

Resumo

Presentemente, o conceito da sustentabilidade apresenta-se como uma problemática crucial a nível mundial. Esta questão provém da interferência humana desajustada, da qual resultou o aquecimento global, comprometendo assim a própria vivência do Homem e causando mudanças em diversos paradigmas de vida actuais. Um dos factores de maior impacto no desequilíbrio ambiental é resultante do uso, por vezes pouco racional, da energia, sendo necessário nesta medida adquirir uma postura mais sustentável em relação ao planeta.

Em Portugal, 31% da energia final utilizada é consumida pelo sector dos edifícios, o maior consumidor a seguir ao sector dos transportes. Cerca de 18% deste valor representa a energia consumida pelo sector habitacional, o que contribui significativamente para a emissão de gases com efeito de estufa (GEE). A energia consumida no quotidiano habitacional é proveniente de muitos factores, entre eles o uso intensivo de dispositivos de aquecimento, arrefecimento ou iluminação, e também a existência de edifícios sem isolamento térmico ou com carência de inércia térmica.

Deste modo, pretende-se identificar medidas passivas e estratégias de reabilitação energética de edifícios habitacionais existentes para a optimização do seu desempenho energético, através de soluções de reforço térmico na envolvente exterior.

Para calcular a eficiência energética do objecto de estudo foi utilizada uma metodologia de cálculo simplificado, baseada na regulamentação nacional em vigor. Foram consideradas várias

soluções de reabilitação energética tendo em conta as suas aplicações ao edifício de habitação analisado, de forma a alcançar reduções no consumo energético e o melhoramento do conforto térmico.

Palavra-chave: Sustentabilidade, Eficiência Energética, Reabilitação, Edifícios de Habitação

Abstract

Currently the concept of sustainability is presented as a worldwide crucial issue. This concern is a consequence of an unbalanced human interference, which resulted in global warming, thereby undermining the very existence of men and causing changes in several current life paradigms. One of the biggest impact factors on the environmental imbalance is a result of the, sometimes irrational, use of energy, and to that extent it becomes necessary to acquire a more sustainable position towards the planet.

In Portugal 31% of the final energy use is consumed by the building sector, the largest consumer following the transport sector. About 18% of this percentage represents the energy consumed by the residential sector, contributing significantly to the GHG emissions. The daily energy consumed in housing results from several factors, including the exhaustive use of heating, cooling and lighting devices, and also the existence of buildings without insulation or with a lack of thermal inertia.

Thus the intention is to identify passive measures and energy rehabilitation strategies of existing residential buildings to optimize their energy performance through enhanced thermal solutions in the external surroundings.

To calculate the energy efficiency of the object of study, a simplified calculation method was used, based on the current national regulation. Several solutions for energy rehabilitation were considered taking into account its applications to the analyzed residential

buildings, in order to achieve reductions in energy consumption and improvement of thermal comfort.

Keywords: Sustainability, Energy Efficiency, Rehabilitation, Housing Buildings

Agradecimentos

É com muita satisfação que expresso aqui o mais profundo agradecimento a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível.

Gostaria antes de mais agradecer ao Professor Doutor Paulo Tormenta Pinto e ao Professor Doutor Vasco Moreira Rato, orientadores deste trabalho, pelo apoio incentivo e disponibilidade demonstrada ao longo deste percurso.

Aos meus pais, pela compreensão sempre manifestadas, pela paciência com que sempre me ouviram e pela sensatez com que sempre me apoiaram.

Um obrigado especial ao João Rodrigues pelo inestimável apoio, paciência e compreensão sempre demonstradas.

Por fim agradeço Margarida Santos e a todos os que participaram, contribuíram para a concretização deste projecto e que me apoiaram durante o meu percurso académico.

Índice de Imagens

Figura 1 – Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa-de-ar. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.

Figura 2 – Aspecto geral de uma fachada reabilitada com revestimento independente descontínuo com interposição de um isolante no espaço de ar. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 10.

Figura 3 – Sistema de isolamento térmico compósito pelo exterior com revestimento espesso. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.

Figura 4 – Sistema de isolamento térmico compósito pelo exterior com revestimento delgado. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.

Figura 5 – Vista aérea do Bairro do Condado em Marvila. Fonte: <http://www.bing.com/maps/>.

Índice de Quadros

Quadro1 – Caracterização actual

Quadro 2 – Cálculo de eficiência energética, situação actual

Quadro 3 – Proposta de intervenção

Quadro 4 – Cálculo de eficiência energética, situação proposta

Nomenclatura

ADENE – Agência para a Energia

DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

ETICS – *External Thermal Insulation Composite System*

GEE – Gases com Efeito Estufa

ONU – Organização das Nações Unidas

IHRU – Instituto de Habitação e Reabilitação Urbana

IRS – Imposto sobre rendimento de pessoa singular

PNAEE – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

RCCTE – Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

UE – União Europeia

Resumo	I
Abstract	III
Agradecimentos	V
Índice de Imagens	VI
Índice de Quadros	VII
Nomenclatura	VIII
Índice	IX
Introdução	XI
Enquadramento	XI
Objectivos e âmbito	XV
Estrutura da dissertação	XVI
Sustentabilidade e Reabilitação	1
Reabilitação energética de edifícios	2
Programas de incentivo à reabilitação energética	4
Medidas de reabilitação energética em edifícios de habitação	7
Reabilitação térmica através da envolvente exterior do edifício	8
Solução de isolamento térmico exterior	9
Revestimentos independentes descontínuos	11
Sistemas compósitos de isolamento pelo exterior – ETICS	13
Revestimentos isolantes	16

Solução de isolamento térmico pelo interior	17
Solução de isolamento térmico injectado na caixa-de-ar	18
Reabilitação térmica de pavimentos	18
Reabilitação térmica de coberturas	19
Reabilitação térmica de vãos envidraçados	20
Caso de estudo	22
Objectivo	24
Metodologia	24
Descrição do caso de estudo	25
Análise da aplicação do RCCTE	27
Diagnóstico energético	28
Medidas de melhoria	31
Conclusão	37
Bibliografia	40
Anexos	43

Introdução

É apresentado o tema e a sua problemática, os objectivos do trabalho, a metodologia utilizada e a organização da dissertação.

Enquadramento

A problemática da dependência energética surgiu num período posterior à mundialmente conhecida crise petrolífera dos anos 70 do século passado. Esta despertou a necessidade de reduzir a especulação constante dos recursos energéticos disponíveis até então¹, com a consequente procura de novas fontes energéticas a fim de minimizar progressivamente o impacto económico, social e principalmente ambiental².

Desta forma surgiu em vários países a preocupação de desenvolver iniciativas comunitárias e medidas regulamentares com o objectivo de reduzir a exploração de energias

¹ São exemplo o petróleo em bruto, o carvão e o gás natural. Prevê-se num futuro próximo o seu esgotamento devido a contínua exploração excessiva das suas reservas naturais.

² A quantidade de GEE emitidos nos processos de combustão de combustíveis fósseis e uma má gestão energética, têm influência directa sobre o clima. Actualmente regista-se um aumento progressivo da temperatura média da superfície terrestre tendo repercussões directas em fenómenos naturais como furacões, tempestades ou aumento do nível dos oceanos.

primárias não renováveis, promover um uso racional da energia e de estimular sobretudo a eficiência energética em todos os domínios da economia.

No culminar de um ciclo de eventos de índole sustentável, surge em Quioto um protocolo internacional³, do qual a UE faz parte integrante. Este impõe aos estados membros a responsabilidade de implementar políticas que permitam atingir os objectivos impostos. O principal alicerce desta convenção assenta fundamentalmente num aumento da eficiência energética, seja esta conseguida através de medidas activas, passivas ou pelo recurso a energias renováveis, assim como na melhoria da qualidade de vida e num aumento da sustentabilidade ambiental.

Nos últimos anos, a Europa importou uma média de 50% da energia total consumida e estima-se que este valor irá dilatar nos próximos 30 anos para aproximadamente 70%⁴. Em Portugal, a importação de energia assume valores muito mais elevados do que a média europeia, importando cerca de 83,6%⁵. Neste contexto de enorme dependência energética proveniente de entidades externas, surge na Europa a necessidade de fomentar soluções para a redução da procura de energia, com a finalidade de impulsionar um mercado interno de cariz energético muito mais competitivo.

³ Protocolo de Quioto foi assinado a 11 de Dezembro de 1997, na cidade de Quioto, Japão

⁴ Dados da União Europeia, 2006

⁵ A maior parte da energia importada baseia-se no petróleo, mas inclui também significativas quantidades de importações de gás e combustível sólido. O petróleo bruto é importado de países africanos (Argélia, Nigéria, Líbia) e da Arábia Saudita. Os combustíveis sólidos são originários principalmente da Colômbia e da África do Sul.

Com este propósito surge o Plano de Acção para a Eficiência Energética da Comissão Europeia que impõe objectivos a cumprir até 2020, entre os quais se destaca a poupança de 20% no consumo anual de energia primária, a redução de 20% nas emissões de GEE (comparativamente aos valores contabilizados em 1990) e um aumento de 20%⁶ do uso de energias renováveis.

Segundo a *European Environment Agency* a concretização das “metas 20-20-20” contribuirá de forma significativa para reforçar a competitividade industrial, o desenvolvimento de exportações de novas tecnologias e terá repercussões positivas sobre a economia. Contudo, existem vários cepticismos em relação à concretização destes objectivos num período relativamente curto de 10 anos. Porém, a Estratégia Europeia para a Energia propõe um programa ainda mais ambicioso, o *Strategic Energy Technology Plan*⁷. Este ambiciona o cumprimento das regras até 2020 e propõe a redução das emissões de GEE em 60-80% até 2050 em relação aos níveis de 1990.

Em Portugal, a aprovação do PNAEE⁸ lançou um importante conjunto de medidas a cumprir até 2015. Este visa a redução do consumo energético, focando particularmente o sector da indústria, dos transportes e dos edifícios. Estes sectores são os principais

⁶ Meta indicativa para Portugal de 31%

⁷ *SET PLAN* define objectivos a cumprir até 2050 baseado na captura de carbono – *carbon capture & storage*

⁸ Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética aprovado em 2008, tem como finalidade alcançar uma melhoria da eficiência energética equivalente a 10% do consumo final de energia. Este abrange quatro áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado.

responsáveis pelo aumento do consumo energético, devido ao sucessivo aumento da procura de conforto, aliado aos paradigmas de vida contemporâneos.

O sector residencial é foco de grande atenção, por ser o responsável por mais de 40% do consumo final de energia da UE⁹. Dentro desse contexto, surgiu a Directiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios¹⁰, que estabeleceu uma série de requisitos com o objectivo de promover a melhoria da eficiência energética. Esta propõe a aplicação de uma metodologia integrada de cálculo do desempenho energético, estabelecendo requisitos mínimos para novos projectos, para edifícios existentes sujeitos a grandes obras de renovação e à implementação da certificação energética.

Perante este panorama surgiu o ponto de partida desta pesquisa, o melhoramento da eficiência energética em edifícios, através do estudo do seu comportamento térmico e energético através do recurso a medidas passivas. O isolamento da envolvente de qualquer edifício pode ser o elemento basilar para a redução dos consumos energéticos, assim como o de conforto de espaços interiores. Desta forma os edifícios constituem um elevado potencial de poupança, em termos energéticos e de emissões de GEE, contribuindo de forma significativa para a sustentabilidade económica, social e ambiental.

Nesta perspectiva, é esperado que todas as entidades envolvidas no ramo da construção invistam mais em prol da reabilitação de edifícios existentes, em detrimento da

⁹ Dados da Comissão das Comunidades Europeias, 2006

¹⁰ A Directiva 2002/91/EC, recentemente revista, dando origem à Directiva 2010/31/EU

nova construção, de modo a estabelecer uma via privilegiada para a correcção de situações de inadequação funcional, carência de inércia térmica e de degradação.

Perante o cenário actual e com todas as exigências regulamentares envolvidas, este é o momento propício a uma investigação e reflexão sobre as possibilidades de reabilitação energética de edifícios de habitação existentes, equacionando várias soluções de reabilitação e que repercussões terão a nível arquitectónico, económico e social.

Objectivos e âmbito

A reabilitação do espaço já construído assume um papel preponderante no sucesso de estratégias e políticas promovidas a nível nacional e europeu. Nas últimas décadas, observou-se um crescimento incontrolável e desordenado das zonas periféricas e o abandono de centros urbanos. Desta forma, a reabilitação surge como uma alternativa de inversão deste cenário, de modo a fomentar o melhoramento de toda a estrutura urbana.

O primeiro objectivo deste trabalho consiste em contribuir, à sua medida, para promover a reabilitação, seja ela a nível construtivo, infra-estrutural ou espacial, como principal ferramenta de uma regeneração urbana. Esta pode transformar espaços segregados, em espaços inclusivos e em potenciadores económicos, ambientais ou até culturais.

O âmbito deste estudo recai sobre estratégias de reabilitação em edifícios de habitação existentes, pela optimização do seu desempenho energético através de medidas

passivas e de reforço térmico na sua envolvente. Neste sentido, o caso de estudo tem como principal objectivo demonstrar que a reabilitação pode ser uma alternativa à demolição e de que forma se pode reverter a situação actual. Aquele representa uma zona estigmatizada que se pode transformar num foco de grande interesse ambiental e social.

Neste sentido, foi utilizada uma metodologia de cálculo da regulamentação nacional em vigor para a eficiência energética de edifícios. Foram consideradas várias soluções de reabilitação energética tendo em conta a sua aplicação ao caso de estudo, de forma a alcançar reduções no consumo energético e melhoramento do conforto térmico.

Contudo, este projecto pretende estimular a responsabilidade ambiental, assim como a resolução de patologias a nível construtivo ou funcional a par de uma melhoria da qualidade de vida das pessoas que nele habitam.

Estrutura da dissertação

A dissertação está organizada em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feito um enquadramento ao tema, com o objectivo de caracterizar a sua problemática a motivação e o propósito que estiveram na base desta pesquisa.

No segundo capítulo é relacionado o conceito de sustentabilidade com o acto de reabilitar energeticamente, referenciando estratégias e medidas implementadas a nível nacional de apoio à optimização energética.

No capítulo terceiro são abordadas de forma genérica medidas de reabilitação energética em edifícios de habitação existentes.

No capítulo quarto é descrito e caracterizado o objecto de estudo. Seguidamente, são analisados os resultados da aplicação do RCCTE e são propostas medidas de reabilitação energética em relação à situação actual.

Por último, é apresentada a conclusão.

Sustentabilidade e Reabilitação

A reabilitação do espaço já construído consiste numa das opções mais promitentes para um desenvolvimento sustentável. Hoje em dia o termo “ desenvolvimento sustentável” está fortemente banalizado no discurso de qualquer área da sociedade contemporânea. Neste sentido, a explicação deste conceito é indispensável para uma contextualização do tema de estudo. Este termo surgiu pela primeira vez num relatório¹¹ publicado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

«Desenvolvimento sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades das gerações actuais sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações satisfazerem as suas.» (BRUNDTLAND, 1991)

Nesta perspectiva, a reabilitação assume um papel preponderante em relação à nova construção, evitando a ocupação do território, aumentando a vida útil do edifício, rentabilizando os recursos já aplicados e representando uma oportunidade de integração de estratégias que sejam energeticamente eficientes.

Contudo, há que ressaltar que esta opção não se pode aplicar a todas as situações. Neste sentido, há que intervir de forma integrada e consistente, de forma a reduzir a fragmentação urbana. Para que isto seja exequível, é necessário pensar o espaço como um

¹¹ Relatório de Brundtland, intitulado de “Nosso Futuro Comum” é o documento final da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, promovida pela ONU, nos anos 80 e chefiada pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland.

todo; conseqüentemente, é necessário renovar, restaurar, reabilitar, reconstruir ou até demolir. Estes princípios devem ser realizados em prol de uma consciência ambiental, económica e social.

Reabilitação energética de edifícios

A sociedade contemporânea é particularmente caracterizada pelo consumismo, que leva as pessoas a viver grande parte (em média 90%) do tempo dentro de edifícios. Desta forma, são exigidas cada vez mais soluções que se adaptem favoravelmente aos novos padrões sociais, como o desenvolvimento de formas de habitar mais sustentáveis.

Segundo dados publicados pela DGEG, em Portugal, os edifícios foram responsáveis por 31% do consumo total de energia e representam 62% do consumo final de energia eléctrica. O sector residencial contribui com 18% dos consumos de energia final e 28% em gastos com electricidade, o que evidencia a necessidade de valorizar a eficiência energética de forma a moderar os consumos.

Em muitos casos, os habitantes pagam mais pela energia gasta devido a uma má gestão, ineficiência ou desperdício no seu consumo. É neste ponto de vista que a Comissão das Comunidades Europeias apresentou, em 2005, uma publicação¹² sobre a importância da eficiência energética, que assenta em princípios de como “fazer mais com menos” pode

¹²O Livro Verde, é um documento que aponta a eficiência energética nos edifícios como um ponto fulcral na concretização de grandes poupanças e no contributo ambiental.

contribuir de forma significativa para uma redução do consumo energético no sector habitacional.

O crescimento acelerado das cidades nas últimas décadas originou zonas periféricas caracterizadas por uma elevada densidade construtiva, em alguns casos de fraca qualidade, um espaço público não qualificado e por vezes com zonas verdes inexistentes.

Em termos de utilização final de energia, os edifícios residenciais apresentam em média consumos que se podem tipificar da forma seguinte: cozinhas e águas quentes sanitárias (AQS) 50%, aquecimento e arrefecimento 25%, iluminação e equipamentos 25%. (DGE, 2002)

Com pequenas intervenções nos edifícios, como a optimização da envolvente, é possível poupar até 30 a 35% de energia, mantendo as mesmas condições de conforto. Existem medidas de baixo custo, ou sem qualquer custo adicional, que podem reduzir o gasto de energia entre os 10% e os 40%. (ADENE, 2010)

Neste sentido, é necessário consciencializar a sociedade que uma gestão racional de energia, bem como uma adequada consideração dos aspectos da térmica dos edifícios, podem ser uma solução eficaz na melhoria das condições de conforto, saúde e bem-estar das habitações.

Programas e incentivos à optimização energética

Existem actualmente programas de apoio e incentivo à eficiência energética do parque edificado, com origem no programa PNAEE¹³ lançado pelo governo em 2008. O objectivo deste plano consiste na adopção de medidas que permitam uma redução do consumo equivalente a 10% até 2015, utilizando a fiscalização como uma ferramenta de incentivo.

Relativamente ao sector residencial, evidenciam-se três importantes programas relativos à eficiência energética. O *Renove Casa*, onde são definidas diversas medidas relacionadas com a eficiência energética na iluminação, electrodomésticos, electrónica de consumo e reabilitação de espaços; o *Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios*, que agrupa medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios, nomeadamente ao nível de isolamentos, melhoria de vãos envidraçados e sistemas energéticos; e o *Renováveis na Hora*, que é orientado para o aumento da penetração de energias endógenas nos sectores residencial e serviços. (ADENE, 2010).

Similarmente foi ainda criado o programa “Fiscalidade Verde” que, entre outras medidas, pretende fomentar a micro-produção e a certificação energética através da redução de impostos¹⁴. Assim como o Fundo para a Eficiência Energética, criado em Maio de 2010, que pretende fomentar a eficiência energética das empresas e dos cidadãos em áreas como os

¹³ Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética aprovado em 2008, pela Resolução do Conselho de Ministros nº80/2008, no âmbito de atingir os objectivos propostos pela Directiva nº2006/32/CE.

¹⁴ A redução de impostos, em sede de IRS, beneficia apenas as habitações de classe energética igual a A ou A+.

transportes, a habitação ou a indústria, apoiar projectos inovadores que promovam a eficiência e promover a alteração de comportamentos através de campanhas ou eventos.

Segundo o SGCIE, este fundo é financiado por receitas provenientes das taxas aplicadas a lâmpadas de baixa eficiência energética, taxas devidas pela atribuição de licenças ou concessões de produção, transporte ou comercialização de electricidade e ainda multas do incumprimento do sistema de gestão dos consumos intensivos de energia.

Os incentivos para a optimização do desempenho energético nos edifícios focam principalmente aspectos como a iluminação e a utilização de electrodomésticos, a água quente sanitária e a envolvente exterior de forma a diminuir a necessidade de climatização artificial. Por outro lado, este programa visa também facilitar a integração de energias renováveis, de forma a maximizar a quota de energia produzida a partir de fontes renováveis e consequentemente a emissão de GEE para a atmosfera.

Quanto à reabilitação de edifícios, está em fase de estudo o programa *ProReabilita* que prevê a criação de um regime de apoio à recuperação de imóveis arrendados e outro à recuperação de imóveis destinados à habitação de famílias carenciadas. Este programa irá substituir todos os programas de apoio à reabilitação urbana¹⁵ e irá gerir subsídios a fundo perdido e empréstimo sob tutela do IHRU, o que permitirá certificar as obras de recuperação.

¹⁵ RECRIA – Regime Especial de Participação de Imóveis Arrendados;
REHABITA – Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas;
SOLARH – Programa de Solidariedade e Apoio à Recuperação de Habitação;
RECRIPH – Regime Especial de Participação e Financiamento na Recuperação de Prédios Urbanos em Regime de Propriedade Horizontal.

Contudo, os programas de incentivo à reabilitação e eficiência energética de edifícios visam apelar à intervenção privada no património construído, solucionando problemas acumulados ao longo do tempo e contribuindo significativamente para o bem-estar social e ambiental.

No entanto, ainda não se conhece detalhadamente a proposta do orçamento de Estado para 2011 e se este tipo de incentivos será ou não mantido.

Medidas de reabilitação energética em edifícios de habitação

Geralmente, as perdas energéticas nos edifícios de habitação estão associadas ao uso intensivo de dispositivos de aquecimento e arrefecimento do ar interior, dependente de um comportamento térmico insatisfatório; são exemplo construções sem qualquer tipo de isolamento térmico ou com insuficiente inércia térmica.

Actualmente, existe um leque variado de medidas, técnicas e mecanismos concretos para obter um edifício energeticamente eficiente; exemplo disso é a reabilitação térmica da envolvente do edifício que promove a redução do consumo energético pelo reforço da protecção das partes opacas (paredes exteriores, pavimentos exteriores ou sobre espaços não aquecidos, coberturas exteriores e tectos sob espaços não aquecidos), pelo reforço dos vãos envidraçados e através de tecnologias solares passivas. O recurso a tecnologias solares activas é concebido através da implementação de energias renováveis, nomeadamente a solar térmica para a produção de AQS e a fotovoltaica. Assim como a reabilitação energética dos sistemas e instalações de equipamentos com melhores rendimentos e de menor consumo e a alteração de fontes energéticas em função de recursos menos poluentes.

No entanto, a adopção destas medidas deve ser consciencializada em função do edifício a reabilitar, devendo cada caso ser sempre avaliado separadamente. Para além de factores ambientais e de conforto, há que existir sensatez a nível arquitectónico, económico e social.

Contudo, as medidas de reabilitação energética devidamente estruturadas, além de conduzirem à redução das necessidades de energia de aquecimento e/ou arrefecimento, podem também melhorar as condições de conforto nas habitações, reduzir a potência dos equipamentos de climatização, permitindo assim o desagravamento das despesas totais do agregado familiar.

Reabilitação térmica através da envolvente exterior do edifício

A estratégia mais eficiente na redução do consumo energético passa pela optimização de isolamento térmico na envolvente opaca, que condiciona particularmente a carga térmica no interior do edifício. A carga térmica é o que define a quantidade de energia necessária para incorporar ou retirar calor do ambiente interior.

Um bom isolamento conduz a uma diminuição de perdas de calor para o exterior no Inverno e reduz os ganhos de calor no Verão. Estima-se que cerca de 60% da energia usada para aquecimento é desperdiçada devido às fugas relacionadas com a ausência ou insuficiência de isolamento dos elementos opacos como paredes, coberturas e pavimentos, e ainda devido à fraca utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados (EDP, ECO - Programa de Eficiência Energética). Por outro lado, a permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados, frequentemente excessiva, contribui sobretudo para o acréscimo das necessidades de aquecimento.

A capacidade de isolamento térmico de um elemento da envolvente é traduzida pelo respectivo coeficiente de transmissão térmica¹⁶, sendo que quanto maior for o valor do coeficiente, menor capacidade de isolamento terá o elemento. Concludentemente, a redução do coeficiente de transmissão térmica resulta de um aumento da espessura de isolamento térmico, o que corresponde a um maior investimento inicial e a menores consumos energéticos durante a exploração do edifício.

Neste sentido, a implementação de isolamento termicamente eficiente representa um dos métodos mais favoráveis de resposta às novas exigências. O incremento deste tipo de solução permite minimizar as trocas de calor com o exterior e, conseqüentemente, reduzir as necessidades de aquecimento e arrefecimento do ar interior.

Soluções de isolamento térmico exterior

No âmbito da reabilitação de edifícios, têm sido desenvolvidos vários sistemas e técnicas de aplicação exterior, que constituem uma óptima solução, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista construtivo. De um modo geral, estes sistemas de aplicação exterior são constituídos por uma camada de isolamento térmico aplicada sobre o suporte e um revestimento exterior para protecção de impactes climatéricos e mecânicos.

¹⁶ Coeficiente de transmissão térmica de um elemento da envolvente representa a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. (RCCTE – DL 80/2006)

A aplicação do isolamento térmico pelo exterior, quando esta solução é possível, apresenta sempre vantagens relativamente à aplicação pelo interior. Entre elas destaca-se a mínima interferência no interior da habitação, não reduzindo a sua superfície útil; a redução ou a eliminação de todas as pontes térmicas que causam o aparecimento de condensações e consequentemente de fungos no interior, devendo os pormenores de execução garantir a verdadeira continuidade do isolamento térmico; protecção estrutural do edifício das diferenças térmicas e adversidades climáticas, assegurando a integridade física dos edifícios, evitando-se sinais de envelhecimento típicos da construção; o aumento da inércia térmica interior dos edifícios, contemplando a melhoria do conforto térmico de Inverno, por aumento dos ganhos solares úteis e também de Verão devido à capacidade de regulação da temperatura interior.

Neste sentido, é especialmente conveniente isolar pelo exterior quando a habitação ou o edifício são de ocupação permanente; no entanto, torna-se impossível fazê-lo se o mesmo for abrangido por programas de protecção do património ou nalguns casos em que se possam identificar incompatibilidades entre o valor arquitectónico, em sentido lato, e as alterações resultantes da obra de reabilitação.

Actualmente existem diversos métodos de isolamento que variam em função do elemento a reabilitar. Estes devem ser enquadrados da melhor forma com as principais características construtivas e arquitectónicas de cada edifício. Em relação à envolvente vertical opaca, os sistemas de isolamento classificam-se em três grandes famílias: revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico no espaço de ar, sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior e revestimentos isolantes.

Revestimentos independentes descontínuos

Este sistema consiste na aplicação de um isolante térmico pela superfície exterior da envolvente vertical opaca, através de uma estrutura intermédia de metal ou de madeira, sobre o qual é colocada uma protecção exterior. O revestimento exterior pode ser contínuo ou descontínuo, estando o isolamento térmico instalado entre a parede e o revestimento, protegido da acção da chuva, deixando um espaço de ar, onde este circula por convecção (Figura 1 e 2).

Os elementos de protecção podem ser elementos contínuos, como os rebocos armados, ou descontínuos, como elementos pré-fabricados cerâmicos, de vidro, metálicos, ou compósitos, sendo possível uma diversidade de acabamentos, texturas e cores. Na aplicação deste sistema é possível construir fachadas parcialmente ventiladas, constituídas por uma única lâmina de ar, isto é, com aberturas na parte inferior e superior ou podem dispor de aberturas na sua superfície, com sistemas de junta aberta.

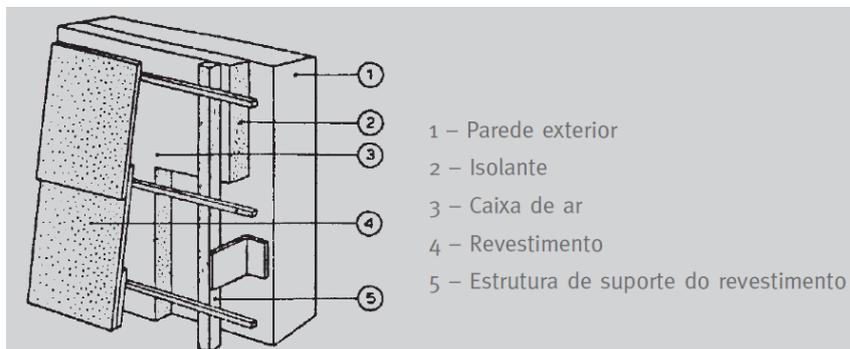


Fig.1 – Revestimento independente descontínuo com interposição de isolante térmico na caixa-de-ar. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.



Fig.2 – Aspecto geral de uma fachada reabilitada com revestimento independente descontínuo com interposição de um isolante térmico no espaço de ar. DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág.10.

Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS)

A sigla ETICS¹⁷ designa os sistemas compostos por isolamento térmico aplicado sobre a envolvente exterior opaca e revestido por um reboco armado, que asseguram a impermeabilidade e a integridade do isolamento contra acções externas. Este sistema foi desenvolvido para evitar transferências de calor para um exterior frio, funcionando contudo adequadamente em transferências de calor a partir de um exterior demasiado quente, caracterizando-se como uma barreira às transferências de calor.

As placas de isolante são aplicadas no suporte por colagem e com o auxílio mecânico de fixações específicas. A camada de base do revestimento é aplicada em duas camadas, entre as quais é inserida uma armadura destinada a reduzir a fissuração e a melhorar a resistência aos choques. Neste sistema, o reboco acaba por desempenhar também um papel estrutural pois, ao contrário da aplicação tradicional, assenta sobre uma superfície com baixa compacidade. O reboco tem de ter boa aderência ao isolamento, sendo este ranhurado na face a revestir a fim de melhorar a aderência do revestimento.

Os sistemas ETICS podem ser de dois tipos, os quais se distinguem pela espessura do revestimento exterior, espesso ou delgado.

¹⁷ ETICS - *External Thermal Insulation Composite System.*

No sistema de isolamento térmico por revestimento espesso, utilizam-se geralmente placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou placas de lã mineral coladas directamente ao suporte; sobre o isolamento térmico é aplicado um revestimento armado com rede metálica galvanizada, onde deve ser aplicado um revestimento final de massas plásticas ou uma tinta (figura 3).

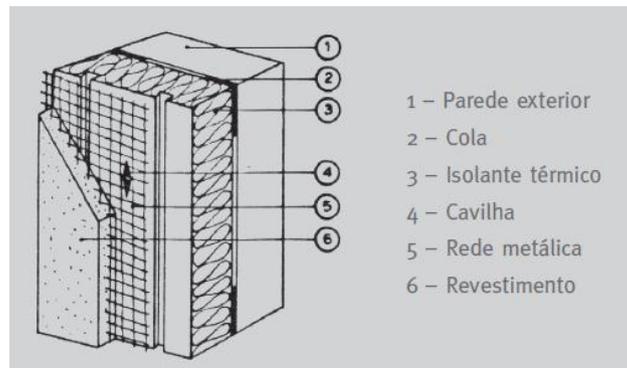


Fig.3 – Sistema de isolamento térmico composto pelo exterior com revestimento espesso. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.

No sistema de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante, que é mais usado que o anterior, utilizam-se sobretudo placas de poliestireno expandido moldado (EPS) colado e fixo mecanicamente ao suporte e um revestimento de ligante sintético ou misto, armado com uma rede flexível, como por exemplo de fibra de vidro. Porém, caso se pretenda usar um isolante de origem natural, por motivos de minimização do impacte ambiental, pode ser utilizado aglomerado de cortiça, caracterizado pela baixa condutibilidade térmica, que deriva da cortiça, uma matéria-prima totalmente natural e renovável. Neste sistema, a espessura total do revestimento sobre o isolante é inferior a 7mm (figura 4).

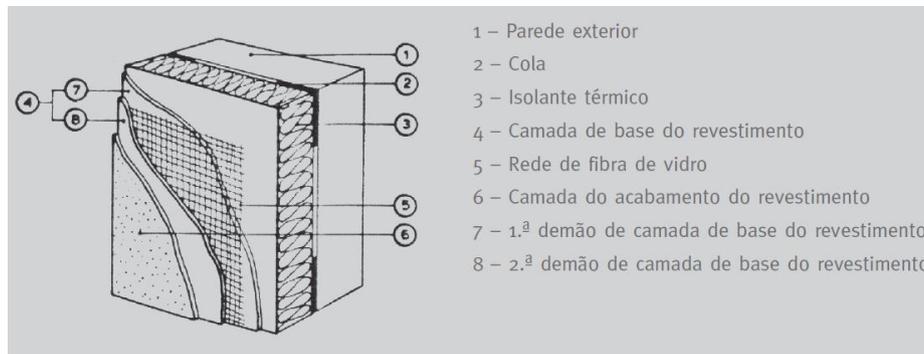


Fig.4 – Sistema de isolamento térmico composto com revestimento delgado. Fonte: DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa; pág. 9.

Revestimentos isolantes (revestimentos pré fabricados, isolantes descontínuos e rebocos isolantes)

Os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos são obtidos a partir de elementos pré fabricados, que se caracterizam por um material isolante em placa e revestido por elementos de natureza metálica, mineral ou orgânica. Como estes elementos são fornecidos com dimensões de fábrica tipificadas, existe por vezes dificuldade de adaptação a pontos singulares das fachadas, como por exemplo os vãos. No entanto, a sua aplicação é feita numa única operação dispensando a existência de uma estrutura de fixação intermédia e a aplicação de camadas sucessivas como é o caso das ETICS.

A solução de reboco isolante consiste no revestimento composto por argamassas que incorporam grânulos de isolante térmico de diâmetro muito pequeno, de forma a reduzir a sua condutibilidade térmica em relação à das argamassas de rebocos tradicionais.

Contudo esta solução é a menos eficiente, embora seja a de mais fácil aplicação. Os revestimentos isolantes não garantem por si só um nível de eficácia adequado em soluções de reabilitação térmica. Estes podem e devem ser utilizados como complemento dos sistemas acima referidos.

Soluções de isolamento térmico pelo interior

A solução de reabilitar termicamente a fachada pelo interior é um método menos dispendioso e de fácil execução, mas deve ser devidamente ponderado quando não se considere modificar o aspecto exterior do edifício e sempre que compense a perda de espaço útil. No entanto, esta medida tem o inconveniente de não suprimir as pontes térmicas planas e as lineares correspondentes às diversas situações de ligação entre elementos construtivos.

A reabilitação pela face interior do edifício consiste na aplicação de painéis pré-fabricados, com a altura do pé direito livre dos compartimentos, constituídos por placas isolantes revestidas com um paramento de gesso cartonado. Este último pode ser colado directamente ou fixado através de uma estrutura de apoio que define uma caixa-de-ar intermédia.

Outro tipo de solução baseia-se na execução de uma contra-fachada no lado interior da parede a reabilitar. Este método consiste na construção de um pano de alvenaria de espessura reduzida, ou de um forro em placas de gesso cartonado, incorporando um isolante térmico a tardoz, separando os dois elementos.

Soluções de isolamento térmico injectado na caixa-de-ar de paredes duplas

Esta solução é aplicável exclusivamente a edifícios em que as paredes exteriores sejam constituídas por dois panos.

O reforço de isolamento térmico das paredes duplas por preenchimento da caixa-de-ar permite manter o seu aspecto exterior e interior, através de abertura de furos de injeção. A injeção de isolamento na caixa-de-ar é uma solução possível e económica, apresentando no entanto algumas fragilidades na sua execução, o que se deve à dificuldade em preencher com espuma isolante a totalidade da caixa-de-ar, ou seja, o espaço de aplicação pode ter uma espessura pequena ou apresentar-se parcialmente preenchido com argamassa ou detritos, o que dificulta a sua homogeneização.

Por outro lado, este tipo de solução pode apresentar níveis de toxicidade para a saúde dos habitantes, devido a mutações químicas das espumas isolantes.

Reabilitação térmica de pavimentos

O isolamento térmico de pavimentos só se justifica quando estes se localizam sobre espaços exteriores ou sobre espaços interiores não aquecidos (como garagens, arrecadações, armazéns ou varandas) ou, ainda, sobre espaços não aquecidos e não ventilados ou pisos térreos. Este tipo de reabilitação deve ter em conta, tal como qualquer outro elemento da

envolvente opaca, se o investimento inicial é preponderante relativamente a ganhos térmicos e energéticos.

Para isolar termicamente pavimentos existem três opções distintas que se caracterizam pela localização do material isolante a aplicar e mediante a finalidade do espaço a habitar. Elas são: o isolamento térmico aplicado na face inferior; o Isolamento térmico intermédio; e o isolamento térmico aplicado na face superior.

Reabilitação térmica de coberturas

A cobertura é a parte constituinte da envolvente exterior que é mais susceptível a maiores flutuações térmicas. Este é um dos elementos mais significativos no condicionamento do desempenho térmico dos edifícios, pelo que o isolamento térmico de uma cobertura é a intervenção mais favorável energeticamente, com repercussões quase imediatas na redução das necessidades energéticas. Enquanto na estação fria é necessário evitar fugas de calor para o exterior, na estação quente é necessário evitar o sobreaquecimento e a transmissão de calor para o interior do edifício.

Em complementaridade, a reabilitação de coberturas, sejam elas inclinadas ou horizontais, consiste numa medida importante a ser considerada como uma das soluções de eficiência energética prioritária.

Em coberturas inclinadas, o isolamento térmico pode ser assente segundo quatro opções que se caracterizam pelo posicionamento do isolante. Estas são: isolamento aplicado na face

superior da esteira do tecto; isolamento aplicado na face inferior da esteira do tecto; isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição superior; isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição inferior.

A reabilitação térmica de coberturas horizontais pode ser conseguida através de três opções possíveis, que se distinguem segundo um critério semelhante ao adoptado nos casos anteriores, sendo: isolamento térmico superior; isolamento térmico intermédio; isolamento térmico inferior.

Reabilitação térmica de vãos envidraçados

Os vãos envidraçados são elementos da envolvente exterior que determinam significativamente o balanço energético dos edifícios, podendo ser responsáveis por 35 a 40% das perdas térmicas nos edifícios de habitação na estação fria. Estes valores dependem da caracterização dos elementos do vão, ou seja, tipo de vidro (simples ou duplo), tipo de caixilharia (material e possibilidade de corte térmico nas metálicas) e processo de montagem do conjunto (o que influencia sobretudo a permeabilidade ao ar). Os vãos envidraçados podem provocar descidas substanciais na temperatura interior durante a estação fria ou o sobreaquecimento na estação quente, provocando situações de desconforto.

Deste modo, a reabilitação de janelas e portas é uma das medidas basilares de fomentação da eficiência energética. Esta solução permite controlar as infiltrações de ar não desejadas

através das juntas da caixilharia, de forma a otimizar o seu desempenho, reduzindo as perdas de calor no interior e minimizando os problemas de desconforto no Inverno. Assim como o reforço da protecção contra o excesso de radiação solar pelos envidraçados durante os meses de Verão, controlando os ganhos térmicos mediante a limitação da entrada de radiação solar através de dispositivos de protecção. É possível, conseqüentemente, minimizar o efeito das pontes térmicas que se estabelecem através da caixilharia e dos próprios envidraçados, reduzindo as trocas de calor associadas às amplitudes térmicas entre o interior e o exterior.

O isolamento térmico de uma janela depende essencialmente da qualidade do vidro e do seu caixilho. Os sistemas de vidro duplo e o tipo de moldura podem reduzir praticamente para metade as perdas de calor, face ao vidro normal, para além de diminuir as infiltrações de ar e a condensação de água, assim também como o tipo de moldura.

No mesmo sentido, há ainda que reduzir as pontes térmicas das caixas de estore, quando estas existem. Para construções novas ou reabilitações profundas de paredes, podem aplicar-se caixas de estore pré-fabricadas em betão ou em material cerâmico, devidamente isoladas, ou caixas compostas inteiramente por material isolante. Para reabilitação do existente, pode ser aplicado no interior das caixas um revestimento isolante em poliestireno expandido moldado ou extrudido, em aglomerado de cortiça ou em lã mineral. Para complementar a eficiência energética nos vãos envidraçados, deve ser sempre analisada a sua implementação e orientação solar. Complementarmente, podem ainda ser aplicadas medidas e sistemas solares passivos, como a criação de sistemas de arrefecimento evaporativo, a redução dos ganhos solares pela utilização de cores claras nas fachadas e na cobertura e a melhoria do arrefecimento passivo e da ventilação natural.

Caso de estudo

Este trabalho tem como objectivo analisar a promoção da eficiência energética em edifícios de habitação existentes, na perspectiva da reabilitação através de medidas passivas e de reforço da envolvente. O objecto de estudo recai sobre um edifício de habitação colectiva de cariz social, localizado na cidade de Lisboa.

No levantamento do estado da arte verificou-se que os estudos sobre a optimização energética na perspectiva de reabilitação ainda são diminutos, assim como a existência de edifícios onde este tipo de medidas já foram adoptadas não parece suficientemente documentada e publicada em termos da análise dos resultados obtidos. Portugal beneficia de uma situação climática bastante favorável, não só para a aplicação deste tipo de estratégia no edificado já construído, como também no modo como se projecta, constrói e habita um novo edifício.

O objecto de estudo é um edifício localizado no Bairro do Condado, na freguesia de Marvila, em Lisboa. (figura. 5)



Fig. 5 – Vista aérea do Bairro do Condado em Marvila. Fonte: <http://www.bing.com/maps/>
23

Objectivo

Numa perspectiva de reabilitação energética de edifícios de habitação, pretende-se, através da análise do caso de estudo, identificar medidas e estratégias de índole passivo, como o reforço térmico da sua envolvente. Neste sentido, procura-se superar patologias apresentadas em termos físicos e de desempenho térmico.

Com base na regulamentação do RCCTE e no SCE procura-se analisar a potencialidade das medidas adoptadas na melhoria da eficiência energética, tendo em especial atenção a garantia das condições de conforto.

Este estudo não se propõe a fazer uma descrição ou uma abordagem histórica em relação ao Bairro do Condado, antiga Zona J. Mas sim, perceber e analisar estratégias, de índole energético, que poderão fazer parte de um conjunto integrado de medidas a tomar na reconversão do panorama actual do bairro.

Metodologia

Após a recolha de dados do projecto, procura-se caracterizar o objecto de estudo e diagnosticar o seu desempenho energético no seu estado actual. Seguidamente propõem-se a análise de estratégias de melhoria energética, contabilizando o consumo total de energia para as condições interiores nominais referidas no RCCTE. O processo de avaliação foi aplicado por

intermédio das folhas de cálculo regulamentares, com o objectivo de apurar os indicadores de eficiência energética do objecto em estudo.

Os resultados obtidos são referentes a uma das fracções autónomas do edifício em causa, uma vez verificada a semelhança entre as restantes.

A caracterização dos elementos da envolvente em análise, no que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica, foi realizada de acordo com o ITE 50 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. A escolha das diferentes soluções construtivas foi baseada no desempenho térmico de cada uma, ajustando-se às características próprias do caso de estudo.

Descrição do caso de estudo

O objecto de estudo localiza-se no lote 551, da Av. João Paulo II, do Bairro do Condado, na freguesia de Marvila. (Anexo A)

O bairro do Condado, ou conhecida Zona J, faz parte de um concurso lançado em 1976, para a concepção e construção de edifícios e espaços exteriores nesta zona, que decorreu em três fases distintas¹⁸. As duas primeiras fases, correspondendo respectivamente a 700 e a 606 fogos, foram adjudicadas a uma equipa formada pelo atelier de arquitectura de Tomás Taveira e pelas empresas de construção EMPEC e Edifer (caso de estudo). A terceira fase incluiu a construção de 360 fogos da autoria do arquitecto Aires Mateus.

¹⁸ No âmbito do Plano de Urbanização de Chelas, iniciado em 1960 pelo GTH.

O caso de estudo insere-se numa banda com 3 pisos, onde o piso térreo era destinado a comércio e os pisos 2 e 3 são habitacionais. A sua organização funcional e morfologia assentam na repetição articulada das estruturas multifamiliares, através de soluções alternativas de sistemas de acesso, como núcleos de ascensores e escada destacados, galerias e ruas pedonais elevadas. Os fogos organizados em duplex são de tipologia T4, com acesso através de uma galeria que funciona no piso 2. É claramente visível a especialização e o zonamento funcional dos acessos e compartimentos, como a área social, de serviço ou privada, assim como a reduzida área de circulação.

Em termos construtivos, os edifícios deste bairro foram concebidos através de uma estrutura laminar, de direcção perpendicular à fachada, constituída por paredes exteriores resistentes em betão moldado interiormente duplicadas por contra-fachadas em blocos de betão celular auto-clavado. Segundo um estudo do LNEC, a espessura total destas paredes é de cerca de 0.24m, o correspondente a 0.15m de betão, 0.07m de alvenaria de blocos e cerca de 0.02m de reboco, sem caixa de ar ou a inexistência de qualquer tipo de isolamento. Actualmente são visíveis diversas anomalias, como a degradação destes mesmos painéis, a corrosão de armaduras e arestas com lacunas, ou o aparecimento de fungos nas fachadas.

As paredes de fachada são constituídas por painéis pré-fabricados de betão com agregados de argila expandida com, com uma espessura total de 0,22 m.

Em 2001, cerca de metade dos edifícios do Bairro do Condado foram reabilitados no âmbito de suprimir estas anomalias. A intervenção consistiu na aplicação de um revestimento constituído, genericamente, por uma argamassa aligeirada com grânulos de poliestireno expandido moldado e uma outra camada em argamassa de ligante misto, destinado a

melhorar o isolamento térmico, assim como minimizar as patologias físicas. Este revestimento recebeu posteriormente acabamento de uma membrana elástica, pintada com cores fortes. No entanto as medidas tomadas foram insuficientes do ponto de vista térmico, além de mostrar algumas fragilidades a nível físico.

Análise da aplicação do RCCTE

O RCCTE propõe a análise de quatro índices basilares na caracterização do desempenho energético do edifício: a necessidade nominal de energia para aquecimento, a necessidade nominal de energia para arrefecimento, a necessidade nominal de energia para aquecimento de águas sanitárias e o índice de energia primária.

Dado que a análise dos impactes será feita na perspectiva de reabilitação energética de edifícios existentes, as necessidades de energia útil para aquecimento correspondem à situação mais desfavorável em termos de necessidades de energia, optando-se nesta apresentação por dar maior destaque a este factor. Esta opção justifica-se pelas reduzidas necessidades de energia para arrefecimento no edifício em estudo e pela imposição do actual regulamento.

Este considera a implementação de sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água quente sanitária, sempre que a cobertura tenha uma vertente a Sul, o que corresponde a avaliação de medidas solares activas na reabilitação, o que não é o propósito deste trabalho.

Diagnóstico energético

O edifício foi construído no final dos anos 70 do século XX, concebido com base num pensamento totalmente descomprometido do ponto de vista energético. O edifício foi estruturado em betão sem qualquer tipo de isolamento, com fachadas orientadas a Este e a Oeste, a área de vãos envidraçados é caracterizada por janelas de vidro simples e caixilharias de alumínio, o que contribui para ganhos e perdes significativas através da envolvente exterior (Quadro 1).

Neste sentido, pretende-se diagnosticar o desempenho energético no seu estado actual, de forma a identificar os aspectos mais relevantes no consumo energético, com o objectivo de encontrar soluções que permitam minimizar e otimizar a sua utilização.

Quadro 1 – Caracterização actual.

Situação Actual	
Orientação	Este/Oeste
Tipologia	T4
Área	103,2m ²
Altura do Pé direito	2,50m
Caixilharia	Alumínio, sem quadrícula
Vãos envidraçados	Vidro simples
Elementos opacos	Paredes exteriores em Betão, com 0,24m de espessura, sem isolamento térmico
	Paredes exteriores em painéis pré-fabricados de betão com argila expandida
	Cobertura plana, sem isolamento térmico
	Pavimento, sobre espaço não aquecido
Ventilação	Natural
Sistema de AQS	Esquentador a gás natural

Para quantificar o valor das perdas térmicas globais e necessidades nominais de energia útil, foi aplicada a metodologia descrita anteriormente, através da qual é calculada os valores de perda e de ganho térmico (Anexo B).

O valor das perdas térmicas é quantificado através do resultado da transmissão de calor pela envolvente opaca exterior, onde se incluem as pontes térmicas, pelos envidraçados e por renovação do ar. O valor dos ganhos térmicos é contabilizado através da radiação solar, da ocupação e dos equipamentos. Todos estes aspectos são quantificados pelo RCCTE, através dos seguintes indicadores energéticos: necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento; necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento; necessidades

nominais anuais de energia para aquecimento de águas sanitárias; e necessidades nominais globais de energia primária. (Quadro 2)

Quadro 2 – Cálculo da eficiência energética, situação actual.

	Fracção 3A
Necessidades Nominais de Aquecimento - Nic	136,53 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento máximas – Ni	64,56 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	20,44 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arrefecimento máximas - Nv	32,00 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento - AQS – Nac	74,04 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento máximas - AQS – Nac	57,30 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária – Ntc	10,52 (kgep/m ² .ano)
Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária Máximas – Nt	8,60 (kgep/m ² .ano)
Situação Actual	Não cumpre
Índice Relativo	122,3%

Numa primeira análise, verifica-se que as necessidades nominais anuais para aquecimento ultrapassam significativamente o valor estipulado, resultando um rácio superior ao do consumo de referência. A aplicação das medidas de melhoria ao nível do conforto térmico permite reduzir o valor do coeficiente de transmissão térmica dos elementos opacos e envidraçados. A total ausência de isolamento térmico na envolvente do edifício é apontada como a principal oportunidade de melhoria. Contrariamente, as necessidades nominais de arrefecimento não apresentam valores excessivos, deixando o processo de redução das necessidades de aquecimento com maior destaque neste estudo.

A reabilitação térmica de cariz passivo irá reduzir as necessidades energéticas da habitação resultantes das perdas e/ou ganhos térmicos pela envolvente, em benefício de resultados favoráveis à redução da factura energética.

Medidas de Melhoria

A proposta de reabilitação energética tem como principal condicionante a própria estrutura física do edifício, ou seja, a requalificação da sua envolvente representa o desafio mais promitente na melhoria da eficiência energética. Neste sentido, a solução poderá passar pelo incremento de isolamento térmico na envolvente opaca vertical e horizontal, e pela optimização da zona de vãos.

Contudo, a implementação de medidas estratégicas de aquecimento pode resultar simultaneamente na melhoria das condições de Verão. A aplicação do isolamento térmico e

vãos envidraçados de protecção térmica mais eficiente poderá dificultar a transferência do calor gerado no interior do edifício para o exterior, sendo fundamental promover a ventilação natural. No entanto, este factor está directamente relacionado com os padrões de ocupação dos habitantes e constitui uma boa estratégia de redução das necessidades de arrefecimento.

Seguidamente é apresentada a proposta de alteração. Esta apenas referente a aplicação de medidas passivas na envolvente, com base no diagnóstico da situação actual. A solução de aplicar o sistema de ETICS¹⁹ mostrou-se a mais favorável, em vez da aplicação de revestimentos isolantes²⁰ ou de revestimentos independentes descontínuos com interposição de isolante térmico na caixa-de-ar²¹. (Quadro 3)

¹⁹ Esta solução apresenta mais vantagens em relação ao isolamento pelo interior. O isolamento pelo exterior é tecnicamente e construtivamente mais eficaz e não interfere na ocupação das habitações, o que neste caso poderia ser delicado.

²⁰ Em 2001, foi aplicado em vários edifícios do Bairro do Condado, com as mesmas características construtivas, um revestimento composto por agregados leves destinado a melhorar o isolamento térmico dos mesmos. No entanto, esta solução mostrou-se pouco adequada e muito pouco eficiente.

²¹ Este tipo de medida, em aplicação directa ao caso de estudo, mostra-se pouco exequível, devido à sua volumetria.

Quadro 3 – Proposta de intervenção

Proposta de intervenção	
Orientação	Este/Oeste
Tipologia	T4
Área	103,2m ²
Altura do Pé direito	2,50m
Elementos opacos	Paredes exteriores rehabilitadas com aplicação de isolamento térmico, EPS de 0,03m, pelo exterior, com revestimento aplicado sobre o isolante - ETICS
	Cobertura plana, com isolante térmico, lã mineral de 0,03m, pelo exterior, com protecção de impermeabilização leve
	Pavimento, sobre espaço não aquecido, com isolamento pelo “exterior”, XPS de 0,03m
Caixilharia	PVC, sem quadrícula, com permeabilidade ao ar baixa
Vãos envidraçados	Vidro duplo
Ventilação	Natural
Sistema de AQS	Esquentador a gás natural

A proposta de intervenção consiste mais precisamente no revestimento de toda a envolvente exterior, com placas de poliestireno expandido moldado (EPS). A área envidraçada é substituída por caixilharia de PVC com corte térmico e vidro duplo, o que se caracteriza por um elevado desempenho térmico. (Quadro 4)

Quadro 4 – Cálculo de eficiência energética, situação proposta.

	Fracção 3A
Necessidades Nominais de Aquecimento – Nic	55,69 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento máximas – Ni	64,56 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	15,44 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Arrefecimento máximas - Nv	32,00 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento - AQS – Nac	74,04 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais de Aquecimento máximas - AQS – Nac	57,30 (kW.h/m ² .ano)
Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária – Ntc	8,13 (kgep/m ² .ano)
Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária Máximas – Nt	8,60 (kgep/m ² .ano)
Situação Actual	Cumpre
Índice Relativo	94,5%

Perante os resultados obtidos, é de salientar a redução significativa das perdas térmicas através da envolvente opaca. A aplicação de isolamento térmico na envolvente opaca minimiza o valor das necessidades nominais de aquecimento em 59%, em relação à situação actual. Porém este valor pode ser ainda mais expressivo através do aumento da espessura do material isolante. A implementação de isolamento térmico nas fachadas e na cobertura é

fundamental, pois impede a dissipação do calor para o exterior, sobretudo na estação Inverno, reduzindo a quantidade de energia necessária para aquecimento.

A aplicação destas medidas contribui também para uma redução do valor das necessidades nominais de arrefecimento. Este valor não é tão expressivo como na estação de aquecimento, mas verifica-se uma diminuição de 24% em relação à situação presente. (Anexo C)

Uma medida de reabilitação energética preponderante na minimização do consumo energético relaciona-se com a zona de vãos envidraçados. Nesta área, é fundamental controlar as trocas de calor entre o interior e o exterior. No Inverno é importante minimizar as perdas e maximizar os ganhos térmicos e no Verão é necessário minimizar os ganhos e fomentar as perdas de calor. Dada a importância de isolar a envolvente exterior do edifício, a caracterização dos vãos envidraçados torna-se numas das medidas fulcrais na optimização do consumo energético.

Através de medidas passivas de reabilitação energética, neste caso concreto é possível uma poupança de 22,7% no consumo de energia primária. Contudo há que ressaltar que este estudo incide apenas na optimização dos elementos constituintes da envolvente exterior, através de medidas de índole passivo. Não se referenciam portanto mecanismos de aquecimento ou arrefecimento, assim como a implementação de colectores solares para aquecimento de AQS ou painéis fotovoltaicos para a produção de energia. No entanto, a instalação deste tipo de equipamento, face à situação actual da habitação, iria fomentar valores ainda mais promitentes do ponto de vista energético, mas a sua aquisição torna-se uma opção economicamente dispendiosa.

As medidas de melhoria propostas têm como fundamento a correcção de situações de inadequação funcional, de patologias construtivas como a presença de humidade e o aspecto degradado dos edifícios, proporcionando a melhoria da qualidade térmica e das condições de conforto dos seus habitantes. Contudo, este tipo de medidas deve ser parte integrante de numa estratégia geral de requalificação do Bairro do Condado. Esta estratégia não passa só pela reabilitação das habitações ou do conjunto edificado, mas também pela reabilitação do espaço público. Neste sentido, poderia ser estruturado um sistema comum de aproveitamento de águas ou até uma rede conjunta de produção energética através da captação de radiação solar.

A antiga Zona J, em Chelas, através da procura de uma maior eficiência energética, não só nas habitações, tem potencial para se transformar num espaço económico, ambiental e social conveniente para os seus habitantes e para a sociedade em geral.

Conclusão

Esta dissertação teve como base de estudo a reabilitação energética de edifícios existentes, pela optimização da capacidade térmica dos elementos da envolvente, através de medidas passivas. A eficiência energética nos edifícios é actualmente um foco importante na redução da dependência energética, a nível nacional como a nível europeu. Esta pressupõe a aplicação de estratégias e medidas de redução dos consumos energéticos, em prol da minimização dos impactos económicos sociais e fundamentalmente ambientais.

A motivação para este trabalho partiu da hipótese que a eficiência energética de um edifício podia ser alcançada através de medidas passivas, de modo a superar as patologias existentes e a melhorar a vivência dos seus utilizadores, sem recorrer a dispositivos de carácter activo do ponto de vista energético.

Através da análise do objecto de estudo foi possível diagnosticar e propor soluções de reabilitação térmica, concluindo que as mesmas reduzem o consumo de energia necessário para o conforto dos seus habitantes. Porém, o parque edificado existente é muito dissemelhante do ponto de vista construtivo e arquitectónico; neste sentido, a estratégia de reabilitar energeticamente tem de ser conscientemente analisada. Cada edifício apresenta objectivos, barreiras e pressupostos diferentes. A investigação de novas medidas e estratégias de âmbito energético assume-se como um ponto basilar que pode ser fundamental na salvaguarda do valor arquitectónico que, de forma pelo menos indirecta, os regulamentos para a eficiência energética parecem pressupor.

A aplicação deste tipo de medida por si só não é suficiente para a redução do consumo energético em termos de energia primária. É necessário estimular a utilização racional de energia. Por vezes, o elevado consumo energético está associado à falta de sensibilização da sociedade para consequências a nível mundial, como é o caso das alterações climáticas.

A reabilitação energética de edifícios de habitação existentes, em análise ao Bairro do Condado, em Marvila, permite constatar uma redução significativa das necessidades de aquecimento e arrefecimento, melhorando o conforto no interior da habitação e o aspecto degradado visível exteriormente. O isolamento da fachada através do sistema de ETICS, o reforço térmico da cobertura e do pavimento em contacto com uma zona não aquecida, possibilitaram uma redução dos ganhos solares pela envolvente opaca exterior de 62%, em relação à situação actual. A substituição dos vãos envidraçados por caixilharias e vidros de desempenho energético superior permitiu minimizar em 20% os ganhos solares, em comparação com a situação actual.

Contudo, esta medida de reabilitação, aplicada somente aos edifícios, não é suficiente para minimizar o estigma em relação ao bairro. É necessário existir uma simbiose entre a requalificação dos edifícios existentes e o espaço público.

Quando se propõe a implementação de qualquer tipo de solução, para zonas como esta, é necessário ter em consideração não só o factor técnico ou económico, mas também o factor social. O facto de entrar no domínio privado pode por vezes tornar-se um obstáculo difícil de superar, embora a opção de intervir pelo exterior do edifício seja sempre a mais fácil de implementar.

Com este trabalho pode concluir-se que existem várias medidas que podem ser aplicadas, não só nos edifícios novos, como também nos existentes, que contribuem de forma significativa para a melhoria do desempenho energético. Este processo só terá êxito se existir uma mobilização e colaboração dos utilizadores do edifício.

Perante o panorama actual, é fundamental reconhecer que o país atravessa uma grave crise económica, e que grande parte dos agregados familiares não tem poder económico para intervir neste sentido. Por vezes, a reabilitação energética de edifícios existentes não é concretizada, por desleixo ou desinteresse por parte dos intervenientes neste processo. É importante salientar que este tipo de acção depende essencialmente da consciencialização e vontade dos utilizadores, da acção do Estado e de outras entidades. Apesar de existirem planos estratégicos que promovem poupança e a conservação energética, não existe a formulação de propostas concretas, principalmente na área da reabilitação.

Bibliografia

ADENE. (2009). *Certificação Energética e Ar Interior*; Agência para a Energia, Lisboa.

ADENE. (2009). Nota Técnica: NT-SCE-01. *Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE*. Portugal: Agência para a Energia, Lisboa.

ADENE (2010); *Guia da Eficiência Energética*; Agência para a Energia, Lisboa.

AGÊNCIA MUNICIPAL DE ENERGIA E AMBIENTE (2009); *Breve resumo com as medidas do PNAEE (Resolução Conselho de Ministros n.º 80/2008) relevantes para reabilitação*; Lisboa E-Nova, Lisboa.

BANDURRA, Catarina (2008); *Reabilitação Sustentável de edifícios para Habitação Social: um estudo em Almada*; Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Construção; Instituto Superior Técnico.

BEHING, Sophia; BEHING, Stefan (1996); *Sol Power: The Evolution of Solar Architecture*; Munich; New York: Prestel

CIUL – Centro de Informação Urbana de Lisboa (2001); *Lisboa Conhecer Pensar Fazer Cidade*; Câmara Municipal de Lisboa.

CÓIAS, Vítor (2009); Seminário de Reabilitação Energética dos Edifícios, na Universidade do Algarve a 24 de Abril de 2009; *Aspectos Construtivos da Reabilitação energética dos Edifícios*.

DGEG (2002); *Eficiência Energética nos Edifícios*. Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia, Lisboa.

DGEG (2004); *Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial*; Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa.

DGEG (2004); *Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais*; Brochura. Lisboa, Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa.

DGEG. (2009); *Energia Solar*; Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa.

DIÁRIO DA REPUBLICA (2006), DR 67 Série I-A de 4 de Abril de 2006, Decreto-Lei n.º 78/2006 do Ministério da Economia e da Inovação.

DIÁRIO DA REPUBLICA (2006), DR 67 Série I-A de 4 de Abril de 2006, Decreto-Lei n.º 80/2006 do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

DIÁRIO DA REPUBLICA (2008), DR 239 Série I de 12 de Maio, Decreto-Lei n.º80/2008 da Presidência do Conselho de Ministros.

DIÁRIO DA REPUBLICA (2010); DR 73 Série I de 15 de Abril de 2010, Decreto-lei nº29/2010 da Presidência do Conselho de Ministros.

EEA. (2008). *Energy and environment report 2008*; European Environment Agency, Copenhaga.

GONÇALVES, Hélder; GRAÇA, João (2004); *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; Direcção Geral da Energia e Geologia, Lisboa.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2008); *Estatísticas do Ambiente 2007*; INE, Lisboa.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2009); *Estatísticas da Construção e Habitação 2008*; INE, Lisboa.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2010); *Caracterização da Habitação Social em Portugal em 2009*; INE, Lisboa.

NERY DE OLIVEIRA, Miguel (2009); *Eficiência Energética em Edifícios de Escritórios*; Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Arquitectura Bioclimática; Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitectura.

ORDEM DOS ARQUITECTOS (2001); *A Green Vitruvius, Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável*; Ordem dos Arquitectos, Lisboa.

PAIVA, José Vasconcelos; AGUIAR, José (2006); *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*; Volume 2, Instituto Nacional de Habitação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

PEIXOTO DE FREITAS, Vasco. (2002). *Isolamento térmico de fachadas pelo exterior*; Optriroc, Portugal.

PINA DOS SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís. (2006). Edifícios - ITE 50. *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC, Lisboa.

TIRONE, Livia (2008); *Construção sustentável. Soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*; Tirone Nunes, SA, Sintra.

SOUSA RIBEIRO, José (2007); *Reabilitação Bioclimática de edifícios de Habitação de Construção mista, um caso de estudo em Lisboa*; Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura Bioclimática; Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitectura.

TASK 20 (1998), *Solar Energy in Building Renovation, Design of Solar renovation Projects*; International Energy Agency.

UNFCCC (1998); *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate*; Nova Iorque, United Nations.

VALSASSINA HEITOR, Teresa (1996); *A vulnerabilidade do Espaço em Chelas*; Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Território; Instituto Superior Técnico.

W.C.E.D. (1991); COMISSÃO MUNDIAL DO AMBIENTE E DO DESENVOLVIMENTO; *O Nosso Futuro Comum*; Meribérica/Liber, Lisboa.

Anexos

Anexo A – Levantamento fotográfico













Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Pavimento -1 sobre Lna	52,25	1,89	0,80	79,00
				0,00
				0,00
				0,00
	52,25		TOTAL	79,00

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
			TOTAL	0,00

Perdas pela envolvente interior da Fração Autónoma

(W/°C)

TOTAL 79,00

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
V1	1,6	6,2	9,92
V2	1,6	6,2	9,92
V3	1,6	3,9	6,24
V4	0,81	6,2	5,02
V5	0,96	6,2	5,95
V6	1,6	6,2	9,92
V7	0,96	6,2	5,95
V8	0,96	6,2	5,95
			0,00
Horizontais:			
			0,00
			0,00
			0,00
	10,09	TOTAL	58,88

Aenv / Ap = 9,8%

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="103,2"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,5"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="258,0"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="1"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m ³ /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído Vev - (m ³ /h)	<input type="text"/>	
Diferença entre Vins e Vev (m ³ /h)	<input type="text" value="0,00"/>	V = <input type="text" value="0,00"/> (volume int) RPH (**)
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h ⁻¹)	<input type="text"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, η = <input type="text"/> se NÃO, η = <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	(Vf / V + Vx) · (1-η)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	<input type="text"/>	(E _v = P _v × 24 × 0,03 × M (kWh))

Volume	<input type="text" value="258,00"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,95"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="83,33"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
V1 W	s	1,60	0,56	0,88	0,90	0,70	0,90	0,45
V2 W	s	1,60	0,56	0,88	0,71	0,70	0,90	0,35
V3 E	s	0,81	0,56	0,88	0,23	0,70	0,90	0,06
V4 W	s	0,96	0,56	0,88	0,90	0,70	0,90	0,27
V5 W	s	1,60	0,56	0,88	0,58	0,70	0,90	0,29
V6 E	s	0,96	0,56	0,88	0,41	0,70	0,90	0,12
V7 E	s	0,96	0,56	0,88	0,41	0,70	0,90	0,12
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	1,66
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sol}) na zona 11V2S do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	5,3
	x
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	949,24

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	5,30	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	103,20	(m ²)
	x	
	0,72	
	=	
Ganhos Internos Brutos	1575,24	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	2524,48
	16613,76
Inércia do edifício:	3
a =	4,2
$\gamma =$	0,15
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)	1,00
	x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	2524,48
	=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	2523,70

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		102,63
Coberturas exteriores		50,97
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		10,09
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		0,00
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		41,80
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		205,49
		/
Volume (de FCIV.1d):		258,00
		=
FF		0,80

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

1190

		Auxiliar
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF ≤ 0,5	51,51
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF ≤ 1	64,56
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF ≤ 1,5	67,19
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	85,98

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)

64,56

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	360,50
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	79,00
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	58,88
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	83,33

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	581,71
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1190,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	16613,76
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2523,70
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	14090,06
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	103,20
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	136,53
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	64,56

Não verifica K.O.

Nic/Ni (%) = 211,5%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	258,79	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	71,36	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	58,88	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	83,33	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	472,36	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	472,36	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2766,12	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	COB	
Área, A (m ²)	6,75	1,75	6,62	23,07	13,75	6,75	6,62	23,75	13,75	50,96	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m ² °C)	2,63	2,40	2,63	2,40	2,63	2,63	2,63	2,40	2,63	1,40	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	7,10	1,68	6,96	22,15	14,47	7,10	6,96	22,80	14,47	35,67	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	470	200	470	380	470	470	470	380	470	820	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	133,50	13,44	130,93	336,64	271,94	133,50	130,93	346,56	271,94	1170,04	TOTAL
											2939,42 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7		
Área, A (m ²)	1,6	1,6	0,81	0,96	1,6	0,96	0,96		
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313		
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,90	0,75	0,52	0,90	0,46	0,95	0,95		
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,28	0,24	0,08	0,17	0,14	0,18	0,18		
	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	470	470	470	470	470	470	470		
	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exterior	133,46	111,22	39,04	80,07	68,06	84,52	84,52	0,00	TOTAL
									600,90 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1e
Ganhos internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	103,20	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	1208,68	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	600,90	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	2939,42	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1208,68	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	4748,99	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g
 Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		<input type="text" value="4748,99"/> (kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)		<input type="text" value="2766,12"/> (kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	γ	<input type="text" value="1,716839"/>
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		<input type="text" value="3"/>

		<input type="text" value="1"/>
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		<input type="text" value="0,56"/>
	=	
		<input type="text" value="0,44"/>
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		<input type="text" value="4748,99"/> (kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		<input type="text" value="2109,82"/> (kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores		<input type="text" value="0,00"/> (E _v =P _v x24x0,03x4(kWh))
	=	
	TOTAL	<input type="text" value="2109,82"/> (kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		<input type="text" value="103,20"/>
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		<input type="text" value="20,44"/> (kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)		<input type="text" value="32"/> (kWh/m ² .ano)

Verifica

Nvc/Nv (%) =

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00 (habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64 (kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,50
E_{solar}	0,00
E_{ren}	0,00
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	74,04 (kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	57,30 (kW.h/m ² .ano)
$N_{ac} \leq N_a$?	Não verifica

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	64,56	
Nic (kW.h/m ² .ano)	136,53	
Nv (kW.h/m ² .ano)	32	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	20,44	
Na (kW.h/m ² .ano)	57,30	
Nac (kW.h/m ² .ano)	74,04	
η_i	1	Art. 18.º - ponto 2
η_v	3	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

10,52

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

8,60

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

122,3%

não cumpre RCCTE

Folha de cálculo FC IV.1b
Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Pavimento -1 sobre Lna	52,25	0,77	0,80	32,19
				0,00
				0,00
				0,00
	52,25		TOTAL	32,19

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	0,00		TOTAL	0,00

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
			TOTAL	0,00

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL 32,19

Folha de cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
V1	1,6	1,9	3,04
V2	1,6	1,9	3,04
V3	1,6	1,9	3,04
V4	0,81	1,9	1,54
V5	0,96	1,9	1,82
V6	1,6	1,9	3,04
V7	0,96	1,9	1,82
V8	0,96	1,9	1,82
			0,00
Horizontais:			
			0,00
			0,00
			0,00
	10,09	TOTAL	19,17

Aenv / Ap = 9,8%

Folha de cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de Pavimento	<input type="text" value="103,2"/>	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,5"/>	(m)
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="258,0"/>	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH = <input type="text" value="0,95"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="S"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="N"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h)

Caudal Extraído Vev - (m³/h)

Diferença entre Vins e Vev (m³/h) / $V = \frac{\text{volume int}}{\text{RPH (**)}}$

Infiltrações *(Vent. Natural)* Vx - (h⁻¹)

Recuperador de calor (S ou N)

se SIM, η =

se NÃO, η =

Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6) (Vf / V + Vx) · (1-η)

Consumo de Electricidade para os ventiladores (E = P × 24 × 0,03 × M (kWh))

Volume	<input type="text" value="258,00"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,95"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	=	
TOTAL	<input type="text" value="83,33"/>	(W/°C)

Folha de cálculo FC IV. 1e
Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
V1 W	s	1,60	0,56	0,75	0,90	0,70	0,85	0,36
V2 W	s	1,60	0,56	0,75	0,71	0,70	0,85	0,28
V3 E	s	0,81	0,56	0,75	0,23	0,70	0,85	0,05
V4 W	s	0,96	0,56	0,75	0,90	0,70	0,85	0,22
V5 W	s	1,60	0,56	0,75	0,58	0,70	0,85	0,23
V6 E	s	0,96	0,56	0,75	0,41	0,70	0,85	0,10
V7 E	s	0,96	0,56	0,75	0,41	0,70	0,85	0,10
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	1,33
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sol}) na zona <input type="text" value="11V2S"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	108
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	5,3
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	764,06

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4"/>	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	<input type="text" value="5,30"/>	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	<input type="text" value="103,20"/>	(m ²)
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="1575,24"/>	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2339,31"/>	
	<input type="text" value="8077,20"/>	
Inércia do edifício: <input type="text" value="3"/>	a = <input type="text" value="4,2"/>	$\gamma =$ <input type="text" value="0,29"/>
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η)	<input type="text" value="1,00"/>	
	x	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2339,31"/>	
	=	
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)	<input type="text" value="2330,17"/>	

Folha de cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		102,63
Coberturas exteriores		50,97
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		10,09
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		0,00
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		41,80
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		205,49
		/
Volume (de FCIV.1d):		258,00
		=
FF		0,80

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

1190

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF ≤ 0,5	Auxiliar 51,51
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF ≤ 1	64,56
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF ≤ 1,5	67,19
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	85,98

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)

64,56

Folha de cálculo FC IV. 2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	148,12
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	32,19
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	19,17
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	83,33

	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	282,82
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1190,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8077,20
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2330,17
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5747,03
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	103,20
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	55,69
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	64,56

Verifica O.K.

Nic/Ni (%) = 86,3%

Folha de cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	80,05	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	37,72	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	19,17	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	83,33	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	220,27	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	220,27	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1289,93	(kWh)

Folha de cálculo FC V. 1c
Ganhos solares pela envolvente opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	COB	
Área, A (m ²)	6,75	1,75	6,62	23,07	13,75	6,75	6,62	23,75	13,75	50,96	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m ² °C)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,74	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
α.U.A (W/°C)	2,11	0,55	2,07	7,20	4,29	2,11	2,07	7,41	4,29	18,86	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	470	200	470	380	470	470	470	380	470	820	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	39,59	4,37	38,83	109,41	80,65	39,59	38,83	112,63	80,65	618,45	TOTAL
											1163,01 (kWh)

Folha de cálculo FC V. 1d
Ganhos solares pelos envidraçados

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	
Área, A (m ²)	1,6	1,6	0,81	0,96	1,6	0,96	0,96	
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	
	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,90	0,75	0,52	0,90	0,46	0,95	0,95	
	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
	=	=	=	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,23	0,19	0,07	0,14	0,12	0,15	0,15	
	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	470	470	470	470	470	470	470	
	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	107,88	89,90	31,55	64,73	55,02	68,32	68,32	0,00
								TOTAL
								485,71 (KWh)

Folha de cálculo FC V. 1f
Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	485,71	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	1163,01	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1208,68	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	2857,39	(KWh)

Folha de cálculo FC V. 1g

Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2857,39 (kWh)
	/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)		1289,93 (kWh)
	=	
Relação Ganhos-Perdas	γ	2,215162
Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		3

		1
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,44
	=	
		0,56
	x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		2857,39 (kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		1592,94 (kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores		0,00 (Ev=Pvx24x0,03x4(kWh))
	=	
	TOTAL	1592,94 (kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		103,20
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		15,44 (kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº do Artigo 15º)		32 (kWh/m ² .ano)

Verifica O.K.

Nvc/Nv (%) = 48,2%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitaria

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00	(habitação)
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,50	
E_{solar}	0,00	
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS , N_{ac}	74,04	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS , N_a	57,30	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Não verifico

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	64,56
Nic (kW.h/m ² .ano)	55,69
Nv (kW.h/m ² .ano)	32
Nvc (kW.h/m ² .ano)	15,44
Na (kW.h/m ² .ano)	57,30
Nac (kW.h/m ² .ano)	74,04
η_i	1
η_v	3
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,29
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,29
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18.º - ponto 2

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc

8,13

(kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt

8,60

(kgep/m².ano)

Ntc / Nt

94,5%

B-

