliberação que determinou a sua elaboração, de entre as quais se destacam as de âmbito deste trabalho:

- Plano de Pormenor de Salvaguarda (PPS):
  - disciplina urbanística e arquitectonicamente não apenas as áreas classificadas mas também as envolventes onde se localiza o património construído;
  - podem corresponder a centros urbanos antigos com forte densidade de valores patrimoniais, alguns denominados de centros históricos, onde se incluem várias zonas de protecção de imóveis classificados ou em vias de classificação.
- Plano de Pormenor de Reabilitação Urbana (PPRU):
  - estabelece a estratégia integrada de actuação e as regras de uso e ocupação de uma área do território municipal, e dos edifícios, para promover a valorização do tecido urbano e a revitalização económica, social e cultural na sua área de intervenção;
  - pode abranger um centro histórico delimitado em PDM ou PU, uma ACCRU, uma Área de Reabilitação Urbana (ARU) constituída nos termos do RJRU, podendo ainda delimitar áreas a sujeitar à aplicação do mesmo regime;
  - sempre que a área de intervenção do PPRU contenha ou coincida com património cultural imóvel classificado ou em vias de classificação, e respectivas zonas de protecção, que determine a elaboração de um PPS do património cultural, cabe ao PPRU a prossecução dos seus objectivos e fins de protecção, dispensando a elaboração daquele.

Particularizando para os centros históricos da área em estudo, foi ainda analisada a respectiva regulamentação urbanística municipal, designadamente:

- os PDM e RMUE dos municípios da região OCREubi;
- os PU das sedes de concelho da região OCREubi;
- os PP de zonas das cidades, vilas ou aglomerados da região OCREubi;
- os PPS de alguns centros históricos da região OCREubi.

O regime de edificabilidade, definido concretamente nos regulamentos dos PP e RMUE, incide no tipo de especificações e condicionantes a que as construções deverão obedecer na respectiva área de intervenção. Sintetizando a informação recolhida na análise anterior, resultou um conjunto de regras a seguir no que diz respeito à intervenção no edificado localizado nos centros históricos da região em estudo, nomeadamente no que diz respeito:

- às construções de raiz, as reconstruções, recuperações, e demolições de edifícios;
- a substituição de paredes exteriores e tratamento exterior da edificação;
- a forma e dimensões dos vãos e guarnições;
- a substituição de caixilharias de portas e janelas, ou mesmo caixas de estores;
- a protecção exterior e sistema de obscurecimento das janelas;
- o tipo e forma das coberturas;
- a instalação de equipamentos especiais no exterior dos edifícios como: aparelhos de ar condicionado, painéis colectores solares, exaustores.

Em geral, os projectos deverão recorrer a soluções arquitectónicas e estéticas harmoniosas, adequadas a uma correcta integração no meio ambiente em que se vão inserir, compatibilizando os valores de ordem cultural e tradicional, próprios da região.

## 5. CONDICIONANTES À IMPLEMENTAÇÃO DO RCCTE NOS CENTROS HISTÓRICOS DA BEIRA INTERIOR

### 5.1 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios - SCE

A transposição para a legislação portuguesa da Directiva Comunitária 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios (EPBD – Energy Performance Buildings Directive), deu origem a três diplomas legais: Decreto-Lei 78/ 2006 - onde é definido o SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios; Decreto-Lei 79/ 2006 - onde é definido o RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios; Decreto-Lei 80/ 2006 - onde é definido o RCCTE - Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios.

Esta directiva tem como grande objectivo limitar o consumo de energia no sector dos edifícios, ou seja, que o consumo seja feito de forma racional e eficiente, evitando os consumos desnecessários. Introduce também a necessidade de existir um Certificado de Desempenho Energético onde são contabilizadas as necessidades de energia da fracção e a necessidade de inspecção regular dos sistemas de aquecimento e de ar condicionado de médias e grandes dimensões, quando aplicável.

O Certificado Energético contém diversas informações tais como, a identificação do imóvel e do Perito Qualificado, etiqueta de desempenho energético, validade do certificado, descrição sucinta do imóvel, descrição das soluções adoptadas, valores de referência regulamentares (para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício), entre outros campos que são específicos do edifício considerado. Nos edifícios existentes, o certificado energético proporciona informação sobre as medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior que o proprietário pode implementar (estas medidas não são de implementação obrigatória).



Figura 3 – Modelo de etiqueta de desempenho energético

A classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético (Figura 3). Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as

classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-. Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe (de A a G).

## **5.2 Exigências da regulamentação térmica e certificação energética nos edifícios de habitação - RCCTE**

Em Portugal, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação, ou existentes sujeitos a grandes remodelações, e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos.

O RCCTE estipula que, para o seu cumprimento, aqueles edifícios devem respeitar:

- Requisitos mínimos para a qualidade térmica da sua envolvente, impondo limites máximos para os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e factores solares dos envidraçados;
- Necessidades energéticas nominais anuais de aquecimento - Nic, arrefecimento - Nvc, para produção de águas quentes sanitárias - Nac e de energia primária - Ntc, devem ser inferiores aos quatro índices fundamentais, Ni, Nv, Na, Nt, os seus valores máximos admissíveis, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacte em termos de consumo de energia primária.

Este regulamento determina também a obrigatoriedade da instalação de colectores solares (1m<sup>2</sup> por ocupante convencional) e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício.

Para os edifícios existentes, a determinação do valor de Ntc poderá ser efectuada de acordo com as simplificações estabelecidas na Nota Técnica NT-SCE-01, publicada pela ADENE – Agência para a Energia, a entidade portuguesa gestora do SCE.

Se se tratar de um edifício situado em zonas históricas ou de um edifício classificado, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências do RCCTE, devidamente justificadas, as intervenções de remodelação, recuperação e ampliação nesse edifício estão isentas da aplicação deste regulamento. Compete à entidade licenciadora, normalmente as Câmaras Municipais, aceitar a verificação de incompatibilidades para o efeito da não aplicação do regulamento.

Uma das chaves de sucesso para a sustentabilidade reside na aplicação do RCCTE na fase de licenciamento, pelo que se torna vital não só a formação e informação de projectistas mas também das entidades licenciadoras, nem sempre tão despertas para as nuances do regulamento [Craveiro, 2008], que devem fazer cumprir o RCCTE sempre que aplicável e, quando em situação de isenção verificar as alegadas incompatibilidades, sobretudo nas intervenções nas zonas históricas.

## **5.3 Principais condicionantes ao cumprimento do RCCTE nos edifícios tradicionais em estudo**

A viabilização das intervenções nas construções em centros históricos está condicionada à verificação de uma quantidade de regras e pareceres a nível arquitectónico, devendo respeitar ainda as características urbanísticas da área envolvente, de acordo com os regulamentos dos PMOT em vigor na respectiva área, em particular o PP. Este regime impossibilita algumas das

estratégias de melhoria do desempenho térmico dos edifícios tradicionais em estudo, nomeadamente:

- Constrangimento arquitectónico que obriga à preservação integral da imagem preexistente do edifício, ao nível dos materiais, desenho, forma, cores e volumetria, da fachada, vãos e cobertura;
- Impedimento da correcção térmica pelo exterior, pela colocação do isolamento térmico pelo exterior das paredes exteriores, obriga que este seja aplicado pelo interior, menos eficiente;
- Proibição de instalação de dispositivos adequados de sombreamento e de oclusão nocturna pelo exterior, nomeadamente os estores exteriores e respectivas caixas de estore, obriga à sua instalação pelo interior, menos eficiente;
- Obrigatoriedade de preservação do material e geometria originais das caixilharias, pela manutenção da madeira e da quadrícula das caixilharias, impede a melhoria de desempenho térmico com introdução de materiais mais eficientes, com corte térmico;
- Impacte visual provocado pela instalação de equipamentos no exterior dos edifícios, como colectores solares térmicos e AC, impede a sua instalação para alcançar um desempenho energético exemplar.

## **6. AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES TÉRMICAS DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO EDIFÍCIO TRADICIONAL SELECIONADO COM BASE EM INDICADORES DE QUALIDADE**

Com o objectivo de avaliar energeticamente as soluções construtivas do edifício-tipo seleccionado, recorreu-se a uma nova metodologia de diagnóstico de edifícios (Lanzinha, 2007), a avaliação exigencial da qualidade térmica dos elementos construtivos, que assenta na atribuição de níveis de qualidade térmica (N1 a N5) aos elementos construtivos da envolvente com base em valores de referência das suas exigências técnicas de funcionamento. Esta metodologia tem como objectivo final caracterizar a eficiência dos elementos construtivos da envolvente, identificando os que menos contribuem para eficiência térmica do mesmo, possibilitando assim definir as prioridades de intervenção numa possível reabilitação. No entanto esta metodologia abrange apenas os edifícios construídos a partir da entrada em vigor de determinados regulamentos, não abrangendo portanto os edifícios edificados anteriormente. Esta metodologia foi posteriormente adaptada, surgindo uma nova escala de níveis de qualidade térmica para abranger os edifícios existentes (N-1 a N5), sendo N0 o nível minimamente aceitável (Santos, 2009). Foi com base nesta metodologia adaptada aos edifícios existentes que se fez a avaliação das necessidades energéticas globais do edifício-tipo, atribuindo a cada um dos elementos da sua envolvente indicadores de qualidade térmica, correspondentes aos respectivos coeficientes de transmissão térmica, obtidos em função da sua composição/localização (Tabela 1).

Analisando a Tabela 1, pode verificar-se que todos os elementos da envolvente exterior têm níveis de qualidade térmica abaixo do nível mínimo N0. Verifica-se portanto a necessidade de aplicar medidas de melhoria energética em todos os elementos da envolvente de modo a obter um nível de qualidade no mínimo superior a N0. Acompanhada por uma reabilitação geral do edifício, interessa encontrar soluções para a reabilitação térmica de toda a sua envolvente para assim satisfazer os requisitos de eficiência energética exigidos no RCCTE e ter uma classificação energética aceitável.

Tabela 1 – Níveis de Qualidade Térmica dos elementos da envolvente do edifício-tipo

<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
<b>Paredes exteriores</b>		
Parede de pedra de granito, espessura média 62cm Rebocada em ambas as faces	<b>2.08</b>	<b>N -5</b>
Parede de pedra de granito, espessura média 37cm Rebocada em ambas as faces	<b>2.82</b>	<b>N -5</b>
<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA INTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
<b>Paredes de separação com edifícios contíguos</b>		
Parede de pedra de granito, espessura média 62cm Rebocada	<b>1.74</b>	<b>N -2</b>
Parede de pedra de granito, espessura média 37cm Rebocada	<b>2.22</b>	<b>N -5</b>
<b>Cobertura interior sob desvão (laje de esteira horizontal)</b>		
Estrutura de suporte de madeira tabicada inferiormente (laje de esteira horizontal) Espaço não útil fortemente ventilado (f. ascendente)	<b>3.8</b> Quadro II.17 ITE 50	<b>N-5</b>
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
Vidro simples incolor corrente Caixilharia simples de madeira com quadricula Cortina opaca de cor branca	<b>4.3</b> Quadro III.1 ITE 50	<b>N-1</b>

## 7. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO EDIFÍCIO-TIPO TRADICIONAL EM ESTUDO

Para a avaliação do desempenho térmico do edifício-tipo seleccionado foi aplicada a metodologia de cálculo estipulada pelo RCCTE, com recurso a uma Folha de Cálculo de Desempenho Energético de Edifícios Existentes no âmbito do RCCTE, a ferramenta de cálculo que possibilita a adopção das regras de simplificação em edifícios existentes, previstas na Nota Técnica NT-SCE-01, emitida pela ADENE. Esta metodologia tem como objectivo a determinação dos indicadores de eficiência energética: necessidades nominais de energia útil de aquecimento - Nic, necessidades nominais de energia útil de arrefecimento - Nvc, necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias – Nac, e necessidades globais de energia primária – Ntc. A caracterização dos elementos da envolvente em termos térmicos, isto é, o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica, foi baseada nas publicações técnicas ITE 50 e ITE 54 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

O edifício-tipo, localizado no centro histórico da Covilhã, distrito de Castelo Branco, NUT III da Cova da Beira, NUT II da Região Centro de Portugal Continental, enquadra-se na zona climática de Inverno I3 e na zona climática de Verão V2N, nos termos do Anexo III do RCCTE. Como sistema de produção de AQS tem um esquentador a gás (de botija) na cozinha, e para aquecimento ambiente é utilizado um aquecedor eléctrico, de resistência. Como não existem meios mecânicos de insuflação ou extracção de ar, à excepção do exaustor da cozinha, considera-se que o edifício tem ventilação natural.

## 7.1 Requisitos mínimos

De acordo com a descrição apresentada anteriormente para o edifício-tipo, e para a determinação dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente, quanto à envolvente opaca (coeficientes de transmissão térmica superficial) e aos vãos envidraçados (factor solar), previamente foram calculados alguns parâmetros dos quais depende o cálculo dos requisitos mínimos:

- Coeficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos/úteis:  $\tau = 0.75$ , de acordo com o Quadro II da NT-SCE-01;
- Inércia Térmica: depois de analisado um conjunto de considerações definidas na Nota técnica, optou-se pela inércia térmica interior Média para o edifício-tipo, uma vez que havia dúvida entre a forte e a média;
- Com a determinação da inércia térmica, determinou-se o valor do factor solar máximo admissível dos vãos envidraçados, resultando num valor de 0,56, tendo em conta a inércia térmica Média e a zona de Verão V2N para o edifício-tipo.

Assim, os coeficientes de transmissão térmica da envolvente para os elementos da envolvente do edifício-tipo, conforme valores apresentados na Tabela 1, foram comparados com os respectivos valores máximos admissíveis na tabela seguinte (Tabela 2).

Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente do edifício-tipo na situação actual

<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>máx</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
<b>Paredes exteriores</b>		
Parede de pedra de granito, espessura média 62cm, rebocada em ambas as faces	<b>2.08</b>	<b>1.45</b>
Parede de pedra de granito, espessura média 37cm, rebocada em ambas as faces	<b>2.82</b>	<b>1.45</b>
<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA INTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>máx</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
<b>Paredes de separação com edifícios contíguos (<math>\tau = 0.75</math>, valor simplificado)</b>		
Parede de pedra de granito, espessura média 62cm, rebocada	<b>1.74</b>	<b>1.45</b>
Parede de pedra de granito, espessura média 37cm, rebocada	<b>2.22</b>	<b>1.45</b>
<b>Cobertura interior sob desvão (laje de esteira horizontal) (<math>\tau = 0.75</math>, valor simplificado)</b>		
Estrutura de suporte de madeira tabicada inferiormente (laje de esteira horizontal) Espaço não útil fortemente ventilado (f. ascendente)	<b>3.8</b> Quadro II.17 ITE 50	<b>0.90</b>
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>ref</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
Vidro simples incolor corrente Caixilharia simples de madeira com quadrícula Cortina opaca de cor branca	<b>4.3</b> Quadro III.1 ITE 50	<b>3.3</b>

Da observação da tabela anterior, pode concluir-se que os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis são excedidos por todos os elementos da envolvente, confirmando os

resultados obtidos para os níveis de qualidade térmica, onde nenhum dos elementos da envolvente exterior tinha uma qualidade térmica aceitável, isto é, acima de N0.

## 7.2 Requisitos energéticos

De acordo com a descrição apresentada anteriormente para o edifício-tipo, e para que o edifício-tipo cumpra o RCCTE, é necessário que as suas necessidades nominais anuais de energia ( $N_{ic}$ ,  $N_{vc}$ ,  $N_{ac}$  e  $N_{tc}$ ) não excedam os valores máximos admissíveis  $N_i$ ,  $N_v$ ,  $N_a$  e  $N_t$ , respectivamente. Previamente foram calculados alguns parâmetros dos quais depende o cálculo dos requisitos energéticos:

- Pontes térmicas planas e lineares: Sendo a envolvente do edifício-tipo em pedra de granito, e não existindo pilares ou talões de vigas, nem caixas de estores, é de salientar a não existência de pontes térmicas planas, pelo que apenas se têm pontes térmicas lineares, e sendo um edifício existente, foram utilizadas as regras de simplificação da Nota Técnica,  $\Psi = 0.75$  [W/(m.°C)], conforme o Quadro III da NT-SCE-01;
- Factores solares dos vãos envidraçados: o factor solar dos envidraçados do edifício-tipo de vidro simples com protecção interior de cortinas opacas brancas, não orientados a norte, é de 0,33, o que não excede o valor do factor solar admissível para a inércia média;
- Taxas de renovação de ar do espaço interior: resultou o valor de 1.00 h<sup>-1</sup> para a taxa de renovação de ar utilizado para cálculo das características e comportamentos térmicos.

Tendo em conta os valores referidos anteriormente, foi analisado o edifício-tipo através da quantificação dos requisitos energéticos  $N_{ic}$ ,  $N_{vc}$ ,  $N_{ac}$  e  $N_{tc}$  apresentados de seguida (Tabelas 3 a 6), com base nos resultados da Folha de Cálculo do ITeCons, para verificar se satisfaz os respectivos valores máximos, e posteriormente o cumprimento do RCCTE e Classificação Energética do edifício-tipo.

Tabela 3 – Necessidades nominais de energia útil para aquecimento,  $N_{ic}$ , para o Edifício-tipo - Situação Actual

$N_{ic}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_i$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_{ic} / N_i$ (%)	$N_{ic} / N_i \leq 100\%$
439.19	127.07	346 %	<b>NÃO VERIFICA</b>

Tabela 4 – Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento,  $N_{vc}$ , para o Edifício-tipo - Situação Actual

$N_{vc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_v$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_{vc} / N_v$ (%)	$N_{vc} / N_v \leq 100\%$
4.83	18	26 %	<b>VERIFICA</b>

Tabela 5 – Necessidades nominais de energia para preparação de águas quentes sanitárias,  $N_{ac}$ , para o Edifício-tipo - Situação Actual

$N_{ac}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_a$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_{ac} / N_a$ (%)	$N_{ac} / N_a \leq 100\%$
86.50	52.21	166 %	<b>NÃO VERIFICA</b>

Tabela 6 – Necessidades nominais globais de energia primária,  $N_{tc}$ , para o Edifício-tipo - Situação Actual

$N_{tc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_t$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_{tc} / N_t$ (%)	$N_{tc} / N_t \leq 100\%$
20.20	8.40	240 % => Classe E	<b>NÃO VERIFICA</b>

Temos assim que na situação actual, tendo em conta as soluções construtivas existentes, o edifício-tipo apenas satisfaz as necessidades de arrefecimento, sendo que lhe é atribuída a Classe Energética E, muito abaixo do aceitável.

## **8. MEDIDAS DE MELHORIA ENERGÉTICA APLICADAS NA ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO-TIPO SELECIONADO**

As intervenções de reabilitação energética num edifício de habitação tradicional existente podem ser realizadas através do reforço da sua protecção térmica, controlo das infiltrações de ar e o recurso a tecnologias solares passivas (Anselmo, 2004). A melhoria do desempenho térmico de um edifício existente não implica a sua renovação total, podendo limitar-se à substituição dos componentes mais relevantes para o aumentar. É portanto fundamental encontrar soluções que satisfaçam o nível de melhoria da qualidade térmica pretendido que deve ficar associado à intervenção, e qual o tipo de investimento que proprietário está disposto a fazer (Henriques, 2007).

A aplicação dos indicadores de qualidade térmica da envolvente ao edifício-tipo seleccionado teve como consequência a classificação da situação actual no que diz respeito à avaliação da qualidade térmica dos elementos da sua envolvente, permitindo portanto estudar os melhores cenários para uma possível reabilitação térmica, uma vez que facilita a identificação dos pontos críticos que carecem de intervenção. Tendo em conta os valores apresentados anteriormente, verifica-se que o edifício tipo não cumpre os requisitos mínimos, nomeadamente os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis para a envolvente opaca exterior vertical e horizontal, assim como alguns elementos da envolvente interior. Terá então que haver uma intervenção de reabilitação térmica em todos os elementos da envolvente exterior, através da introdução de medidas de melhoria de eficiência térmica/energética, sendo que em termos de prioridade de intervenção deverá intervir-se no reforço da protecção térmica conferida pela envolvente opaca (paredes, cobertura, pavimentos) através da introdução de isolamento térmico, e melhoria do desempenho térmico dos vãos envidraçados e porta exterior (Anselmo, 2004).

Assim, e tendo em conta o Regulamento Municipal de Urbanização e de Edificação da Covilhã, que não permite admissíveis alterações que adulterem as características arquitectónicas das fachadas em edifícios antigos, foram sugeridas as seguintes medidas de melhoria energética para alcançar maiores poupanças energéticas e melhorar os níveis de qualidade térmica da envolvente do edifício tradicional seleccionado:

- introdução de isolamento térmico nos elementos da envolvente, paredes exteriores e cobertura;
- melhoria do desempenho e classe das caixilharias;
- introdução de portadas interiores nos vãos envidraçados;
- alteração para portas com vedação de frinchas.

Pela análise da Tabela 7, verifica-se que todos os elementos da envolvente conseguem satisfazer os requisitos mínimos para a qualidade térmica da envolvente do edifício no respeitante aos coeficientes de transmissão térmica, após a implementação das medidas de melhoria de eficiência energética sugeridas.

Tabela 7 – Coeficientes de transmissão térmica dos elementos construtivos com a implementação das medidas de melhoria energética

<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>máx</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
<b>Paredes exteriores</b>		
Parede de pedra de granito, 62cm, rebocada em ambas as faces Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>0.464</b>	<b>1.45</b>
Parede de pedra de granito, 37cm, rebocada em ambas as faces Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>0.493</b>	<b>1.45</b>
<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA INTERIOR</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>máx</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
<b>Paredes de separação com edifícios contíguos (τ=0.75, valor simplificado)</b>		
Parede de pedra de granito, 62cm, rebocada Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>0.445</b>	<b>1.45</b>
Parede de pedra de granito, 37cm, rebocada Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>0.471</b>	<b>1.45</b>
<b>Cobertura interior sob desvão (laje de esteira horizontal) (τ=0.75, valor simplificado)</b>		
Estrutura de suporte de madeira tabicada inferiormente (laje de esteira horizontal) Espaço não útil fortemente ventilado Isolamento XPS - 10cm na esteira leve horizontal	<b>0.44</b>	<b>0.90</b>
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>	<b>U<sub>ref</sub> [W/(m<sup>2</sup>.°C)]</b>
Vidro duplo incolor (lâmina de ar de 16mm) Caixilharia de madeira com quadrícula (Classe 3) Portadas interiores de madeira pintadas de branco	<b>2.2</b>	<b>3.3</b>

De seguida verificaram-se as alterações resultantes da introdução das medidas de melhoria energética referidas para os restantes requisitos energéticos prescritos no RCCTE do edifício-tipo localizado na Covilhã (Tabela 8).

Tabela 8 – Requisitos Energéticos com a introdução das medidas de melhoria energética

<b>N<sub>ic</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>i</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>ic</sub> / N<sub>i</sub> (%)</b>	<b>N<sub>ic</sub> / N<sub>i</sub> ≤ 100% ?</b>
145.25	127.07	114%	<b>NÃO VERIFICA</b>
<b>N<sub>vc</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>v</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>vc</sub> / N<sub>v</sub></b>	<b>N<sub>vc</sub> / N<sub>v</sub> ≤ 100% ?</b>
9.56	18	53%	<b>VERIFICA</b>
<b>N<sub>ac</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>a</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>ac</sub> / N<sub>a</sub></b>	<b>N<sub>ac</sub> / N<sub>a</sub> ≤ 100% ?</b>
86.50	52.21	166%	<b>NÃO VERIFICA</b>
<b>N<sub>tc</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>t</sub> [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)]</b>	<b>N<sub>tc</sub> / N<sub>t</sub></b>	<b>N<sub>tc</sub> / N<sub>t</sub> ≤ 100% ?</b>
11.70	8.40	139% => Classe C	<b>NÃO VERIFICA</b>

Analisados os resultados da tabela anterior, continua a verificar-se o incumprimento das necessidades de energia para aquecimento, para preparação de AQS e também as necessidades globais de energia primária, ainda assim conseguindo-se uma clara melhoria nesses mesmos valores, sendo que com esta medida de melhoria se consegue subir para uma “quase positiva” Classe Energética C. Salienta-se o facto de não terem sido alterados os sistemas de aquecimento, arrefecimento ou de preparação de águas quentes sanitárias existentes, sendo a intervenção apenas a nível dos elementos passivos, isto é, da envolvente do edifício.

## 9. ANÁLISE DO IMPACTO DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO-TIPO DE HABITAÇÃO TRADICIONAL LOCALIZADO NOS CENTROS HISTÓRICOS EM ESTUDO

Com a intervenção de reabilitação energética anterior, verificou-se o incumprimento de alguns requisitos energéticos, mas como o objectivo deste trabalho é o de estudar a introdução de medidas de melhoria energética apenas na envolvente, não muito dispendiosas, estudou-se a implementação desta medida no edifício-tipo inicialmente localizado na Covilhã e posteriormente nos restantes centros históricos da área de estudo.

### 9.1 Edifício-tipo localizado no centro histórico da Covilhã

Analisadas as melhorias energéticas globais com a introdução das medidas de melhoria do edifício-tipo localizado na Covilhã, resultaram os valores apresentados da Tabela 9, e verificando-se:

- Incremento no desempenho energético no que respeita às necessidades de energia para aquecimento de 67%;
- Melhoria em termos de necessidades globais de energia primária de 42%;
- Evolução da Classe Energética E para Classe C.

Tabela 9 – Melhorias energéticas globais com a introdução das medidas de melhoria do edifício-tipo, na Covilhã

<b>Nic Actual</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>Nic Melhoria</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>% Melhoria</b> (N <sub>Nic Actual</sub> - N <sub>Nic melhoria</sub> ) / N <sub>Nic Actual</sub>
439.69	145.25	67%
<b>Nvc Actual</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>Nvc Melhoria</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>% Melhoria</b> (N <sub>Nvc Actual</sub> - N <sub>Nvc melhoria</sub> ) / N <sub>Nvc Actual</sub>
4.83	9.56	- 98%
<b>Nac Actual</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>Nac Melhoria</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>% Melhoria</b> (N <sub>Nac Actual</sub> - N <sub>Nac melhoria</sub> ) / N <sub>Nac Actual</sub>
86.50	86.50	0%
<b>Ntc Actual</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>Ntc Melhoria</b> [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	<b>% Melhoria</b> (N <sub>Ntc Actual</sub> - N <sub>Ntc melhoria</sub> ) / N <sub>Ntc Actual</sub>
20.20	11.70	42%
<b>Classe E</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe E =&gt; Classe C</b>

Também para se perceber o impacto das medidas de melhoria nos níveis de qualidade térmica da envolvente do edifício-tipo, comparam-se os respectivos valores nas situações actual e pós melhoria (Tabela 10).

Tabela 10 – Melhoria nos níveis de qualidade térmica dos elementos da envolvente do edifício-tipo, Covilhã

<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA EXTERIOR</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
<b>Paredes exteriores</b>	
Parede de pedra de granito, 62cm, rebocada em ambas as faces Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>N2</b> (N-5)
Parede de pedra de granito, 37cm, rebocada em ambas as faces Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>N2</b> (N-5)
<b>ELEMENTOS DA ENVOLVENTE OPACA INTERIOR</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
<b>Paredes de separação com edifícios contíguos</b>	
Parede de pedra de granito, 62cm, rebocada Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>N2</b> (N-2)
Parede de pedra de granito, 37cm, rebocada Isolamento XPS - 6cm Placas gesso cartonado - 1.3cm	<b>N2</b> (N-5)
<b>Cobertura interior sob desvão (laje de esteira horizontal)</b>	
Estrutura de suporte de madeira tabicada inferiormente (laje de esteira horizontal) Espaço não útil fortemente ventilado Isolamento XPS - 10cm na esteira leve horizontal	<b>N4</b> (N-5)
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>	<b>Nível de Qualidade Térmica</b>
Vidro duplo incolor (lâmina de ar de 16mm) Caixilharia de madeira com quadrícula (Classe 3) Portadas interiores de madeira pintadas de branco	<b>N5</b> (N-1)

Como se pode observar na tabela anterior, os resultados obtidos com a implementação das medidas de melhoria foram deveras satisfatórios, uma vez que todos os elementos passaram a ter um nível de qualidade térmica acima do N0, mínimo aceitável, chegando os envidraçados ao nível máximo N5.

## 9.2 Edifício-tipo localizado nos restantes centros históricos da área de estudo

De seguida fez-se a análise do desempenho do edifício-tipo para as várias localizações, utilizando o mesmo processo, na situação actual, para os diferentes centros históricos da área de estudo, sendo esta acompanhada pelas alterações que isso acarreta, isto é, a altitude e a zona climática em função da sua localização territorial. Analisadas as melhorias energéticas globais com a introdução das medidas de melhoria energética ao edifício-tipo localizado em cada um dos centros históricos estudados, resultaram os valores apresentados na Tabela 11:

Tabela 11 – Melhorias energéticas globais com a introdução das medidas de melhoria energética do edifício-tipo, na Região OCREubi

Nic Actual [kWh/(m2.ano)]	Nic Melhoria [kWh/(m2.ano)]	% Melhoria (Nic Actual - Nic melhoria) / Nic Actual
459.93	152.18	67%
Nvc Actual [kWh/(m2.ano)]	Nvc Melhoria [kWh/(m2.ano)]	% Melhoria (Nvc Actual - Nvc melhoria) / Nvc Actual
4.92	9.56	- 94%
Nac Actual [kWh/(m2.ano)]	Nac Melhoria [kWh/(m2.ano)]	% Melhoria (Nac Actual - Nac melhoria) / Nac Actual
86.50	86.50	0%
Ntc Actual [kWh/(m2.ano)]	Ntc Melhoria [kWh/(m2.ano)]	% Melhoria (Ntc Actual - Ntc melhoria) / Ntc Actual
20.80	11.90	42%
<b>Classe E</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe E =&gt; Classe C</b>

Em termos de necessidades energéticas do edifício-tipo, na Região OCREubi, comparando a situação Actual com a pós-Melhoria, verifica-se que a implementação das medidas de melhoria energética se traduziu num incremento ao nível do desempenho energético do edifício-tipo nas classes energéticas, conseguindo-se progredir das Classes D a F para a Classe C, em quase toda a região, à excepção de Manteigas e Guarda, que apenas conseguem atingir a Classe D, conforme se pode visualizar graficamente na Figura 4.

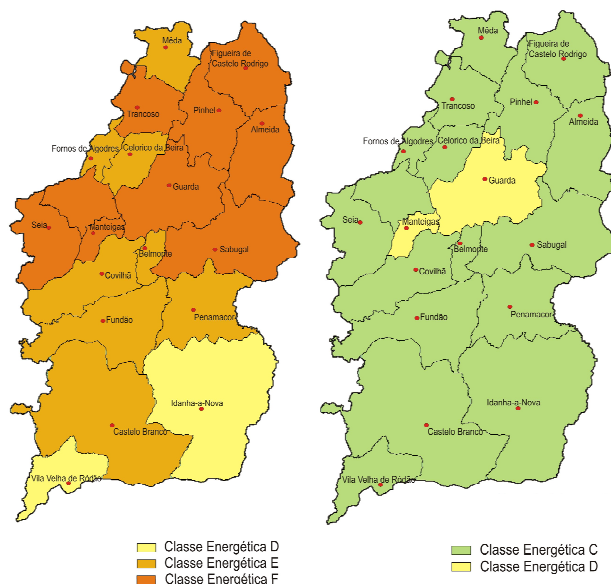


Figura 4 – Necessidades Energéticas do edifício-tipo, na Região OCREubi: Actual vs Melhoria

## 10. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

No final do trabalho, conclui-se que a introdução das medidas de melhoria energética no edifício-tipo localizado nos vários centros históricos da região OCREubi, traduziu-se em:

- Incremento de desempenho energético – necessidades de energia para aquecimento - 67% em média;
- Decréscimo de desempenho das necessidades de arrefecimento, ainda assim não excedendo o seu valor máximo admissível;
- Melhoria energética - necessidades globais de energia primária de 43% em média;
- Clara melhoria no desempenho energético do edifício-tipo passando duma maioria de Classes Energéticas F iniciais para uma quase “positiva” Classe C em praticamente toda a região, com excepção de Manteigas e Guarda que ficam pela Classe Energética D.

Fica demonstrado que com algumas medidas de melhoria energética apenas nos elementos construtivos da envolvente pode-se proporcionar uma melhoria significativa na eficiência energética e na qualidade térmica dos edifícios tradicionais/existentes, assegurando um nível superior de conforto no seu interior e consequentemente melhorar a qualidade de vida dos seus ocupantes. De salientar ainda que, como não houve intervenção ao nível dos sistemas de aquecimento, arrefecimento ou de preparação de águas quentes sanitárias existentes, em nenhum dos edifícios foi possível obter Classes Energéticas A ou B, o que de certa forma penaliza as situações em que apenas se podem realizar intervenções mais simples.

Estas simples medidas de melhoria energética permitem melhorar o desempenho energético em reabilitações de edifícios existentes, contribuindo para a melhoria na qualidade da construção nos centros históricos da Beira Interior, em particular a qualidade térmica, sem negligenciar o estabelecido na legislação e regulamentação em vigor a nível urbanístico e arquitectónico, tanto no âmbito nacional como municipal.

Com a elaboração deste trabalho espera-se também chamar a atenção dos projectistas para a necessidade de regeneração dos centros históricos, importante tarefa para evitar o seu abandono e degradação cada vez mais característico do centro de algumas cidades portuguesas, e simultaneamente preservar o património arquitectónico tradicional, fundamental para a manutenção da identidade cultural da Beira Interior.

Como propostas para desenvolvimento futuro, sugere-se:

- A aplicação dos resultados do presente trabalho no âmbito dos estudos do Observatório da Construção e Reabilitação de Edifícios da Beira Interior (OCREubi) em termos de certificação energética dos edifícios da área de intervenção;
- O alargamento do estudo a outros edifícios-tipo, baseados nas várias tipologias observadas nos centros históricos visitados;
- O alargamento do estudo a medidas de melhoria energética diferenciadas em função da localização territorial do edifício-tipo;
- A introdução de medidas bioclimáticas ao nível dos sistemas passivos:
  - como sistemas de aquecimento passivo: as duplas janelas ventiladas, os espaços estufa, as colunas de água ou ainda as paredes de Trombe,
  - como sistemas de arrefecimento passivo: o arrefecimento pelo solo ou simplesmente a ventilação natural dos edifícios.
- A criação de um “guião de apoio à reabilitação de edifícios tradicionais da Beira Interior”, com base nas medidas de melhoria energética apresentadas neste trabalho e nas propostas de desenvolvimento futuro, nomeadamente com a introdução de um

capítulo dedicado exclusivamente à instalação de painéis solares e outros equipamentos solares, e assim dar orientações na instalação/localização destes equipamentos nos centros históricos;

- As centrais solares podem ser uma solução para fornecer energia aos centros históricos, e podem ser de dois tipos:
  - centrais fotovoltaicas - para produção de energia eléctrica;
  - centrais térmicas de colectores solares - para fornecimento de águas quentes sanitárias;
- Numa intervenção de regeneração urbana dos centros históricos, as centrais solares poderiam ser instaladas:
  - centralizadas na área de intervenção do centro histórico para maximizar o rendimento e fornecer mais facilmente a energia produzida na sua área envolvente
  - em áreas relativamente próximas dos centros históricos, com exposição solar adequada e onde a paisagem/imagem não fosse comprometida paisagem/imagem;
  - em zonas industriais urbanas, não completamente aproveitadas.

O desafio da introdução das energias renováveis nos centros históricos, em particular a energia solar considera-se essencial para alcançar desempenhos energéticos superiores no edificado das áreas abrangidas. Sobretudo para mostrar que nos centros históricos também se podem ter políticas ambientais e energeticamente eficientes, e simultaneamente alcançar um equilíbrio entre a preservação do património e conservação/redução da energia.

## REFERÊNCIAS

Alvarez, J. G., Vieira, E., Vocabulário Urbanístico, com referência legal, 2ª Edição, DGOTDU/UTL, Lisboa, Portugal 1994

Anselmo, I., Nascimento, C., et al., Reabilitação energética da envolvente de edifícios habitacionais, Iniciativa Pública sobre Eficiência Energética de Edifícios, Edição DGGE/IP-3E, Lisboa, Portugal, Nov. 2004

Craveiro, F., Estudo das possibilidades de intervenção face ao RCCTE na reabilitação de edifícios na zona histórica do Porto e suas consequências na etiquetagem energética, Relatório do Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008

Cruz, N., Torres, M., Mendes da Silva, J., Reabilitação Urbana do Centro Histórico da “Baixinha” de Coimbra, 3.ª Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios - PATORREB 2009, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, Março, 2009

Henriques, F., Reabilitação Térmica de Edifícios, Alambi, 2007

Lanzinha, J.C., A criação do observatório da construção e reabilitação de edifícios da beira interior como factor de conhecimento e implementação de políticas de desenvolvimento, 5.ª Conferência de Engenharia "Engenharia' 2009 - Inovação e Desenvolvimento", Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, Nov. 2009

Lanzinha, J.C., Reabilitação de Edifícios – Metodologia de Diagnóstico e Intervenção, Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2007

Luso, E., Lourenço, P. B., Almeida, M., Centro Histórico de Bragança: Caracterização do edificado, aspectos arquitectónicos e anomalias, Faculdade de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal, 2009

Martins, C. R., Condicionantes e medidas de melhoria na certificação energética de edifícios tradicionais de habitação localizados em centros históricos da Beira Interior, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2010

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril. CSOPT, Lisboa, Portugal 2006

Santos, S. J., Indicadores de avaliação da qualidade térmica de edifícios de habitação, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2009