

**CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS
HABITACIONAIS DE TERRAS DE TRÁS-OS-MONTES
DO PERÍODO DE 1980 A 2010**

Carlos Eduardo de Moraes Lavandoski

Relatório Final de Dissertação Apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para a Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia da Construção

Julho 2019

CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE TERRAS DE TRÁS-OS-MONTES DO PERÍODO DE 1980 A 2010

Carlos Eduardo de Moraes Lavandoski

**Relatório Final de Dissertação Apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Bragança**

**Para a Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia da Construção
No âmbito da Dupla Diplomação com a Universidade
Tecnológica Federal do Paraná**

Orientadora: Prof. Especialista Sílvia Maria Afonso Fernandes

Coorientadora: Prof. Doutora Elizângela Marcelo Siliprandi

Julho 2019

AGRADECIMENTOS

A finalização deste trabalho representa também a conclusão de uma etapa da minha vida acadêmica, e a concretização do sonho de realizar um intercâmbio. Por isso, reservo este espaço para agradecer a todos que tornaram isso possível.

Primeiramente agradeço a Deus, por todas as portas abertas e por ter me guiado em todo esse caminho.

Aos meus pais, Valdir e Rozana, e ao meu irmão, Augusto, por todo o apoio, incentivo e motivação dados durante toda a minha vida, em cada mudança e direção que decidi seguir.

Aos amigos de São João que estão presentes desde a infância, aos que fiz em Pato Branco e pretendo levar para toda a vida, e aos que fiz em Portugal, pois sem vocês não haveriam tantas recordações felizes e, com certeza, teria sido muito mais difícil chegar até aqui. Em especial ao Eduardo, que esteve presente em todos os altos e baixos dos últimos cinco anos, tanto no Brasil quanto em Portugal, e que se tornou um irmão.

Em relação ao trabalho realizado, agradeço à minha orientadora, Silvia, pelos ensinamentos, pela atenção e disponibilidade ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também, à minha coorientadora, Elizângela, pelo incentivo, sugestões e correções deste projeto.

Aos profissionais que responderam ao questionário, e a Divisão de Obras da Câmara Municipal de Bragança, pois a colaboração de vocês foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Instituto Politécnico de Bragança, por todo o conhecimento transmitido nesses cinco anos, e por proporcionar a experiência de intercâmbio em conjunto com a dupla diplomação.

RESUMO

O consumo e a eficiência estão diretamente relacionados quando trata-se de desenvolvimento sustentável. Edifícios energeticamente eficientes devem ser capazes de possibilitar conforto térmico, luminoso e acústico aos utilizadores com o menor consumo energético possível. Para atingir as metas traçadas neste meio pela União Europeia, a maioria dos edifícios devem ser altamente eficientes, e estudos indicam que esses objetivos não serão alcançados sem que haja a exploração do potencial atribuído às habitações existentes, o que se dá através da reabilitação energética. Em Portugal essa reabilitação torna-se significativa devido à dependência energética do país em relação ao exterior, além de apresentar um parque habitacional edificado com em média mais de 40 anos, ou seja, construídos sem qualquer regulamentação térmica. Assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização energética do parque habitacional da zona de Terras de Trás-Os-Montes, visando contribuir para o desenvolvimento e ampliação da base de dados relativos à este setor. Para isso, foi realizada uma busca exaustiva de dados em órgãos estatísticos, além do desenvolvimento de um inquérito com foco nas envolventes e nos sistemas técnicos, que foi aplicado à profissionais da área de construção civil. A pesquisa compreendeu as construções entre 1980 e 2010, abordando tanto edifícios anteriores quanto posteriores às regulamentações térmicas. Com isso, obtiveram-se representações gráficas e parâmetros relativos às principais seções sujeitas à intervenção, além de serem efetuadas sugestões de possíveis medidas de melhorias, portanto, contribuindo para a evolução do setor de reabilitação energética na construção civil desta região.

Palavras-chave: Caracterização energética; Eficiência energética; Reabilitação; Intervenção.

ABSTRACT

Consumption and efficiency are directly related when it comes to sustainable development. Energy-efficient buildings must be able to provide thermal, luminous and acoustic comfort to users with the lowest energy consumption possible. In order to achieve the goals set out in this context by the European Union, most buildings must be highly efficient, and studies indicate that these objectives will not be achieved without exploiting the potential of existing housing, through energy rehabilitation. In Portugal, this rehabilitation becomes significant due to the country's energy dependence on the exterior, as well as presenting a housing stock built with an average of more than 40 years, that is, built without any thermal regulation. Thus, the objective of the present work was to perform the energetic characterization of the housing stock in the Terras de Trás-Os-Montes area, aiming to contribute to the development and expansion of the database related to this sector. For this, a thorough search of data in statistical organs was carried out, as well as the development of a survey with a focus on the envelopes and technical systems, which was applied to professionals in the civil construction area. The survey comprised buildings between 1980 and 2010, addressing both previous and post-thermal buildings. With this, graphical representations and parameters were obtained for the main sections bound to the intervention, besides making suggestions of possible improvements, therefore, contributing to the evolution of the energy rehabilitation sector in the civil construction of this region.

Key-words: Energy characterization; Energy Efficiency; Rehabilitation; Intervention.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa do tema	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Metodologia	4
1.4. Estrutura da tese	5
2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CENÁRIO ENERGÉTICO.....	6
2.1. Consumo energético no mundo	6
2.2. Consumo energético em Portugal	8
2.3. Regulamentação térmica em Portugal	10
2.4. Certificação energética de edifícios	12
3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES	14
3.1. Envolventes opacas	15
3.1.1. Paredes exteriores	15
3.1.2. Coberturas.....	17
3.1.3. Pavimentos	18
3.1.4. Principais materiais isolantes térmicos.....	19
3.2. Vãos envidraçados	20
3.3. Sistemas técnicos	21
4. COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS.....	24
4.1. Trocas de calor através da envolvente	24
4.1.1. Zona Corrente	24
4.1.2. Pontes térmicas	25
4.1.2.1. Condensações.....	26
4.1.3. Contato com o solo	26
4.2. Trocas de calor através da renovação do ar	27
4.3. Ganhos através dos envidraçados	27
4.4. Inércia térmica	28
5. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO PARQUE HABITACIONAL	30

5.1.	Caracterização geral do parque habitacional português.....	30
5.2.	Caracterização geral do parque habitacional de Terras de Trás-Os-Montes	32
5.3.	Certificados energéticos.....	45
5.4.	Dados climáticos.....	47
5.5.	Inquérito aos profissionais	50
5.5.1.	Desenvolvimento e aplicação	50
5.5.2.	Resultados do inquérito	52
5.5.2.1.	Tipologia e organização	53
5.5.2.2.	Levantamento dimensional	53
5.5.2.3.	Envolvente opaca corrente	54
5.5.2.4.	Envolvente opaca não corrente: Pontes térmicas planas.....	57
5.5.2.5.	Vãos envidraçados	58
5.5.2.6.	Ventilação	58
5.5.2.7.	Sistemas técnicos	58
5.5.3.	Síntese de resultados.....	60
5.6.	Edifícios-tipo	62
5.7.	Possíveis medidas de intervenção	66
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6.1.	Síntese da pesquisa	71
6.2.	Conclusões	71
6.3.	Sugestões de trabalhos futuros.....	73
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXOS	80
	ANEXO A.....	81
	ANEXO B.....	89
	ANEXO C.....	90
	ANEXO D.....	97

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Intervalos de valor de R_{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação (Despacho n.º 15793-J/2013).	13
Quadro 2 - Classes de inércia térmica interior, I_t (Despacho n.º 15793-K/2013).	28
Quadro 3 - Critérios para determinação da zona climática de inverno (Despacho n.º 15793-F/2013).	48
Quadro 4 - Critérios para determinação da zona climática de verão (Despacho n.º 15793-F/2013).	48
Quadro 5 - Definição do zoneamento climático para cada concelho (Autoria própria, 2019).	49
Quadro 6 - Síntese de resultados (Autoria própria, 2019).	60
Quadro 7 - Custo de isolamento de Sistema ETICS (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).	66
Quadro 8 - Custo de isolamento por insuflação nas caixas de ar (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).	67
Quadro 9 - Custo de isolamento em cobertura (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Taxa de Dependência Energética de Portugal (APREN, 2017).	2
Figura 2 - Consumo de Energia Primária no Mundo (BP Magazine, 2018).	6
Figura 3 - Emissão de CO ₂ no Mundo (BP Magazine, 2018).	7
Figura 4 - Matriz energética mundial em 2016 (IEA, 2018).	7
Figura 5 - Matriz energética de Portugal (Ministério de Minas e Energia, 2017).....	8
Figura 6 - Preço da Eletricidade Para Utilizadores Domésticos (PORDATA, 2018).	9
Figura 7 - Representação de localização do isolamento térmico de envolventes opacas (ADENE, 2016).	16
Figura 8 - Exemplificação do sistema ETICS (FREITAS, GONÇALVES, 2006).	17
Figura 9 - Número de edifícios construídos por época em Portugal (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	30
Figura 10 - Certificados de eficiência energética emitidos em Portugal (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).	31
Figura 11 - Estado de conservação dos edifícios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	31
Figura 12 - Portugal: divisão segundo NUTS 2013, com destaque à região de Terras de Trás-Os-Montes (Adaptado de INE, 2015).	32
Figura 13 – População residente de Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).	33
Figura 14 - Número de edifícios construídos em Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do PORDATA, 2015).	33
Figura 15 - Edifícios construídos por época na região de Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	34
Figura 16 - Idade dos edifícios em Alfândega da Fé (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	35
Figura 17 - Idade dos edifícios em Bragança (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	35
Figura 18 - Idade dos edifícios em Macedo de Cavaleiros (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	35
Figura 19 - Idade dos edifícios em Miranda do Douro (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	36
Figura 20 - Idade dos edifícios em Mirandela (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	36

Figura 21 - Idade dos edifícios em Mogadouro (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	36
Figura 22 - Idade dos edifícios em Vila Flor (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	37
Figura 23 - Idade dos edifícios em Vimioso (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	37
Figura 24 - Idade dos edifícios em Vinhais (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	37
Figura 25 - Idade dos edifícios na região de Terras de Trás-Os-Montes (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	38
Figura 26 - Classificação dos edifícios de Terras de Trás-Os-Montes quanto à sua utilização, por concelho (Autoria própria, com base em dados do PORDATA, 2015).	38
Figura 27 - Dimensão de pisos dos edifícios, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).	39
Figura 28 - Número de alojamentos familiares clássicos por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).	40
Figura 29 - Fogos licenciados (N.º) em construções novas para habitações familiares (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).	40
Figura 30 - Reconstruções concluídas por 100 construções novas concluídas (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).	40
Figura 31 - Reconstruções concluídas por 100 construções novas concluídas, dispostas por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).	41
Figura 32 - Comparação entre número de edifícios e número de alojamentos, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018, e PORDATA, 2015).	42
Figura 33 - Edifícios por estado de conservação (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).	42
Figura 34 - Sistema de aquecimento instalado na zona de Terras de Trás-Os-Montes, por municípios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).	43
Figura 35 – Principal fonte de energia utilizada para aquecimento na zona de Terras de Trás-Os-Montes, por municípios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).	44
Figura 36 - Alojamentos com sistema de arrefecimento, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).	44

Figura 37 – Comparativo de certificados emitidos por classe energética na região de Terras de Trás-Os-Montes e em Portugal (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).	45
Figura 38 - Certificados energéticos emitidos por concelhos, parte I (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).	46
Figura 39 - Certificados energéticos emitidos por concelhos, parte II (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).	47
Figura 40 - Zonas climáticas de inverno e verão no continente (Despacho n.º15793-F/2013).	48
Figura 41 - Designação profissional dos participantes (Autoria própria, 2019).	52
Figura 42 - Tipologia usual dos edifícios (Autoria própria, 2019).....	53
Figura 43 - Representação gráfica das paredes exteriores de acordo com a época de construção (Autoria própria, 2019).	55
Figura 44 - Representação gráfica das paredes interiores de acordo com a época de construção (Autoria própria, 2019).	56
Figura 45 – Exemplo [1] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1982).	63
Figura 46 - Exemplo [2.a] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1986).	63
Figura 47 - Exemplo [2.b] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1986).	64
Figura 48 - Exemplo [3] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T4 (Autoria confidencial, 1986).	64
Figura 49 - Exemplo de edifícios-tipo para a época de 1990 a 2006 – Apartamento T3 (Autoria confidencial, 2006).....	65
Figura 50 - Exemplo de edifícios-tipo para a época de 2006 a 2010 – Apartamento T3 (Autoria confidencial, 2008).....	65
Figura 51 - Aplicação do sistema ETICS (CYPE, 2019).	67
Figura 52 - Aplicação do isolamento na cobertura (CYPE, 2019).....	68
Figura 53 - Isolamento em caixas de estore - tradicional (CYPE, 2019).	69
Figura 54 - Isolamento em caixas de estore – monobloco (CYPE, 2019).....	69

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADENE – Agência Para Energia

AQS – Águas quentes sanitárias

BPIE – Buildings Performance Institute Europe

cm – Centímetro

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EPS – Poliestireno Expandido Moldado

ETICS – External Thermal Insulation Composite System

GD – Graus-dias

ICB – Aglomerado Negro de Cortiça

IEA – Agência Internacional de Energia

INE – Instituto Nacional de Estatística

ITECONS – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

kW – Quilowatt

M – Duração da estação de aquecimento

m – Metro

m² – Metro quadrado

MW – Lã Mineral

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PORDATA – Base de Dados de Portugal Contemporâneo

PQ – Perito Qualificado

PTL – Ponte térmica linear

PTP – Ponte térmica plana

PUR – Espuma de Poliuretano

PVC – Policloreto de vinil

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SCE – Sistema de Certificação Energética

U – Coeficiente de transmissão térmica

XPS – Poliestireno Expandido Extrudido

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa do tema

O consumo energético tem sido uma questão de grande importância quando se trata de desenvolvimento sustentável. Está diretamente relacionado com a eficiência energética, que pode ser entendida como o potencial de possibilitar conforto térmico, luminoso e acústico aos usuários com baixo consumo de energia, tornando um edifício mais eficiente energeticamente do que outro quando nas mesmas condições ambientais apresentar um menor gasto de energia (LAMBERTS et al, 2014).

Ao conceito de eficiência energética está associado o de autonomia, pois quanto maior for a conservação da energia e aproveitamento de fontes renováveis, maior será a autonomia energética, reduzindo ou até eliminando a dependência de fontes externas que são mais dispendiosas e menos eficientes. Assim, uma das principais ações a serem tomadas é a redução das necessidades energéticas dos edifícios, que deve ser tratada tanto na produção quanto no consumo otimizado da energia (PAIVA et al, 2006).

Com o intuito de limitar o aumento da temperatura global em 2°C, a União Europeia traçou o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em mais de 80% até 2050, em comparação ao ano de 1990 (EUROPEAN COMMISSION, 2011). Essa descarbonização significa que a maioria dos edifícios da União Europeia devem ser altamente eficientes energeticamente, tendo ao menos a classificação energética nível A, sendo que menos de 3% do parque edificado europeu possui esta classificação, e 75% é energeticamente ineficiente (BPIE, 2017). Segundo estudos realizados em 2014 pela Agência Internacional de Energia – IEA, a aplicação de medidas de eficiência energética já poderia contribuir para até 40% dessa redução da emissão de CO₂ (IEA, 2014).

De acordo com o *Buildings Performance Institute Europe* – BPIE (2011), sem explorar o grande potencial atribuído aos edifícios existentes, a União Europeia provavelmente não atingirá suas metas de redução. Com isso, existem basicamente três principais ações a serem tomadas: reduzir substancialmente o consumo de energia dos edifícios existentes, reduzir substancialmente o consumo de energia dos novos edifícios, e fazer o uso de energias renováveis para as necessidades energéticas de edifícios novos e existentes.

Em Portugal, o setor dos edifícios é responsável por cerca de 30% do consumo de energia final, este setor representa em torno de 40% para toda a Europa. Estes números

podem ser reduzidos até pela metade com a aplicação de medidas de eficiência energética, gerando uma redução anual de até 400 milhões de toneladas de CO₂ (DGEG, 2017).

Além disso, Portugal é um país com escassos recursos energéticos fósseis endógenos (como o petróleo, carvão e gás), conduzindo à elevada dependência energética do exterior (Figura 1). Porém, a aposta na eficiência energética e energias renováveis nos últimos anos, têm permitido ao país baixar sua dependência para níveis inferiores a 80%, aumentando a importância da contribuição de energias renováveis, bem como da economia e eficiência energética de todos os setores (BARBOSA, 2017).

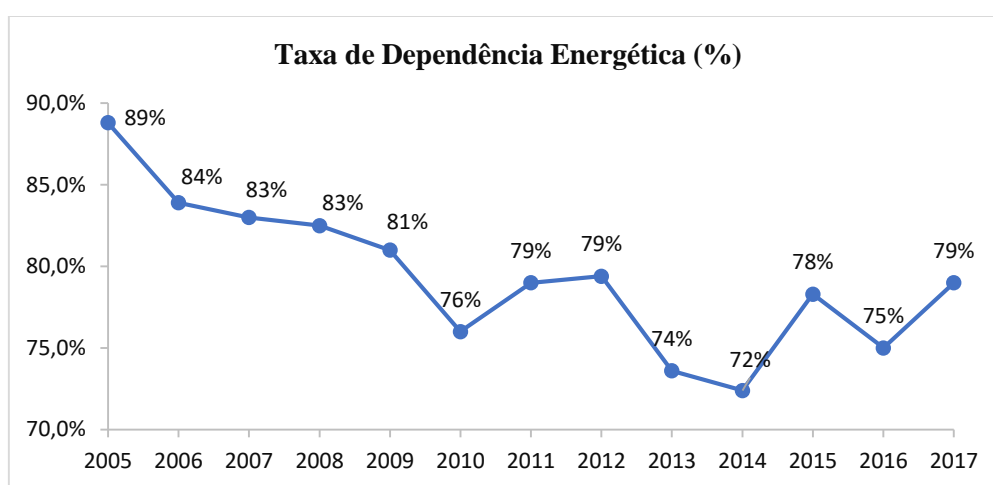


Figura 1 - Taxa de Dependência Energética de Portugal (APREN, 2017).

Neste cenário, em 2008 o Parlamento Europeu aprovou o pacote clima-energia: três vintes até 2020, com o objetivo de que a União Europeia reduza em 20% as emissões de gases de efeito estufa, aumente em 20% a produção de energias renováveis, e eleve em 20% a eficiência energética até 2020, estabelecendo metas globais nacionais para cada Estado-Membro. Assim, os Estados-Membros têm promovido um conjunto de medidas com vista a garantir a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios, dando origem à Diretiva 2002/91/CE, e sua reformulação, a Diretiva 2010/31/UE, relativas ao desempenho energético dos edifícios, Diretiva 2012/27/UE sobre eficiência energética, e mais recentemente à Diretiva 2018/844/UE, de 30 de maio de 2018, que altera as Diretivas 2010/31/UE e 2012/27/UE.

Tendo como base estas diretivas, foi elaborada uma metodologia de cálculos a nível nacional para o desempenho energético dos edifícios, além de determinar os

requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios novos, bem como para edifícios antigos sujeitos à reabilitação.

De acordo com Instituto Nacional de Estatística – INE, 54% dos edifícios de Portugal apresentam mais de 40 anos, o que também se verifica para a região das Terras de Trás-Os-Montes (INE, 2016). Com isso, observa-se a predominância de edifícios que foram construídos sem legislações que avaliassem o desempenho energético e o conforto térmico.

Embora em Portugal ainda perceba-se a preferência pela construção nova à reabilitada, nos últimos anos houve um crescimento no setor da reabilitação, sendo esta uma estratégia fundamental para reduzir as necessidades energéticas do país (COSTA et al., 2014). A reabilitação torna-se uma vantagem tanto ambiental quanto econômica, pois é um investimento que na maior parte das vezes pode ser recuperado em um curto período de tempo, além de fomentar o mercado de trabalho, exigindo mão de obra especializada e qualificada, promovendo o uso de processos construtivos inovadores e equipamentos mais eficientes. Com vasto parque habitacional para reabilitar e com grande necessidade de dinâmica no mercado imobiliário, a reabilitação torna-se uma oportunidade de relançamento para o setor da construção civil no país (BEZERRA e BRAGANÇA, 2012).

Com as exigências prescritas pelos regulamentos associados ao Sistema de Certificação Energética – SCE, edifícios novos deverão obedecer a uma classe energética mínima B-, enquanto que edifícios sujeitos a grandes intervenções devem atingir ao menos a classe energética C. Assim, espera-se um efeito de valorização no mercado de habitações com melhores classificações, e por conseguinte a desvalorização de casas com pior desempenho, criando um incentivo ao investimento à medidas de melhoria no comportamento térmico dos edifícios (JARDIM, 2009).

Ainda, a amenidade do clima e o modesto nível de vida de maior parte da população, dá lugar a práticas do uso de aquecimento ou arrefecimento das habitações muito limitadas e dispendiosas, o que justifica o empenho na busca de soluções construtivas que permitam assegurar condições de conforto com o uso moderado de equipamentos técnicos. Com isso, traz-se-se a necessidade do conhecimento eficaz do comportamento térmico dos edifícios, bem como da caracterização dos mesmos (RODRIGUES et al, 2009).

Deste modo, traduz-se a urgência de atuação na eficiência energética dos edifícios, e, levando em consideração a situação econômica que Portugal atravessa desde 2010, destaca-se a importância de se ter conhecimento das condições atuais do parque

habitacional edificado, para que se possam tomar medidas com a maior eficiência possível.

A presente dissertação enquadra-se na sequência de um trabalho profissional no âmbito das provas para a atribuição do título de especialista em Engenharia Civil, realizado por Sílvia Maria Afonso Fernandes no ano de 2015, o qual deu origem à linha de investigação seguida, e encontra-se nas referências deste estudo.

1.2. Objetivos

Pretende-se efetuar com este trabalho a caracterização energética do parque habitacional da zona de Terras de Trás-os-Montes entre as épocas de 1980 a 2010, para possibilitar a aplicação de medidas de intervenção mais eficazes no âmbito da transformação energética de edifícios existentes.

Busca-se também, realizar a obtenção de dados que possibilitem a exemplificação em forma de edifícios-tipo para esta região, e assim contribuir para o desenvolvimento e ampliação da base de dados com informações técnicas relevantes para o setor de reabilitação energética na construção civil, além de sugerir propostas de intervenção que possam ser aplicadas a este parque habitacional.

1.3. Metodologia

A realização desta dissertação e concretização dos objetivos enunciados anteriormente, basearam-se em uma pesquisa bibliográfica que deu-se através da biblioteca física e digital da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, de Câmaras Municipais dos concelhos de Terras de Trás-Os-Montes, além da consulta à diversos artigos, publicações e trabalhos realizados relacionados com este tema, tanto portugueses quanto internacionais.

De modo a realizar a caracterização energética desta região, recorreu-se também a órgãos responsáveis por dados estatísticos, como o Instituto Nacional de Estatística – INE e a Base de Dados de Portugal Contemporâneo – PORDATA. Também desenvolveu-se um inquérito a ser aplicado na região, de modo a suprir a necessidade de dados que não são disponibilizados por estes órgãos.

A base da breve análise econômica realizada para as medidas de intervenção foi o mercado atual de 2019, consultado por meio do *Software* para Engenharia e Construção – CYPE.

1.4. Estrutura da tese

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme se descreve seguidamente:

No primeiro capítulo faz-se uma breve introdução e justificativa ao tema, seguida da apresentação dos objetivos, metodologia utilizada e estruturação da tese.

O segundo capítulo tem como finalidade apresentar noções quanto ao cenário energético, onde abordam-se aspectos do consumo energético no mundo e em Portugal, e expõe-se a evolução legislativa do país no âmbito de eficiência energética.

Aborda-se no terceiro capítulo as principais medidas de reabilitação energética em edifícios existentes, bem como uma sucinta apresentação dos principais materiais isolantes utilizados.

Já o quarto capítulo aborda definições e explicações quanto ao comportamento térmico dos edifícios, como ganhos e perdas energéticas, trocas de calor e inércia térmica.

No quinto capítulo faz-se a caracterização energética da região, apresentando também uma breve caracterização do parque habitacional português, as quais foram realizadas por meio do tratamento dos dados disponibilizados pelos órgãos portugueses de estatísticas, e complementados com a elaboração e aplicação de um inquérito à profissionais da área. Ainda, são apresentados exemplos referentes a edifícios-tipo, e sugestões de possíveis medidas de intervenção energética.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões provenientes deste estudo, e algumas sugestões de trabalhos futuros.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CENÁRIO ENERGÉTICO

2.1. Consumo energético no mundo

Um estudo anual realizado pela BP Magazine, intitulado “*Statistical Review of World Energy*”, destacou que 2017 foi um ano marcado pelo aumento do consumo de energia a nível global, tendo-se o maior crescimento desde 2013, representado na Figura 2, sendo a China responsável por um terço desse aumento (BP Magazine, 2018).

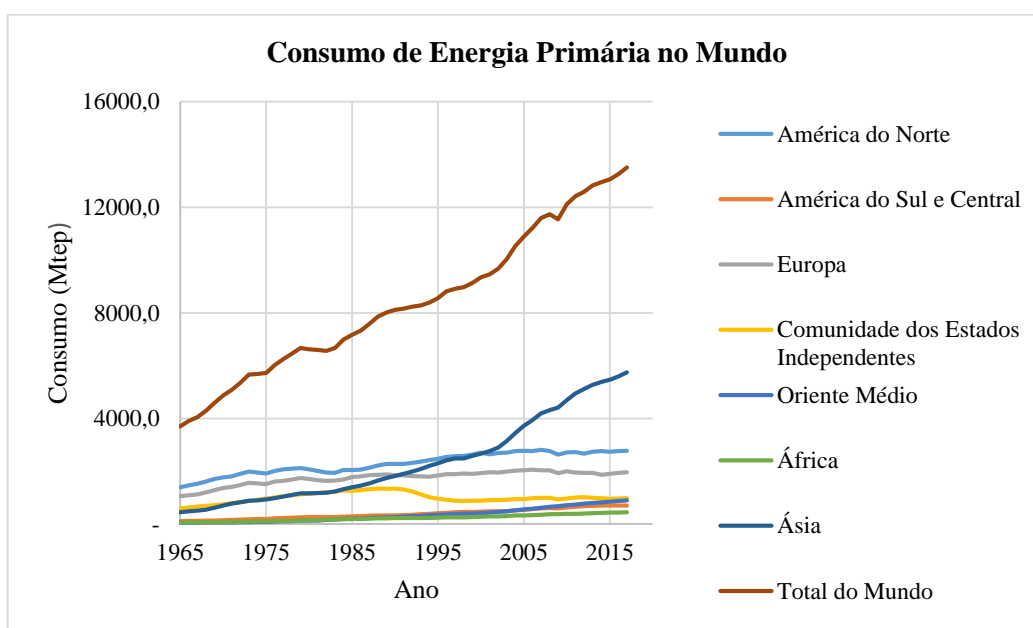


Figura 2 - Consumo de Energia Primária no Mundo (BP Magazine, 2018).

Destaca-se também o aumento no consumo de carvão, que em 2017 subiu 1%, sendo este o primeiro aumento desde 2013. Por causa disso, a BP Magazine destaca o aumento do preço da energia e a evolução das emissões de carbono, visualizados na Figura 3, que subiram após três anos consecutivos sem alterações significativas.

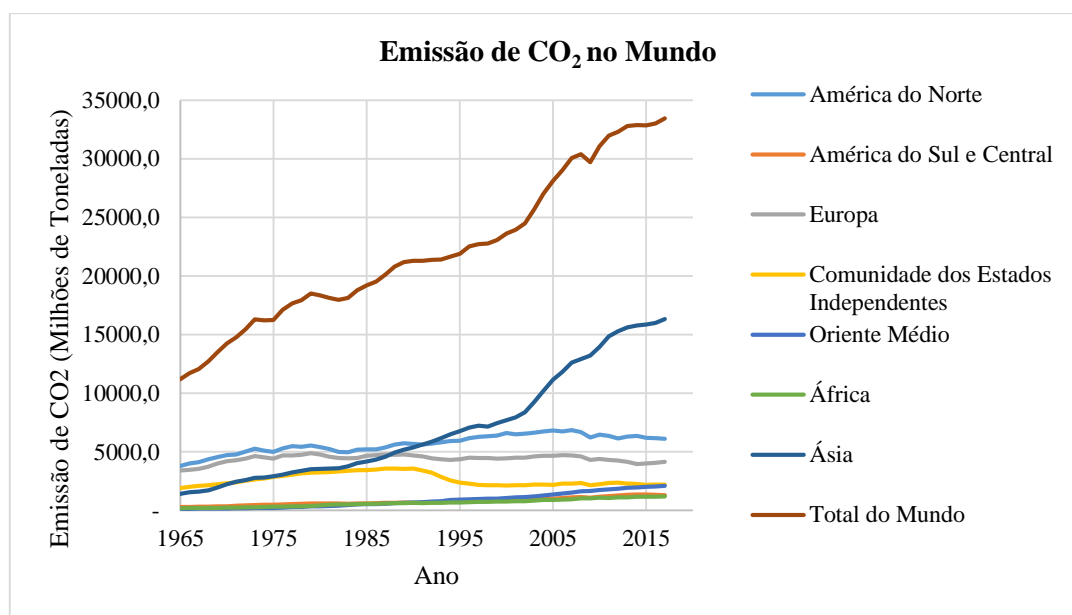


Figura 3 - Emissão de CO₂ no Mundo (BP Magazine, 2018).

Para melhor compreensão da magnitude de utilização das fontes energéticas, têm-se a Figura 4, onde nota-se a grande utilização de fontes não renováveis. Assinaladas como “Outros” estão incluídas as fontes renováveis, como solar, eólica e geotérmica, que juntas representam apenas 1,6%. Ao somar as contribuições da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam 14%. Esses dados destacam-se pelo fato de que as fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa.

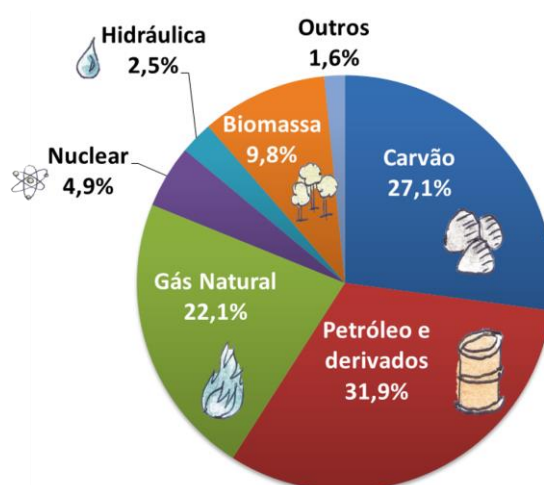


Figura 4 - Matriz energética mundial em 2016 (IEA, 2018).

2.2. Consumo energético em Portugal

Conforme já mencionado, Portugal é ainda altamente dependente do exterior no quesito de produção de energia. Sendo um país de escassos recursos energéticos de origem fóssil, e tendo essa como sua principal fonte de energia (Figura 5), a fatura decorrente da sua importação tem um grande peso econômico e ambiental, o que justifica a importância da redução do seu consumo.

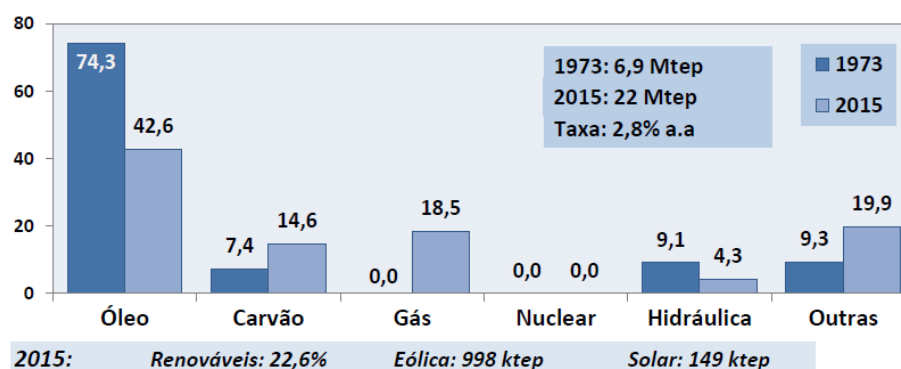


Figura 5 - Matriz energética de Portugal (Ministério de Minas e Energia, 2017).

Além disso, como exemplifica a Figura 6, o preço da energia tem aumentado com o passar dos anos, e um estudo realizado pela Agência Para Energia – ADENE concluiu que os consumidores gastam em média cerca de 112 euros mensais com a energia e água utilizadas na habitação, sendo a maior despesa concentrada na eletricidade, seguidas do gás e água, com pouca diferença entre si. Ainda, de acordo com os dados publicados pelo Eurostat (2019), em 2018, Portugal ficou em sexto na lista de países da União Europeia com a eletricidade mais cara, e, quando ajustado ao poder de compra dos habitantes, o país encontra-se em primeiro lugar. Relativamente ao gás, quando ajustado ao poder de compra, os portugueses pagam o terceiro gás mais caro da União Europeia.

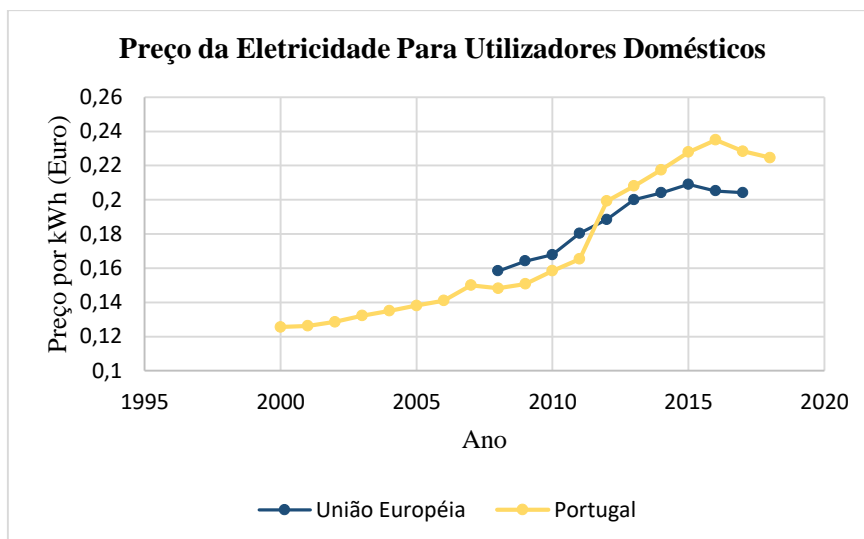


Figura 6 - Preço da Eletricidade Para Utilizadores Domésticos (PORDATA, 2018).

Portanto, muitas das intervenções realizadas nos edifícios têm como objetivo o aumento da eficiência energética na habitação, o que se traduz na redução do impacto ambiental, alívio do orçamento mensal por via da redução de custos com a energia, e também a melhoria das condições de saúde das pessoas devido ao conforto térmico, resultantes destas obras.

Em Portugal, os edifícios necessitam de menores níveis de conforto térmico quando comparados com os demais países da Europa, porém, este setor representa o terceiro maior consumo energético, de cerca a 30% da energia utilizada para consumo final (DGEG, 2017).

De forma contraditória a estes fatos, diversos estudos e noticiários apontam que Portugal é o país europeu que mais morrem pessoas devido ao frio. A exemplo disso, o jornal *El País* publicou em 2017 uma notícia destacando que além de possuir a eletricidade mais cara da Europa, as casas portuguesas ainda são desconfortáveis e geladas. Notícias como esta repetem-se todos os anos e, em 2019, João Vasconcelos, investigador do Instituto de Geografia da Universidade de Lisboa e docente do Instituto Politécnico de Leiria, destacou ao *Jornal i* que apesar de reconhecer que houveram melhorias ao longo dos anos, ainda é nós países menos frios, que se morre mais no inverno, apontando também dados da Eurostat, que indicam que em 2017 um quarto da população portuguesa não conseguia manter suas casas aquecidas, devido principalmente à falta ou deficiência de isolamento térmico, além da insuficiência monetária da população portuguesa (El País, 2017; REIS, 2019).

Nesse contexto, surgem várias diretivas e regulamentações sobre o desempenho energético dos edifícios, estabelecendo uma série de requisitos com o objetivo de promover a melhoria do desempenho energético.

2.3. Regulamentação térmica em Portugal

Em Portugal, as legislações que tratam do conforto e desempenho térmico dos edifícios tiveram início em 1990, com o Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, o qual abordou aspectos térmicos e energéticos dos edifícios. Nele estabeleceram-se limitações das necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, valores mínimos de referência de coeficientes de transmissão térmica para as envolventes, limitações para as áreas de envidraçados, além de requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios, a fim de reduzir o risco de condensações na face interior dos elementos opacos da envolvente, e sobreaquecimento interior. Embora ainda com poucas exigências, este Decreto-Lei foi suficiente para introduzir a prática e interesse em aplicação de isolamentos térmicos, gerando maior conforto aos utilizadores e evolução do mercado interno.

No entanto, ainda faltava regulamentar as condições e dimensões da instalação e utilização dos equipamentos de sistemas energéticos de aquecimento ou arrefecimento, com ou sem desumidificação, de modo a utilizar a energia de forma racional. Com isso, após 2 anos, aprovou-se o Decreto-Lei n.º 156/92 de 26 de julho, o qual necessitava de correções e revisões, sendo revogado em 1998 pelo Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de maio, tratando sobre a dimensão e a qualidade dos sistemas de climatização em edifícios, além de exigir uma qualidade térmica da envolvente superior à exigida pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro. Embora seja indicado para todos os edifícios, este regulamento é aplicável sempre que se verifique que a potência térmica nominal dos equipamentos de aquecimento ou arrefecimento seja superior a 25 kW, ou que a soma das potências seja superior a 40 kW, portando, acabou sendo utilizando em maior escala para edifícios de comércio e serviços.

Devido ao excessivo consumo de energias fósseis, e inspirada pelo Protocolo de Kyoto, a Comissão Europeia publicou a Diretiva 2002/91/CE, a qual foi aprovada em 16 de Dezembro de 2002 e entrou em vigor em 03 de janeiro de 2003, com os principais objetivos de promover o uso de energias renováveis e reduzir o consumo de energia. Com

ela surgiram requisitos mínimos de desempenho energético de grandes reabilitações, certificação energética dos edifícios, qualificação de técnicos para a realização das certificações e instalações dos sistemas, além da revisão da legislação de 5 em 5 anos.

Por ser uma Diretiva, é necessário que os Estados-Membros façam sua transposição para o ambiente nacional, o que em Portugal resultou em três decretos de lei, intitulados Decreto-Lei n.º 78/2006, Decreto-Lei n.º 79/2006 e Decreto-Lei n.º 80/2006.

O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – SCE, que veio a definir regras e métodos para verificação da aplicação dos regulamentos. Em Portugal o SCE é gerido pela Agência Para a Energia – ADENE, e a qualificação de técnicos, a validação dos projetos de térmica e emissão dos Certificados Energéticos passou a ser feita através de Peritos Qualificados (FERNANDES, 2015).

O Decreto-Lei n.º 79/2006 tratava de sistemas energéticos de climatização, e veio a substituir o Decreto-Lei n.º 118/98, enquanto que o Decreto-Lei n.º 80/2006 regulamentava as características de comportamento térmico dos edifícios, através do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE, substituindo o Decreto-Lei n.º 40/1990.

Entretanto, em 2010 surgiu a Diretiva 2010/31/CE (EPBD recast – Energy Performance Buildings Directive), que revogou a Diretiva 2002/91/CE. Esta Diretiva tornou possível que os consumidores tomassem decisões que ajudassem a economizar energia e dinheiro, resultando em mudanças positivas no desempenho energético dos edifícios, onde edifícios novos consumiam metade da energia de edifícios tradicionais da década de 80 (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

Sua transposição para o direito nacional de Portugal deu-se através do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, o qual substituiu os decretos anteriores, unindo em um só documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios – SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação – REH e o Regulamento de Desempenho Energético de Comércio e Serviços – RECS. Entretanto, criaram-se várias portarias e despachos, de modo a facilitar a atualização e acesso aos aspectos operacionais e técnicos.

O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto sofreu algumas alterações pelos Decretos-Leis n.º 68-A/2015, de 30 de abril, n.º 194/2015, de 14 de setembro, n.º

251/2015, de 25 de novembro, pelo Decreto-Lei n.º 28/2016 e recentemente pela Lei n.º 52/2018.

Em 30 de novembro de 2016 a Comissão Europeia propôs uma atualização da Diretiva 2010/31/CE, com foco em promover o uso de tecnologia inteligente em edifícios, simplificar as regras existentes e acelerar a renovação dos edifícios. Em 19 de junho de 2018 essa diretiva foi publicada, sob o nome Diretiva 2018/844/UE. As disposições já revisadas entraram em vigor em 09 de Julho de 2018, trazendo a visão de um parque habitacional descarbonizado até 2050 e a mobilização de investimentos. Os Estados-Membros têm o prazo de 20 meses para transporem as novas regras para o direito nacional, ou seja, até 10 de Março de 2020. Com isso, este trabalho segue à luz da Diretiva 2010/31/CE, do Decreto-Lei n.º 118/2013, e seus respectivos despachos, portarias e alterações.

2.4. Certificação energética de edifícios

Obrigatória em Portugal desde 2009, a certificação energética dos edifícios sofreu alterações e atualmente é regida pelo Decreto-Lei 118/2013, através do Sistema de Certificação Energética. Assim, qualquer edifício, novo ou existente, se anunciado a partir de 1 de Dezembro de 2013 para venda, dação em cumprimento ou locação/arrendamentos, deve indicar a classe energética, sendo que em situações onde o edifício ainda não disponha do certificado energético, deve-se registrar previamente um Pré-Certificado ou Certificado válido no Portal do SCE por um Perito Qualificado, de modo a dar conhecimento público da respectiva classificação energética.

Para isso, o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação divide os edifícios em três categorias: edifícios existentes, edifícios novos e edifícios existentes sujeitos a grande intervenção. Segundo essa legislação, edifícios novos são aqueles que deram início ao processo de licenciamento ou autorização a partir de 01 de Dezembro de 2013, edifícios sujeitos a grande intervenção são aqueles que estão sujeitos a obras de intervenção direta no desempenho energético, em que se verifique o custo da obra superior a 25% do valor da totalidade do edifício, enquanto que os restantes dos edifícios são considerados existentes.

A certificação energética de edifícios permite que o consumidor tenha acesso a informações sobre o desempenho energético dos edifícios, que inclui a redução de custos

com a utilização de energia, a melhoria do conforto térmico e o acesso a financiamento e benefícios fiscais, além de possíveis medidas de melhoria que, se aplicadas, elevarão a classe energética do edifício.

De acordo com o Despacho n.º 15793-J/2013, a escala de classificação energética dos edifícios ou frações autónomas de edifícios é composta por 8 classes, correspondendo a cada classe um intervalo de valores do rácio de classe energética (R_{Nt}), conforme o Quadro 1, onde A+ e F são a melhor e a pior classificação energética, respectivamente, sendo que edifícios novos de habitação devem atender no mínimo à classe B-.

Quadro 1 - Intervalos de valor de R_{Nt} para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação (Despacho n.º 15793-J/2013).

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Os certificados energéticos possuem uma descrição sucinta do edifício/fração autónoma, indicadores de desempenho com os respectivos valores de referência, descrição geral da solução construtiva e comportamento térmico dos seus elementos, perdas e ganhos de calor da habitação, propostas, recomendações e conjuntos de medidas de melhorias, além de informações técnicas quanto aos cálculos e coeficientes obtidos, conforme o exemplo disponibilizado pela ADENE no Anexo A.

3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES

De acordo com Paiva et al. (2006), os edifícios habitacionais construídos antes da regulamentação térmica entrar em vigor têm um comportamento térmico insatisfatório, associado ao uso intenso de dispositivos de arrefecimento e aquecimento interior. Medidas de reabilitação devidamente aplicadas reduzem essas necessidades energéticas e consequentemente as despesas totais em climatização, além da melhoria no conforto térmico e redução da emissão de gases que geram impacto ambiental e para a saúde.

Em edifícios existentes, a melhor solução de reabilitação está relacionada a uma combinação de medidas que simultaneamente atendam aos requisitos de eficiência energética, conservação de energia e emissões de carbono, levando em conta também o fator econômico (VIEIRA, 2016).

De acordo com FERNANDES (2009), as principais medidas de reabilitação energética podem ser realizadas de três formas:

- a) Reabilitação térmica da envolvente: realizada através do reforço da proteção térmica das partes opacas (paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos e coberturas), reforço das propriedades dos vãos envidraçados (como o controle da radiação solar, isolamento térmico e estanqueidade ao ar) e através do recuso à tecnologias solares passivas (favorecimento da ventilação natural, sistemas de sombreamento, utilização da capacidade de armazenamento térmico dos materiais).
- b) Reabilitação energética dos sistemas e instalações: alcançada através de melhorias nas condições de iluminação, e da eficiência dos sistemas de climatização, equipamentos domésticos e para preparação de águas quentes sanitárias – AQS.
- c) Recurso à tecnologias solares ativas: como energia solar térmica, fotovoltaica e termodinâmica.

É importante ressaltar que a atuação dessas medidas em simultâneo acarreta sinergias que permitem reforçar o efeito de cada uma delas, onde por vezes somente ao adotar uma determinada medida o efeito de outra é completamente assegurado (PAIVA et al, 2006).

3.1. Envolventes opacas

De acordo com o Decreto-Lei n.º118/2013, a envolvente de um edifício é o conjunto de elementos de construção de um edifício ou fração, compreendendo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos, que separam o espaço interior útil do ambiente exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis e do solo, filtrando a passagem de luz, calor, ar e ruído de modo que possibilite a satisfação das condições exigidas.

Ainda de acordo com este decreto, são considerados úteis os espaços com condições de referência no âmbito do REH, compreendendo compartimentos que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõem aquecidos ou arrefecidos de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico, incluindo os espaços que não são usualmente climatizados, como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias. De modo complementar, os espaços não úteis não se destinam à ocupação humana permanente, logo de modo geral não são climatizados, como lavandarias, caves, sótãos não habitados e desvãos sanitários.

Uma das principais medidas de reabilitação energética de edifícios é a reabilitação térmica das envolventes opacas, onde o tipo de material utilizado na sua constituição irá influenciar diretamente as condições de conforto no interior do edifício. Assim, as principais características a se ter em conta na escolha do material para realizar o reforço são a inércia e seu poder isolante (ENERBUILDING, 2008).

3.1.1. Paredes exteriores

As intervenções nas fachadas são designadas de acordo com a localização do isolamento térmico, conforme representado na Figura 7, podendo ser realizada pelo exterior, pelo interior, e por injeção/insuflação na caixa-de-ar, no caso de paredes duplas (SILVA, 2012).

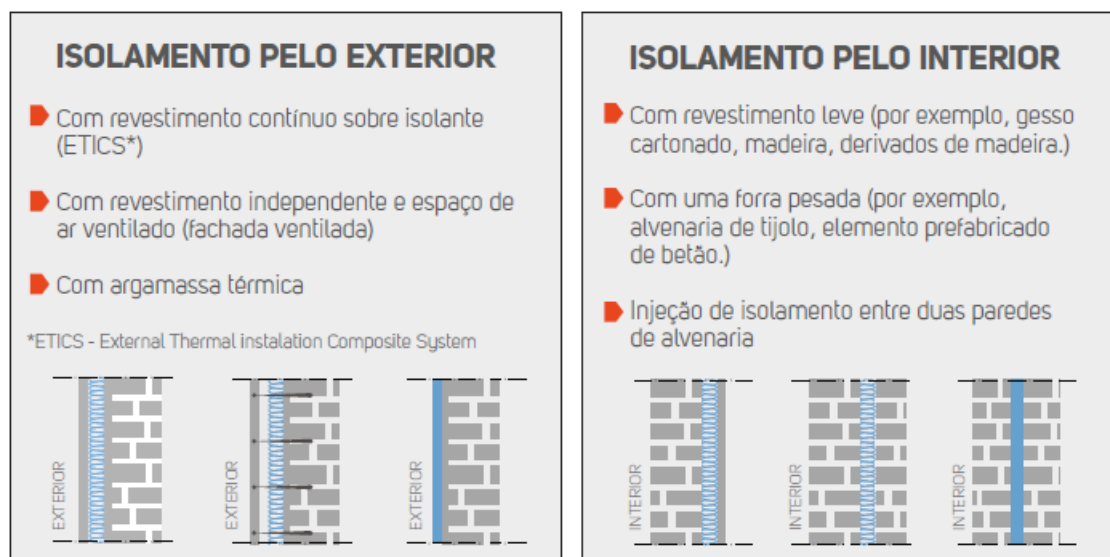


Figura 7 - Representação de localização do isolamento térmico de envoltivos opacos (ADENE, 2016).

O isolamento realizado pelo exterior é considerado o mais eficaz e que apresenta maiores vantagens. Devido ao fato de possuir uma aplicação mais uniforme, corrige as pontes térmicas, reduz os problemas de condensações no interior quando comparado aos demais isolamentos ou a sua ausência, protege a estrutura e a alvenaria de choques térmicos, contribuindo para o aumento da durabilidade desses elementos, aumenta a inércia térmica do edifício, além de não reduzir a área útil interior. Sua aplicação em casos de reabilitação também produz mínimo incômodo aos utentes (VEIGA, 2011; ADENE, 2016; JARDIM, 2009).

Ainda de acordo com VEIGA (2011), os revestimentos de isolamento térmico podem apresentar-se através de compósitos de isolamento térmico pelo exterior (sistema ETICS ou vulgarmente denominado “Capotto”), painéis isolantes fixados diretamente ao suporte, fachadas ventiladas com isolamento na caixa de ar, e revestimentos aderentes constituídos por argamassas isolantes.

O sistema ETICS tem ganhado espaço no mercado nos últimos anos devido à sua eficiência e gama de vantagens associadas, sendo normalmente constituído por um pano simples de alvenaria, uma camada de isolamento térmico (EPS, XPS, MW ou ICB) colada ou fixada à parede, revestida posteriormente por um reboco delgado armado com rede de fibra de vidro e aplicado em várias camadas, e por fim é realizado um acabamento de carácter decorativo e estanque à água. Esse sistema está exemplificado na Figura 8 (MENDÃO, 2011; APFAC, 2018).

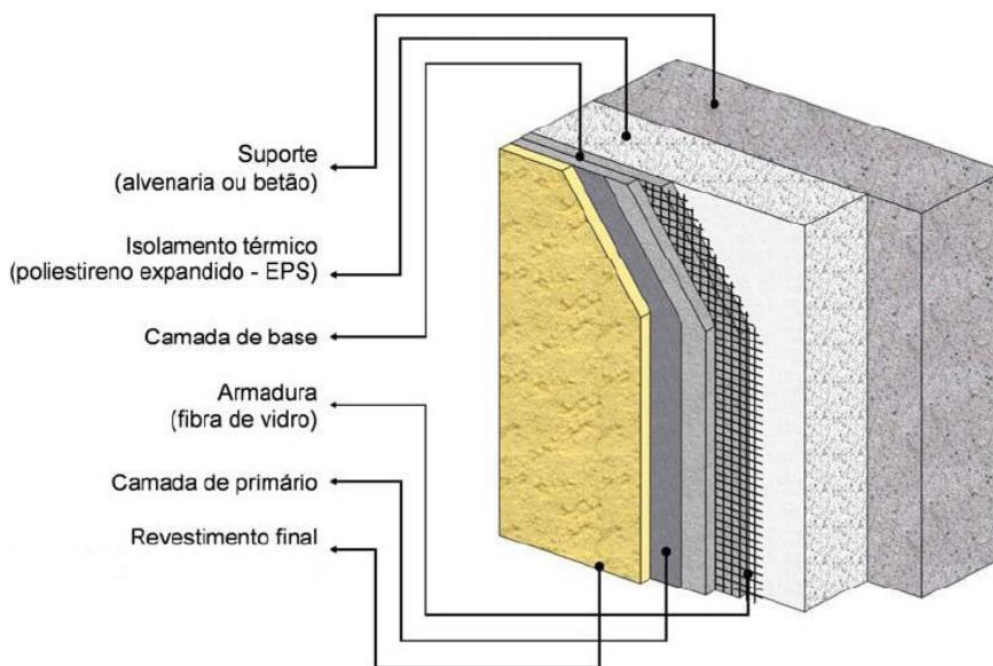


Figura 8 - Exemplificação do sistema ETICS (FREITAS, GONÇALVES, 2006).

Quando realizada pelo interior, a aplicação do isolamento térmico corresponde a duas soluções: aplicação de painéis isolantes pré-fabricados fixados contra a parede, e contra fachadas (caixa de ar simples, interposição de um isolante térmico sem caixa de ar, ou interposição de um isolante com caixa de ar). Esta solução, apesar de apresentar menor custo quando comparada às demais opções, e maior facilidade de execução, não corrige o problema das pontes térmicas lineares, não gera proteção aos agentes climáticos exteriores, reduz a capacidade da parede de armazenar calor (inércia térmica), e ainda gera diminuição da área útil interior (SILVA, 2012, ADENE, 2016).

Já em paredes duplas, o isolamento pode dar-se através da introdução de materiais isolantes soltos ou de espumas injetadas na caixa de ar, sem que haja interferências no aspecto interior e exterior, limitando-se à vedação dos furos de injeção ou insuflação (SILVA, 2012).

3.1.2. Coberturas

As coberturas são as superfícies da envolvente exterior que apresentam maior contribuição para as perdas de calor de um edifício, pois estão submetidas à maiores flutuações térmicas. Enquanto no inverno pretende-se evitar as fugas de calor da

habitação para o exterior, no verão é necessário evitar o sobreaquecimento da cobertura e sua transmissão para o interior, deste modo seu isolamento térmico é considerado uma intervenção de eficiência energética prioritária, devido aos benefícios imediatos dessa medida, e por se tratar de uma melhoria simples e menos onerosa (JARDIM, 2009; SILVA, 2012).

O reforço térmico de coberturas inclinadas pode ser feito através da aplicação do isolamento térmico nas vertentes inclinadas (em posição superior ou inferior) ou na esteira do teto (em posição superior ou inferior) (SANTOS, MATIAS, 2006).

Recomenda-se que este isolamento seja aplicado nas vertentes inclinadas somente em casos onde exista desvão habitável, pois caso contrário este espaço não possui necessidades de aquecimento. A solução mais econômica é aplicar o isolamento sobre a esteira horizontal, visto que possui maior facilidade de aplicação e acarreta no uso de menor espessura de isolamento, devendo ser realizada em casos onde o desvão não seja habitável, a menos que a camada de isolante seja protegida superiormente com um piso sobrelevado (PAIVA et al, 2006). É importante salientar que o isolamento aplicado sob a esteira não é aconselhado, principalmente quando há presença de laje, por favorecer condensações internas e não aproveitar a inércia térmica da mesma (JARDIM, 2009).

Em coberturas horizontais, a aplicação do isolante pelo interior, sob a estrutura resistente, é fortemente desaconselhada, em virtude de agravar as solicitações termomecânicas da estrutura e do revestimento exterior da cobertura. Desta forma, orienta-se que o isolamento seja sempre aplicado pelo exterior, em posição superior à estrutura resistente, de modo a protegê-la contra as variações térmicas de origem climática (SANTOS, MATIAS, 2006).

3.1.3. Pavimentos

Os pavimentos podem ser responsáveis por até 20% das perdas totais de um edifício, podendo também ser o motivo de condensações superficiais, visto que a temperatura do solo pode atingir valores bastante inferiores à temperatura do ambiente interior aquecido (SILVA, 2013a). Seu isolamento se justifica quando estes se localizam sobre espaços exteriores ou interiores 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 aos ganhos térmicos e energéticos (ANASTÁCIO, 2010).

O reforço do isolamento em pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos pode ser feito mediante três opções definidas pela localização do material isolante, sendo elas: isolamento aplicado pela zona inferior, isolamento aplicado na zona intermediária e isolamento aplicado na zona superior (JARDIM, 2009; SILVA, 2012; FERNANDES, 2016).

Tratando-se de reabilitações não destrutivas, o reforço do isolamento pela zona inferior é a melhor solução, sempre que a zona inferior seja acessível, visto que é mais fácil e rápido para aplicar, retém menor custo, e são mais eficientes do ponto de vista térmico, uma vez que aumenta a inércia térmica interior (PAIVA et al, 2006).

Os isolamentos aplicados na zona intermediária são recomendados apenas em reabilitações destrutivas ou parcialmente destrutivas, para que o isolamento possa ser inserido no pavimento. Nesses casos, torna-se uma opção viável por não necessitar de grande rigidez, resistência ao fogo e umidade, pois está protegido pelas camadas do pavimento.

Já os isolamentos aplicados na zona superior têm necessidade de aguentar um elevado número de cargas, de forma que continue a manter seu comportamento e durabilidade de todas as suas propriedades ao longo do tempo. Muitas vezes este tipo de aplicação terá que suportar o peso próprio, o revestimento de piso, as cargas permanentes e as sobrecargas adicionais associadas à utilização do espaço interior. Apesar de possuir a vantagem de ser aplicada em casos de reabilitações não destrutivas e de fácil acesso, esta aplicação acarretará na redução do pé-direito da habitação, além de tornar-se mais dispendiosa (FERNANDES, 2016).

3.1.4. Principais materiais isolantes térmicos

Nas soluções de reabilitação das envolturas opacas é possível contar com uma grande variedade de materiais isolantes no mercado, e aplicáveis de diferentes modos: mantas, placas, grânulos ou fibras a granel, e espumas produzidas e aplicadas *in situ*. No Anexo B têm-se os principais isolantes térmicos que podem ser utilizados nas situações mencionadas anteriormente.

Desta gama de materiais disponíveis, em Portugal os mais correntes são o Poliestireno Expandido Moldado – EPS, o Poliestireno Expandido Extrudido – XPS, o Aglomerado Negro de Cortiça – ICB, a Espuma de Poliuretano – PUR e a Lã Mineral – MW (MENDÃO, 2011).

Deve-se considerar no momento da escolha do material, além dos fatores econômicos, o valor declarado da sua condutibilidade térmica. Esta é uma propriedade que caracteriza materiais e produtos termicamente homogêneos, representando a quantidade de calor que atravessa uma espessura unitária de um material, estabelecendo-se uma diferença de temperatura entre as suas faces. Assim, quanto menor for a condutibilidade térmica de um material, melhor será seu poder isolante (SANTOS, MATIAS, 2006).

É importante ressaltar que a utilização destes materiais tem variado ao longo dos anos, mas o uso dos poliestirenos expandidos destacam-se no cenário nacional, uma vez que o EPS serviu como porta de entrada aos isolamentos térmicos no país, ainda apresentando um bom custo-benefício, embora atualmente seja comumente substituído pelo XPS, que apesar de ter um custo mais elevado, apresenta resistência às trocas térmicas cerca de 20% maior, além de possuir elevada resistência às ações mecânicas e ambientais, tornando-se a alternativa mais eficiente (ROMÃO, 2015). Essa resistência superior às trocas térmicas dá-se devido a diferença das condutibilidades térmicas destes materiais, pois enquanto para o XPS este valor está atualmente entre 0,035 W/(m.°C) e 0,037 W/(m.°C), para o EPS o mesmo encontra-se entre 0,037 W/(m.°C) e 0,055 W/(m.°C) (SANTOS, MATIAS, 2006).

3.2. Vãos envidraçados

Outra área de grande potencial de reabilitação são os vãos envidraçados, os quais apresentam grande peso no balanço energético dos edifícios, podendo ser responsáveis por 35% a 40% das perdas térmicas em edifícios de habitação na estação de aquecimento (PAIVA et al, 2006; ANASTÁCIO, 2010).

Os vãos envidraçados desempenham várias funções, como a conexão visual com o exterior, iluminação, ventilação, além do intermédio entre as trocas de energia entre o ambiente exterior e o ambiente interior. São constituídos normalmente por uma caixilharia de madeira, alumínio ou PVC, preenchida com chapa de vidro, fixada à parede

por aro de caixilho igualmente de madeira, alumínio ou PVC, podendo ser complementado por um dispositivo de proteção solar e/ou oclusão noturna (FERNANDES, 2016). Seu reforço é comumente realizado através da substituição de caixilharias, utilização de vidros de alto desempenho térmico, criação de janelas duplas ou substituição de vidros simples por vidros duplos (ANASTÁCIO, 2010).

Outras recomendações consistem na aplicação de proteções solares que permitam oclusão noturna, adição de dispositivos de sombreamento exteriores e isolamento térmico das caixas de estore (SILVA, 2012).

No âmbito da reabilitação dos envidraçados, destaca-se também o controle dos ganhos solares na estação de arrefecimento, visando minimizar o sobreaquecimento dos espaços interiores, e reduzir a utilização de sistemas técnicos mecânicos de arrefecimento (JARDIM, 2009).

O modo mais eficaz de controle da radiação solar direta indesejável é a aplicação de dispositivos de sombreamento, os quais possuem a principal função de controlar a radiação solar direta, assegurando condições térmicas e de conforto visual satisfatórias aos ocupantes. Estes dispositivos podem ser caracterizados segundo três critérios: quanto à localização, podendo ser interiores, intercalares ou exteriores; quanto ao modo de operação, sendo fixos ou ajustáveis; e quanto ao modo de controle, podendo ser manual ou automático. Existe uma grande gama de produtos, materiais e opções neste setor, mas de modo geral, os dispositivos de sombreamento mais eficientes são os exteriores, ajustáveis e de cor clara (PAIVA et al, 2006).

Além disso, a orientação da fachada e a área de envidraçado geram grandes contribuições ao aproveitamento da radiação solar, porém deve-se atentar que os envidraçados orientados a Sul não devem corresponder a mais do que 30%-40% da área da fachada, com a finalidade de evitar problemas de calor excessivo no verão, ou em caso de pequenas áreas de envidraçados, podem gerar um aumento no consumo de energia devido a utilização de iluminação artificial. Quanto às demais orientações, deve-se manter a área de envidraçado com menos de 20% da área total da fachada (SILVA, 2013a).

3.3. Sistemas técnicos

Quanto aos sistemas de aquecimento, arrefecimento, e de AQS, a medida mais eficiente de poupar energia está na utilização racional de tais sistemas. Em Portugal é

exigido pelo regulamento a avaliação das necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS e climatização, além da obrigatoriedade da instalação de coletores solares, sempre que haja exposição solar adequada (Portaria n.º 379-A/2015).

Estes sistemas desempenham um papel fundamental nas habitações, devido ao forte impacto no conforto dos ocupantes, porém também são responsáveis por grande parte da fatura energética da habitação e consequentemente pelas emissões de gases poluentes. Pode-se considerar que os sistemas de aquecimento e arrefecimento são eficientes energeticamente quando apresentarem condições de conforto estáveis com o menor consumo de energia (JARDIM, 2009).

As habitações ainda apresentam elevado uso de lareiras abertas para aquecimento, as quais são muito ineficientes, aproveitando apenas de 10% a 15% da energia gerada pela biomassa, sendo grande parte da energia térmica perdida nos gases da combustão. Como alternativa, as lareiras com recuperador de calor e as salamandras podem utilizar grande parte desta energia para aquecer o ambiente através do aquecimento dos fluidos (ar ou água), sendo distribuído para o restante da casa. Além de utilizarem uma fonte de energia renovável, diminuem a emissão de poluentes, melhoram o conforto térmico, e geram uma redução da fatura de energia com aquisição de combustível (ADENE, 2016).

Quanto ao arrefecimento, o aumento da utilização de sistemas de climatização com essa finalidade torna-se preocupante, pois traz consigo o aumento do consumo energético, e consequentemente da emissão de CO₂ para a atmosfera. Portanto, até que a fonte energética não seja totalmente proveniente de fontes renováveis, a climatização dos espaços deveria ser reservada apenas à necessidades especiais (JARDIM, 2009).

É importante ressaltar que a escolha do equipamento a ser utilizado para aquecimento e/ou arrefecimento deve considerar a potência adequada, levando em conta as reais necessidades da habitação, as dimensões, o clima da região, o tipo de construção, a disponibilidade do combustível considerado e o número de pessoas a que se destina, pois um sistema superior ao necessário pode apresentar eficiência menor que o esperado, gerando menor economia energética (JARDIM, 2009; SILVA, 2013b).

Já as AQS podem ser definidas como a água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45 °C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos (Decreto-Lei n.º 118/2013).

Nas habitações este aquecimento de águas é comumente realizado também por esquentadores a gás ou termo acumuladores elétricos. Atualmente o regulamento impõe o uso de energias renováveis, em determinadas condições, através de coletores solares

térmicos para a produção de AQS, sendo uma forma de aproveitamento de energia gratuita, e com um combustível em abundância – o sol. No que se refere às opções convencionais, normalmente o uso de gás natural torna-se a opção mais vantajosa do ponto de vista ambiental e econômico (JARDIM, 2009).

No âmbito da reabilitação, com o avanço constante de novas tecnologias, deve-se sempre buscar a atualização dos sistemas técnicos empregues nos edifícios, visando a obtenção de maiores eficiências e rendimentos, além da constante realização de manutenções. Agregado a isso, tem-se também o uso da integração de sistemas de painéis solares aos demais sistemas existentes, substituindo assim, parte da energia consumida pelos sistemas por uma fonte limpa e renovável.

É pertinente destacar que os sistemas de climatização têm a finalidade de criar condições satisfatórias de conforto térmico no interior dos edifícios, não devendo ser instalados com a intenção de corrigir artificialmente uma envolvente termicamente ineficaz, mas sim como meio de atender às necessidades térmicas dos períodos do ano com condições climáticas exteriores mais adversas (PAIVA et al, 2006).

4. COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS

Em um edifício há várias formas de garantir condições de conforto térmico aos ocupantes, de acordo com as propriedades de sua envolvente. Diferentes formas e composições das envoltentes podem resultar no mesmo desempenho térmico, porém com custos, espessuras, e estéticas diferentes, além de custos de exploração também diferenciados. Por isso, torna-se importante a compreensão do balanço térmico que ocorre nos edifícios, a fim de avaliar as características dos materiais e assegurar o melhor custo-benefício aos utentes (VALÉRIO, 2007; RODRIGUES et al, 2009).

O balanço energético dos edifícios consiste no equilíbrio entre os ganhos e perdas térmicas que ocorrem através da envolvente. O balanço é realizado em regime de temperatura do ar interior constante, permitindo analisar as necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços, de modo que satisfaçam as condições de conforto (RODRIGUES et al, 2009).

Estas trocas de calor dividem-se de modo geral entre perdas e ganhos por condução através dos elementos de construção, pela renovação do ar interior, e no caso dos ganhos de calor, ainda há uma parcela adicional relacionada a ocupação e funcionamento do edifício, dada pela atividade metabólica dos habitantes, equipamentos elétricos e equipamentos que produzem calor, como fogões, caldeiras e esquentadores (RODRIGUES et al, 2009).

4.1. Trocas de calor através da envolvente

4.1.1. Zona Corrente

Os elementos de construção que seguem um padrão de geometria e constituição interna uniformes são chamados de zona corrente. Nestas zonas ocorrem trocas de calor por condução, que podem ser trabalhadas com base nas propriedades térmicas dos materiais, traduzidas em parâmetros como a condução ou resistência térmica, a área do elemento e o coeficiente de transmissão térmica – U , o qual quanto menor for, maior a capacidade isolante da solução construtiva. Estes, tornam-se condicionantes em termos de fluxo de calor, uma vez que durante a estação de aquecimento a radiação solar

incidente na envolvente exterior possui efeitos positivos no aquecimento interno, enquanto que na estação de arrefecimento a situação inverte-se (FERNANDES, 2016).

4.1.2. Pontes térmicas

Ponte térmica é o nome dado à zona da envolvente onde ocorrem fenômenos localizados de trocas de calor, normalmente como consequência de uma alteração nas características da solução construtiva, quando comparados à zona corrente. Nas zonas correntes o fluxo de calor dá-se de forma unidirecional, enquanto que nas pontes térmicas não pode-se admitir esta hipótese. Em termos físicos, em zonas de pontes térmicas as linhas de fluxo de calor deixam de ser retilíneas e assumem as direções em que a resistência à passagem de calor é menor, transformando a transmissão de calor nestas zonas em um processo bidimensional ou tridimensional. Em termos práticos, geram um aumento das trocas de calor nas envoltentes, elevando também os consumos energéticos do edifício (VALÉRIO, 2007; RODRIGUES et al, 2009).

Os casos mais comuns de pontes térmicas dão-se em transições entre materiais com diferentes condutibilidades térmicas (como em uma parede de alvenaria com pilares de betão, as pontes térmicas planas - PTPs), em alterações de espessura dos elementos e nas diferenças entre áreas externas e internas (como no encontro entre paredes, e entre paredes e pavimentos, as pontes térmicas lineares - PTLs). Em todos os casos, o fluxo de calor segue a trajetória com menor dispêndio de energia, ou seja, o caminho com menor resistência térmica (VALÉRIO, 2007).

Devido a maiores perdas de calor, as regiões de ocorrência de pontes térmicas apresentam uma temperatura superficial mais baixa do que na zona corrente. Com isso, a heterogeneidade na distribuição das temperaturas internas aumenta o risco de condensações e patologias associadas à umidade, levando à deterioração dos revestimentos interiores da envolvente exterior (VALÉRIO, 2007; SANTOS, 2009).

A correção das pontes térmicas dá-se em função dos pormenores construtivos que a causam. Porém, é importante ressaltar que de modo geral, em casos onde o isolamento térmico é realizado através da caixa de ar, dificilmente este problema será corrigido. O mesmo ocorre em zonas de portas e janelas, onde há grande dificuldade de assegurar a ligação entre o isolamento e as caixilharias. Deste modo, o cenário que apresenta melhor

desempenho é o do isolamento posicionado pelo exterior, visto que garante-se que as pontes térmicas estarão recobertas de modo contínuo (VALÉRIO, 2007).

4.1.2.1. Condensações

Condensação é determinada como a troca térmica úmida decorrente da mudança do vapor de água contido no ar para o estado líquido. Quando o grau higrométrico do ar atinge 100%, a temperatura em que ele se encontra é denominada ponto de orvalho. Se o ar atingir este valor mínimo de temperatura, ocorrerão condensações, ou seja, o excesso de vapor de água contido no ar passa ao estado líquido (FROTA, SCHIFFER, 2001).

Se o ar que está saturado com vapor de água entra em contato com uma superfície com temperatura abaixo do ponto de orvalho, o excesso de vapor se condensa, e caso esta superfície seja impermeável, ocorrerá condensação superficial. Caso esta superfície seja porosa, poderá ocorrer condensação no interior da parede. Como mencionado anteriormente, em zonas de pontes térmicas é comum a temperatura ser menor que na zona corrente, portanto a probabilidade de o vapor de água atingir a temperatura do ponto de orvalho nestas zonas é maior, sendo assim, é nestas zonas que apresentam-se os problemas patológicos relacionados à umidade (FROTA, SCHIFFER, 2001; ABREU, 2003).

Em cozinhas e casas de banho, nos horários de uso mais intenso, a condensação superficial passageira é comum, tornando-se problemática quando se dá em paredes e coberturas com baixa resistência térmica. Um meio de evitar estes problemas é a eliminação do vapor de água através da ventilação, bem como a eliminação de pontes térmicas (FROTA, SCHIFFER, 2001).

4.1.3. Contato com o solo

Em elementos de construção em contato com o solo, como paredes enterradas, caves e pavimentos, também ocorrem trocas de calor por condução, porém nestes casos os cálculos são menos rigorosos, uma vez que as variações de temperatura apresentam características que diferem das do ar ambiente, e as características de distribuição e

condutibilidade do solo são muito variáveis, dependentes da sua composição e teor de umidade (SILVA, 2012).

4.2. Trocas de calor através da renovação do ar

Outro fator de grande importância quando trata-se do balanço e eficiência energética de um edifício é a troca do ar em condições ideais. A mistura e renovação do ar com ventilação adequada, seja natural ou mecânica, é de suma importância para o conforto interior, uma vez que permitem a eliminação da umidade e contaminações (MENDÃO, 2011).

No entanto, esses caudais de ventilação estão associados a um grande volume de troca de calor com o exterior, uma vez que haja diferença de temperatura entre os ambientes externo e interno, o que pode ter por consequência o aumento do consumo de energia para manter as condições internas no nível de conforto esperado, devendo assim, serem reduzidos ao mínimo necessário para satisfazer as exigências de conforto térmico (RODRIGUES et al, 2009).

A renovação do ar deve ser feita de modo que evite desperdícios de energia, e ao mesmo tempo seja suficiente para garantir a qualidade do ar interior, de modo a evitar a origem de condensações e consequentemente fungos e bolores. Em edifícios de caráter residencial, esta ventilação é comumente realizada de modo natural, através de portas e janelas, ou através de dispositivos localizados nas fachadas e condutos localizados nas zonas de serviço (cozinhas e instalações sanitárias) (MENDÃO, 2011).

4.3. Ganhos através dos envidraçados

De modo geral, a radiação solar incidente nos vidros é dividida em três partes, sendo uma delas refletida de volta para o exterior, outra é absorvida pelo vidro e será lentamente transferida para o interior através de mecanismos de convecção e radiação, e a terceira parte é transmitida instantaneamente para o interior do ambiente (RODRIGUES et al, 2009).

Assim, para contemplar a totalidade dos efeitos, recorre-se ao fator solar do vidro, que é um parâmetro designado pela relação entre o ganho de calor através do vidro e a

radiação solar nele incidente. Verifica-se que quanto maior for o fator solar, maiores serão os ganhos solares através do vidro. É importante ressaltar, que a cor, espessura e inclinação do vidro acarretam variações em seu comportamento, porém observa-se que para ângulos de incidência de até 50°, as propriedades do vidro apresentam pouca variação (RODRIGUES et al, 2009).

Em situações onde se recebe incidência solar direta durante grande parte do dia, o fator solar torna-se insuficiente para controlar os ganhos solares, de modo que para melhorar sua eficácia, recomenda-se a utilização de barreiras protetoras, como os estores, cortinas, portadas e palas (RODRIGUES et al, 2009).

4.4. Inércia térmica

A inércia térmica está associada a dois fenômenos de grande significado para o comportamento térmico do edifício: o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou resfriamento dos materiais, que é dada como sua capacidade de absorver e armazenar o calor, e liberá-lo após um certo tempo, podendo ser empregue para armazenar os ganhos de calor durante o dia, e liberá-los durante a noite, reduzindo a carga de aquecimento, e contribuindo para uma maior estabilidade das temperaturas interiores, além de, se devidamente dimensionada, promover um efeito relevante no consumo energético (FROTA, SCHIFFER, 2001; SANTOS, 2009).

A classe de inércia térmica de um edifício é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam, sendo que seu cálculo depende da massa superficial útil por metro quadrado dos elementos. Esta por sua vez, é função da sua constituição e localização no edifício, ou seja, do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial, e seu posicionamento (DESPACHO n.º 15793-K/2013). De acordo com o REH, pode ser classificada em fraca, média e forte, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Classes de inércia térmica interior, It (Despacho n.º 15793-K/2013).

Classe de inércia térmica	It [kg/m ²]
Fraca	It < 150
Média	150 ≤ It ≤ 400
Forte	It > 400

É importante ressaltar que quando um edifício apresenta o isolamento térmico pelo interior, quase toda a massa interna da envolvente encontra-se fora da camada isolante, impedida de armazenar energia térmica. Deste modo, a penetração da temperatura na envolvente ocorre em conjunto com a elevação da temperatura do ar exterior, vinculando ao edifício uma grande amplitude térmica.

Assim, como não há o acúmulo de energia durante o dia, não há calor para ser liberado durante o período noturno, de modo a aquecer o ambiente interior. Nestes casos, o edifício provavelmente apresentará uma inércia fraca, indicada para edifícios de comércio e serviços. Quando o isolamento é realizado pelo exterior, em que toda a massa da estrutura do edifício contribui para a inércia térmica, o edifício provavelmente apresentaria inércia média ou forte (SANTOS, 2009; MENDÃO, 2011).

Ainda, ressalta-se que apenas possuir elevada massa térmica não garante que um elemento atue de maneira eficaz no armazenamento do calor, visto que para isso os elementos devem absorver energia, e nem todos os elementos com massa carregam energia com igual facilidade. Também, faz-se necessária a existência de um gradiente térmico, de modo que possibilite o fluxo do calor. Isso é verificado em paredes externas, onde o armazenamento dá-se de forma mais rápida, porém, se a parede estiver em contato direto com o exterior, a mesma nunca atingirá sua capacidade de acumulação máxima, sendo assim, justificada mais uma vez a eficiência de um isolamento térmico externo (RODRIGUES et al, 2009).

5. CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO PARQUE HABITACIONAL

5.1. Caracterização geral do parque habitacional português

À data do último censo realizado, Portugal possuía um total de 3.276.210 edifícios, sendo grande parte destes construídos antes de 1990, conforme a Figura 9, ou seja, antes do surgimento da primeira legislação referente à eficiência térmica dos edifícios. Esta torna-se uma característica muito importante para a caracterização energética do parque habitacional, visto que as habitações mais antigas têm maior necessidade de intervenções de reabilitação, principalmente no que diz respeito à envolvente dos edifícios, responsável por grandes perdas de energia (FONSECA, 2015).

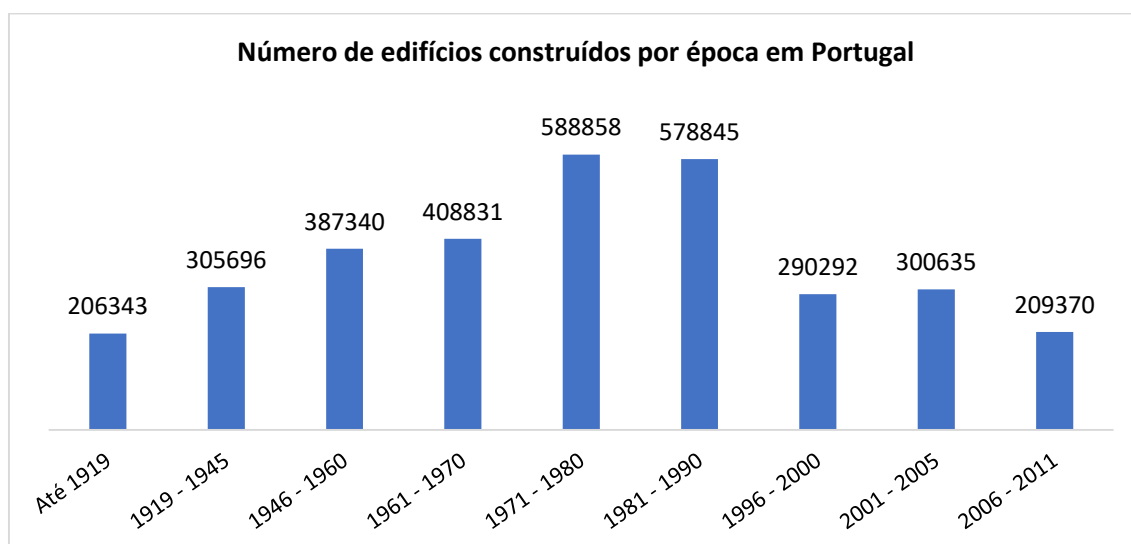


Figura 9 - Número de edifícios construídos por época em Portugal (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

É importante destacar que embora grande parte dos edifícios tenha sido construída sem nenhum regulamento térmico, muitos deles já foram alvo de intervenções e reabilitações.

Porém, visto que sucederam grandes mudanças no regulamento desde o seu surgimento, pode-se considerar que edifícios construídos à luz do RCCTE-1990 e do RCCTE-2006 também já necessitam de intervenções, gerando um número significativo de edifícios que precisam de adaptações às novas exigências de conforto térmico e energético do regulamento atual e dos próximos anos.

A exemplo disso, têm-se na Figura 10 os dados relativos aos 966.924 certificados energéticos emitidos até o início do ano de 2019, onde observa-se que o parque habitacional português apresenta grande deficiência energética, visto que a maioria dos edifícios estão classificados abaixo da classe C.

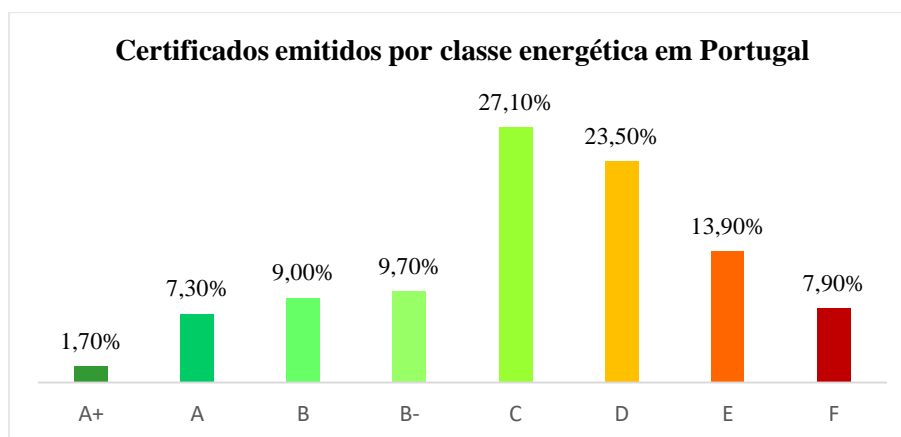


Figura 10 - Certificados de eficiência energética emitidos em Portugal (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).

No recenseamento realizado pelo INE em 2011, e atualizado em 2012, avaliou-se o estado de conservação dos edifícios (Figura 11), onde notou-se que expressivos 29% dos edifícios de Portugal necessitam de alguma reparação, mas este número recebe ainda mais representatividade ao ser traduzido para o número de edifícios, sendo um total de 1.024.937 edifícios que necessitam de reparos, grande parte deles podendo ser resolvidos com intervenções nas envolventes. Além disso, segundo critérios do INE, uma edificação não apresentar necessidades de reparação não significa que a mesma possua elevado desempenho energético.

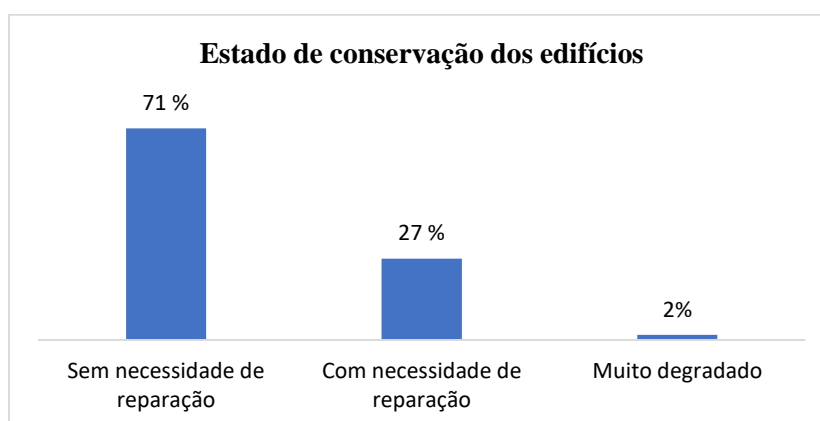


Figura 11 - Estado de conservação dos edifícios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

5.2. Caracterização geral do parque habitacional de Terras de Trás-Os-Montes

Esta região foi uma província histórica que teve seus limites e atribuições variados ao longo dos anos, e que atualmente segue para fins estatísticos a nomenclatura de Terras de Trás-Os-Montes, determinada pela atualização de 2015 da NUTS III-2013, conforme destacado em vermelho na Figura 12. A região situa-se ao norte de Portugal, tendo Bragança como seu principal distrito.



Figura 12 - Portugal: divisão segundo NUTS 2013, com destaque à região de Terras de Trás-Os-Montes (Adaptado de INE, 2015).

De acordo com os dados estatísticos dos Censos de 2011 realizados pelo INE, e atualizados em Junho de 2018, a região de Terras de Trás-Os-Montes conta com 108.547 habitantes distribuídos entre os municípios de Alfândega da Fé, Bragança, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Vila Flor, Vimioso e Vinhais, conforme a Figura 13.

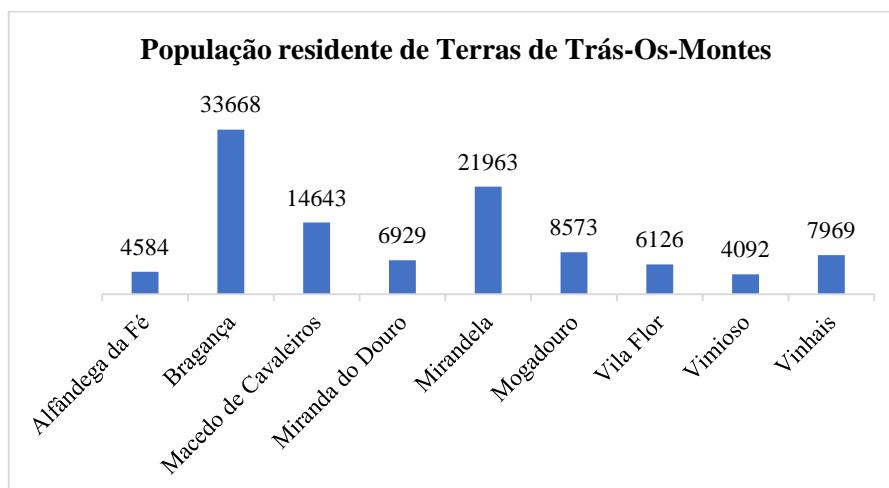


Figura 13 – População residente de Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).

Paralelo ao número de habitantes residentes está o número de edifícios construídos, sendo um total de 69.435, concentrados principalmente nas cidades de Bragança, Mirandela e Macedo de Cavaleiros, de acordo com a Figura 14.

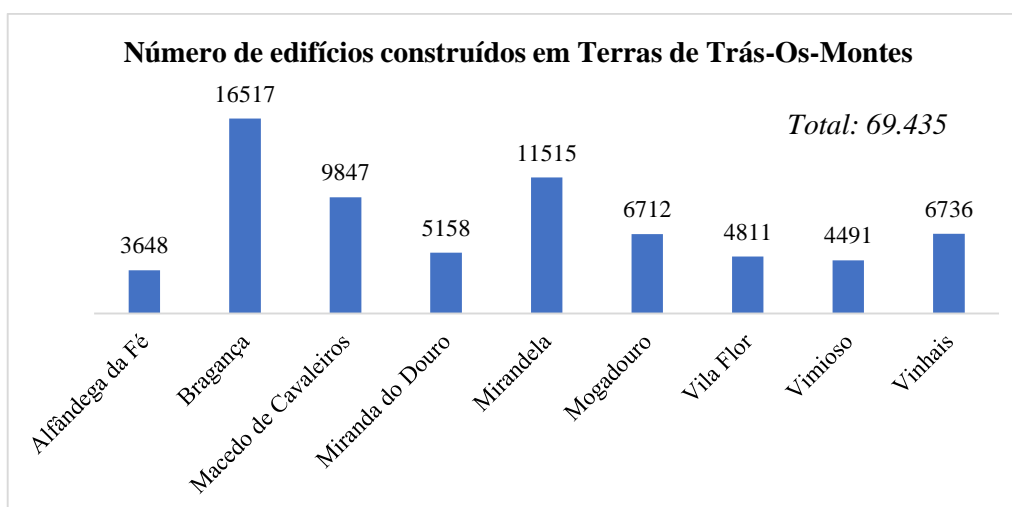


Figura 14 - Número de edifícios construídos em Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do PORDATA, 2015).

Nesta região, concordante com o verificado para o restante do país, 54% dos edifícios possuem mais de 40 anos, o que é caracterizado principalmente pela grande expansão no número de edifícios construídos entre as décadas de 1970 e 1980, conforme representado na Figura 15. Nas Figuras 16 a 25 têm-se a representação das idades dos edifícios em cada concelho, com destaque para os concelhos de Bragança (Figura 17) e Mirandela (Figura 20), os quais apresentam edifícios com idade média inferior ao verificado para a região.

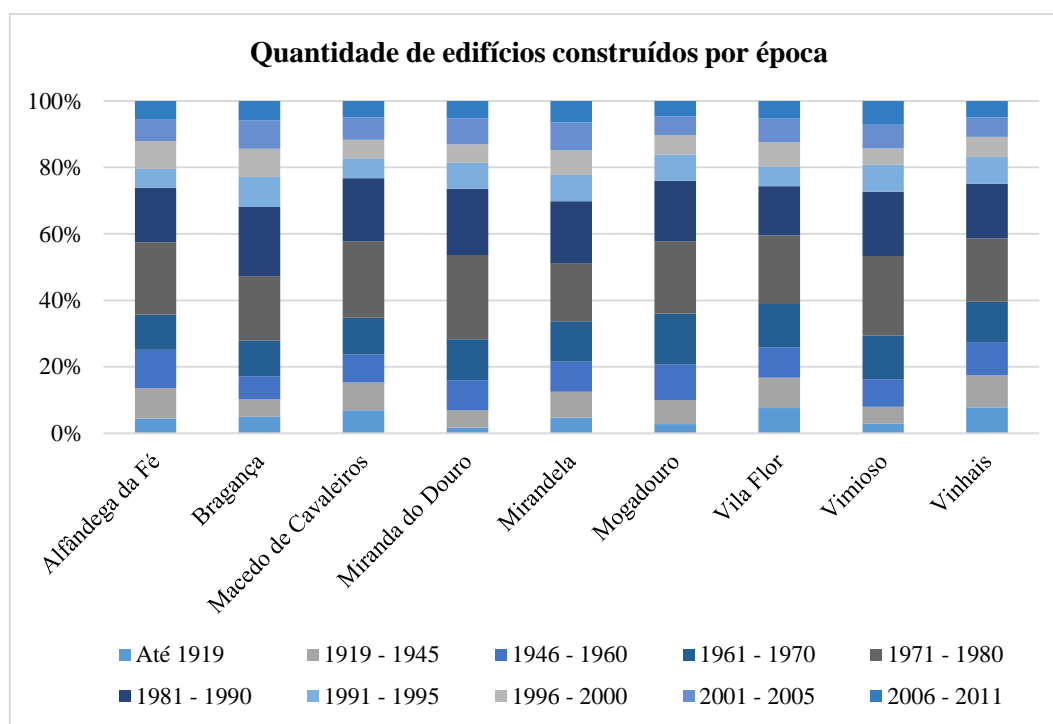


Figura 15 - Edifícios construídos por época na região de Terras de Trás-Os-Montes, por município (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

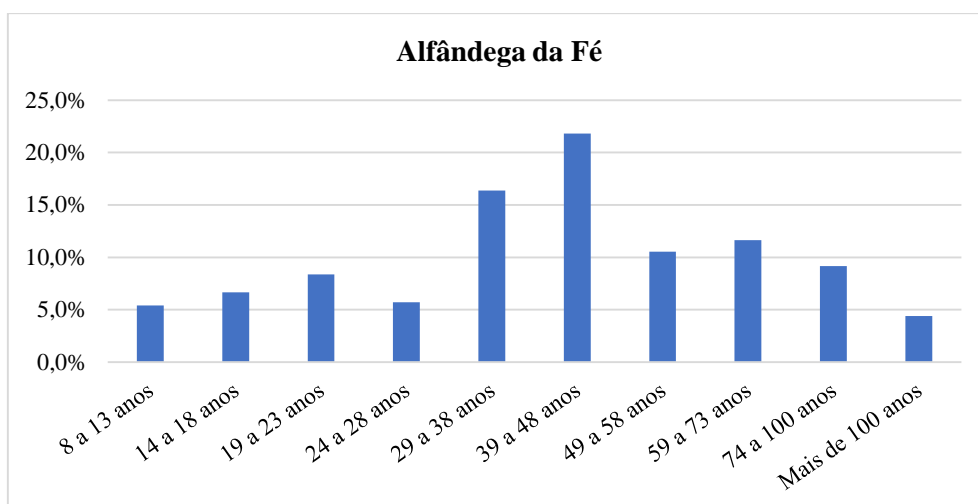


Figura 16 - Idade dos edifícios em Alfândega da Fé (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

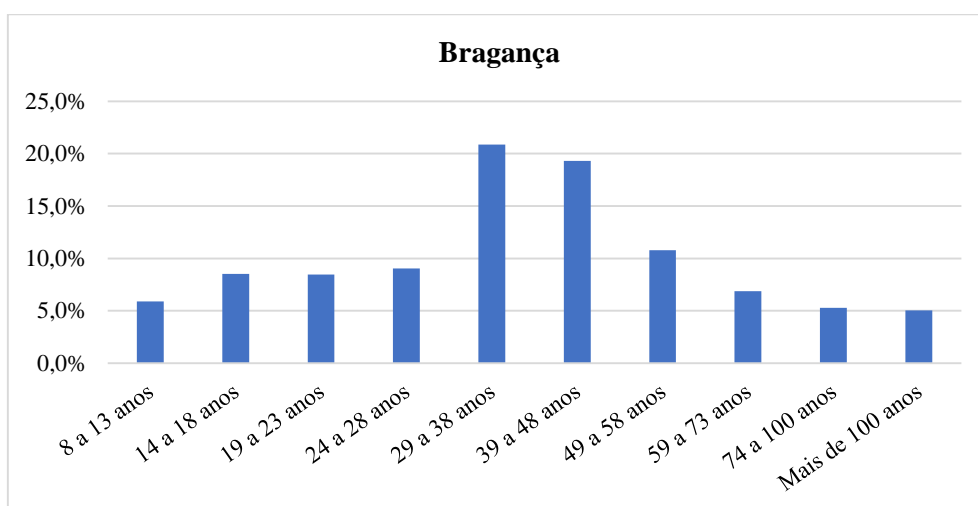


Figura 17 - Idade dos edifícios em Bragança (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

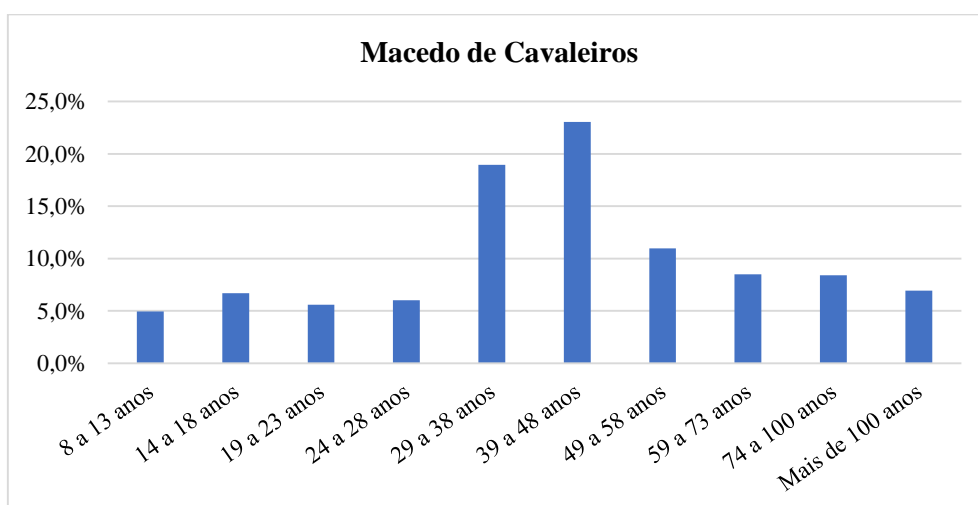


Figura 18 - Idade dos edifícios em Macedo de Cavaleiros (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

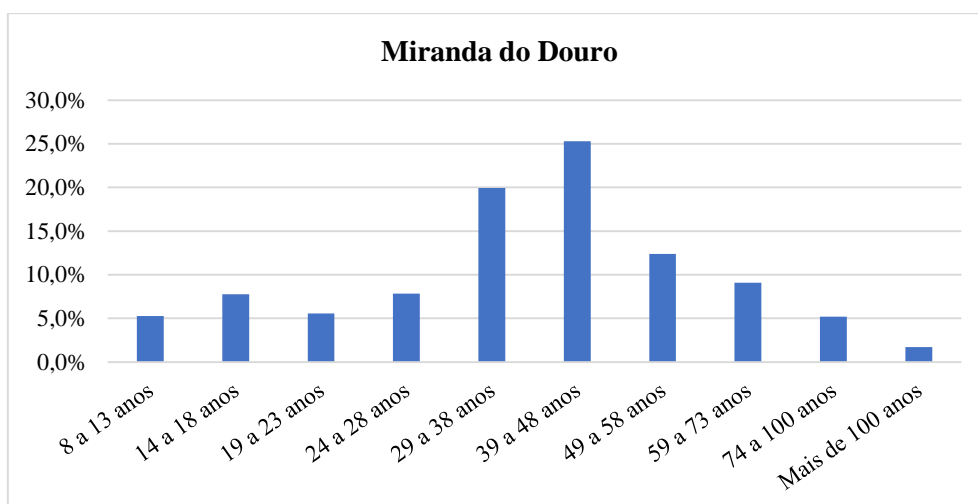


Figura 19 - Idade dos edifícios em Miranda do Douro (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

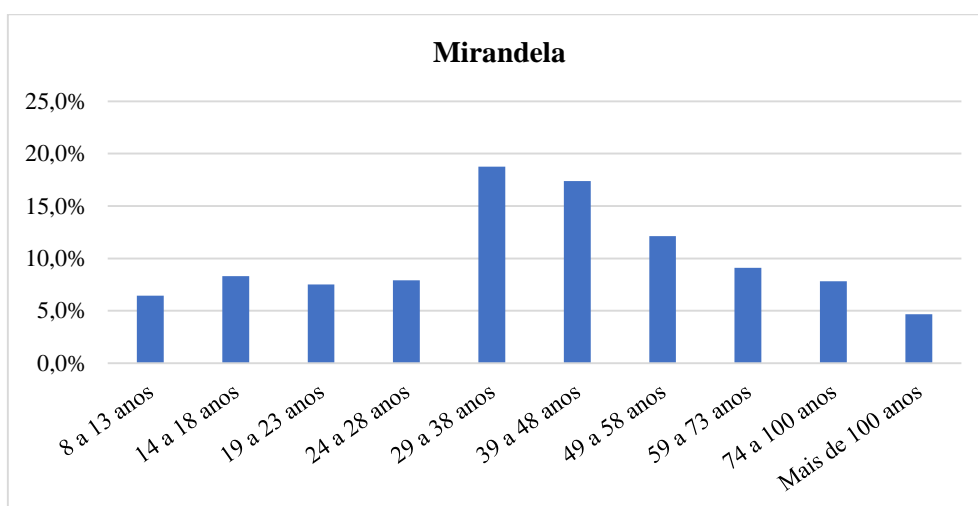


Figura 20 - Idade dos edifícios em Mirandela (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

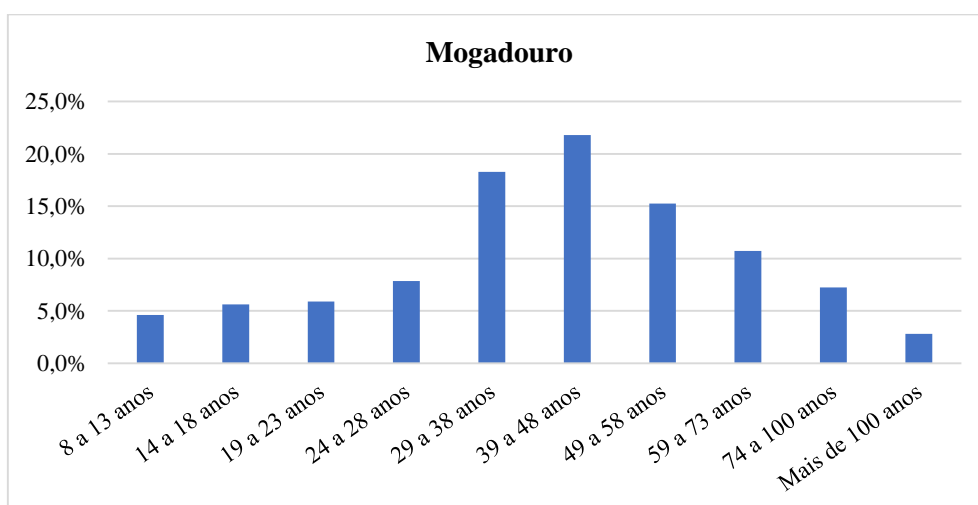


Figura 21 - Idade dos edifícios em Mogadouro (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

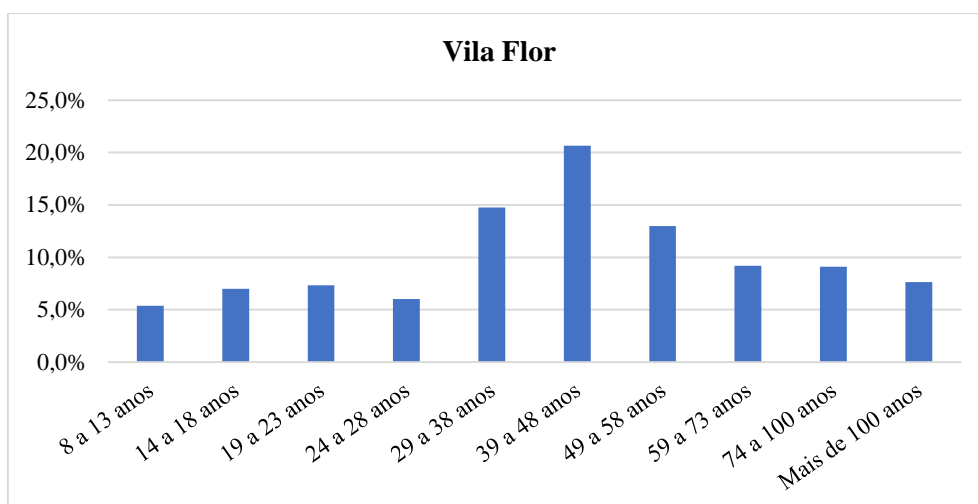


Figura 22 - Idade dos edifícios em Vila Flor (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

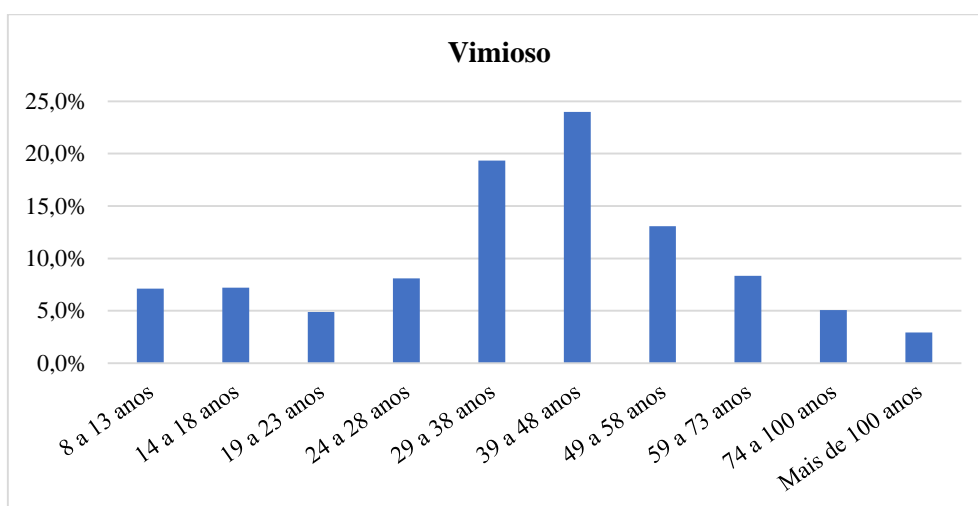


Figura 23 - Idade dos edifícios em Vimioso (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

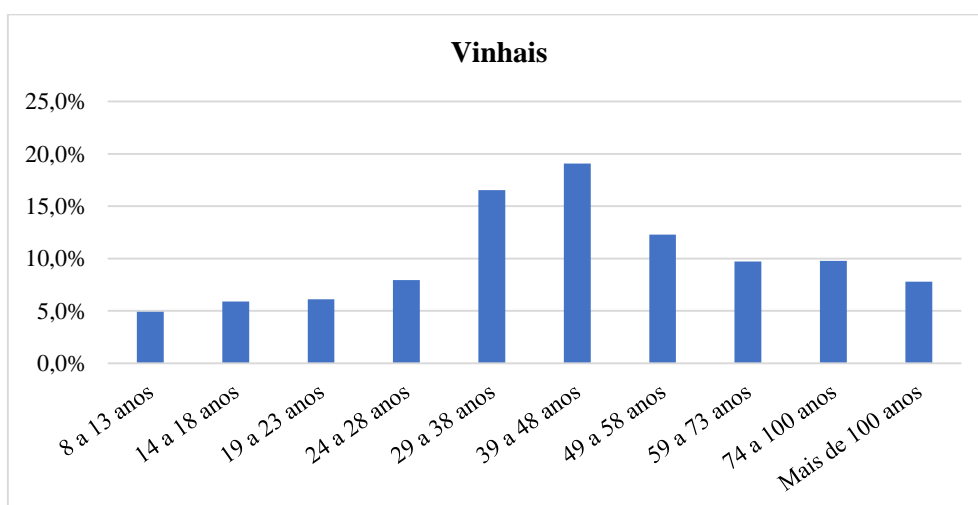


Figura 24 - Idade dos edifícios em Vinhais (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

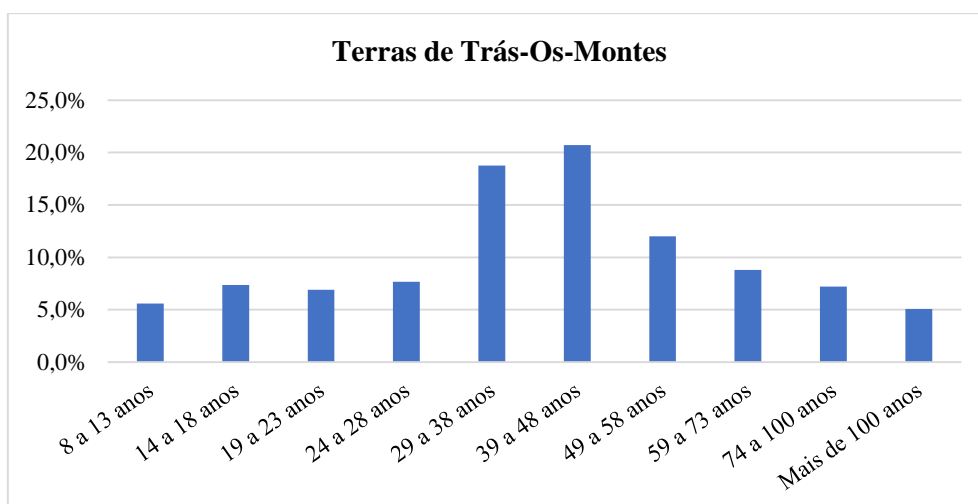


Figura 25 - Idade dos edifícios na região de Terras de Trás-Os-Montes (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

Ainda com base nos Censos de 2011, afirma-se que a grande maioria dos edifícios são classificados como principalmente residenciais, conforme representado na Figura 26, sendo que a maioria possui entre 100 m² e 120 m² (PORDATA, 2015). Com os dados disponibilizados sobre edifícios construídos em Terras de Trás-Os-Montes no período de 2002 a 2017 notou-se que em construções atuais há grande predominância de fogos do tipo T3, seguido dos tipos T4, T2 e T0 ou T1 (INE, 2018).

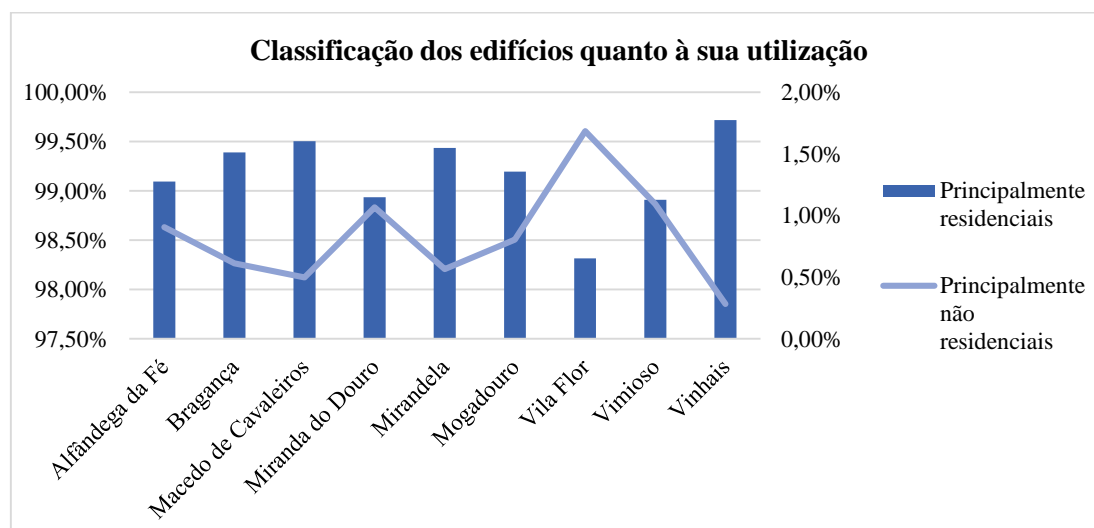


Figura 26 - Classificação dos edifícios de Terras de Trás-Os-Montes quanto à sua utilização, por concelho (Autoria própria, com base em dados do PORDATA, 2015).

Quanto ao número de pisos, observa-se que esta região não apresenta grande fração de edifícios altos, concentrando-se em edifícios de 1 e 2 pisos, 24% e 62% das construções, respectivamente, como ilustrado na Figura 27.

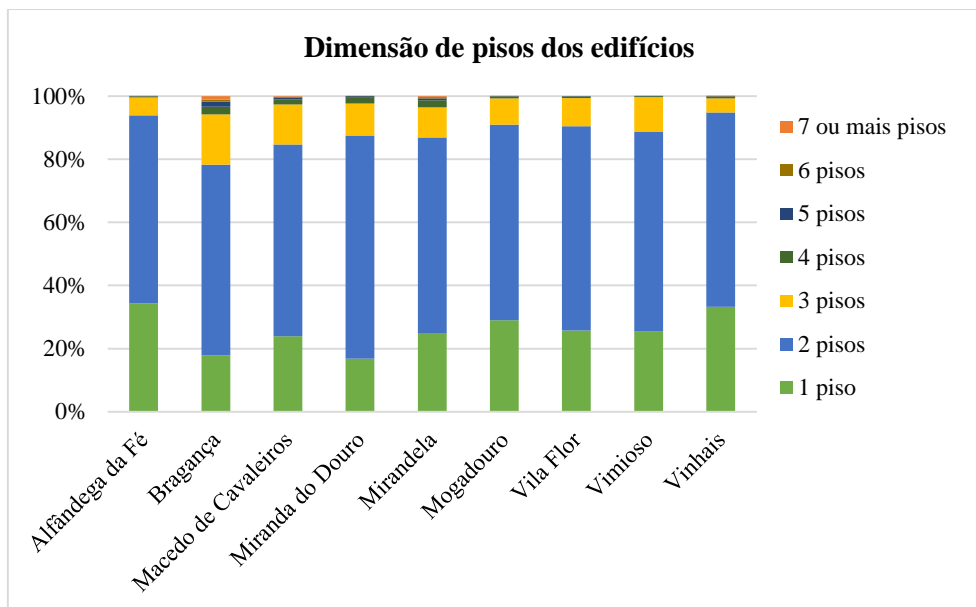


Figura 27 - Dimensão de pisos dos edifícios, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).

A região de Terras de Trás-Os-Montes possuía em 2017 um total de 85.898 alojamentos familiares clássicos (Figura 28), porém nota-se na Figura 29 que nos últimos anos houve uma grande redução no número de fogos licenciados em construções novas para habitações familiares. Já o número de reconstruções concluídas a cada 100 construções novas concluídas nessa região chegou a ser até três vezes maior que a média para o país, com destaque para o ano de 2012, conforme Figura 30 (INE, 2018).

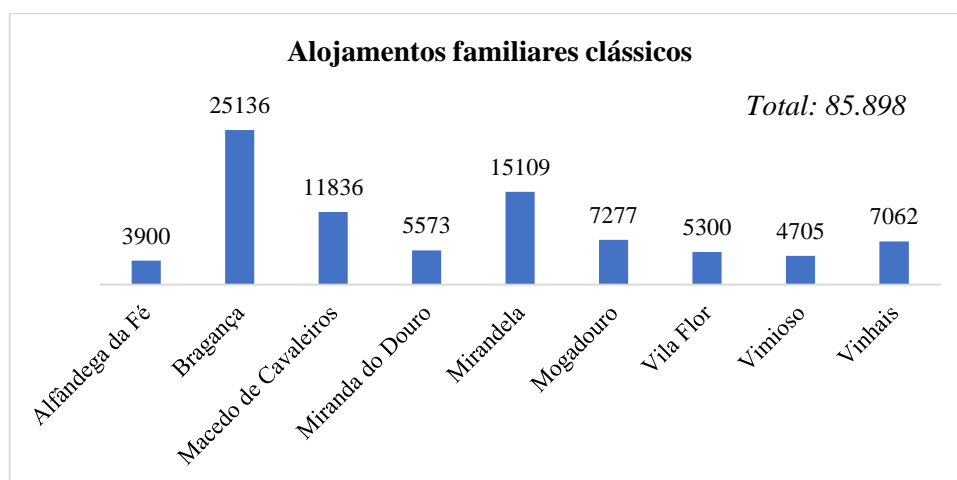


Figura 28 - Número de alojamentos familiares clássicos por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).

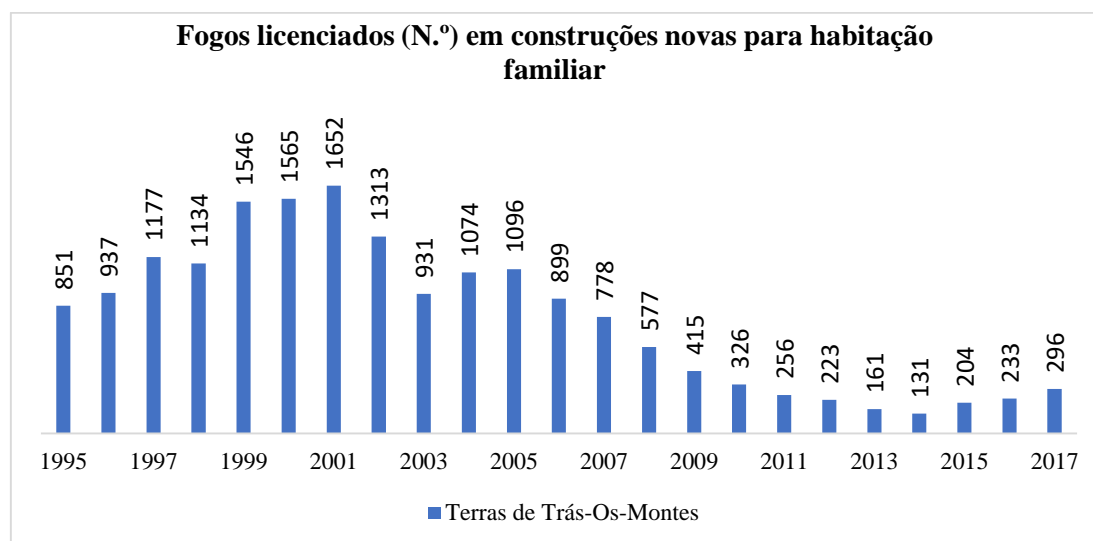


Figura 29 - Fogos licenciados (N.º) em construções novas para habitações familiares (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).

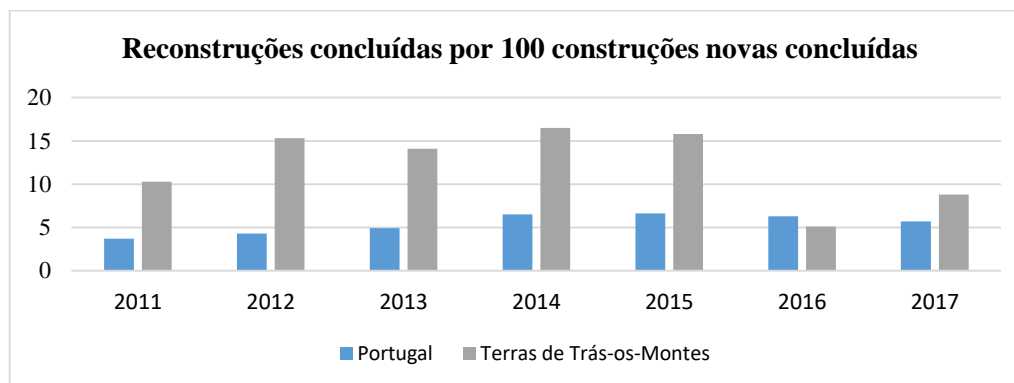


Figura 30 - Reconstruções concluídas por 100 construções novas concluídas (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).

Ainda se tratando de reconstruções, analisando os dados individuais de cada concelho, nota-se que alguns apresentam percentagens bem maiores que a média da região, como é o caso de Miranda do Douro, que no ano de 2015 chegou a apresentar maior número de reconstruções face à construções novas, como representado na Figura 31.

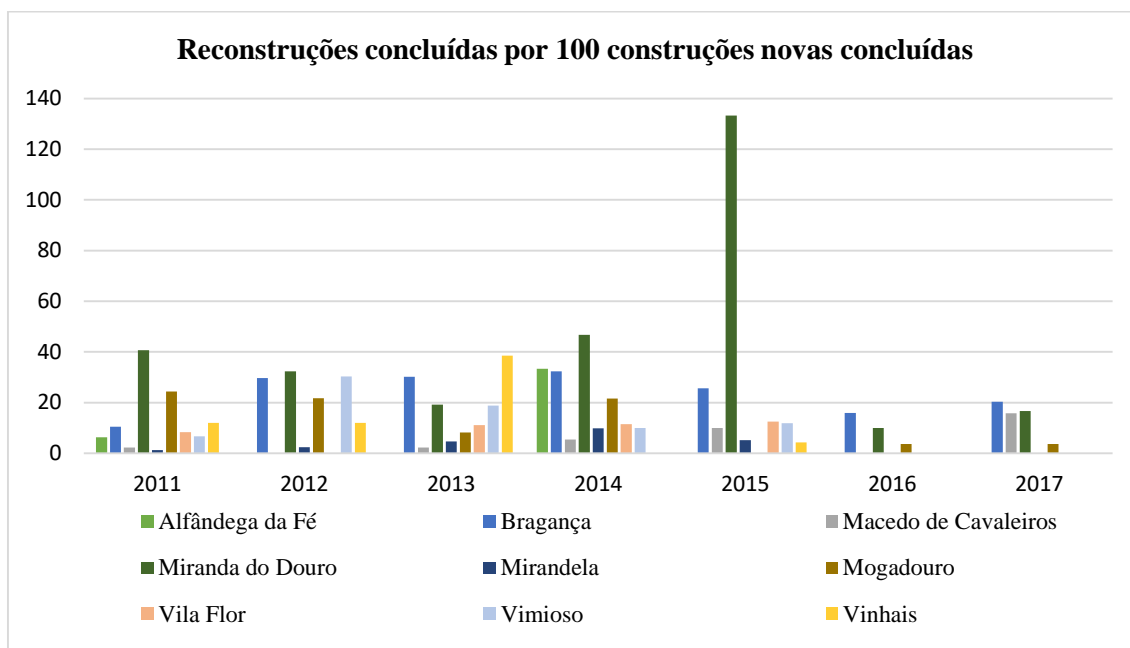


Figura 31- Reconstruções concluídas por 100 construções novas concluídas, dispostas por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018).

Estabelecendo-se um comparativo entre o número de edifícios construídos, e o número de alojamentos familiares clássicos, conforme Figura 32, observa-se que a proximidade entre ambos na maior parte dos concelhos indica a presença de grande número de edifícios com apenas um alojamento, ou seja, moradias unifamiliares.

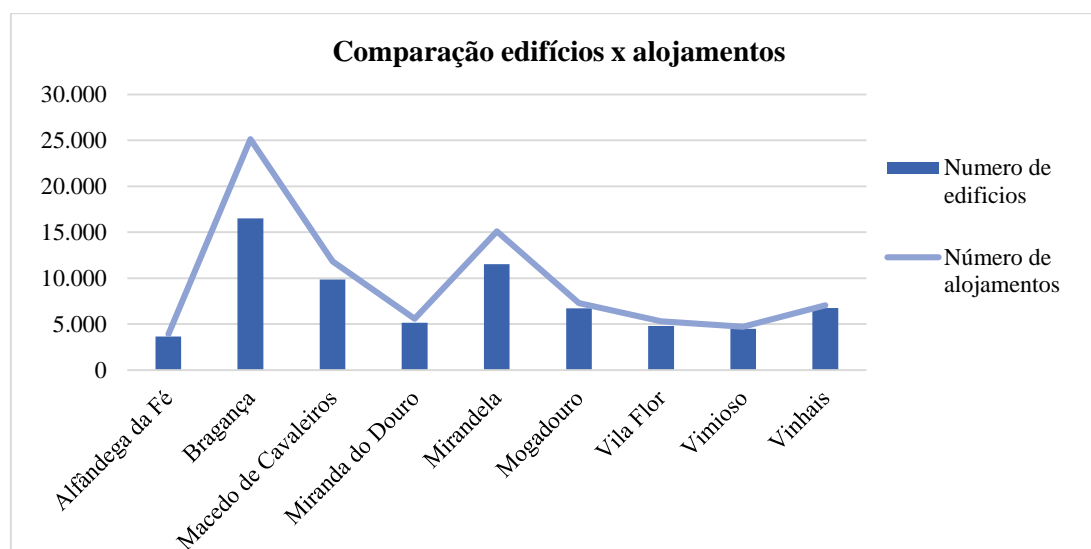


Figura 32 - Comparação entre número de edifícios e número de alojamentos, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2018, e PORDATA, 2015).

Verifica-se que em Terras de Trás-Os-Montes mais de 32% dos edifícios possuem algum tipo de necessidade de reparação, seja na cobertura, nas envolventes ou estrutural, conforme disposto na Figura 33, onde observa-se também que Alfândega da Fé, Vinhais e Macedo de Cavaleiros são os municípios com maior concentração de edifícios com necessidades de reparação (INE, 2012).

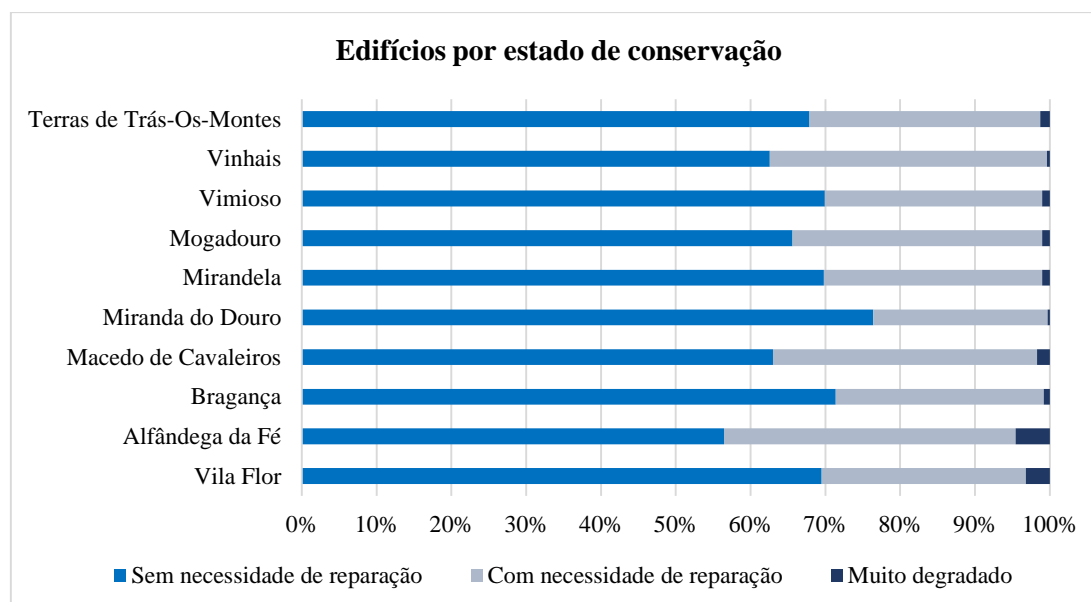


Figura 33 - Edifícios por estado de conservação (Autoria própria, com base em dados do INE, 2012).

A respeito do tipo de estrutura utilizada nas construções desta região, identifica-se que 47% das estruturas são de betão armado, seguida de paredes de alvenaria com placa (lajes aligeiradas), presente em 33% das construções. Esta preferência não é verificada apenas em Vila Flor e Alfândega da Fé, onde há predominância de paredes de alvenaria com placa. Quanto à cobertura, 99% das edificações possuem coberturas inclinadas. Já em relação ao revestimento utilizado no exterior, 85% das construções fazem o uso de reboco tradicional ou marmorite, seguido de 13% das construções com pedras (INE, 2012).

De modo geral, nesta região apenas 1,2% das residências não possuem aquecimento, sendo que na grande maioria (50,3%) o aquecimento ainda é realizado através de lareira aberta, onde a madeira, o carvão e outros combustíveis sólidos representam o principal combustível. Nas Figuras 34 e 35 evidencia-se essa distribuição para cada concelho de Terras de Trás-Os-Montes.

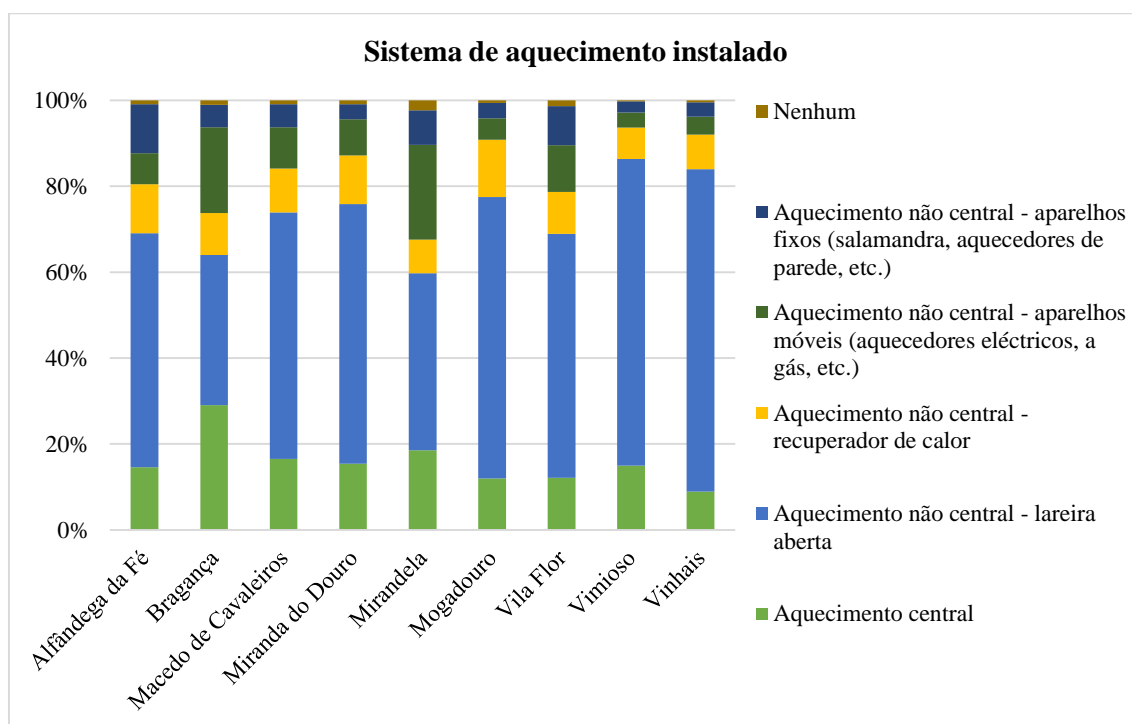


Figura 34 - Sistema de aquecimento instalado na zona de Terras de Trás-Os-Montes, por municípios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).

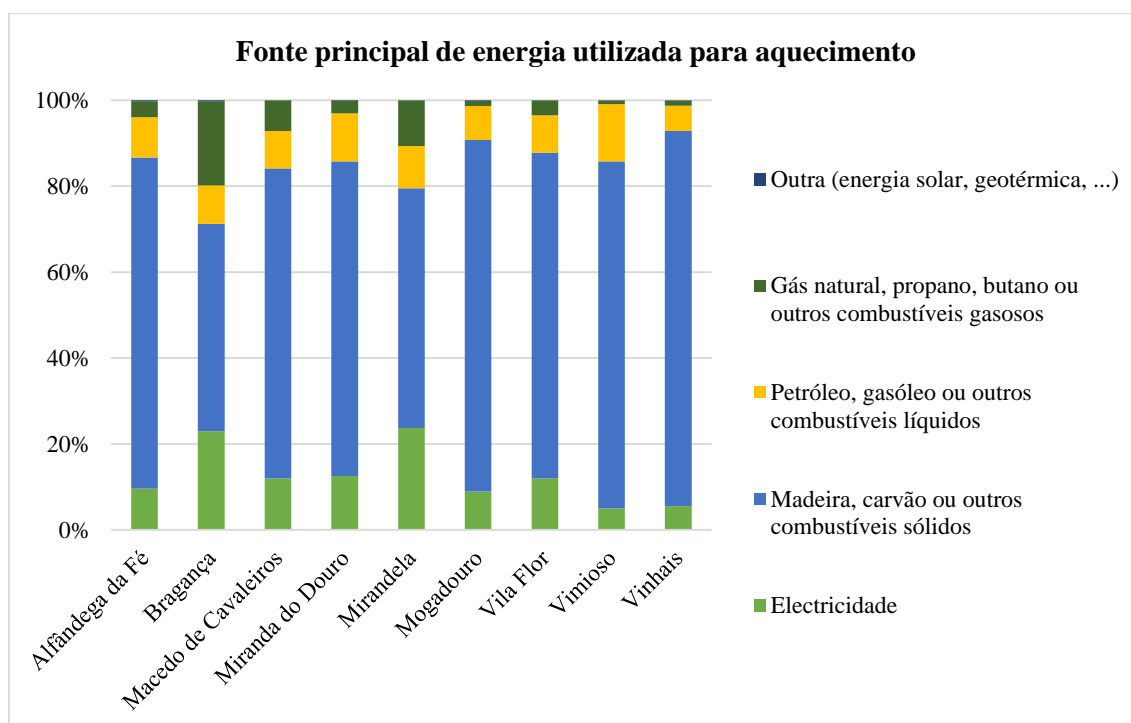


Figura 35 – Principal fonte de energia utilizada para aquecimento na zona de Terras de Trás-Os-Montes, por municípios (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).

Na Figura 36, observa-se que não há grande uso de sistemas de arrefecimento nestes concelhos, uma vez que trata-se de uma região fria. Neste âmbito, destaca-se o concelho de Mirandela, onde 14,1 % dos alojamentos possuem sistema de ar condicionado, o que se justifica devido a sua baixa altitude e seu zoneamento climático.

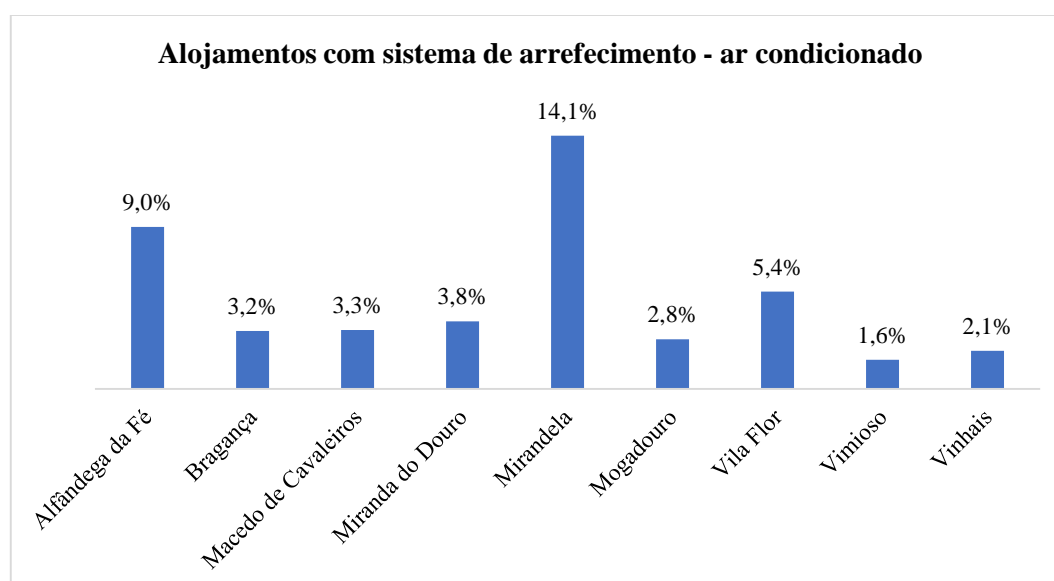


Figura 36 - Alojamentos com sistema de arrefecimento, por concelho (Autoria própria, com base em dados do INE, 2011).

5.3. Certificados energéticos

Tendo como base os dados fornecidos pela ADENE (2019), observa-se que a região de Terras de Trás-Os-Montes possui 7.914 certificados energéticos emitidos até Maio de 2019. Conforme apresentado na Figura 37, esta região destaca-se por apresentar 40,42% dos alojamentos entre as classes A+ e B-, em confronto a 27,70% à nível nacional. Porém, nota-se também o expressivo número de alojamentos com classificação F, totalizando 20,96%, e caracterizando um grande setor a ser explorado no nicho da reabilitação térmica.

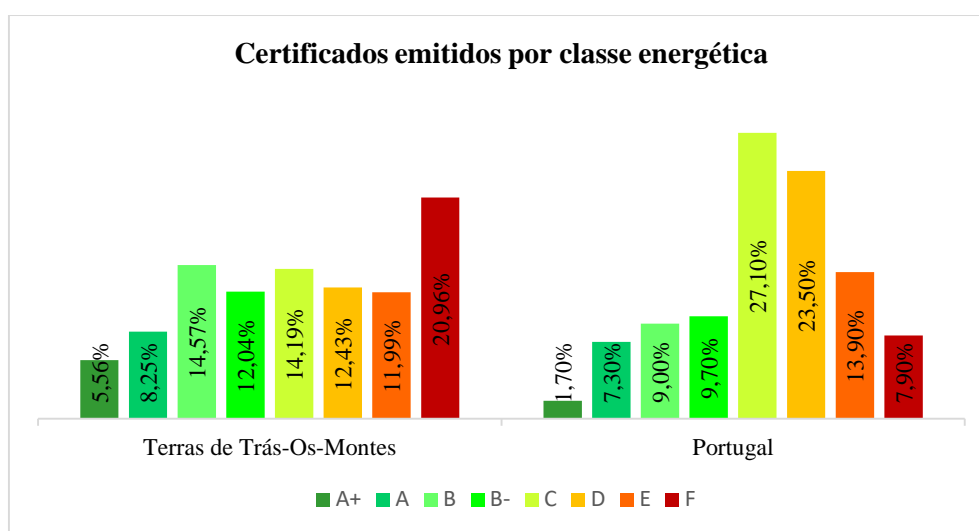


Figura 37 – Comparativo de certificados emitidos por classe energética na região de Terras de Trás-Os-Montes e em Portugal (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).

De forma mais pormenorizada, nas Figuras 38 e 39 têm-se os números de certificações para cada concelho, onde constata-se que os municípios de Miranda do Douro, Vila Flor e Mogadouro apresentam, respectivamente, os piores índices de desempenho energético. Com isso, atenta-se ao fato de que os concelhos que apresentam edifícios com maiores necessidades de reparações, citados anteriormente de acordo com os censos do INE, não são os que demonstram maiores necessidades energéticas.

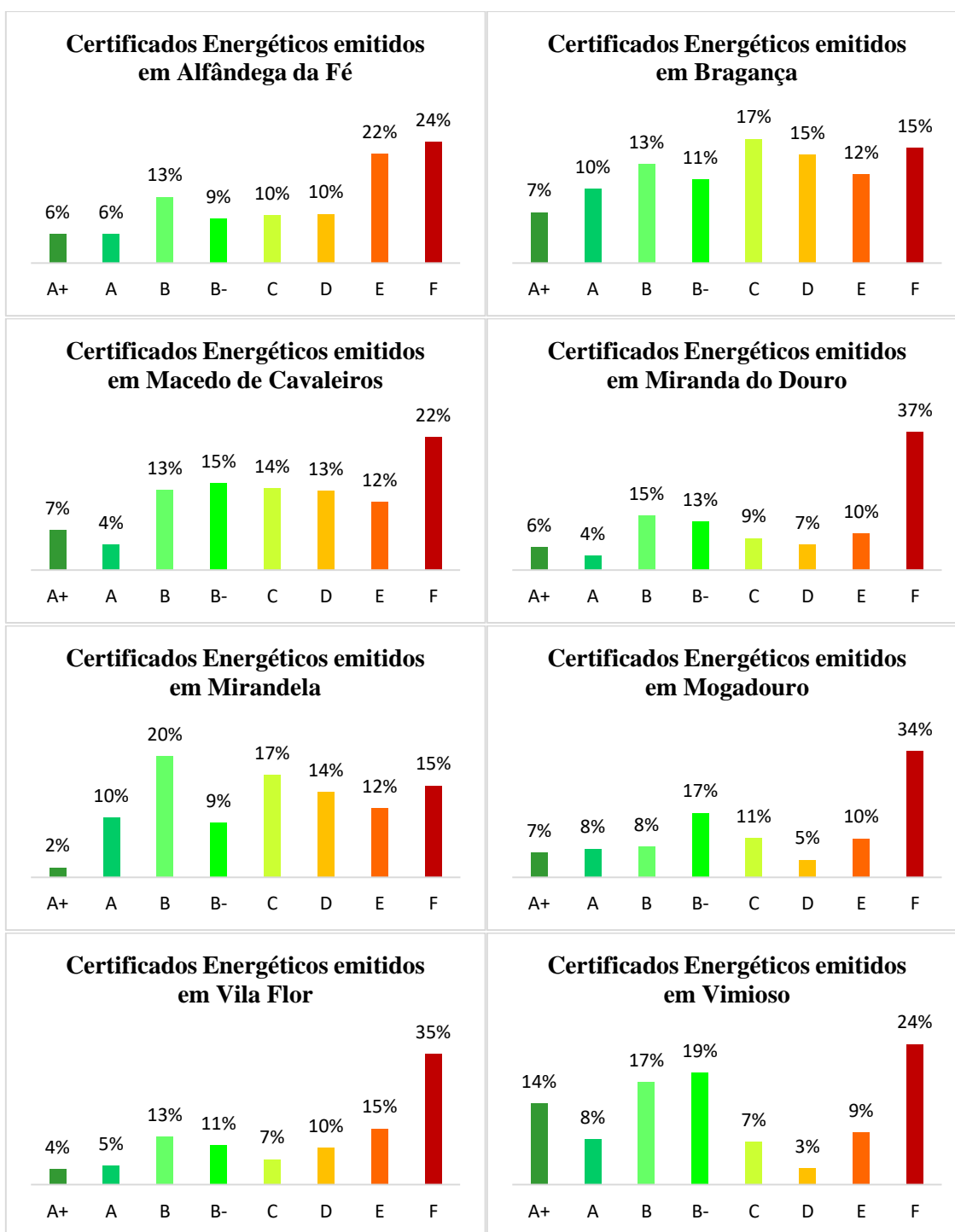


Figura 38 - Certificados energéticos emitidos por concelhos, parte I (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).

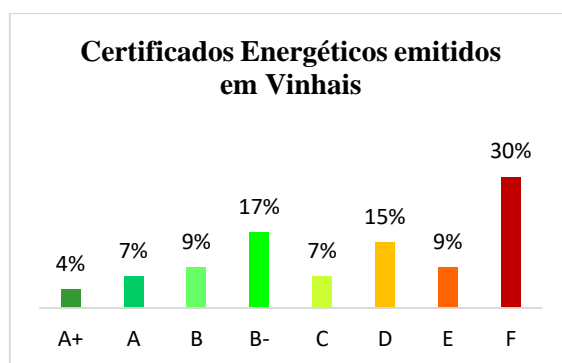


Figura 39 - Certificados energéticos emitidos por concelhos, parte II (Autoria própria, com base em dados da ADENE, 2019).

Em síntese do que foi apurado, esta região é caracterizada por possuir uma população concentrada nas cidades de Bragança e Mirandela, em um parque habitacional com aproximadamente 40 anos, predominantemente residencial e com bom estado de conservação, concentrando-se em edifícios residenciais de 2 pisos e com fogos tipo T3, variando principalmente de 100 m² a 120 m². Quanto às características construtivas, apresentam sobretudo estrutura em betão armado, com coberturas inclinadas e revestimento externo em reboco tradicional ou marmorite.

No que diz respeito ao aquecimento, de modo geral ainda faz-se grande uso de lareiras abertas que funcionam à base de madeira e carvão. Apresenta também uma classificação energética bem distribuída entre todos os níveis, mas com destaque à classe F.

5.4. Dados climáticos

O zoneamento climático de Portugal baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição de municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 68/2008 e suas alterações. Além disso, o país está dividido em três zonas de inverno, chamadas de I1, I2 e I3, e três zonas de verão, V1, V2 e V3, conforme a Figura 40, as quais possuem diferentes requisitos para a aplicação da qualidade térmica da envolvente. A determinação das zonas climáticas de cada concelho deu-se com base nas regras de cálculo do Despacho n.º 15793-F/2013.

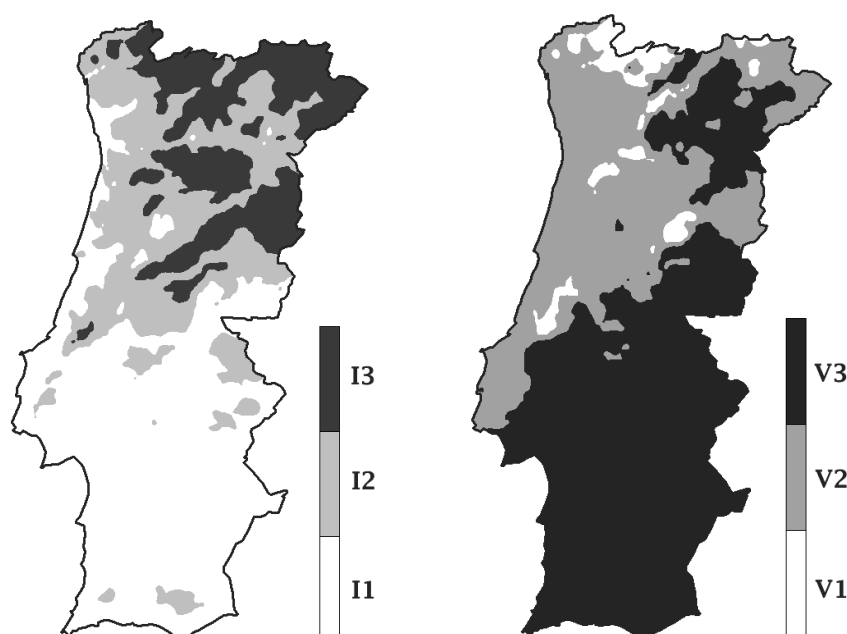


Figura 40 - Zonas climáticas de inverno e verão no continente (Despacho n.º15793-F/2013).

As zonas climáticas de inverno, que correspondem à estação de aquecimento, são definidas através do número de graus-dias (GD), parâmetro climático que indica o quão rigoroso é o clima em relação à zona, na base de 18°C, conforme o Quadro 3. Para esta zona, também é determinada a duração (M) da estação de aquecimento, dada em meses.

Quadro 3 - Critérios para determinação da zona climática de inverno (Despacho n.º 15793-F/2013).

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Já as zonas climáticas de verão, correspondente à estação de arrefecimento, são determinadas a partir da temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$), de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4 - Critérios para determinação da zona climática de verão (Despacho n.º 15793-F/2013).

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Os cálculos destes parâmetros climáticos (X) são obtidos a partir de valores de referência (X_{REF}) para cada NUTS III, e ajustados de acordo com a altitude (z) do local

em estudo. Estas correções são do tipo linear com declive a , proporcionais à diferença de altitude de local e a altitude de referência (z_{REF}), dadas pela Equação 1 em meses ou °C.

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad (1)$$

Os valores de referência para a estação de aquecimento e arrefecimento foram consultados em tabelas do Despacho n.º 15793-F/2013, e com a altitude média (z) de cada concelho obtiveram-se suas zonas climáticas, conforme o Quadro 5.

Quadro 5 - Definição do zoneamento climático para cada concelho (Autoria própria, 2019).

Município	z (m)	Aquecimento			Arrefecimento	
		GD (°C)	M (meses)	Zona	$\theta_{ext,v}$	Zona
Alfândega da Fé	559	1845	7,3	I3	22,4	V3
Bragança	691	2030	7,3	I3	21,4	V2
Macedo de Cavaleiros	560	1847	7,3	I3	22,3	V3
Miranda do Douro	669	1999	7,3	I3	21,6	V2
Mirandela	237	1395	7,3	I2	24,6	V3
Mogadouro	736	2093	7,3	I3	21,1	V2
Vila Flor	559	1845	7,3	I3	22,4	V3
Vimioso	696	2037	7,3	I3	21,4	V2
Vinhais	677	2010	7,3	I3	21,5	V2

Com os resultados do Quadro 5, observa-se que os municípios de Alfândega da Fé, Macedo de Cavaleiros e Vila Flor são os que apresentam zonas climáticas mais extremas, caracterizados por invernos mais severos e verões mais intensos, e portanto possuem maiores necessidades energéticas para ambas as estações, sendo caracterizados com o zoneamento climático I3-V3. Os concelhos de Bragança, Miranda do Douro, Mogadouro, Vimioso e Vinhais apresentam o zoneamento climático I3-V2, os quais também dispõem de invernos severos, porém com verões menos intensos que os demais concelhos já citados. Mirandela é o único conselho desta região que apresenta um clima de modo geral mais quente, visto que é classificado com o zoneamento I2-V3.

5.5. Inquérito aos profissionais

5.5.1. Desenvolvimento e aplicação

Para efetuar uma caracterização energética que possibilitasse a determinação de edifícios-tipo para a região, bem como o cálculo de seu desempenho energético e propostas de melhorias que possam ser aplicadas de forma geral nestes concelhos, foi necessário realizar uma busca de mais dados técnicos específicos, os quais não são disponibilizados pelos órgãos de estatísticas portuguesas, ou não possuem distinção entre as épocas determinadas.

Deste modo, recorreu-se à elaboração de um questionário, que pode ser definido como uma técnica de investigação composta por um conjunto de perguntas que são submetidas a pessoas com o intuito de obter informações. A escolha deste método deu-se também devido à possibilidade de ser auto aplicado, ou seja, pode ser respondido sem a necessidade da presença do investigador, possibilitando que as pessoas respondam no período mais conveniente (GIL, 2008).

Assim, desenvolveu-se um questionário com principalmente perguntas fechadas, de modo a evitar ambiguidades nas respostas, e apenas algumas perguntas abertas, uma vez que questionários extensos e trabalhosos tendem a não serem respondidos. Seu desenvolvimento deu-se de forma que abrangesse:

- I. Dados gerais: relativos tanto à atuação e localidade de trabalho do profissional questionado, quanto dos edifícios mais usuais, a tipologia e a altura do pé-direito.
- II. Envolventes: subdividida em paredes exteriores, paredes interiores, coberturas e envidraçados. As perguntas realizadas nesta seção buscam obter dados do tipo, espessura e localização dos isolamentos aplicados, bem como do material, espessura e revestimentos utilizados na estrutura.
- III. Ventilação: dividida entre a casa de banho e o restante da residência, com o objetivo de determinar os sistemas de ventilação mais usuais.
- IV. Garagem: com foco na existência, dimensões e localização, para que possibilite a determinação de envolventes e espaços úteis e não-úteis de forma mais pragmática.

- V. Sistemas técnicos: este tópico teve o propósito de coletar dados quanto ao tipo de sistema e a principal fonte de energia empregue para o aquecimento, arrefecimento e AQS.
- VI. Pontes térmicas: procurou-se obter dados pontuais de existência e espessura de isolamento em pilares, vigas e caixas de estore.
- VII. Para finalizar, foram realizadas duas perguntas abertas e opcionais quanto a potenciais medidas de melhoria e reabilitações com foco na legislação vigente.

O questionário para versão impressa está disponível para visualização no Anexo C, e, de modo a obter uma melhor pormenorização, foi dividido em três épocas:

- De 1980 a 1990, por abranger um período com elevado crescimento do parque edificado e representar uma época em que as construções não seguiam qualquer legislação de térmica;

- De 1990 a 2006, por compreender edifícios construídos à luz do Decreto-Lei n.º 40/1990, decorrente da elaboração da primeira regulamentação térmica;

- De 2006 a 2010, que englobam os edifícios construídos sob as exigências, principalmente, do Decreto-Lei n.º 80/2006.

Não foram abordadas construções posteriores a 2010 por já possuírem maiores exigências térmicas, e consequentemente não necessitarem de intervenções tão significativas. Também, não foram questionados dados quanto à área útil dos fogos, uma vez que os mesmos já haviam sido obtidos por meio dos censos, além de não ser um item que apresente grandes variações ao longo dos anos, nem sobre as portas opacas, visto que não há exigências regulamentares térmicas para estes elementos.

A distribuição e coleta de informações teve início no começo de Maio de 2019, e deu-se até meados de Junho de 2019, sendo que sua aplicação foi destinada à Peritos Qualificados, Engenheiros e Arquitetos, Construtores, e Agentes Imobiliários que atuassem em um ou mais concelhos desta região.

Em virtude da baixa participação dos profissionais e dificuldade de contato em alguns concelhos, este questionário foi transposto em uma versão online, onde conseguiu-se mais algumas participações devido à sua praticidade. Realizou-se a tentativa de contato com 97 profissionais, onde foram recebidas apenas 22 respostas, alcançando-se 22,70 % de participação.

Após finalizada esta etapa, procedeu-se à interpretação e análise dos dados, observando-se as médias e predominâncias através de gráficos e percentagens, para em seguida dar início à busca dos edifícios-tipo para cada época, a título de exemplificação.

5.5.2. Resultados do inquérito

As respostas adquiridas apresentaram grande consistência na maior parte das perguntas realizadas, além de muitas vezes irem de encontro aos dados estatísticos e estudos previamente pesquisados. Houveram casos em que algumas perguntas não foram respondidas, devido ao não conhecimento sobre um assunto ou período específico, e casos em que foram marcadas mais do que uma alternativa, deste modo, nem todas as perguntas apresentarão o mesmo número de respostas.

Na Figura 41, verifica-se que a participação dos profissionais deu-se maioritariamente por Engenheiros Cívicos/Arquitetos e Peritos Qualificados, com atuação principalmente no concelho de Bragança.

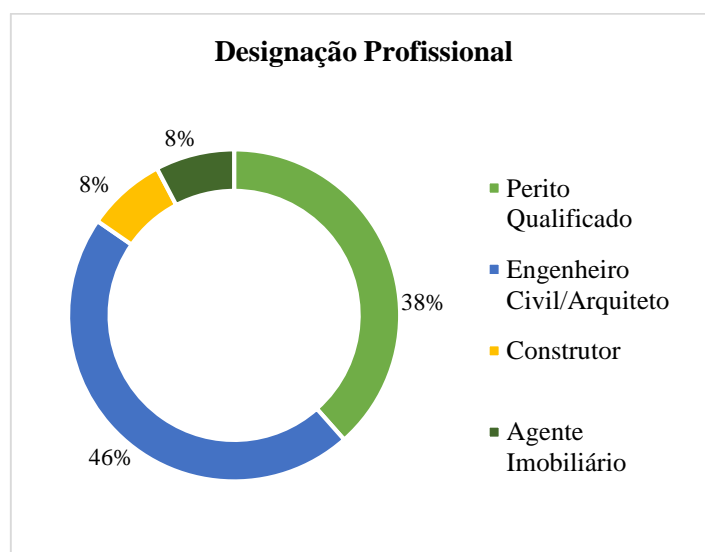


Figura 41 - Designação profissional dos participantes (Autoria própria, 2019).

De modo a apresentar todas as respostas e garantir melhor apresentação visual, todos gráficos e quadros referentes às respostas, que não estão presentes nesta seção, podem ser visualizados no Anexo D.

5.5.2.1. Tipologia e organização

Verificou-se que as construções realizadas no período de 1980 a 1990 são predominantemente moradias unifamiliares, enquanto que nas demais épocas do estudo houve o predomínio na construção de apartamentos.

Relativamente à tipologia dos edifícios, para todas as épocas verificou-se a T3 como sendo a mais representativa, que vai de encontro aos Censos realizados pelo INE apresentados no Capítulo 2, seguida da T4 ou mais, principalmente entre 1980 e 1990, e demonstrando crescimento na preferência por T2 na época de 2006 a 2010, conforme constata-se na Figura 42.

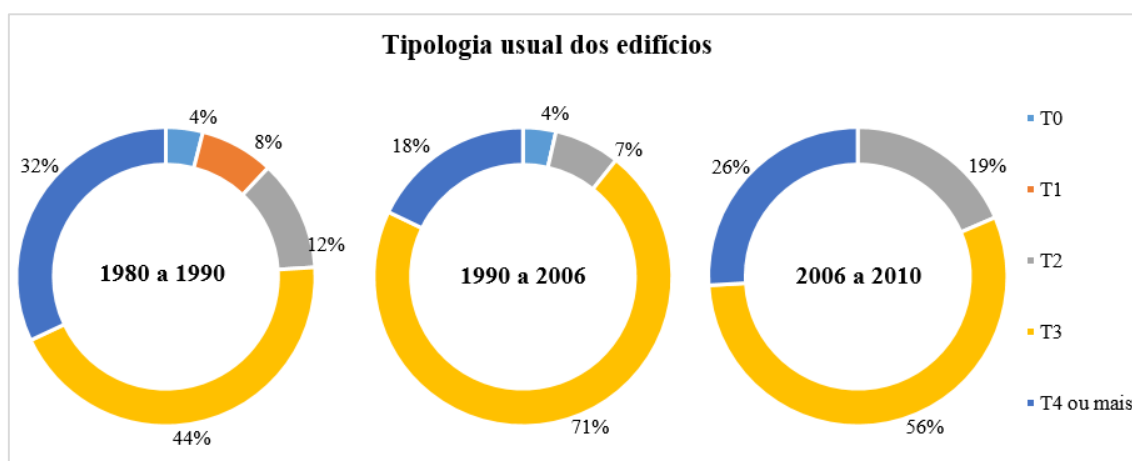


Figura 42 - Tipologia usual dos edifícios (Autoria própria, 2019).

5.5.2.2. Levantamento dimensional

Os edifícios caracterizam-se por uma zona comum, composta por sala, cozinha, despensa e/ou lavandaria, e uma zona privativa, a qual é composta por quartos e instalações sanitárias, sendo que estas em apartamentos comumente estão localizadas na zona central das edificações, e portanto sem iluminação natural (FERNANDES, 2015).

Os compartimentos estão distribuídos em uma área de 100 m² a 120 m², com pé-direito variando de 2,50 m a 2,60 m, estando em média sempre acima dos 2,55 m para todas as épocas consideradas no estudo.

Ainda, verificou-se que em todas as épocas as residências possuem garagem, porém observa-se que entre 1980 e 1990, onde havia a predominância de moradias

unifamiliares a apartamentos, as garagens estavam localizadas tanto no subsolo quanto na lateral ou externas ao edifício. Já para as demais épocas, onde há predominância de apartamentos, verifica-se que a maior parte está no subsolo. Quanto ao tamanho, observa-se que as garagens possuem suporte a um ou dois carros.

5.5.2.3. Envolvente opaca corrente

A. Paredes exteriores

De 1980 a 1990 as construções apresentavam em sua maioria paredes exteriores simples, já as construções realizadas entre 1990 e 2006 são, em sua totalidade, com paredes duplas. Observou-se que entre o período de 2006 a 2010, paredes exteriores simples voltaram a serem construídas, o que se dá devido ao início do uso de isolamento térmico pelo exterior. Além disso, verificou-se que em todas as épocas o material que constitui as paredes exteriores é o tijolo cerâmico furado, sendo que entre o período de 2006 a 2010 também nota-se, em menor escala, a utilização de blocos térmicos.

Quanto ao isolamento, o mesmo era quase inexistente nas construções anteriores ao surgimento da legislação de térmica, porém sua presença torna-se predominante e obrigatória a partir de 1990, sendo realizada em todas as épocas majoritariamente na caixa de ar das paredes duplas, além do uso mais significativo do isolamento pelo exterior a partir de 2006, conforme mencionado anteriormente.

A introdução do isolamento deu-se através da utilização de placas de EPS, porém no período de 1990 a 2006 nota-se o crescimento na utilização de XPS, até a sua predominância a partir de 2006, o que justifica-se pois com a legislação que surgiu neste ano as exigências térmicas tornaram-se maiores, exigindo a aplicação de um material com maior eficiência.

Quanto às espessuras, em média nota-se que os isolamentos eram empregues com 3 cm até 2006, sendo que de 2006 a 2010 sua utilização passou a 6 cm. Em sua totalidade, as paredes exteriores passaram de 25 cm de 1980 a 1990, para 34 cm de 1990 a 2006 e 38 cm entre 2006 e 2010, este crescimento justifica-se pelo aumento do isolamento aplicado de modo a satisfazer as necessidades energéticas impostas pelos respectivos regulamentos.

Em todas as épocas observou-se a predominância de tinta clara no revestimento exterior, consoante ao que foi verificado pelos Censos realizados pelo INE, em que o

revestimento exterior é predominantemente reboco. Também, com menor representatividade, verificou-se a utilização de revestimento exterior cerâmico.

Deste modo, na Figura 43 têm-se a representação das paredes exteriores comumente utilizadas de acordo com a época de construção.

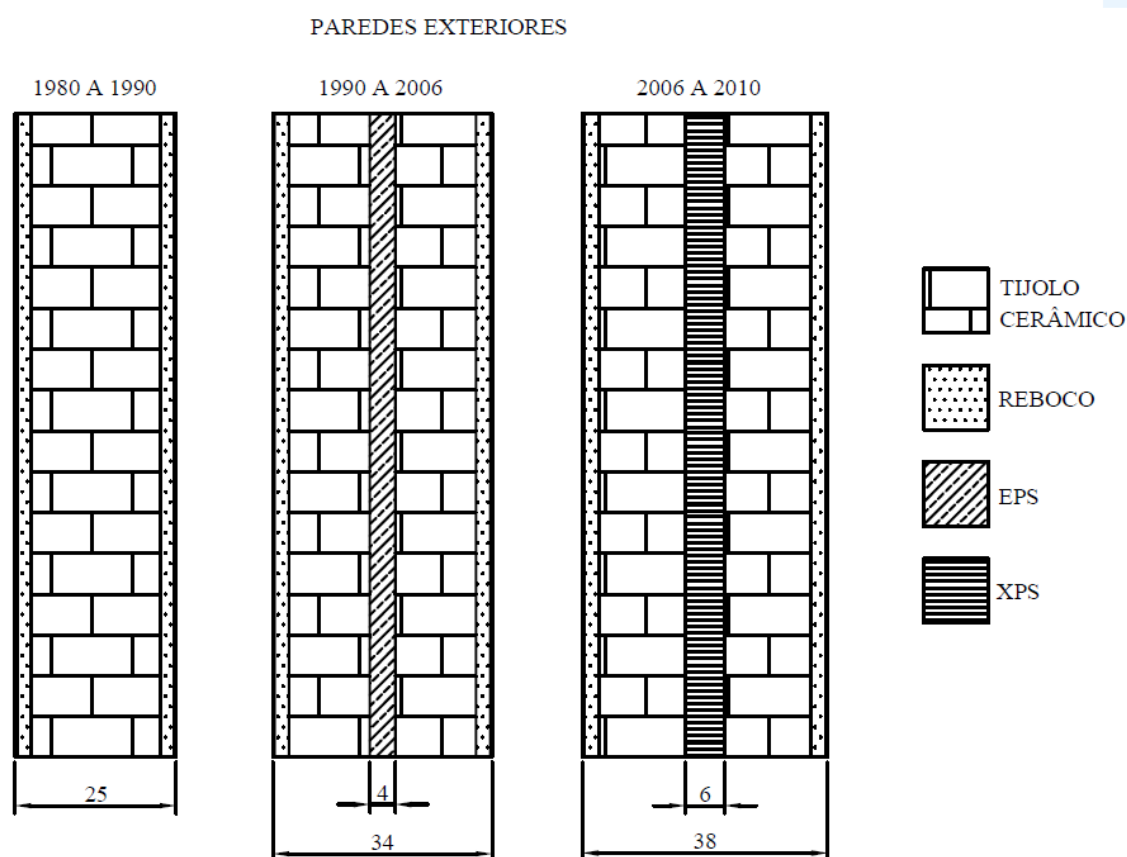


Figura 43 - Representação gráfica das paredes exteriores de acordo com a época de construção (Autoria própria, 2019).

B. Paredes interiores

Percebe-se que as paredes interiores são em todas as épocas executadas com tijolos cerâmicos, porém até 2006 têm-se a presença de paredes simples, enquanto que de 2006 a 2010 paredes interiores duplas e simples apresentam quase a mesma representatividade, o que deve-se ao fato de o regulamento desta época introduzir a diferenciação entre envolvente interior com requisitos de interior e com requisitos de exterior.

Verifica-se o baixo uso de isolamento térmico, com em média 4 cm entre 1990 e 2006, e o grande crescimento na sua utilização entre 2006 a 2010, com em média 5 cm, sendo realizado principalmente em XPS. As espessuras finais das paredes interiores são 16 cm para as paredes simples de 1980 a 1990, 14 cm para as paredes simples de 1990 a 2006, e 13 cm para as paredes simples e 27 cm para as paredes duplas de 2006 a 2010.

Semelhante às paredes exteriores, realizou-se a representação gráfica das paredes interiores mais usuais de acordo com a época de construção, visualizadas na Figura 44.

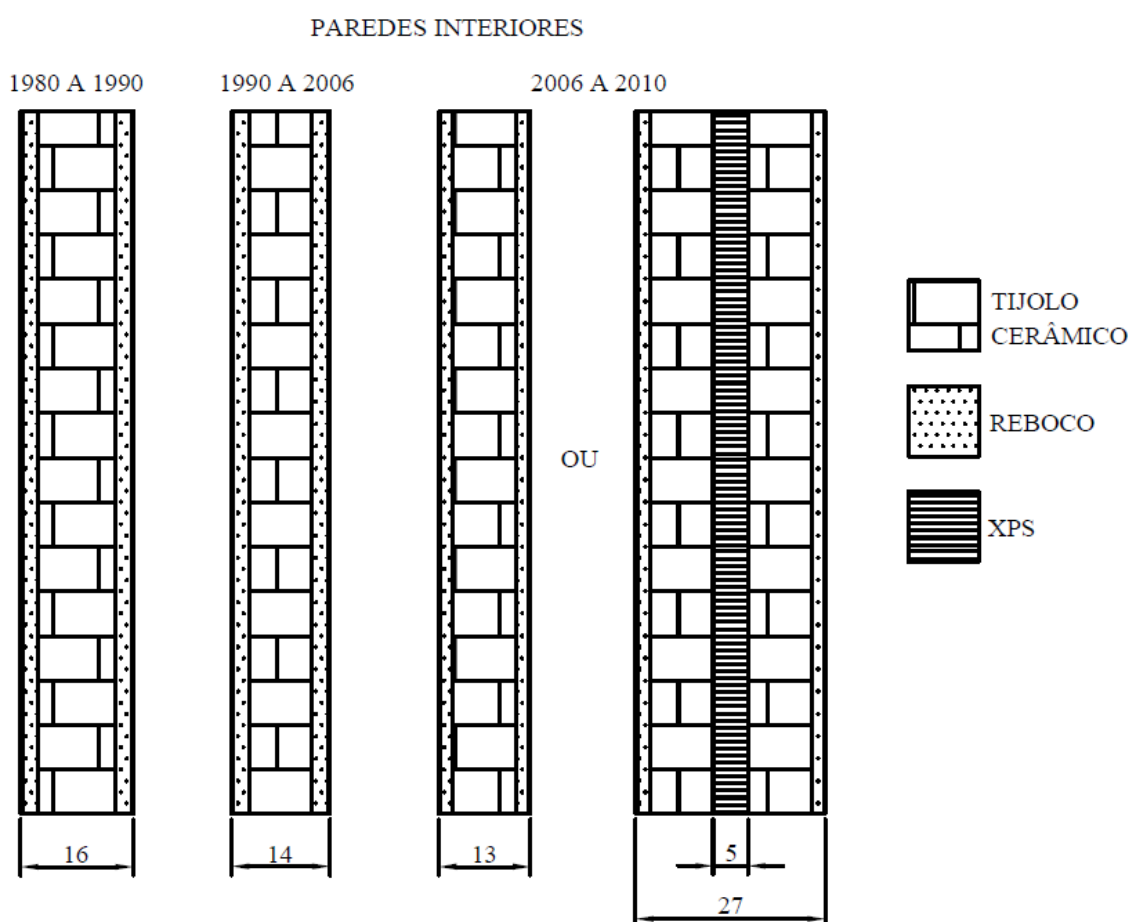


Figura 44 - Representação gráfica das paredes interiores de acordo com a época de construção (Autoria própria, 2019).

C. Coberturas

Concordante com os dados estatísticos apresentados no início deste capítulo, de 1980 a 2010 nota-se que as coberturas são realizadas inclinadas e o desvão não é

habitável, sendo que a partir de 2006 a utilização de coberturas em terraço passou a apresentar alguma representatividade.

O isolamento térmico começou a ser utilizado a partir de 1990, sendo aplicado nas vertentes inclinadas, porém adquiriu predominância nas edificações somente após 2006, com aplicação principalmente realizada sobre a laje de esteira.

Este fato é justificado pelo aumento das exigências no novo regulamento, uma vez que a aplicação sob a estrutura resistente, além de não proteger a estrutura contra as variações térmicas de origem climática, ainda agrava as suas solicitações termomecânicas e conduz a uma significativa redução da inércia térmica interior, aumentando também o risco de ocorrência de condensações de umidade no interior do elemento construtivo (SANTOS, MATIAS, 2006).

Este isolamento era realizado entre 1990 e 2006 com aproximadamente 4 cm, passando a em média 6 cm entre 2006 e 2010, sendo o XPS o isolante mais utilizado em ambas as épocas.

As edificações apresentam em sua maioria lajes aligeiradas, nas três épocas, verificando um aumento na sua espessura ao longo dos anos, com em média 22 cm entre 1980 e 1990, passando a 25 cm entre 1990 e 2006, e chegando aos 27cm entre 2006 e 2010.

5.5.2.4. Envolvente opaca não corrente: Pontes térmicas planas

Como mencionado anteriormente, a presença de PTPs pode gerar várias patologias e acarretar a diminuição da eficiência energética de uma edificação, podendo ser facilmente corrigida por meio da aplicação de materiais isolantes nas zonas adequadas. Assim, observa-se que as construções realizadas anteriores ao ano de 2006 estão em sua generalidade sujeitas a estas patologias, uma vez que pilares, vigas e zonas de caixas de estore passaram a ser isoladas somente após esta data. Ainda, observa-se que nestas zonas o isolamento aplicado tem menor espessura, apresentando-se em torno dos 4 cm face aos 6 cm empregues à zona corrente.

5.5.2.5. Vãos envidraçados

Nos edifícios construídos entre 1980 a 1990 os vãos envidraçados são constituídos por caixilharias em madeira (39% das respostas) ou metálicas (alumínio – 54%), com vidros simples protegidos pelo exterior com estores em PVC ou madeira.

Já para as construções de 1990 a 2006, os vãos envidraçados possuem caixilharias predominantemente metálicas, com vidros duplos, sendo que a proteção é realizada por estores em PVC.

Entre 2006 e 2010 observa-se a ascensão do uso de caixilharias em PVC, sendo utilizadas praticamente na mesma escala que as caixilharias metálicas, também apresentando vidros duplos, e com proteção através de estores em PVC.

5.5.2.6. Ventilação

A ventilação da casa de banho se dava de modo natural até 1990, passando a ventilação mecânica ou mecânica com auxílio de interruptor entre 1990 e 2006, sendo realizada por exaustores e grelhas fixas, e tornando-se essencialmente mecânica com interruptor entre 2006 e 2010, realizada por exaustores.

Já para o restante da residência, em todas as épocas verifica-se que a ventilação é feita maioritariamente de modo natural, surgindo mais casos do uso de ventilação mecânica ou mecânica com interruptor entre 2006 e 2010, realizada com grelhas fixas ou exaustores.

5.5.2.7. Sistemas técnicos

Quanto às AQS, a presença de sistemas técnicos verifica-se em todas as épocas, sendo que entre 1980 e 2006 este aquecimento era realizado principalmente por esquentadores.

Entre 2006 e 2010 grande maioria dos participantes assinalou a alternativa “outros”, assim, mediante comentários deixados pelos profissionais e pesquisas realizadas sobre o assunto, verificou-se que nesta época o sistema mais empregado em ambientes urbanos eram as caldeiras.

Em relação à fonte de energia para o aquecimento das AQS, entre 1980 e 1990 havia a predominância de utilização de gás butano, seguido de gás propano, gásóleo, lenha e eletricidade. Entre 1990 e 2006 o gás butano sofreu uma redução face às outras fontes de energia, mas continuou sendo o mais utilizado, seguido de gás propano, gás natural, gásóleo e eletricidade. De 2006 a 2010 têm-se a larga utilização do gás natural, seguido pelas energias renováveis, eletricidade, gás butano e lenha, porém, destaca-se que neste período o fornecimento de gás natural para as habitações estava disponível somente nos concelhos de Bragança, Macedo de Cavaleiros e Mirandela. Também neste período observa-se o aumento do uso de pellets.

Referente ao aquecimento do ambiente, nos edifícios construídos entre 1980 e 1990, 52% das edificações não possuem originalmente qualquer sistema de aquecimento fixo, situação que se inverte entre 1990 e 2006, onde 86% das residências possuem sistema de aquecimento, até que entre 2006 e 2010 o aquecimento do ambiente está presente em todas as edificações.

Até 1990, nas residências que possuíam aquecimento do ambiente, o mesmo era realizado principalmente através de lareiras abertas, seguida da utilização de recuperadores de calor e/ou salamandras a funcionar para o aquecimento de somente um espaço. De 1990 a 2010 é realizado maioritariamente através de aquecimento central com caldeiras e radiadores.

As fontes energéticas para este aquecimento em edifícios construídos entre 1980 e 1990 são lenha e eletricidade, o que indica a possível utilização de aquecedores pontuais elétricos. Na época seguinte têm-se grande utilização de gásóleo, gás natural e lenha, sendo que entre 2006 e 2010 o aquecimento do ambiente é feito principalmente através de gás natural (nas zonas urbanas em que estava disponível) e pellets.

O uso de energias renováveis começa a se tornar representativo no período de 1990 a 2006, sendo significativo entre os anos de 2006 e 2010 através do aproveitamento da energia solar.

Quanto ao arrefecimento do ambiente, o uso de sistemas técnicos com essa finalidade tornou-se expressivo no período de 2006 a 2010, onde o mesmo esteve presente em 50% das respostas, sendo realizado através de aparelhos de ar condicionado.

5.5.3. Síntese de resultados

De modo a facilitar o acesso e compreensão dos resultados obtidos através dos inquéritos desenvolveu-se o Quadro 6, o qual apresenta uma síntese de todos os resultados comentados anteriormente de acordo com as respectivas épocas.

Quadro 6 - Síntese de resultados (Autoria própria, 2019).

		1980 a 1990	1990 a 2006	2006 a 2010
Tipo de edifício		Moradia unifamiliar	Apartamento	Apartamento
Tipologia		T3 / T4	T3	T3
Pé direito		2,5 m – 2,6 m	2,5 m – 2,6 m	2,5 m – 2,6 m
Garagem	Presença	Sim	Sim	Sim
	Localização	Subsolo / Lateral / Externa	Subsolo	Subsolo
	Número de veículos	1 – 2	2	2
Paredes exteriores	Tipo		Simples	Duplas
	Material		Tijolo cerâmico furado	Tijolo cerâmico furado
	Isolamento	Presença	Não	Sim
		Localização	-	Caixa de ar
		Material	-	EPS
		Espessura	-	4 cm
	Revestimento externo		Tinta clara	Tinta Clara
	Espessura final		25 cm	34 cm
Paredes interiores	Tipo		Simples	Simples
	Material		Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico
	Isolamento	Presença	Não	Não
		Material	-	-
		Espessura	-	-
	Espessura final		16 cm	14 cm
PTPs	Isolamento	Pilares	Não	Não
		Espessura	-	-
		Vigas	Não	Não
		Espessura	-	-

PTPs	Isolamento	Caixas de estore	Não	Não	Sim
		Espessura	-	-	4 cm
Cobertura	Tipo		Inclinada	Inclinada	Inclinada
	Desvão habitável		Não	Não	Não
	Isolamento	Presença	Não	Não	Sim
		Localização	-	-	Por cima da laje
		Material	-	-	XPS
		Espessura	-	-	7 cm
	Laje	Material	Laje aligeirada	Laje aligeirada	Laje aligeirada
		Espessura	22 cm	25 cm	27 cm
Envidraçados	Caixilharia		Metálica	Metálica	Metálica/PVC
	Vidro		Simples	Duplo	Duplo
	Proteção	Presença	Sim	Sim	Sim
		Tipo	Estore	Estore	Estore
		Material	PVC	PVC	PVC
Ventilação	Casa de banho	Sistema	Natural	Natural / Mecânica / Mecânica com interruptor	Mecânica com interruptor
		Tipo	-	Exaustores / Grelhas fixas	Exaustores
	Restante da residência	Sistema	Natural	Natural	Natural
		Tipo	-	-	-
Sistemas técnicos	AQS	Presença	Sim	Sim	Sim
		Tipo	Esquentador	Esquentador	Caldeira
		Fonte energética	Gás butano / propano	Gás butano / propano/ natural / gásóleo /eletricidade	Gás natural / energias renováveis
	Aquecimento do ambiente	Presença	Não/Sim	Sim	Sim
		Tipo	Lareira aberta	Aq. Central com caldeira e radiadores	Aq. Central com caldeira e radiadores
		Fonte energética	Lenha	Gasóleo / Gás natural / Lenha	Gás natural / Pellets

Sist. Técnicos	Aquecimento do ambiente	Energias renováveis	Não	Não	Solar
	Arrefecimento do ambiente	Presença	Não	Não	Sim/Não
		Tipo	-	-	Ar condicionado

5.6. Edifícios-tipo

A apresentação de edifícios-tipo neste trabalho tem como objetivo realizar uma melhor exemplificação do que foi apurado, além de permitir a elaboração de medidas de intervenção mais fundamentadas.

As plantas dos edifícios-tipo apresentados a seguir são construções reais, que possuem as características apresentadas nas respostas dos questionários, e foram obtidas através de uma pesquisa realizada na Divisão de Obras da Câmara Municipal de Bragança, a qual autorizou a consulta e reprodução das mesmas.

Ainda, de acordo com o que foi definido para espaços úteis e não úteis no subitem 3.1, com exceção das lavandarias e garagens, todos os demais ambientes existentes nas plantas dos edifícios apresentados são considerados úteis, ou seja, devem ser arrefecidos ou aquecidos de modo a manter uma temperatura de conforto térmico.

Salienta-se que os edifícios apresentados são apenas exemplos que se enquadram na pesquisa, uma vez que existem inúmeras composições de habitações que cumprem com os mesmos requisitos, apresentando também outros espaços não úteis, como desvãos sanitários.

Deste modo, nas Figura 45, 46, 47 e 48, têm-se a representação de edifícios-tipo para o período de 1980 a 1990, sendo moradias unifamiliares T3 e T4. Já nas Figuras 49 e 50 apresentam-se, destacados em vermelho, os apartamentos correspondentes ao padrão encontrado para as épocas de 1990 a 2006 e 2006 a 2010, respectivamente.

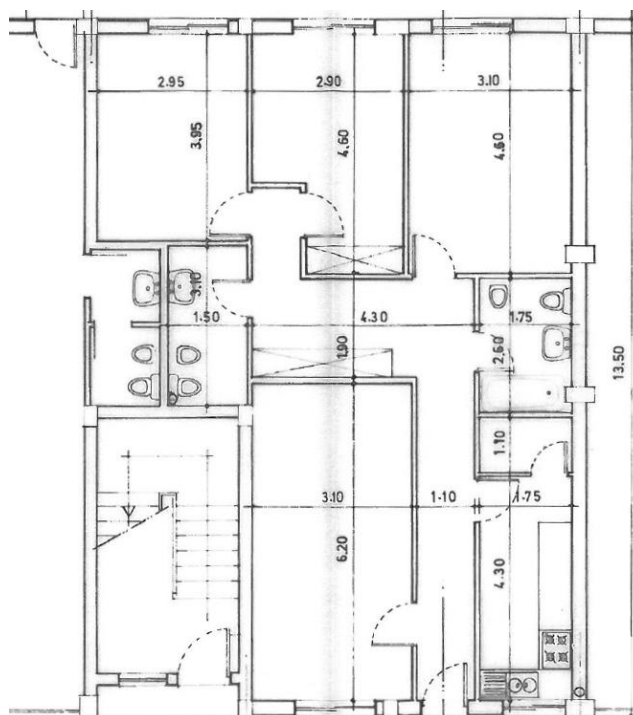


Figura 45 – Exemplo [1] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1982).

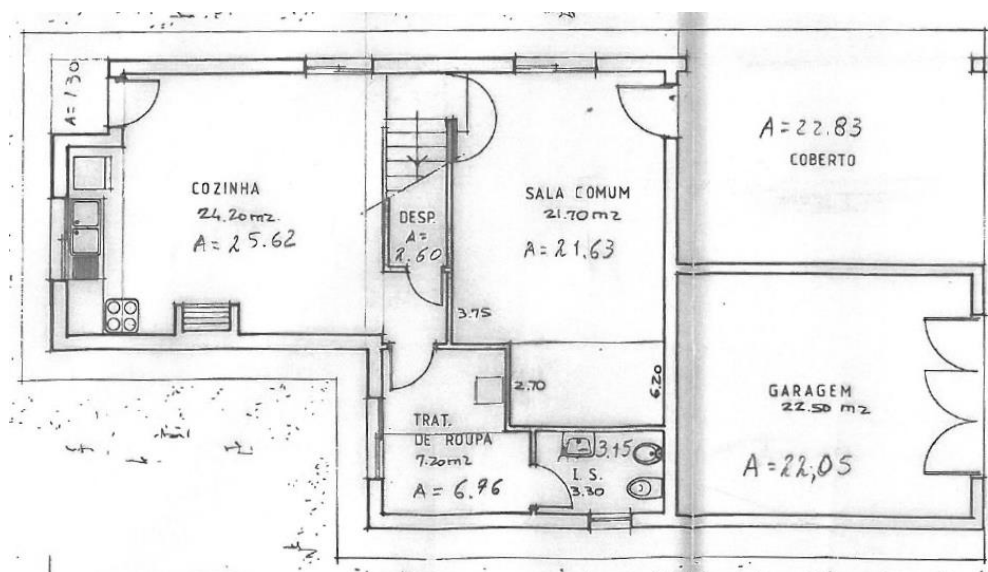


Figura 46 - Exemplo [2.a] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1986).

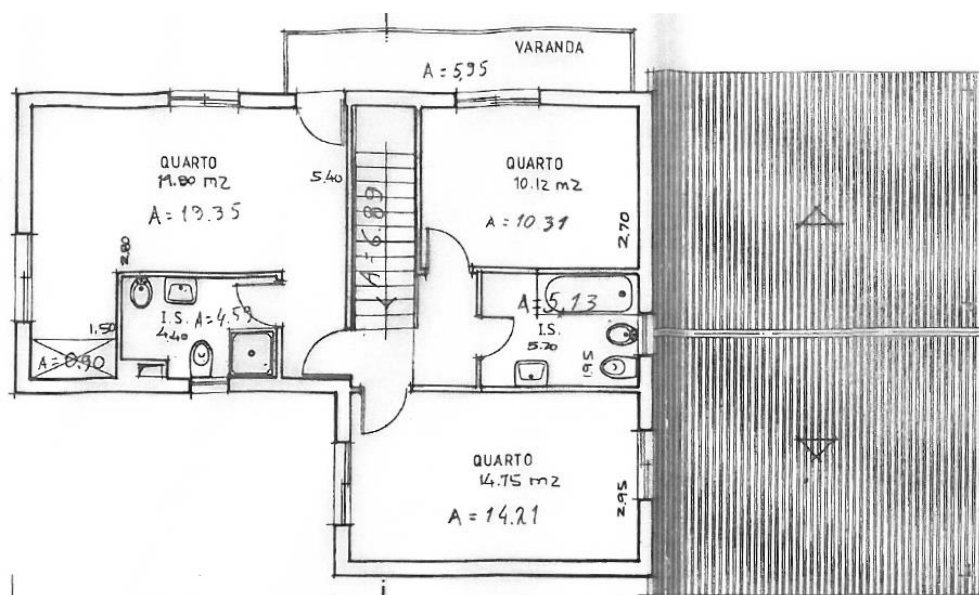


Figura 47 - Exemplo [2.b] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T3 (Autoria confidencial, 1986).

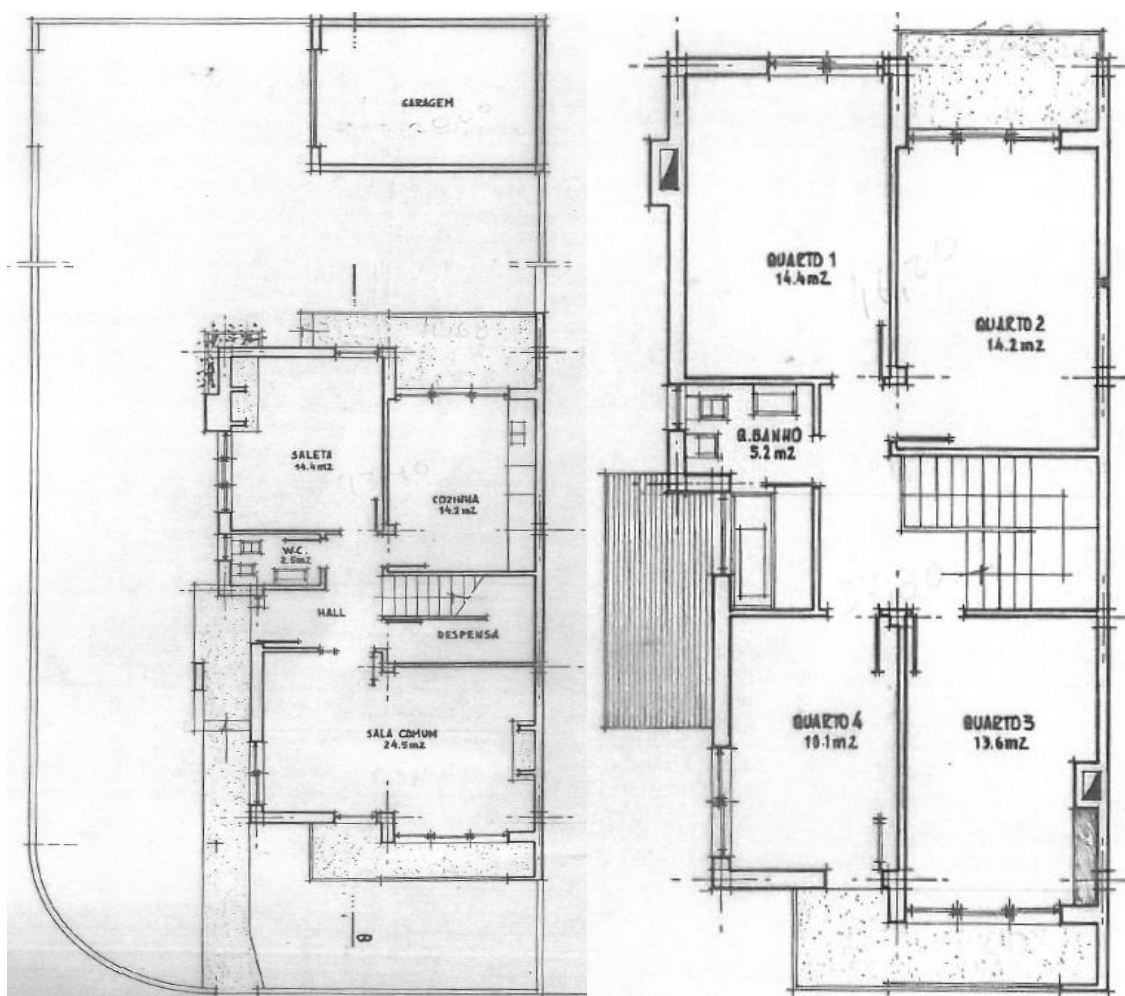


Figura 48 - Exemplo [3] de edifício-tipo para a época de 1980 a 1990 – Moradia unifamiliar T4 (Autoria confidencial, 1986).

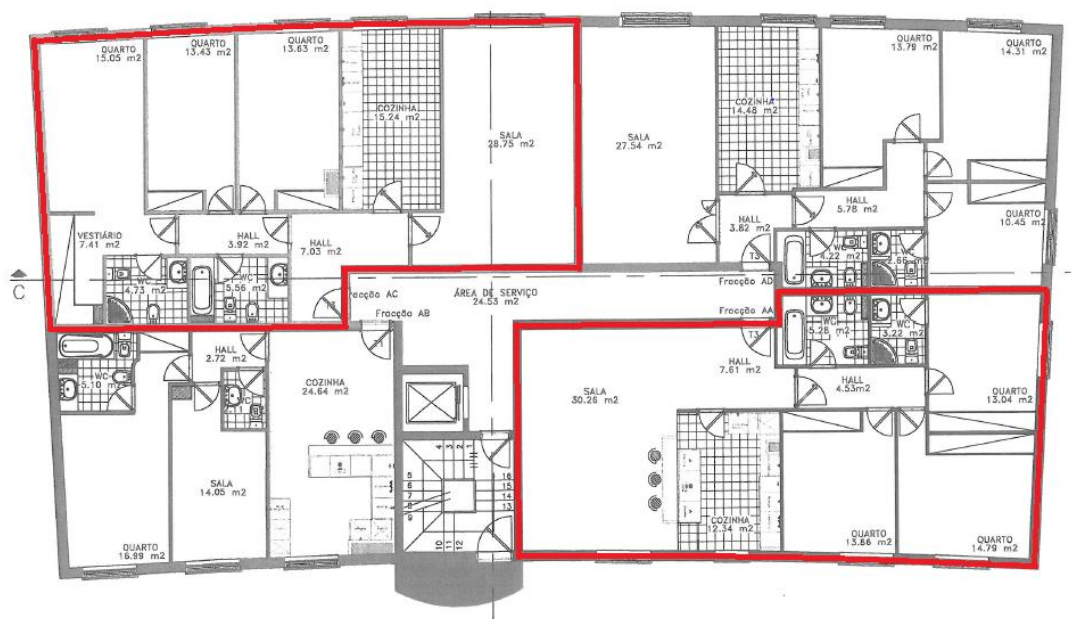


Figura 49 - Exemplo de edifícios-tipo para a época de 1990 a 2006 – Apartamento T3 (Autoria confidencial, 2006).

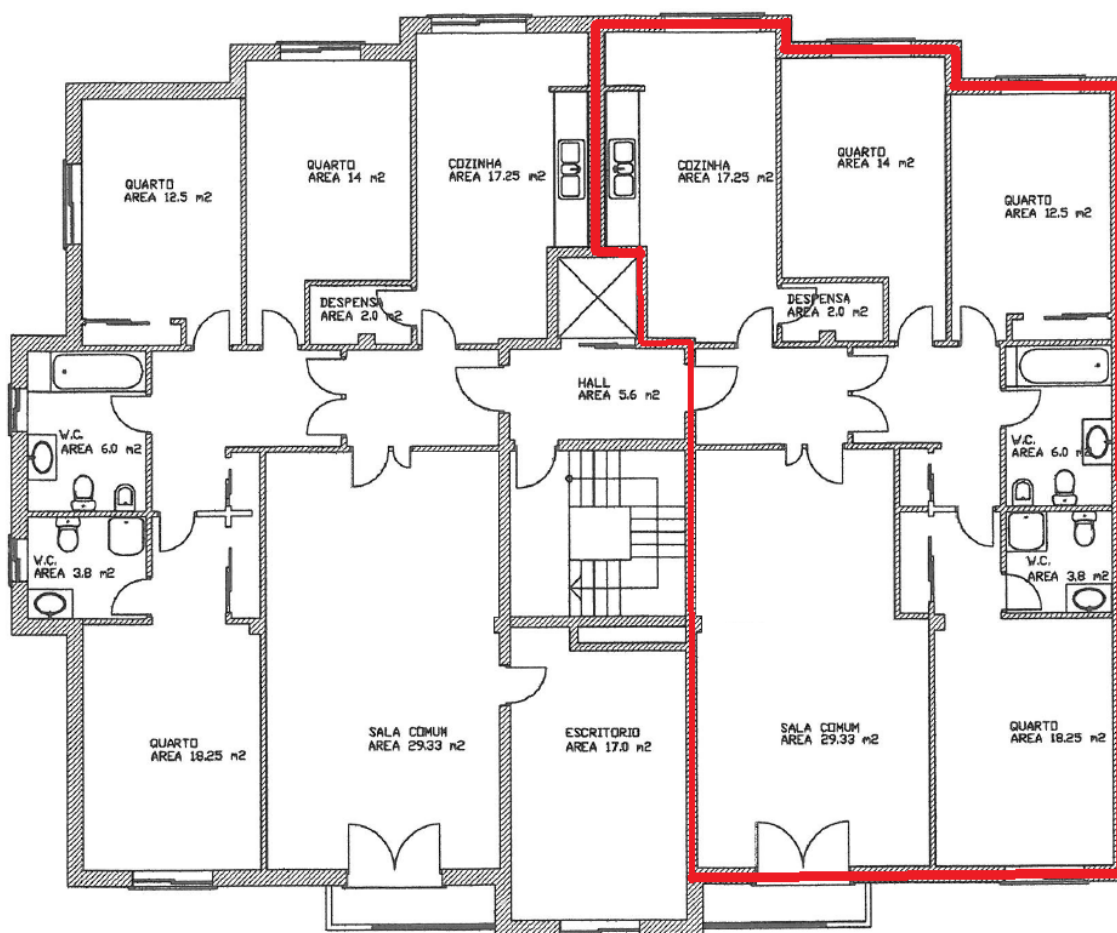


Figura 50 - Exemplo de edifícios-tipo para a época de 2006 a 2010 – Apartamento T3 (Autoria confidencial, 2008).

5.7. Possíveis medidas de intervenção

A seguir, serão brevemente apresentadas algumas possíveis medidas de intervenção que podem ser efetuadas nos casos apresentados, de modo que possam contribuir para uma elevação da classificação energética das habitações, além de uma noção de custo de investimento com base no mercado de 2019.

Relativamente às paredes externas, que normalmente apresentam maiores áreas de reabilitação e consequentemente geram custos elevados, entre os anos de 1980 e 1990 verificou-se a predominância de paredes simples, portanto, indica-se para estas habitações a aplicação do isolamento térmico pelo exterior, uma vez que se faz necessário o tratamento de pontes térmicas, além de não acarretar a redução da área útil. Para as épocas seguintes, apesar de não ser tão eficiente quanto o sistema ETICS, há também a possibilidade de realizar um reforço através da injeção ou insuflação de isolamento nas caixas de ar das paredes duplas, sendo que em quase todos os casos também pode ser efetuada a aplicação do isolamento pelo exterior, com exceção de edifícios que não se possa alterar aspectos da arquitetura original. É importante frisar também, que em edifícios com revestimento exterior cerâmico, deve-se assegurar que os mesmos estejam bem ancorados ao suporte.

Com o auxílio do *Software* para Engenharia e Construção - CYPE, o qual considera os custos dos materiais e execução da aplicação, verificou-se que para obras de reabilitação, a instalação do sistema ETICS com EPS ou XPS gera um custo entre os 60 €/m² e 80 €/m², variando de acordo com a espessura de isolamento, somada a aproximadamente 28 €/m² para a preparação do suporte, conforme o Quadro 7, e sendo realizado conforme a Figura 51.

Quadro 7 - Custo de isolamento de Sistema ETICS (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).

Sistema ETICS de isolamento térmico pelo exterior de fachada existente (m ²)	
Espessura do isolamento (mm)	Custo aproximado (€)
30	61,42
40	64,01
60	68,18
80	73,64
100	78,88
Preparação do suporte	28,74



Figura 51 - Aplicação do sistema ETICS (CYPE, 2019).

No caso de o reforço no isolamento ser realizado pela insuflação de isolamento na caixa de ar, o seu custo irá variar de aproximadamente 10 €/m² a 24 €/m², de acordo com a espessura da mesma, além de poder ser realizado a partir do interior ou do exterior da habitação, conforme disposto no Quadro 8.

Quadro 8 - Custo de isolamento por insuflação nas caixas de ar (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).

Isolamento térmico por insuflação de nódulos de lã mineral nas caixas de ar (m ²)		
Espessura da caixa de ar (mm)	Custo aproximado (€)	
	Desde o exterior	Desde o interior
30	10,33	17,65
40	14,69	20,61
50	17,31	19,97
60	19,88	22,25
70	21,66	23,78

Para as coberturas, verifica-se que nos edifícios construídos anteriores a 2006 todo o isolamento precisa ser efetuado, enquanto que após esta época o isolamento existente pode ser reforçado através do aumento da espessura do material isolante. Desta forma, o custo do isolamento térmico realizado pelo interior de coberturas inclinadas sobre a laje do espaço não habitável, conforme a Figura 52, varia conforme a espessura do material

isolante, de aproximadamente 9 €/m² a 19 €/m² quando realizado com lã mineral, como demonstrado no Quadro 9.



Figura 52 - Aplicação do isolamento na cobertura (CYPE, 2019).

Quadro 9 - Custo de isolamento em cobertura (Autoria própria, com base em dados do CYPE, 2019).

Isolamento térmico pelo interior de coberturas inclinadas sobre a laje, em lã mineral (m ²)	
Espessura da caixa de ar (mm)	Custo aproximado (€)
80	9,59
100	10,91
140	13,60
160	14,95
200	18,67

Tratando-se de pontes térmicas, além do isolamento pelo exterior, também é possível incorporar o isolamento no interior das caixas de estore (Figuras 53 e 54), com custo entre os 40 € e 50 € por painel, seja tradicional (flexível) ou monobloco (rígido).

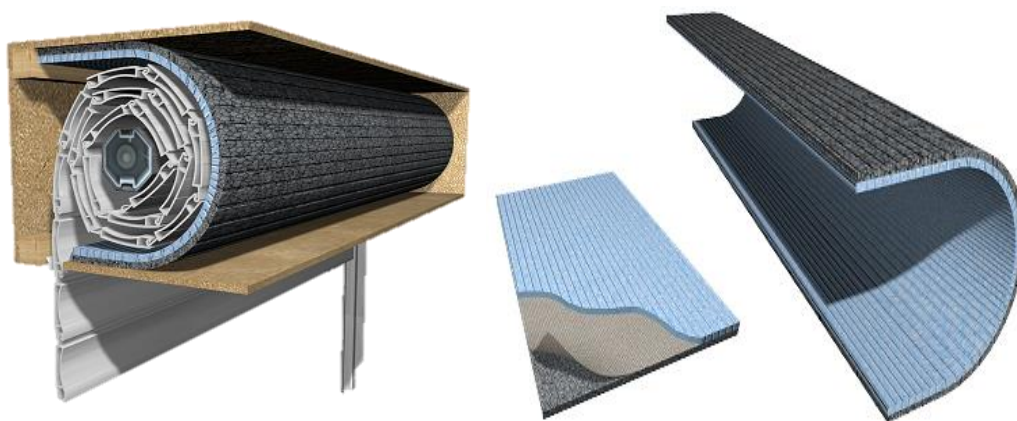


Figura 53 - Isolamento em caixas de estore - tradicional (CYPE, 2019).

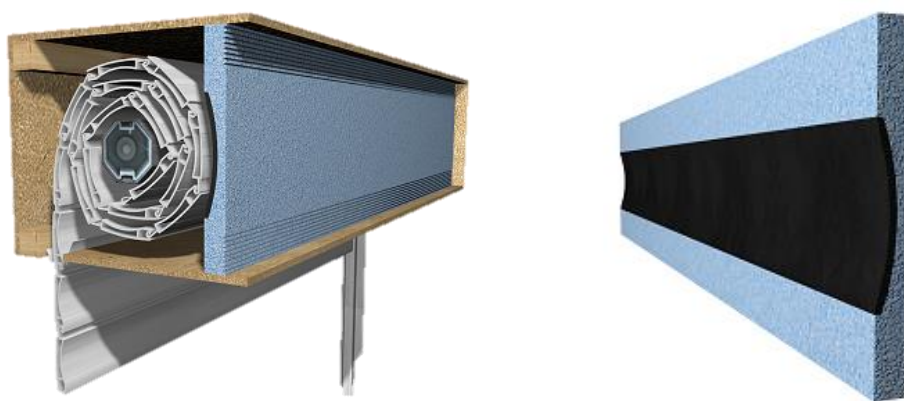


Figura 54 - Isolamento em caixas de estore – monobloco (CYPE, 2019).

Quanto aos vãos envidraçados, nos edifícios anteriores a 1990 deve ser realizada a substituição dos vidros simples por vidros duplos. Esta é uma das soluções de reabilitação mais dispendiosas, uma vez que um vidro duplo *standard*, com espessuras de 4 mm e caixa de ar de 6 mm, apresenta o custo de aproximadamente 40 €/m², enquanto que um vidro duplo com as mesmas características, acrescidas de baixa emissividade térmica, têm o custo quase triplicado.

Aliada à alteração dos vidros, torna-se imprescindível nesses edifícios a substituição de caixilharias simples por caixilharias com corte térmico, de modo a evitar a perda de calor interno da habitação, e garantir a eficiência do conjunto. A substituição deste conjunto varia bastante com as dimensões dos vãos e materiais empregues, porém comumente apresenta custo a partir dos 500 €.

Se tratando dos sistemas técnicos, deve-se sempre buscar a instalação e atualização de equipamentos com alto rendimento e que satisfaçam as necessidades

energéticas específicas da habitação. Por ser um investimento de alto valor, deve-se realizar um estudo da viabilidade da sua instalação, uma vez que nem todos equipamentos são indicados para todos os casos e dependem também da fonte energética disponível, podendo gerar um período de retorno extremamente alto, de forma que o investimento não seja vantajoso do ponto de vista econômico para os utentes.

Além do custo de aquisição, instalação ou substituição do equipamento, ainda deve-se considerar que a desmontagem de um sistema existente, como uma caldeira, ar condicionado, esquentador ou termoacumulador, para a substituição por um equipamento com melhor eficiência energética, tem custo entre os 40 € e 100 €.

Caldeiras e salamandras a pellets, por exemplo, são formas de aquecimento central que servem de opção para edifícios com grandes necessidades de aquecimento, porém podem chegar a custar o dobro ou triplo de uma caldeira a gás. Apesar das vantagens ambientais destes sistemas e custos operacionais mais baixos, estas acabam não se justificando em pequenos apartamentos ou moradias unifamiliares, uma vez que o reforço do isolamento térmico, e eficiência de portas e janelas podem reduzir drasticamente as necessidades de aquecimento dos edifícios, e viabilizar soluções com menor custo.

Neste sentido, devido à grande representatividade de lareiras abertas, aconselha-se também a sua alteração para recuperadores de calor, uma vez que os mesmos podem ser adaptados aos vãos das lareiras, além de possuírem custo relativamente menor, quando comparados aos outros sistemas.

Aqui, torna-se cada vez mais interessante o uso de energias renováveis, uma vez que este é um mercado que ainda está em desenvolvimento e constante atualização. Com isso, aposta-se também no uso de energia solar como auxílio na geração de energia elétrica e aquecimento de água, sendo que a incorporação de um sistema de captação solar térmica para instalação individual, sobre cobertura inclinada, com capacidade de depósito de até 300 litros, custa a partir dos 3 mil euros.

Ainda, pode-se realizar a substituição de lâmpadas e aparelhos de iluminação por modelos com menor consumo energético, sendo esta uma alternativa de menor custo e que não demanda de serviços específicos e especializados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Síntese da pesquisa

Esta pesquisa teve início com uma busca exaustiva de dados estatísticos, bem como de trabalhos já realizados, que pudessem representar um panorama da situação atual do parque habitacional em estudo, de modo que possibilitassem a determinação das informações faltantes necessárias para cumprir os objetivos traçados.

Então, procedeu-se à elaboração de um inquérito com o intuito de coleta de dados, tendo como foco as características gerais dos edifícios, das envoltentes e dos sistemas técnicos de AQS, aquecimento e arrefecimento do ambiente.

Com as informações adquiridas, elaborou-se uma tabela com os principais pontos a serem analisados no âmbito da reabilitação térmica, possibilitando assim uma caracterização energética de modo que facilite a sugestão de propostas de intervenção mais assertivas para este parque habitacional, e se consiga auferir melhor o potencial de poupança energética na região.

6.2. Conclusões

As principais conclusões desta dissertação proveem da análise dos resultados obtidos por meio da distribuição de questionários à profissionais ligados à área de construção civil.

Concluiu-se com esta pesquisa, que os fogos construídos anteriores à 1990 possuem maiores necessidades energéticas quando comparados aos fogos com data de construção posterior. O que é justificado pelo fato de datarem de uma época anterior à primeira regulamentação térmica, não apresentando qualquer isolamento térmico.

Também, verificou-se que nesta época havia a predominância de construção de moradias unifamiliares, as quais possuem envoltentes exteriores em todo o seu perímetro, face à predominância de apartamentos após esta data, os quais comumente apresentam ao menos uma parede em banda e lajes que separam ambientes aquecidos, portanto com menores necessidades energéticas, além de nestas épocas já possuírem isolamento em suas envoltentes.

Verificou-se que as paredes externas, em sua totalidade, passaram a ser construídas em pano duplo a partir do primeiro regulamento, sendo também o marco do início do isolamento nas envoltentes. Porém, a partir de 2006 verifica-se o reaparecimento de paredes simples, justificada pela eficiência da aplicação de isolamento térmico pelo exterior, a qual é utilizada em larga escala nos dias atuais.

Além disso, com as exigências do regulamento tornando-se mais rigorosas, verificou-se que devido à espessura do isolamento aplicado na caixa de ar de paredes duplas, as mesmas passaram a apresentar elevada espessura, tornando-se cada vez mais inviável do ponto de vista econômico e estético, sendo mais uma justificativa para a aplicação do isolamento pelo exterior.

A partir de 2006 verificou-se também o início do uso de paredes interiores duplas com isolamento térmico. No entanto, em termos de reabilitação térmica, esta medida deve ser considerada com cautela, uma vez que acarretará a redução da área útil dos ambientes, além de gerar grandes transtornos aos utentes, devido às obras necessárias no interior da habitação.

Quanto à ventilação, conclui-se que nas casas de banho de edifícios mais antigos era realizada de forma natural, passando à sistemas mecânicos com o aumento da construção de edifícios de apartamentos, uma vez que busca-se cada vez mais otimizar os espaços, priorizando aberturas de luz natural para os ambientes comuns. Já a ventilação do restante da edificação é, em todas as épocas de estudo, realizada de forma natural.

Relativamente às coberturas, percebe-se que não houveram grandes mudanças correspondentes à sua construção, visto que em todas as épocas são realizadas coberturas inclinadas sobre lajes aligeiradas, verificando-se apenas um aumento na espessura final das lajes, devido à presença do isolante térmico.

Esta zona destaca-se também por possuir um grande potencial de melhoria, devido a ter um peso grande no desempenho energético, além da facilidade de incorporação do isolamento térmico, realizado com baixos custos de aplicação.

Observa-se também, que os vãos envidraçados, os quais apresentam grande peso no balanço energético dos edifícios, apresentam proteções exteriores em todas as épocas, e sofreram alterações com as exigências dos regulamentos, passando a ser empregue vidros duplos.

Este trabalho também conclui que a partir de 2006 os sistemas técnicos passaram a receber maior atenção, uma vez que houve a alteração do sistema de AQS de esquentadores abastecidos com gás butano, propano ou gásóleo, para caldeiras à base de

gás natural ou eletricidade. Já para o aquecimento do ambiente, ocorreu a substituição da utilização de lareiras abertas para sistemas de aquecimento central com caldeiras e radiadores, sendo abastecidos prioritariamente com gás natural e pellets. Além disso, nesta época verifica-se a introdução de sistemas de aproveitamento de energia solar.

Conclui-se também, que o tratamento das pontes térmicas planas passou a ser realizado com a introdução do Decreto-Lei n.º 80/2006, uma vez que devido às suas exigências, passou-se a realizar o isolamento térmico de pilares, vigas e caixas de estore.

De modo geral, observou-se com as respostas às últimas perguntas abertas do questionário, que os profissionais veem o uso de energias renováveis e o reforço no isolamento térmico pelo exterior como as principais alternativas na reabilitação de uma edificação. Ainda, destacaram a falta de incentivo fiscal por parte do Estado português.

Com uma breve análise dos custos de investimento para melhorias, conclui-se que se faz de suma importância a presença de profissionais encarregados de realizar os dimensionamentos e análises económicas com base nos regulamentos atuais, a fim de extrair o máximo da eficiência das habitações, com o menor custo possível, garantindo o melhor custo-benefício aos proprietários.

Assim, espera-se com o presente estudo, ter contribuído para a ampliação da base de dados relativos ao parque habitacional de Terras de Trás-Os-Montes, colaborando para a evolução do setor de reabilitação energética na construção civil desta região.

6.3. Sugestões de trabalhos futuros

Seguindo esta linha de pesquisa, há muitos estudos que ainda podem ser realizados nesta área e que não foram efetuados neste trabalho por não fazerem parte do escopo do projeto inicial e devido ao tempo disponível para sua realização.

Assim, aponta-se como uma sugestão de trabalhos futuros, o estudo de caso com base em edifícios-tipo desta região localizados nos três zoneamentos climáticos identificados, de modo que se possa verificar todos os requisitos do atual ou dos futuros regulamentos.

Sugere-se também a realização de um estudo de caso em edifícios ocupados, onde, a partir da medição “*in situ*” de temperaturas, humidades, dados de consumo e demais informações pertinentes, possa-se determinar os reais gastos energéticos de modo a compará-los com os dados de projeto.

Ainda, após concluída a transposição das novas regras da Diretiva 2018/844/UE para o direito nacional, que deve se dar até 10 de Março de 2020, pode-se realizar um estudo comparativo das legislações, com indicativos das principais alterações e impactos aos usuários.

Posteriormente, também podem ser realizados estudos mais rigorosos quanto à poupança energética nesta região, como a determinação das intervenções necessárias para que se atinjam os novos requisitos impostos pela transposição da nova Diretiva, bem como para a obtenção de edifícios nZEB (*Nearly Zero Energy Buildings*) a partir de reabilitações energéticas.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. I. L. M. D. Correção de pontes térmicas em intervenções de reabilitação. Universidade do Porto, 2003.

ADENE – Agência Para a Energia. Isolamento de paredes: 10 soluções de eficiência energética. Lisboa, 2016.

ADENE – Agência Para a Energia. Recuperadores de calor e salamandras: 10 soluções de eficiência energética. Lisboa, 2016.

ADENE – Agência Para a Energia. Sistema de Certificação Energética (SCE). Lisboa, 2019.

ANASTÁCIO, S. S. Reabilitação energética em edifícios de habitação existente - um caso de estudo da Zona J. Lisboa ISCTE-IUL, 2010.

APFAC – Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS. Manual ETICS. Coimbra, 2018.

APREN – Associação de Energias Renováveis. Eletricidade renovável em revista, 2017. Disponível em: <https://www.apren.pt/contents/files/2017-eletricidade-renovavel-em-revista.pdf>

BARBOSA, T. P. Auditoria Energética e Simulação Dinâmica de um Edifício Público - O Caso do Teatro Municipal de Bragança. Instituto Politécnico de Bragança, 2017.

BEZERRA, J. BRAGANÇA, L. Reabilitação de edifícios de habitação – Desempenhos energético e de sustentabilidade. Seminário de Reabilitação Energética de Edifícios, Universidade do Minho, 2012.

BPIE – Buildings Performance Institute Europe. Principles For Nearly Zero-Energy Buildings, 2011.

BPIE – Buildings Performance Institute Europe. State Of The Building Stock Briefing, 2017.

COSTA, R. J. G. et al. Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade. Universidade do Minho, Guimarães, 2014.

DECRETO-LEI n.º 118/2013, de 20 de Agosto. Portugal, Diário da República.

DECRETO-LEI n.º 118/98, de 07 de Maio. Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios. Portugal, Diário da República.

DECRETO-LEI n.º 40/1990, de 06 de Fevereiro. Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios. Portugal, Diário da República.

DESPACHO n.º 15793-F/2013, de 03 de Dezembro. Zonas Climáticas. Portugal, Diário da República.

DESPACHO n.º 15793-J/2013, de 03 de Dezembro. Parâmetros térmicos. Portugal, Diário da República.

DESPACHO n.º 15793-K/2013, de 03 de Dezembro. Determinação da classe energética. Portugal, Diário da República.

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia. Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/>

DIRETIVA 2002/91/CE, de 16 de Dezembro. Relativa ao desempenho energético dos edifícios.

DIRETIVA 2010/31/CE, de 19 de Maio. Relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).

EL PAÍS. Morir de frío en un lugar caliente – Conversación Global. Ediciones El País S.L., Madrid, 2017.

- ENERBUILDING. Eficiência energética nos edifícios residenciais. Lisboa, 2008.
- EUROPEAN COMISSION. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Bruxelas, 2011.
- EUROPEAN COMISSION. Energy Efficiency – Buildings. Bruxelas, 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- EUROSTAT. Energy prices in 2018 - Household energy prices in the EU increased compared with 2017. News Release, 2019.
- FERNANDES, S. Aspectos construtivos da reabilitação energética dos edifícios. Seminário: “Reabilitação energética dos edifícios, a melhor via para a sustentabilidade ...”. Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, 2009.
- FERNANDES, S. F. Projeto de reabilitação térmica de um edifício antigo em Viseu. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- FERNANDES, S. M. A. Contributos para a caracterização energética de edifícios habitacionais do concelho de Bragança. Trabalho profissional no âmbito das Provas para a atribuição do título de especialista em Engenharia Civil, 2015.
- FONSECA, J. N. B. Modelação estatística do desempenho energético do parque habitacional português. Universidade de Lisboa, 2015.
- FREITAS, V. P.; GONÇALVES, P. Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido – ETICS. Universidade do Porto, 2005.
- FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. 5ª ed. Studio Nobel, São Paulo, 2001.
- GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 6ª ed., São Paulo: Atlas, 2008.

IEA – International Energy Agency. Capturing the multiple benefits of energy efficiency, 2014.

IEA – International Energy Agency. World Energy Balances, 2018.

INE – Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas da Construção e Habitação. Disponível em: <http://www.ine.pt>

JARDIM, F. M. G. Proposta de intervenção de reabilitação energética de edifícios de habitação. Universidade do Minho, 2009.

LAMBERTS, R. et al. Eficiência energética na arquitetura – 3ª Edição. ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MENDÃO, J. V. B. Sistema ETICS – Influência no comportamento térmico dos edifícios – um caso de estudo. Universidade Nova de Lisboa, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Energia no mundo 2015-2019. Brasília, 2017.

PAIVA, J. V. et al. Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. 1ª ed., vol 1 e 2, Lisboa, 2006.

REIS, M. F. Portugal é dos países onde as mortes mais aumentam no inverno – Jornal i. Lisboa, 2019.

RODRIGUES, A. M., PIEDADE, A. C., BRAGA, A. M. Térmica de edifícios. 1ª ed. Editora Orion, Amadora, 2009.

ROMÃO, M. R. F. A. Contribuição do isolamento térmico para o aumento da eficiência energética em edifícios. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015.

SANTOS, A. C. P. B. G. Reabilitação térmica de coberturas de edifícios antigos – Avaliação de soluções do ponto de vista técnico-econômico. Universidade do Porto, 2009.

SANTOS, C. A. P.; MATIAS, L. Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. Informação Técnica Edifícios – ITE 50. Lisboa, LNEC, 2006.

SILVA, J. C. M. L. Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.

SILVA, P. M. R. Avaliação e caracterização de medidas de melhoria energética na reabilitação de edifícios numa perspectiva de custo-benefício. Seleção e caracterização de medidas de melhoria da envolvente de edifícios. Universidade do Minho, 2013a.

SILVA, V. P. P. Reabilitação energética de edifícios residenciais: Propostas de intervenção numa perspectiva de otimização da relação custo/benefício. Universidade do Minho, 2013b.

VALÉRIO, J. G. M. A. P. Avaliação do impacte das pontes térmicas no desempenho térmico e energético de edifícios residenciais correntes. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

VEIGA, M. R. ETICS e argamassas térmicas: exigências de conformidade. Seminário: “Fachadas energeticamente eficientes: ETICS, argamassas térmicas e janelas. O que se deve exigir?”. LNEC, Lisboa, 2011.

VIEIRA, P. M. P. Avaliação económica de soluções e instalações para a eficiência energética em edifícios. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2016.

ANEXOS

ANEXO A

Exemplo de Certificado Energético para um edifício de habitação (ADENE, 2019).





Certificado Energético

Edifício de Habitação
SCE1234567890



DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

O edifício localiza-se no concelho de Lisboa, distrito de Lisboa, a uma altitude de 20 metros e a uma distância à costa superior a 5 Km.

Apresenta uma tipologia T4, possui uma área útil de pavimento de 170 m² e é constituído por 1 piso num edifício de 9 pisos. Segundo a informação disponível o edifício foi construído em 2007.

A produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um esquentador a gás natural. O aquecimento ambiente é assegurado por um multi-split com 4 unidades interiores. O arrefecimento é assegurado pelo multi-split com 4 unidades interiores.

A ventilação é processada de forma natural.

COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros factores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
	Parede dupla sem isolamento térmico	★★☆☆☆
COBERTURAS	Cobertura horizontal sem isolamento térmico	☆☆☆☆☆
PAVIMENTOS		
JANELAS	Janela Simples com Caixilharia metálica sem corte térmico com vidro simples e com proteção solar pelo exterior	★★☆☆☆

Soluções sem isolamento, referem-se a soluções onde não existe isolamento térmico ou que não foi possível comprovar a sua existência.
A classificação de janelas, inclui o contributo de eventuais dispositivos de oclusão noturna.

Pior ☆☆☆☆☆
Melhor ★★★★★

PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.








Entidade Gestora
adene
Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
D Direção Geral
de Energia e Geologia

2 de 9

PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

As medidas propostas foram identificadas pelo Perito Qualificado e têm como objectivo a melhoria do desempenho energético do edifício. A implementação destas medidas, para além de reduzir a fatura energética anual, poderá contribuir para uma melhoria na classificação energética.

Nº da Medida	Aplicação	Descrição da Medida de Melhoria Proposta	Custo Estimado do Investimento	Redução Anual Estimada da Fatura Energética	Classe Energética (após medida)
1		Isolamento térmico em paredes exteriores – aplicação pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante	3.500€	até 150€	B ⁻
2		Substituição de vãos envidraçados existentes por novos vãos envidraçados de classe energética A (classificação CLASSE+)	1.800€	até 200€	B 
3		Instalação de sistema solar térmico individual – sistema de circulação forçada	2.500€	até 300€	B 
4		Efetuar manutenção do equipamento de produção de águas quentes sanitárias	150€	até 0€	C
5		Isolamento térmico de cobertura plana - aplicação sobre a laje	4.500€	até 300€	B

 Saiba mais sobre as medidas de melhoria nas restantes páginas do certificado.

 Incentivos financeiros - Saiba mais em www.adene.pt/soe/incentivos

CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

1 + 2 + 3 + 5

Representa o impacto a nível financeiro e do desempenho energético na habitação, que este conjunto de medidas de melhoria terá, se for implementado.


12.300€

CUSTO TOTAL ESTIMADO
DO INVESTIMENTO


 até **800€**

REDUÇÃO ANUAL
ESTIMADA DA FATURA

A⁺

CLASSE ENERGÉTICA
APÓS MEDIDA

RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.



Certificado Energético

Edifício de Habitação
SCE1234567890



DEFINIÇÕES

Energia Renovável - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

Emissões CO₂ - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

Valores de Referência - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

Condições Padrão - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18°C na estação de aquecimento e 25°C na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Tipo de Certificado Existente

Nome do PQ PERITOS DE TESTES

Número do PQ QAPQ00099

Data de Emissão 10-09-2015

Morada Alternativa Av^a Fontes Pereira de Melo, 51 a 51-G, 8^o esq



Distribuição de classes energéticas relativas aos certificados emitidos no período compreendido entre dez-2013 a jun-2014 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação.

NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fração, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fração podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

Entidade Gestora
adene
Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
Direção Geral de Energia e Geologia

4 de 9



Certificado Energético

Edifício de Habitação
SCE1234567890



Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fracção. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES



Sigla	Descrição	Valor / Referência
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	70,0 / 50,0
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	21,0 / 20,0
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2.400,0 / 2.400,0
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,0
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	0,0 / 0,0*
Eren, ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,0
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{EP} /m².ano)	76,0 / 74,0

* respeitante à contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável


DADOS CLIMÁTICOS

Descrição	Valor
Altitude	20 m
Graus-dia (18° C)	700
Temperatura média exterior (I / V)	11,1 / 22,9 °C
Zona Climática de inverno	I1
Zona Climática de verão	V3
Duração da estação de aquecimento	4,7 meses
Duração da estação de arrefecimento	4,0 meses

PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS


Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².°C]		
		Solução	Referência	Máximo
Paredes				
Parede exterior em alvenaria simples de tijolo furado de 0,15 m, sem isolamento térmico e com revestimento aderente em ambas as faces, no interior em placas de gesso cartonado e no exterior em cerâmica. Espessura total da parede 0,24 m.	18  6,0	1,10 ☆☆☆☆	0,50	-
Parede exterior em alvenaria dupla de tijolo furado 0,11m+0,15m e espaço de ar de 0,08m, com isolamento térmico em EPS, com massa volumica entre 15 e 20 Kg/m3, a preencher a totalidade do espaço de ar, revestimento aderente pelo exterior em reboco tradicional e pelo interior a estuque projetado. Espessura total da parede 0,38 m.	12  15	0,42 ☆☆☆☆	0,50	-
Coberturas				
Cobertura horizontal exterior, sem isolamento térmico, em estrutura de laje maciça pesada, revestida pelo interior em estuque.	170,0	1,40 ☆☆☆☆	0,40	-

* Menores valores representam soluções mais eficientes.



**Certificar
é Valorizar**
CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA
DOS EDIFÍCIOS













Certificado Energético
 Edifício de Habitação
 SCE1234567890



Medida de Melhoria
1
Isolamento térmico em paredes exteriores – aplicação pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolante

Aplicação de 8cm de isolamento térmico em painel de lã mineral para ETICS pelo exterior nas paredes exteriores, com revestimento aderente idêntico ao actual. A solução proposta tem um coeficiente de transmissão térmica de 0,38W/(m².°C) para as paredes com 30cm. A solução é constituída por uma camada de base de 2 mm que deverá ser aplicada sobre a parede (que deverá ter um tratamento prévio de limpeza), placa de isolamento térmico, rede de fibra de vidro e sobre esta uma nova camada de base com 2 mm, com aplicação de primário e finalmente a camada de revestimento delgado com 1/5 mm. Para a implementação da medida de melhoria será necessário aferir a regularidade do suporte, não existindo constrangimentos à sua execução.

A implementação desta medida deverá ser promovida de forma integrada, em todo o edifício, reunindo o acordo e consenso entre os restantes condóminos.

Uso	Novos Indicadores de Desempenho	Outros Benefícios
	25% MAIS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>
	25% MAIS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>
	11% MENOS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>













● Benefícios identificados

Medida de Melhoria
2
Isolamento térmico de cobertura plana - aplicação sobre a laje

Aplicação de 8cm de isolamento térmico em poliestireno extrudido sobre a cobertura exterior, e acabamento por lajetas de betão sobre apoios pontuais, com altura de 20mm e dimensionadas de modo a que a pressão de contacto das placas com o isolamento seja a adequada.

Foi identificada a existência de uma infiltração de água pontual sobre a cozinha, pelo que se sugere, aquando da implementação da medida de melhoria, a correção da impermeabilização dessa zona.

Esta intervenção poderá carecer de aprovação por parte do condomínio, pelo facto de ser necessário intervir nas partes comuns do edifício.

Uso	Novos Indicadores de Desempenho	Outros Benefícios
	50% MAIS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>
	38% MAIS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>
	11% MENOS eficiente	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div></div> <div></div> <div></div> </div>


● Benefícios identificados

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados


Vão simples inseridos nas fachadas Sul e Oeste, em caixilharia metálica de correr sem corte térmico, com vidro simples colorido na massa de 5 mm.

Protecção solar exterior com persianas de réguas plásticas de cor clara

Área Total e Orientação [m ²]	Coef. de Transmissão Térmica*[W/m ² .°C]		Fator Solar	
	Solução	Referência	Vidro	Global
13  5,0	3,50	2,90	0,07	0,07


* Menores valores representam soluções mais eficientes.

Entidade Gestora




Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora




Direção Geral de Energia e Geologia

8 de 9















**Certificar
é Valorizar**
CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA
DOS EDIFÍCIOS

Certificado Energético
 Edifício de Habitação
 SCE1234567890






Medida de Melhoria
2
Substituição de vãos envidraçados existentes por novos vãos envidraçados de classe energética A (classificação CLASSE+)


	Uso	Novos Indicadores de Desempenho	Outros Benefícios
Substituição dos vãos envidraçados por caixilhos em alumínio com corte térmico, vedação perimetral integral, classe 4 de permeabilidade ao ar, com vidro incolor temperado de 5mm na face interior, separados por lâmina de ar de 16mm e vidro incolor de 6mm na face exterior, mantendo os dispositivos de proteção solar existentes. A solução proposta tem um coeficiente de transmissão térmica superficial U de 2.4W/(m ² .°C). Para a implementação da medida de melhoria será necessário remover os envidraçados actualmente existentes, não existindo constrangimentos à sua execução.		25% MAIS eficiente	  
		38% MAIS eficiente	  
		11% MENOS eficiente	  


● Benefícios identificados

SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
Split					
Multi-split, equipamento elétrico, com recurso a 4 unidades interiores instaladas na parede, com permuta de calor tipo ar-ar. O equipamento instalado é da marca XPTO, com a unidade exterior do modelo 1234 e as 4 unidades interiores do modelo 5678. O equipamento foi instalado em 2007 (ano de construção do edifício). De acordo com a informação disponibilizada os equipamentos têm sido sujeitos a operações de manutenção regulares, sendo o último registo datado de Março de 2013.		2.900,00	96,00	4,50	3,20
		1.500,00	112,00	3,98	2,80
Sistema do tipo Split, composto por 4 unidades iguais, cada uma delas com uma potência para aquecimento de 24,00 kW e para arrefecimento de 28,00 kW.					
*Valores maiores representam soluções mais eficientes.					

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
Esquentador					
Esquentador a gás natural, marca ABCD modelo EFGH com ventilação natural, instalado em compartimento adjacente à cozinha. De acordo com informação obtida não foi possível determinar nenhum registo de manutenção ao equipamento.		3.200,00	19,20	0,82	0,86
Sistema do tipo Esquentador, composto por 1 unidade, com uma potência para águas quentes sanitárias de 19,20 kW.					
*Valores maiores representam soluções mais eficientes.					


Entidade Gestora

 Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora

 Direção Geral de Energia e Geologia

7 de 9


Certificar é Valorizar CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDÍFÍCIOS		Certificado Energético Edifício de Habitação SCE1234567890		C	
Descrição dos Elementos Identificados		Uso	Taxa nominal de renovação de ar (h^{-1})		
			Solução	Mínimo	
Ventilação					
A ventilação é processada de forma natural. O edifício não possui aberturas de admissão de ar na fachada. As condutas de ventilação natural asseguram o escoamento de ar de admissão e exaustão. Os vãos envidraçados, face ao seu modo de abertura, não permitem efetuar o arrefecimento noturno.			0,45	0,40	
Medida de Melhoria 3 Instalação de sistema solar térmico individual – sistema de circulação forçada					
		Uso	Novos Indicadores de Desempenho	Outros Benefícios	
Sistema de energia solar térmica constituído por uma unidade da marca XPTO, modelo ABC, gama 123, com colectores planos com uma área total de 2,23m ² instalados no exterior e orientados a 0° de Sul com uma inclinação de 35°, sendo os sombreamentos de horizonte sem sombreamento significativo.			12% MENOS eficiente	ENR TER ACU	
O sistema é constituído por um depósito de acumulação com um volume total de 150 litros, instalado na posição vertical num módulo de cozinha existente e que poderá ser utilizado para este efeito.			38% MAIS eficiente	PAT QAI SEG	
Esta instalação deverá ser realizada por técnicos acreditados para este efeito.			67% MAIS eficiente	FIM REN VIS	
				● Benefícios identificados	
Medida de Melhoria 4 Efetuar manutenção do equipamento de produção de águas quentes sanitárias					
		Uso	Novos Indicadores de Desempenho	Outros Benefícios	
Realização de manutenção ao esquentador existente responsável pela produção de água quente sanitária. Esta medida de melhoria surge uma vez que se identificou que o esquentador é recente, e aparenta condições de funcionamento razoáveis, não tendo sido, no entanto, evidenciado que o mesmo tenha sofrido manutenções que garantam, do ponto de vista de eficiência e segurança, o seu funcionamento.			12% MENOS eficiente	ENR TER ACU	
Esta instalação deverá ser realizada por técnicos acreditados para este efeito.			38% MAIS eficiente	PAT QAI SEG	
			11% MENOS eficiente	FIM REN VIS	
				● Benefícios identificados	

Entidade Gestora



Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral de Energia e Geologia

8 de 9

ANEXO B

Principais isolantes térmicos utilizados na reabilitação térmica dos elementos opacos da envolvente (PAIVA et al, 2006)

PO	CNT	Isolamento térmico		Placas					MT	Material a granel				Espumas in situ	
		Localização	Solução	EPS	XPS	PUR	MW	ICB	MW	Grânulos			FB		
										EPS	VA	LWA	MW	PUR	UF
Paredes de fachada	Simples	Exterior	Sistemas compósitos (ETICS)	•			•								
			Rev. independentes com isolante na caixa de ar	•	•	•	•								
		Interior	Painéis isolantes	•	•	•	•								
			Contra-fachada com isolante no espaço de ar	•	•	•	•								
	Duplas	Intermédio	Preenchimento total da caixa-de-ar							•	•	•	•	•	•
Pavimentos	-	Exterior	Sistemas compósitos (ETICS)	•		•	•								
			Teto falso com isolante na caixa de ar	•	•	•	•	•	•						
Coberturas	Horizontais	Exterior	Suporte de impermeabilização	•		•	•	•							
			Cobertura “invertida”	•	•										
	Inclinadas	Na esteira horizontal	Sobre a esteira	•	•	•	•	•	•		•	•			
			Sobre a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•						
		Nas vertentes	Sob a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•						

Siglas dos isolantes térmicos:

EPS – Poliestireno expandido moldado

XPS – Poliestireno expandido extrudido

PUR – Espuma rígida de poliuretano

MW – Lã mineral (de rocha ou de vidro)

ICB – Aglomerado de cortiça expandida

VA – Vermiculite expandida (em grânulos)

LWA – Argila expandida (em grânulos)

UF – Espuma de ureia-formaldeído

Outras siglas:

PO – Partes opacas

CNT – Constituição

MT – Mantas

FB – Fibras

ANEXO C

QUESTIONÁRIO

Pretende-se com este trabalho efetuar a caracterização energética do parque habitacional tradicional da zona de Trás-os-Montes, para possibilitar a aplicação de medidas de intervenção mais eficazes no âmbito da transformação energética de edifícios existentes. Busca-se também, contribuir para o desenvolvimento e ampliação da base de dados com informações técnicas relevantes para o setor de reabilitação energética na construção civil, além de sugerir propostas de intervenção que possam ser aplicadas a este parque habitacional.

As informações que serão coletadas neste inquérito tem como foco os edifícios dos municípios da região de Terras de Trás-Os-Montes construídos sem qualquer regulamentação térmica, construídos à luz do Decreto-Lei nº 40/90, e do Decreto-Lei nº 80/2006. Por este motivo, o inquérito está dividido em 3 colunas, que compreendem os períodos de construção de 1980 a 1990, 1990 a 2006 e 2006 a 2010.

Este inquérito visa obter informações quanto à construção corrente, típica, sendo limitado para as zonas urbanas.

Designação profissional:

- ☐ Perito Qualificado ☐ Engenheiro Civil / Arquiteto ☐ Construtor ☐ Agente Imobiliário

Município de atuação:

*As perguntas seguintes têm foco nas envolventes exteriores, no âmbito do isolamento térmico, espessuras e materiais. Caso julgue que não há diferenças significativas entre os municípios, assinale todos os municípios que possuir conhecimento. Caso haja diferenças significativas, favor responder em questionários separados.

- | | | |
|---|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Alfândega da Fé | <input type="checkbox"/> Bragança | <input type="checkbox"/> Macedo de Cavaleiros |
| <input type="checkbox"/> Miranda do Douro | <input type="checkbox"/> Mirandela | <input type="checkbox"/> Mogadouro |
| <input type="checkbox"/> Vila Flor | <input type="checkbox"/> Vimioso | <input type="checkbox"/> Vinhais |

Em relação ao(s) município(s) de atuação selecionado, responda às seguintes questões de acordo com o mais usual.

DE 1980 A 1990**Quanto ao tipo do edifício:**

- ☐ Moradia Unifamiliar ☐ Apartamento

Quanto à tipologia mais usual nos edifícios:

- ☐ T0 ☐ T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4 ou mais

Qual a altura média do pé direito?

_____ cm

PAREDES EXTERNAS**As paredes são duplas ou simples?**

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?**Existe isolamento térmico?**

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Interior ☐ Exterior ☐ Caixa de ar

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Lã de rocha ☐ Outro

Qual é o material mais utilizado para o revestimento externo?

- ☐ Revest. Cerâmico ☐ Tinta Clara
☐ Tinta Escura ☐ Pedra
☐ Outro

Qual é a espessura média final da parede?

_____ cm

DE 1990 A 2006**Quanto ao tipo do edifício:**

- ☐ Moradia Unifamiliar ☐ Apartamento

Quanto à tipologia mais usual nos edifícios:

- ☐ T0 ☐ T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4 ou mais

Qual a altura média do pé direito?

_____ cm

PAREDES EXTERNAS**As paredes são duplas ou simples?**

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?**Existe isolamento térmico?**

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Interior ☐ Exterior ☐ Caixa de ar

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Lã de rocha ☐ Outro

Qual é o material mais utilizado para o revestimento externo?

- ☐ Revest. Cerâmico ☐ Tinta Clara
☐ Tinta Escura ☐ Pedra
☐ Outro

Qual é a espessura média final da parede?

_____ cm

DE 2006 A 2010**Quanto ao tipo do edifício:**

- ☐ Moradia Unifamiliar ☐ Apartamento

Quanto à tipologia mais usual nos edifícios:

- ☐ T0 ☐ T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4 ou mais

Qual a altura média do pé direito?

_____ cm

PAREDES EXTERNAS**As paredes são duplas ou simples?**

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?**Existe isolamento térmico?**

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Interior ☐ Exterior ☐ Caixa de ar

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Lã de rocha ☐ Outro

Qual é o material mais utilizado para o revestimento externo?

- ☐ Revest. Cerâmico ☐ Tinta Clara
☐ Tinta Escura ☐ Pedra
☐ Outro

Qual é a espessura média final da parede?

_____ cm

DE 1980 A 1990

PAREDES INTERNAS – Paredes de divisão com espaços não aquecidos (garagens, lavandarias, edifícios vizinhos, etc).

As paredes são duplas ou simples?

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?

Qual é a espessura média da parede?

_____ cm

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de rocha
☐ Outro

COBERTURAS EXTERIORES

Qual é o tipo de cobertura?

- ☐ Inclinação ☐ Em terraço

Existe desvão habitável?

- ☐ Sim ☐ Não

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Por cima da laje ☐ Por baixo da laje ☐ Nas vertentes inclinadas

DE 1990 A 2006

PAREDES INTERNAS – Paredes de divisão com espaços não aquecidos (garagens, lavandarias, edifícios vizinhos, etc).

As paredes são duplas ou simples?

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?

Qual é a espessura média da parede?

_____ cm

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de rocha
☐ Outro

COBERTURAS EXTERIORES

Qual é o tipo de cobertura?

- ☐ Inclinação ☐ Em terraço

Existe desvão habitável?

- ☐ Sim ☐ Não

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Por cima da laje ☐ Por baixo da laje ☐ Nas vertentes inclinadas

DE 2006 A 2010

PAREDES INTERNAS – Paredes de divisão com espaços não aquecidos (garagens, lavandarias, edifícios vizinhos, etc).

As paredes são duplas ou simples?

- ☐ Duplas ☐ Simples

São feitas de qual material?

Qual é a espessura média da parede?

_____ cm

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de rocha
☐ Outro

COBERTURAS EXTERIORES

Qual é o tipo de cobertura?

- ☐ Inclinação ☐ Em terraço

Existe desvão habitável?

- ☐ Sim ☐ Não

Existe isolamento térmico?

- ☐ Sim ☐ Não

Em caso de resposta afirmativa, onde o mesmo está localizado?

- ☐ Por cima da laje ☐ Por baixo da laje ☐ Nas vertentes inclinadas

DE 1980 A 1990

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de Rocha
☐ Outro

Qual é a espessura média da laje?

_____ cm

Qual é o material da laje?

ENVIDRAÇADOS

Qual é o material da caixilharia?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

Qual é o tipo do vidro?

- ☐ Simples ☐ Duplo
☐ Triplo

Existe proteção?

- ☐ Sim ☐ Não

A proteção é feita com qual equipamento?

- ☐ Estores ☐ Venezianas
☐ Palas ☐ Outro

Qual é o material da proteção?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

VENTILAÇÃO

Qual o sistema de ventilação utilizado na casa de banho?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

DE 1990 A 2006

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de Rocha
☐ Outro

Qual é a espessura média da laje?

_____ cm

Qual é o material da laje?

ENVIDRAÇADOS

Qual é o material da caixilharia?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

Qual é o tipo do vidro?

- ☐ Simples ☐ Duplo
☐ Triplo

Existe proteção?

- ☐ Sim ☐ Não

A proteção é feita com qual equipamento?

- ☐ Estores ☐ Venezianas
☐ Palas ☐ Outro

Qual é o material da proteção?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

VENTILAÇÃO

Qual o sistema de ventilação utilizado na casa de banho?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

DE 2006 A 2010

Qual é a espessura média do isolamento?

_____ cm

Qual é o material utilizado para o isolamento?

- ☐ EPS ☐ XPS
☐ Caixa de ar ☐ Lã de Rocha
☐ Outro

Qual é a espessura média da laje?

_____ cm

Qual é o material da laje?

ENVIDRAÇADOS

Qual é o material da caixilharia?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

Qual é o tipo do vidro?

- ☐ Simples ☐ Duplo
☐ Triplo

Existe proteção?

- ☐ Sim ☐ Não

A proteção é feita com qual equipamento?

- ☐ Estores ☐ Venezianas
☐ Palas ☐ Outro

Qual é o material da proteção?

- ☐ Madeira ☐ Metálico
☐ PVC ☐ Outro

VENTILAÇÃO

Qual o sistema de ventilação utilizado na casa de banho?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

DE 1980 A 1990

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

E para o restante da residência?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

GARAGEM

As residências possuem garagem?

- ☐ Sim ☐ Não

Onde ela está localizada?

- ☐ Subsolo ☐ Lateral
☐ Externa

Para quantos veículos?

- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ou mais

SISTEMAS TÉCNICOS

Há presença de sistemas técnicos para Águas Quentes Sanitárias (AQS)?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é o tipo de sistema?

- ☐ Esquentador ☐ Cilindro
☐ Outro

DE 1990 A 2006

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

E para o restante da residência?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

GARAGEM

As residências possuem garagem?

- ☐ Sim ☐ Não

Onde ela está localizada?

- ☐ Subsolo ☐ Lateral
☐ Externa

Para quantos veículos?

- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ou mais

SISTEMAS TÉCNICOS

Há presença de sistemas técnicos para Águas Quentes Sanitárias (AQS)?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é o tipo de sistema?

- ☐ Esquentador ☐ Cilindro
☐ Outro

DE 2006 A 2010

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

E para o restante da residência?

- ☐ Natural ☐ Mecânica
☐ Mista ☐ Mecânica com interruptor

No caso de sistemas mecânicos, qual o mais usual?

- ☐ Grelhas Fixas ☐ Exaustores
☐ Grelhas ☐ Outro
 Autorreguláveis

GARAGEM

As residências possuem garagem?

- ☐ Sim ☐ Não

Onde ela está localizada?

- ☐ Subsolo ☐ Lateral
☐ Externa

Para quantos veículos?

- ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ou mais

SISTEMAS TÉCNICOS

Há presença de sistemas técnicos para Águas Quentes Sanitárias (AQS)?

- ☐ Sim ☐ Não

Qual é o tipo de sistema?

- ☐ Esquentador ☐ Cilindro
☐ Outro

DE 1980 A 1990

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outro |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Há presença de sistemas para aquecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

Qual é o tipo de sistema?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Aquecimento central com caldeira e radiadores. | <input type="checkbox"/> Lareira aberta |
| <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar com geradores para todos espaços. | <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar para um espaço. |
| <input type="checkbox"/> Ar condicionado | <input type="checkbox"/> Bomba de calor |

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outra |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Existe aproveitamento de energia renovável para aquecimento? Qual?

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Não existe | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input type="checkbox"/> Hídrica | <input type="checkbox"/> Eólica |

Há presença de sistemas para arrefecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

DE 1990 A 2006

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outro |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Há presença de sistemas para aquecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

Qual é o tipo de sistema?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Aquecimento central com caldeira e radiadores. | <input type="checkbox"/> Lareira aberta |
| <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar com geradores para todos espaços. | <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar para um espaço. |
| <input type="checkbox"/> Ar condicionado | <input type="checkbox"/> Bomba de calor |

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outra |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Existe aproveitamento de energia renovável para aquecimento? Qual?

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Não existe | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input type="checkbox"/> Hídrica | <input type="checkbox"/> Eólica |

Há presença de sistemas para arrefecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

DE 2006 A 2010

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outro |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Há presença de sistemas para aquecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

Qual é o tipo de sistema?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Aquecimento central com caldeira e radiadores. | <input type="checkbox"/> Lareira aberta |
| <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar com geradores para todos espaços. | <input type="checkbox"/> Recuperador de calor ou salamandra a funcionar para um espaço. |
| <input type="checkbox"/> Ar condicionado | <input type="checkbox"/> Bomba de calor |

Qual é a fonte principal de energia?

- | | |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gás Natural | <input type="checkbox"/> Gás Butano |
| <input type="checkbox"/> Gás Propano | <input type="checkbox"/> Gasóleo |
| <input type="checkbox"/> Lenha | <input type="checkbox"/> Eletricidade |
| <input type="checkbox"/> Pellets | <input type="checkbox"/> Outra |
| <input type="checkbox"/> Energias renováveis | |

Existe aproveitamento de energia renovável para aquecimento? Qual?

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Não existe | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input type="checkbox"/> Hídrica | <input type="checkbox"/> Eólica |

Há presença de sistemas para arrefecimento do ambiente?

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

DE 1980 A 1990**Qual é o tipo de sistema?**
☐ Ar condicionado
 ☐ Outro
PONTES TÉRMICAS PLANAS**Os pilares estão isolados termicamente?**
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As vigas estão isoladas termicamente?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As caixas de estore possuem isolamento térmico?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

DE 1990 A 2006**Qual é o tipo de sistema?**
☐ Ar condicionado
 ☐ Outro
PONTES TÉRMICAS PLANAS**Os pilares estão isolados termicamente?**
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As vigas estão isoladas termicamente?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As caixas de estore possuem isolamento térmico?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

DE 2006 A 2010**Qual é o tipo de sistema?**
☐ Ar condicionado
 ☐ Outro
PONTES TÉRMICAS PLANAS**Os pilares estão isolados termicamente?**
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As vigas estão isoladas termicamente?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

As caixas de estore possuem isolamento térmico?
☐ Sim
 ☐ Não
Com qual espessura?

_____ cm

Ao seu ver, quais as maiores potenciais medidas de melhorias?

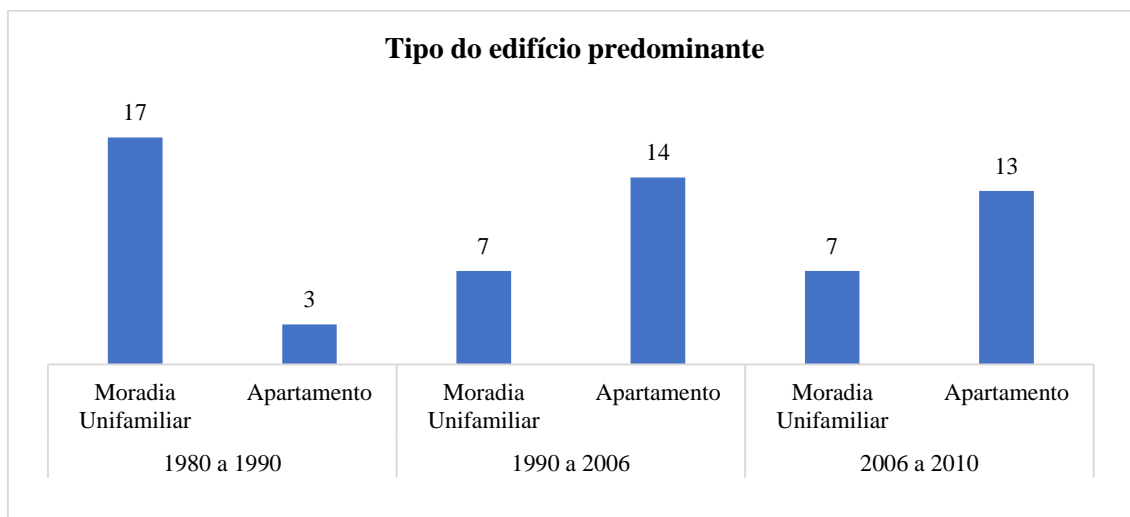
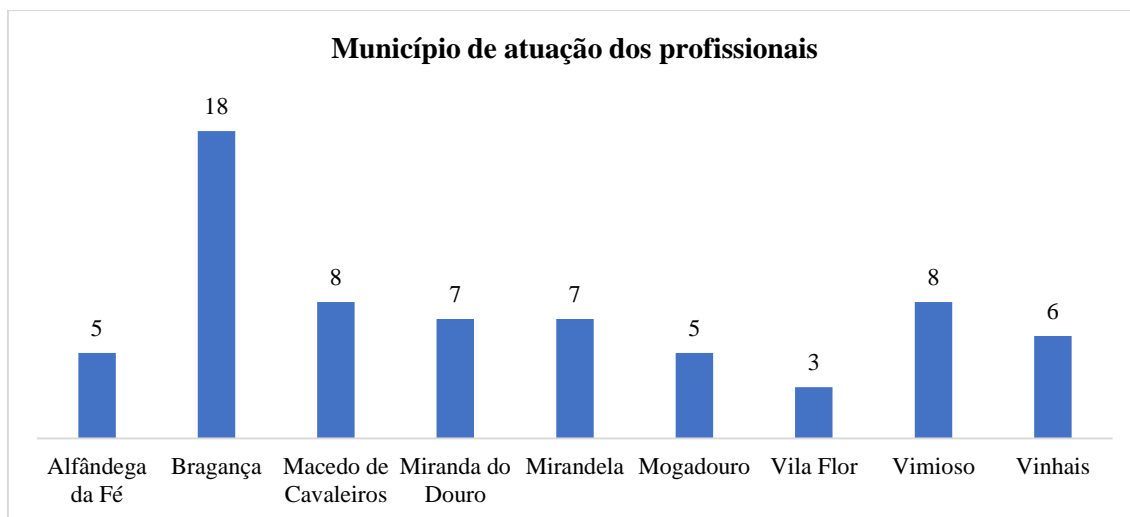
Tendo em conta a legislação de momento, como preveem a reabilitação destes edifícios? Energias? Sistemas utilizados?

Obrigado!

ANEXO D

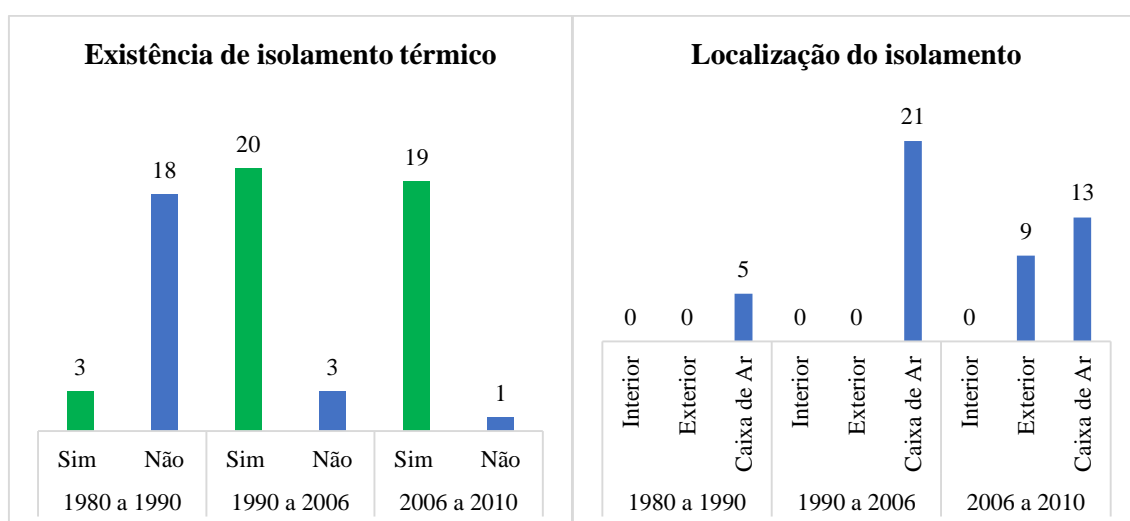
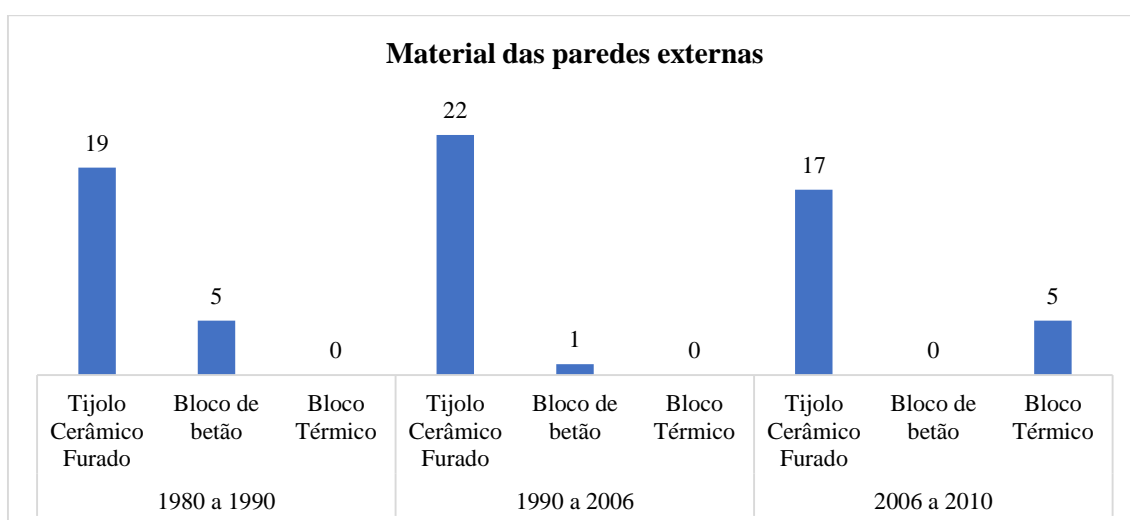
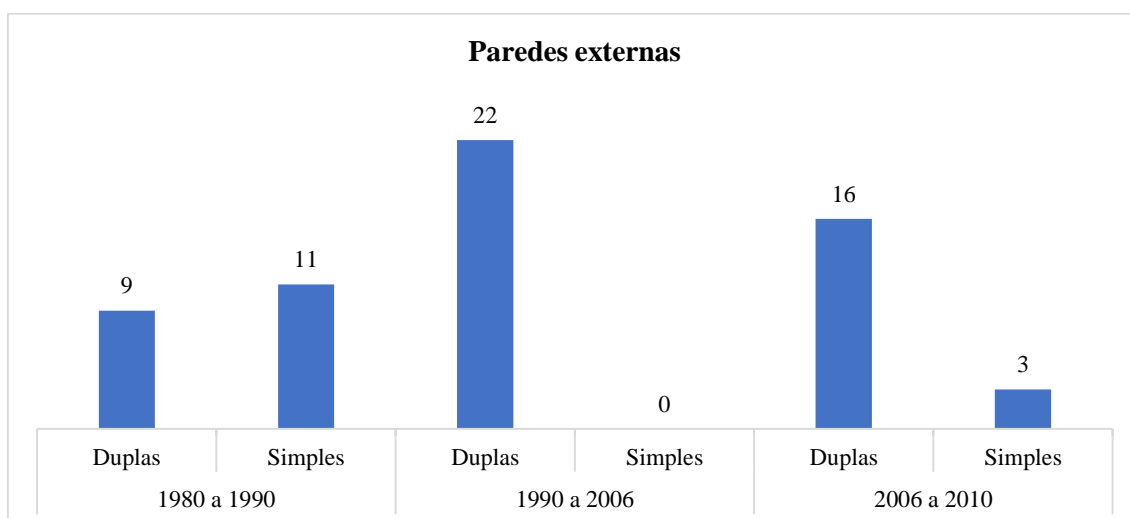
REPRESENTAÇÃO DE TODAS AS RESPOSTAS DOS INQUÉRITOS.

- Dados Gerais



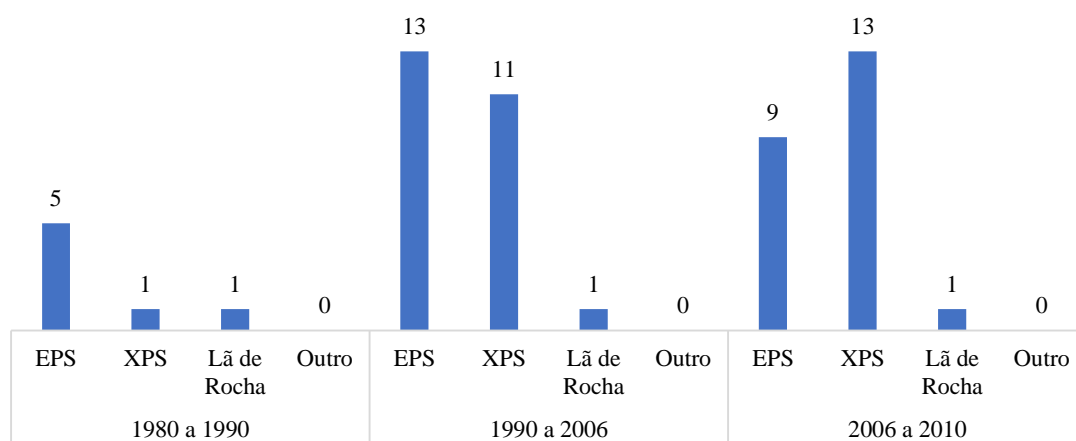
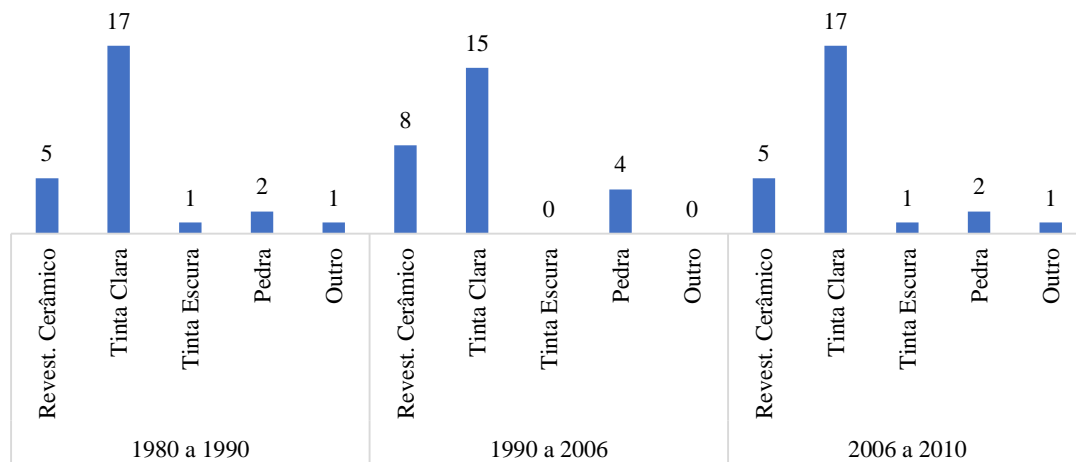
Altura média do pé direito (cm)	
1980 a 1990	258
1990 a 2006	259
2006 a 2010	256

- Paredes externas



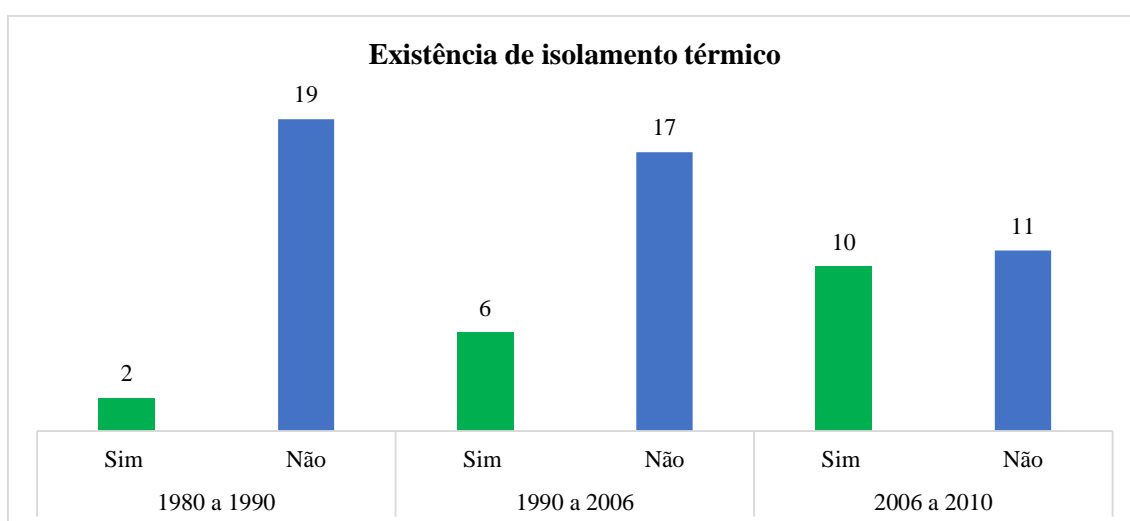
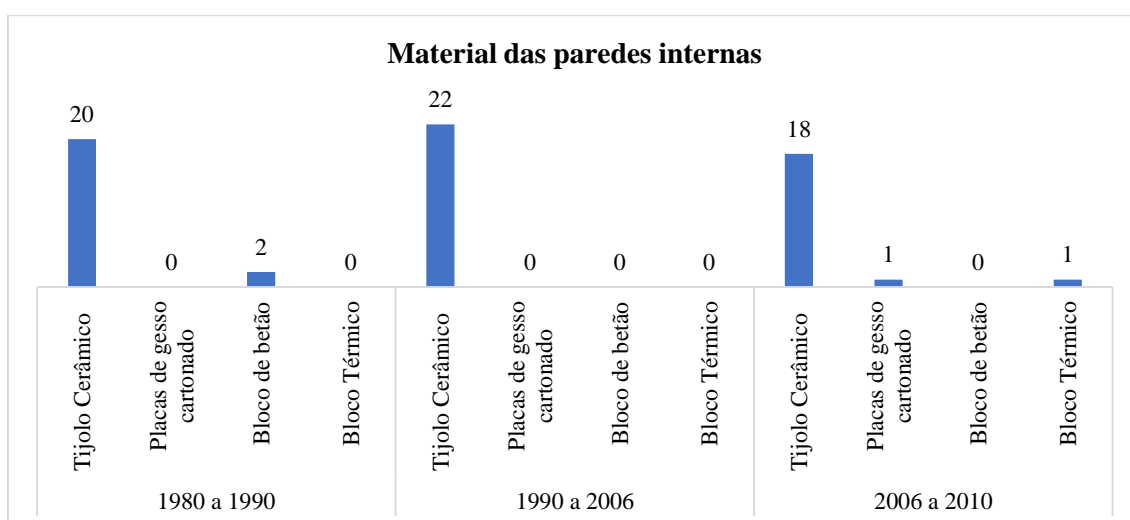
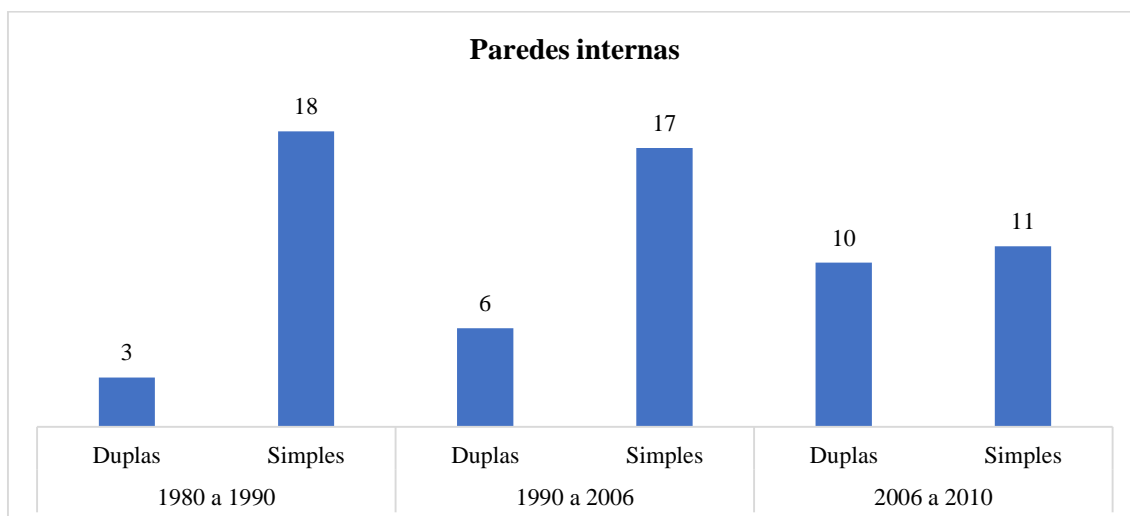
Espessura média do isolamento (cm)

1980 a 1990	3
1990 a 2006	4
2006 a 2010	6

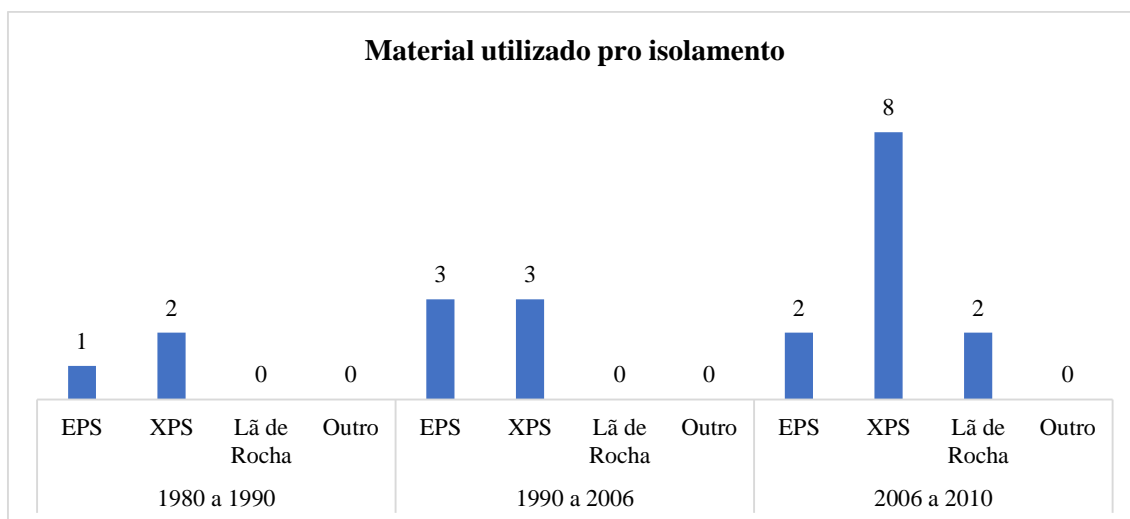
Material utilizado para o isolamento**Revestimento externo****Espessura média final da parede externa (cm)**

1980 a 1990	25	31
1990 a 2006	34	
2006 a 2010	35	38

- Paredes internas

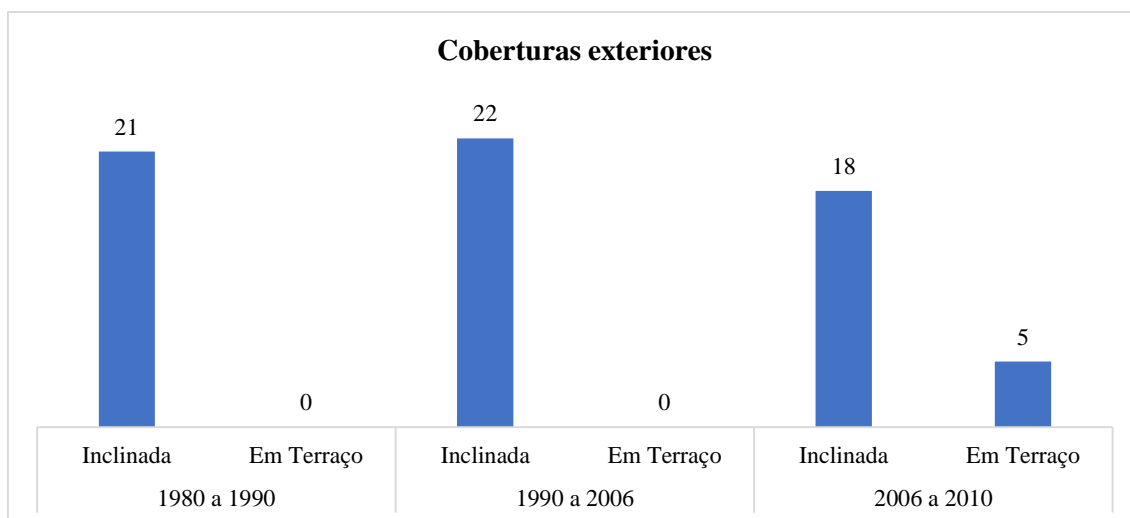


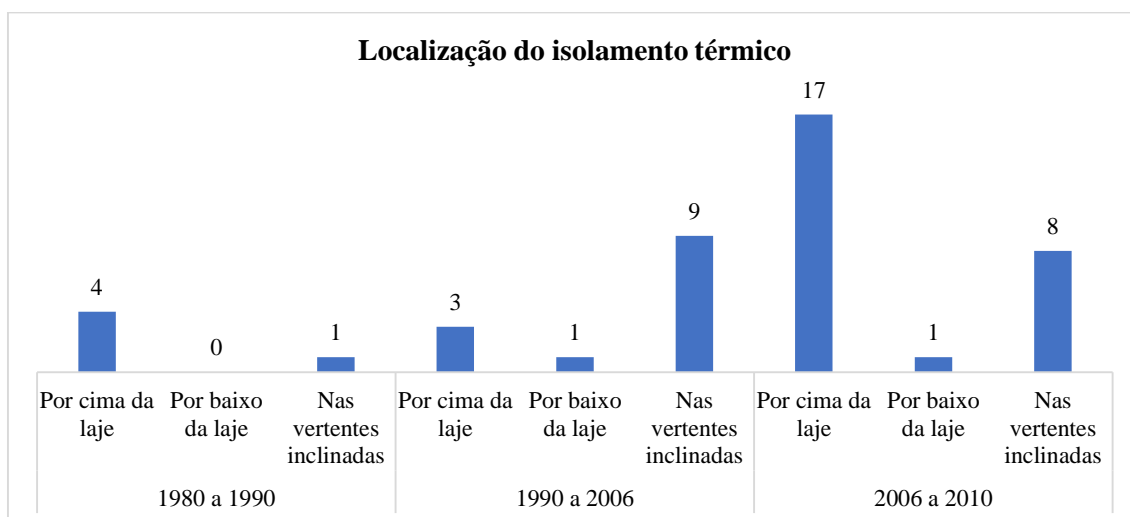
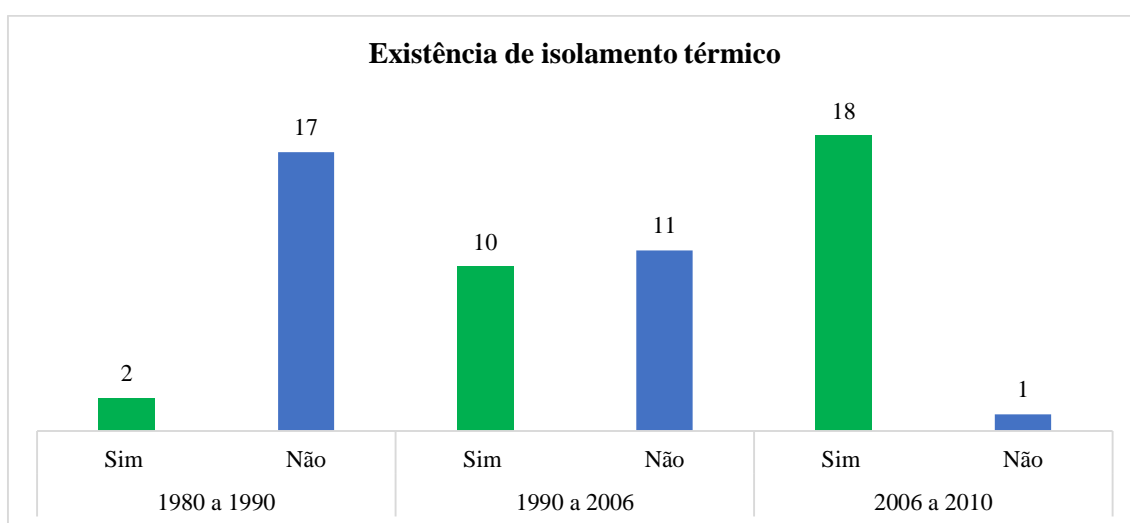
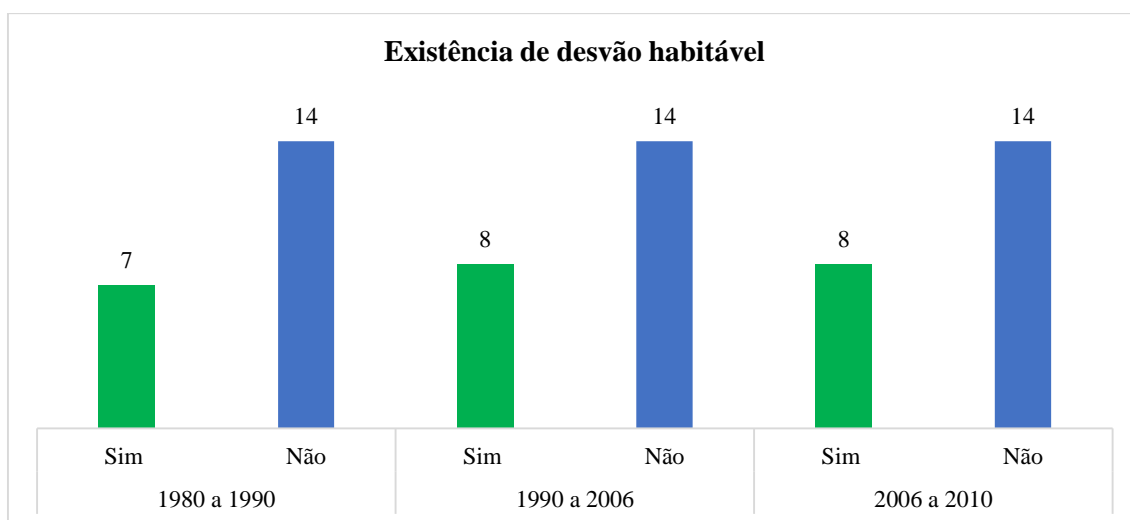
Espessura média do isolamento (cm)	
1980 a 1990	3
1990 a 2006	4
2006 a 2010	5



Espessura média final da parede interna (cm)		
1980 a 1990	16	35
1990 a 2006	14	28
2006 a 2010	13	27

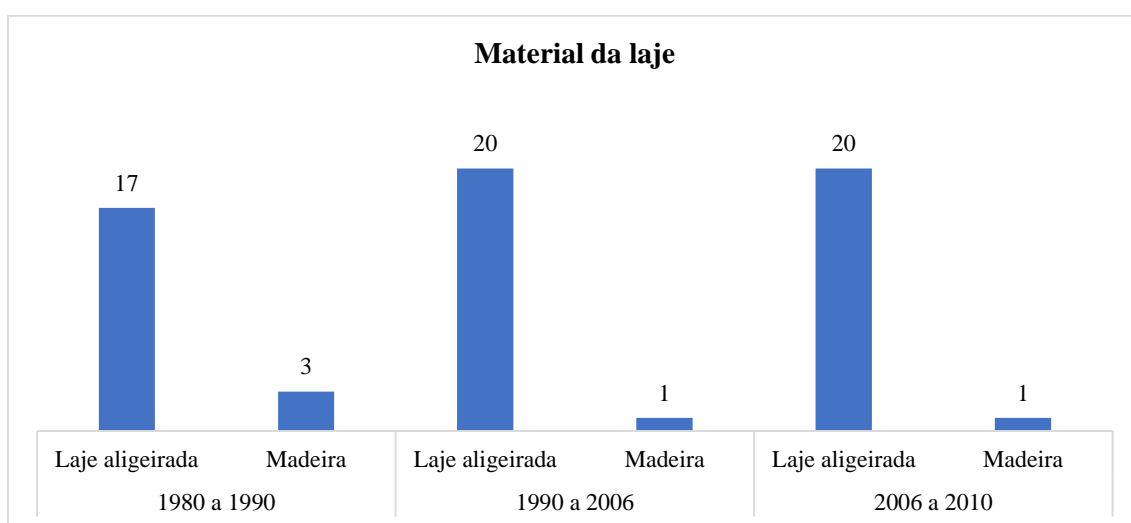
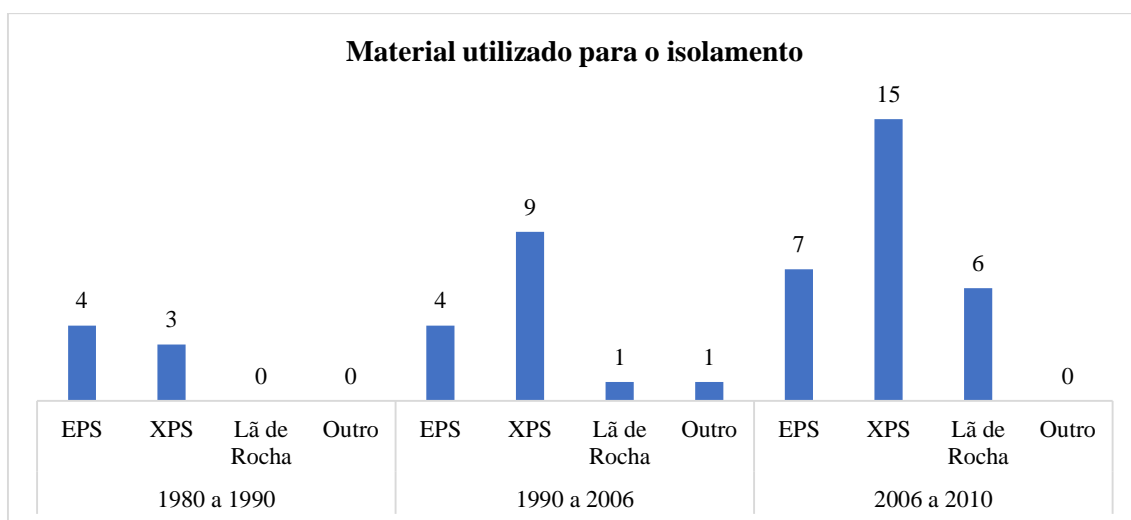
- Coberturas exteriores





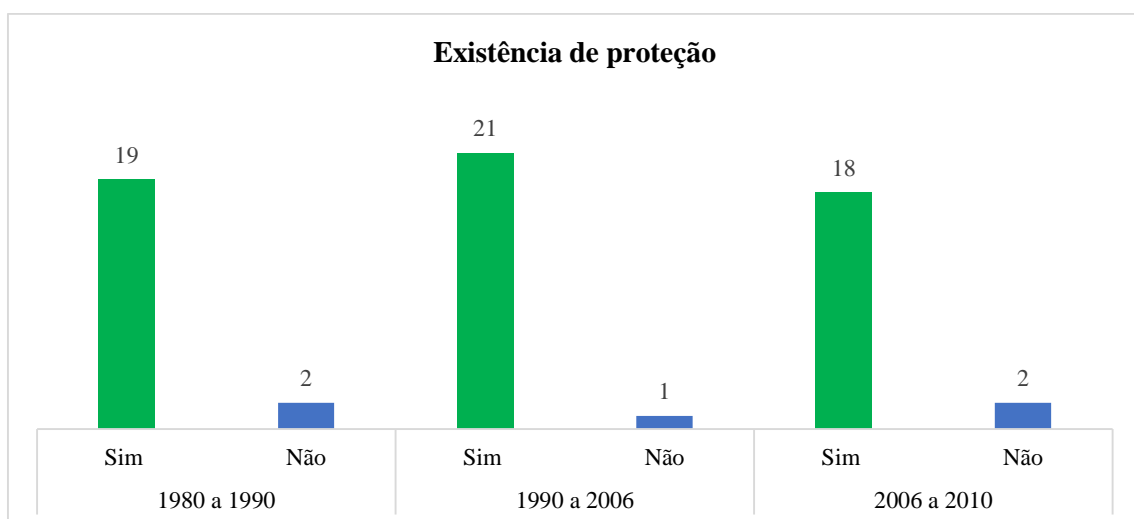
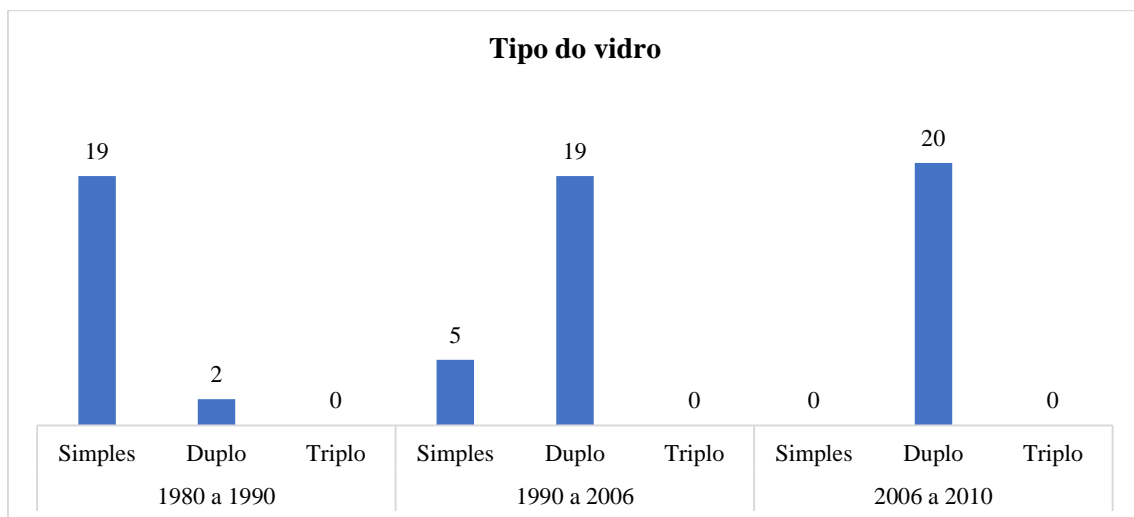
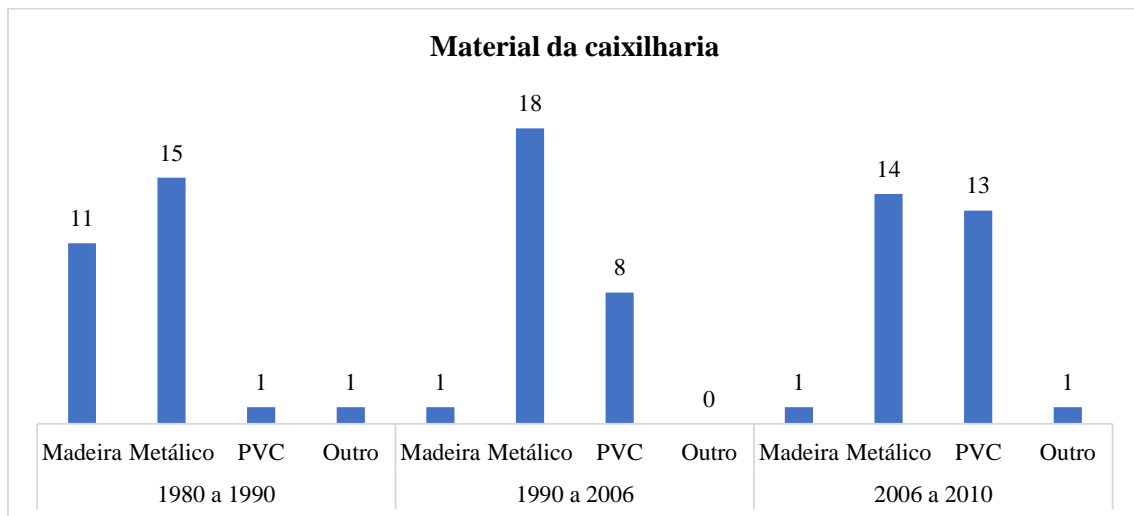
Espessura média do isolamento (cm)

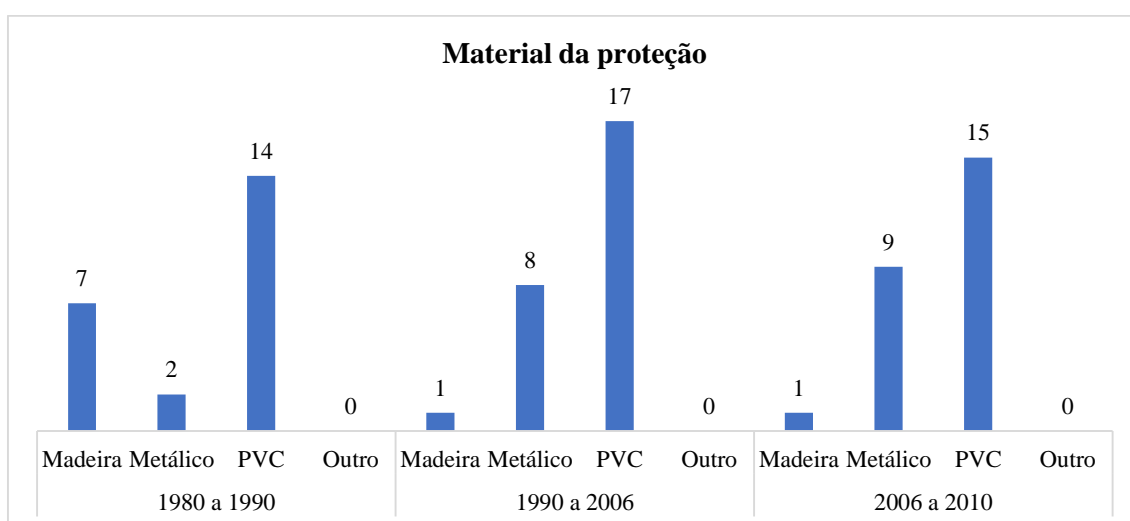
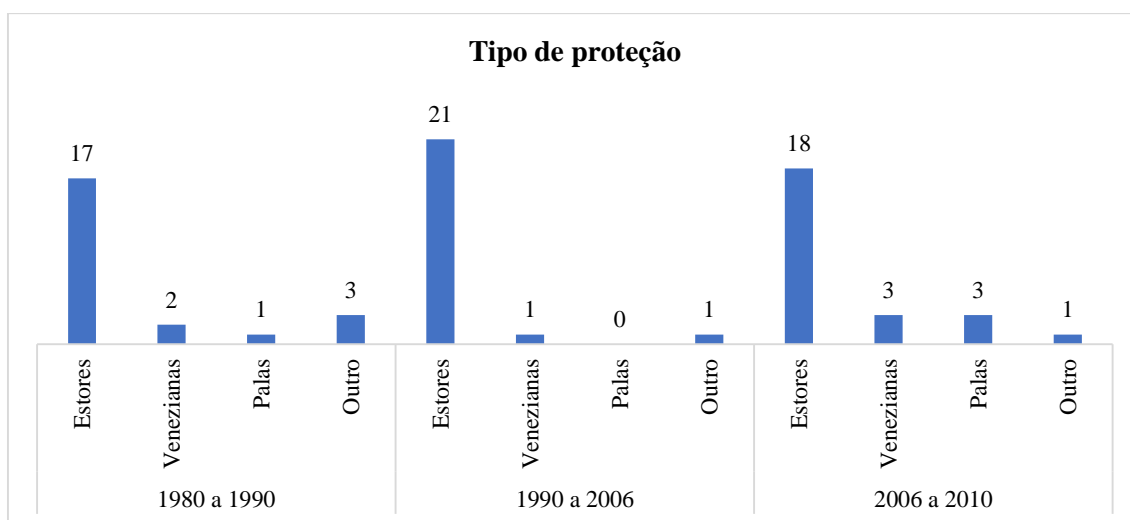
1980 a 1990	3,3
1990 a 2006	4
2006 a 2010	7



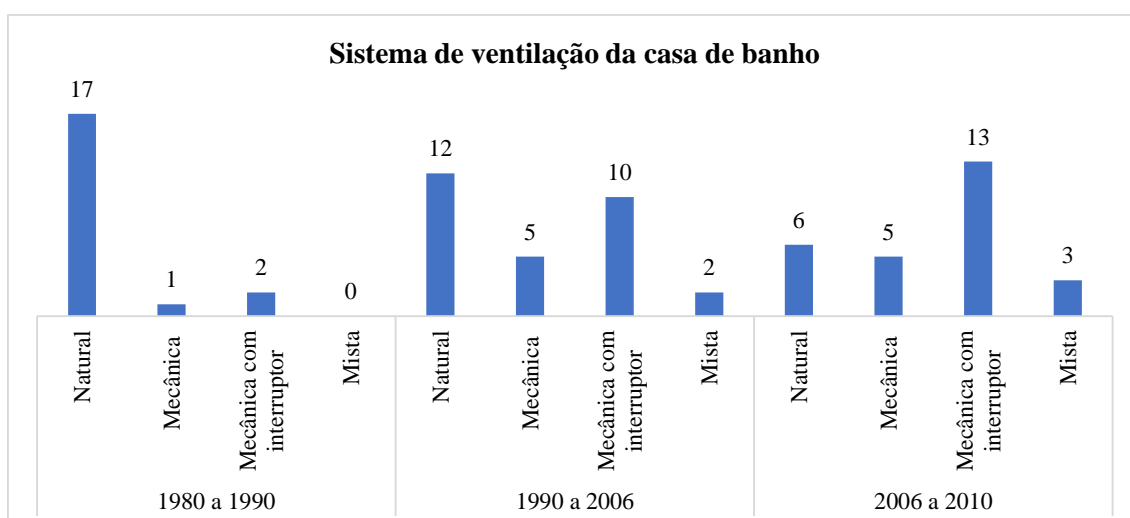
Espessura média da laje (cm)	
1980 a 1990	22
1990 a 2006	25
2006 a 2010	27

- Envidraçados

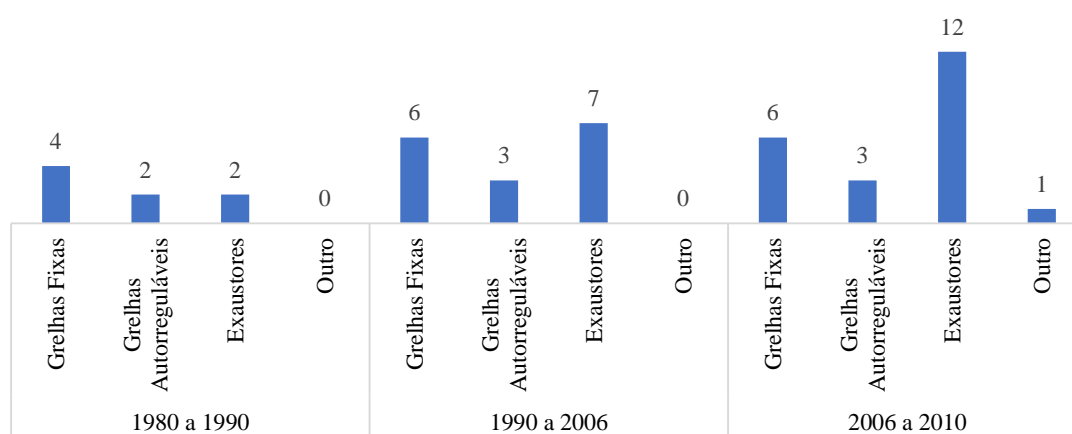




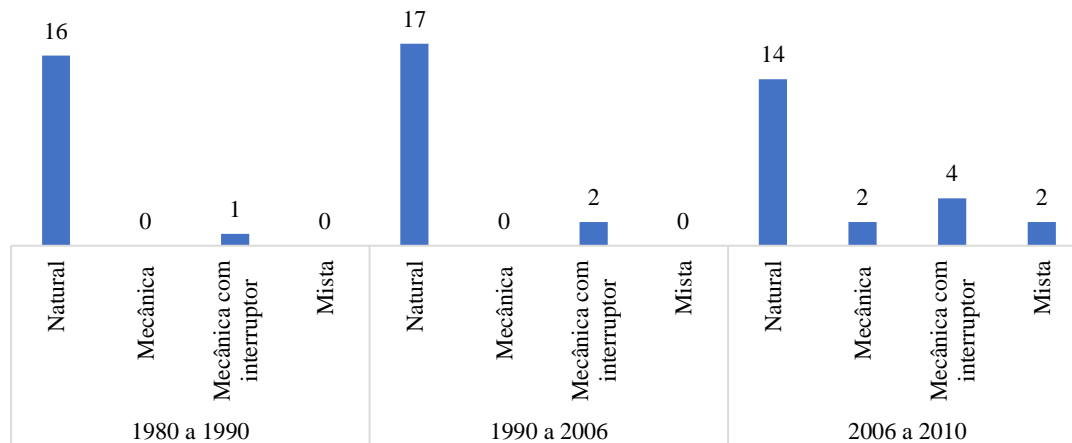
- Ventilação



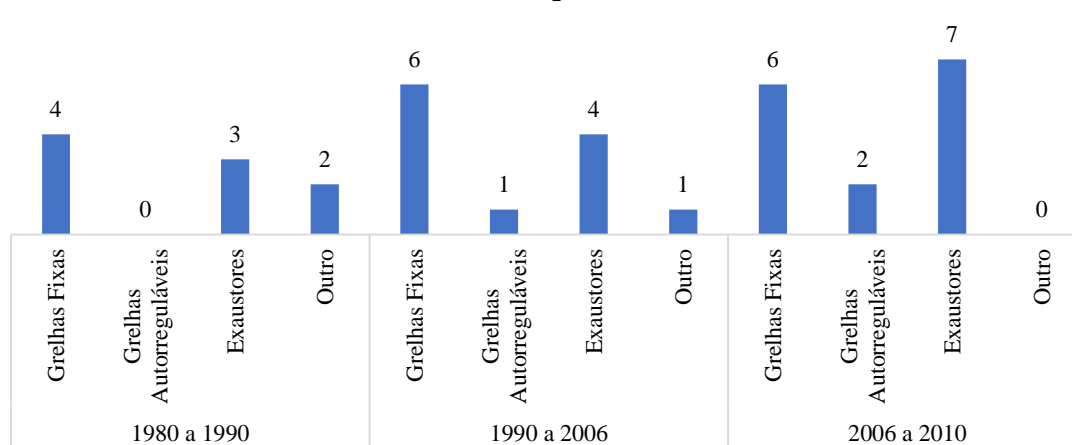
Sistema mecânico mais usual para a casa de banho



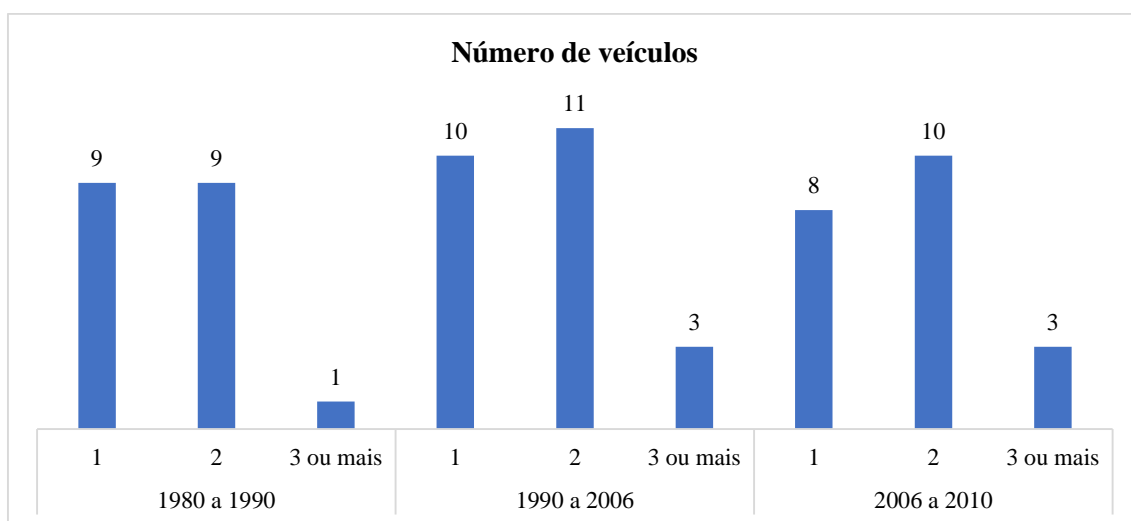
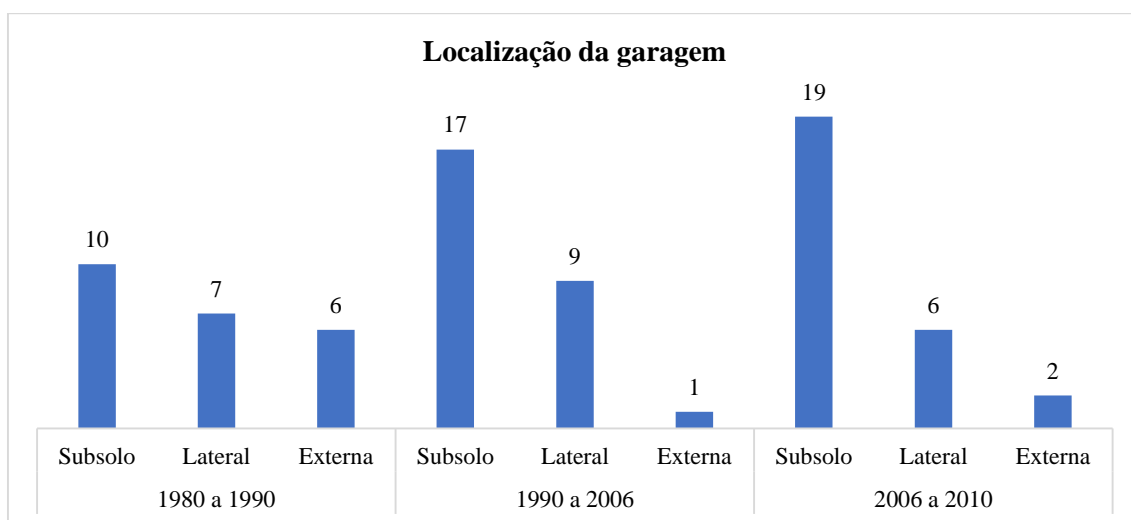
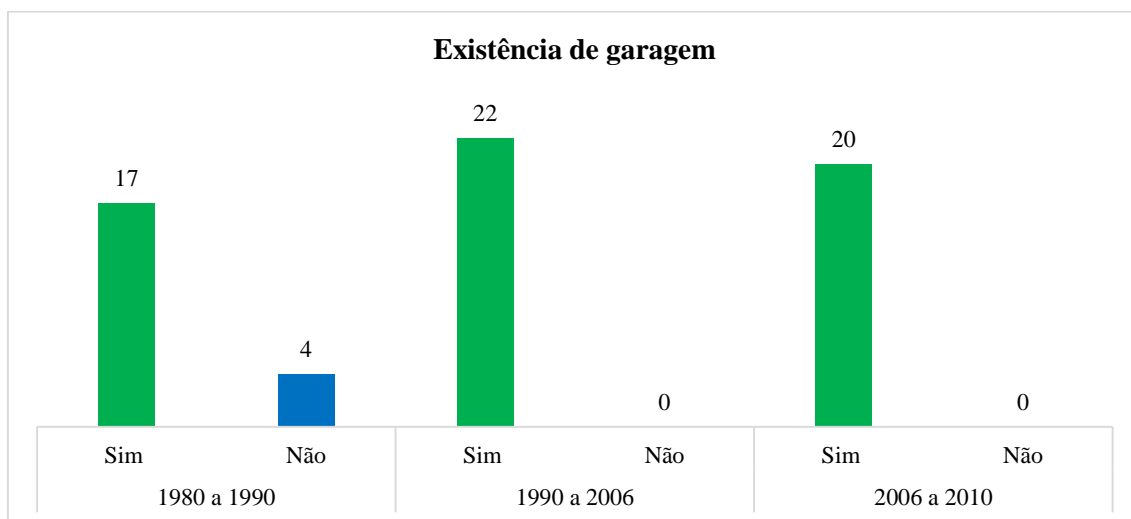
Sistema de ventilação para o restante da residência



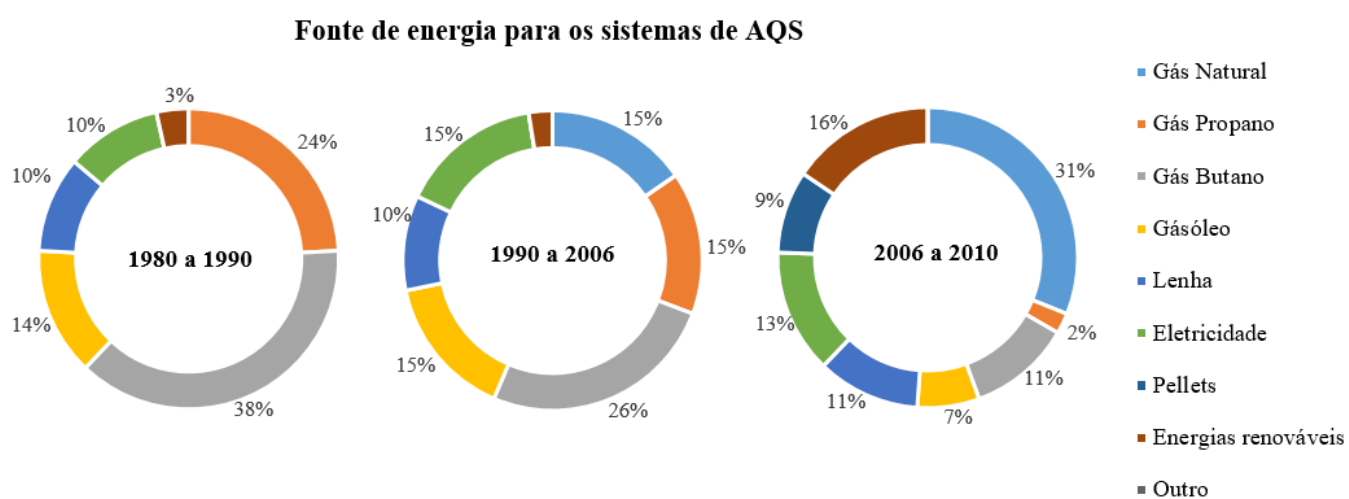
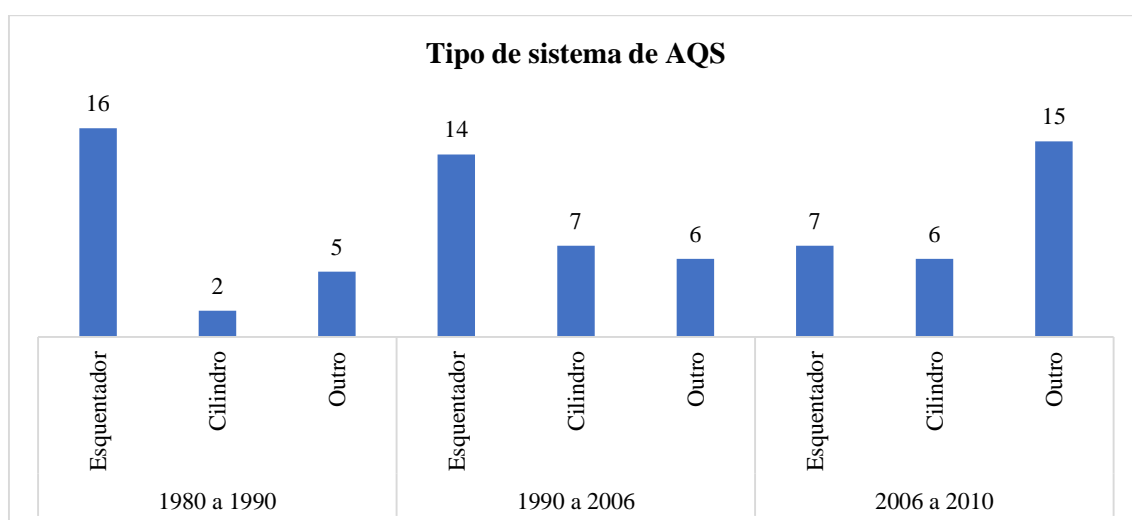
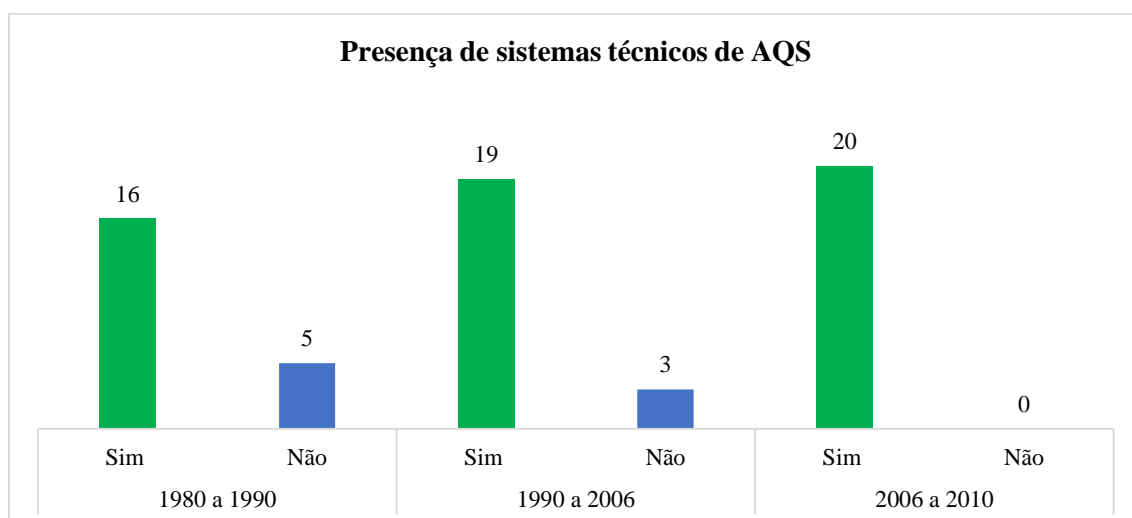
Sistema mecânico mais usual para o restante da residência

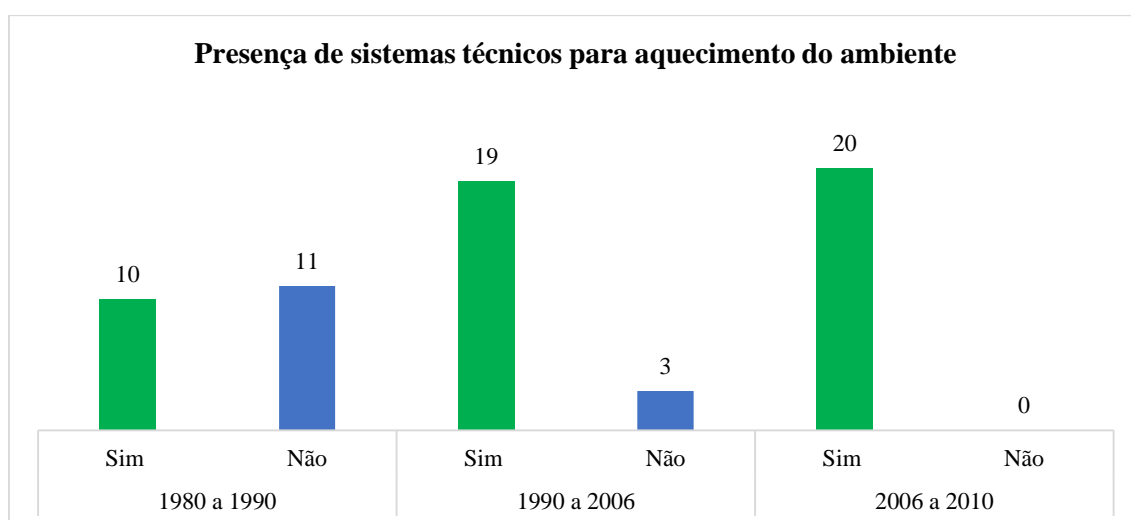


- Garagem

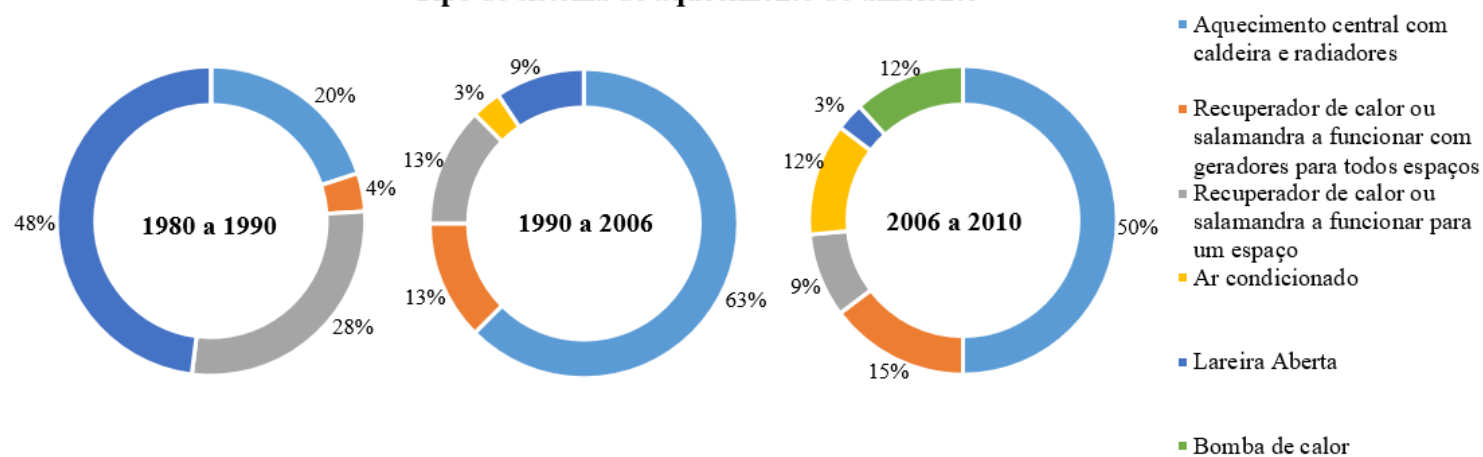


- Sistemas técnicos

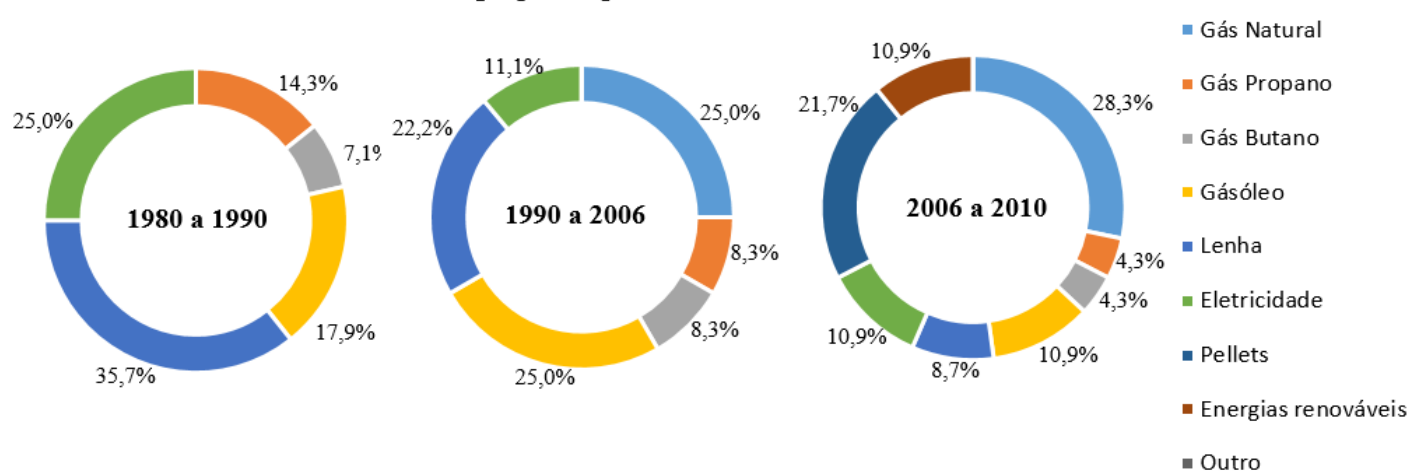


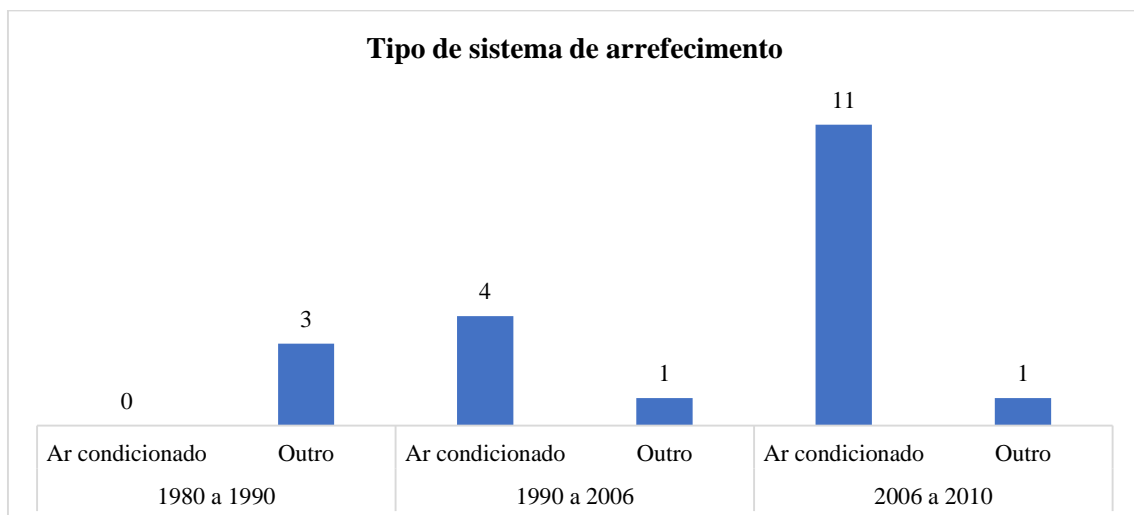
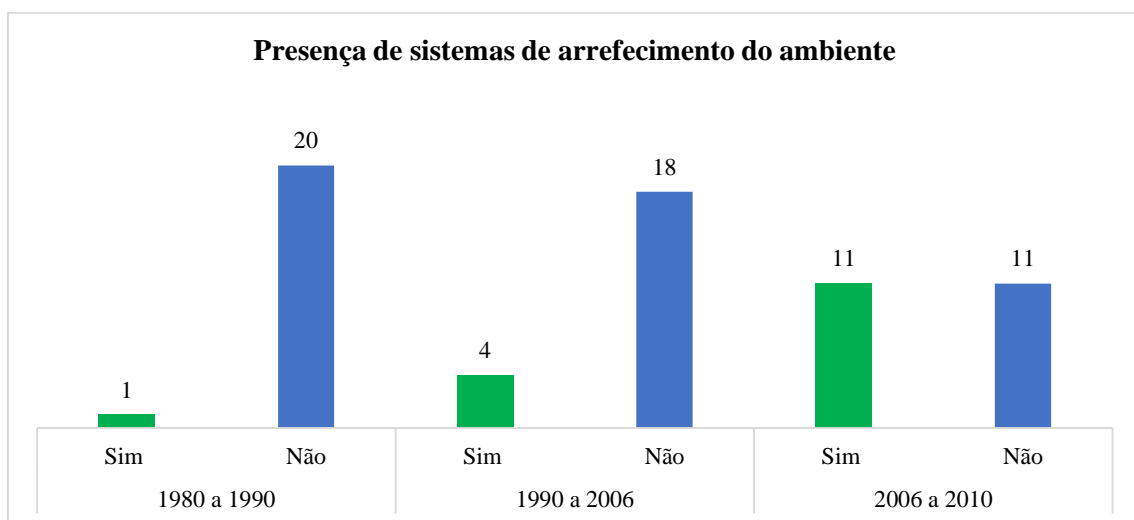
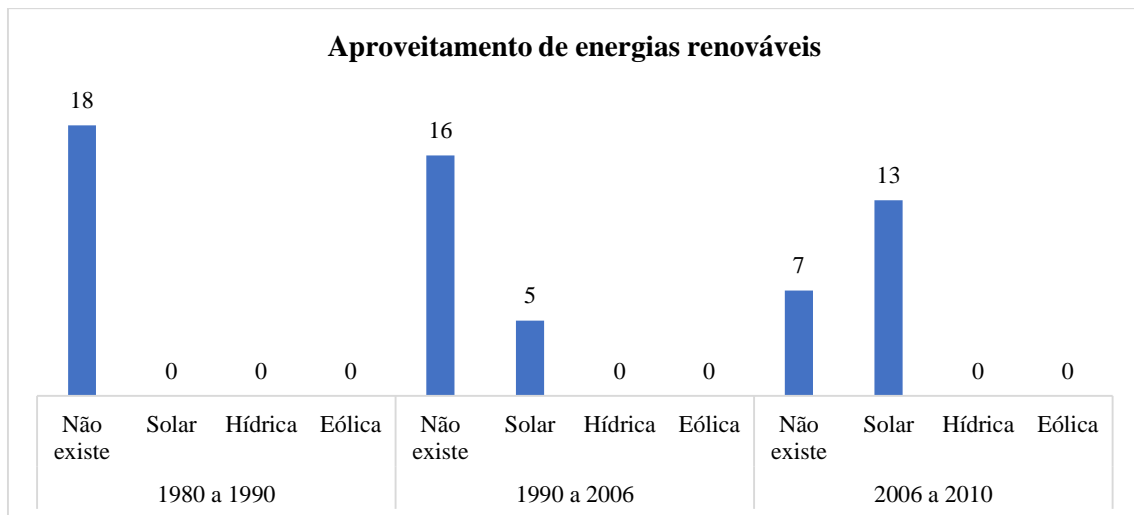


Tipo de sistema de aquecimento do ambiente

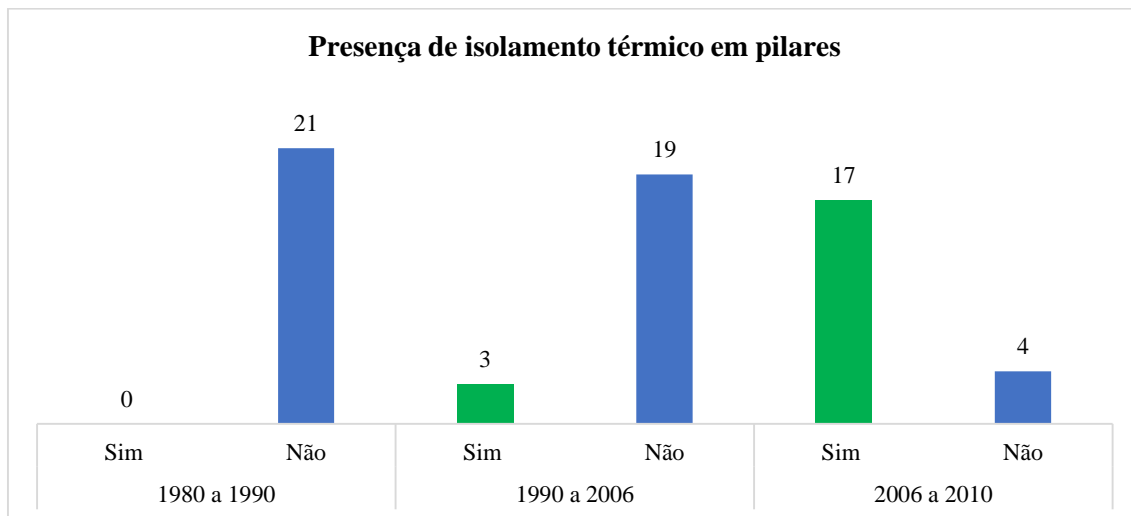


Fonte de energia para aquecimento do ambiente

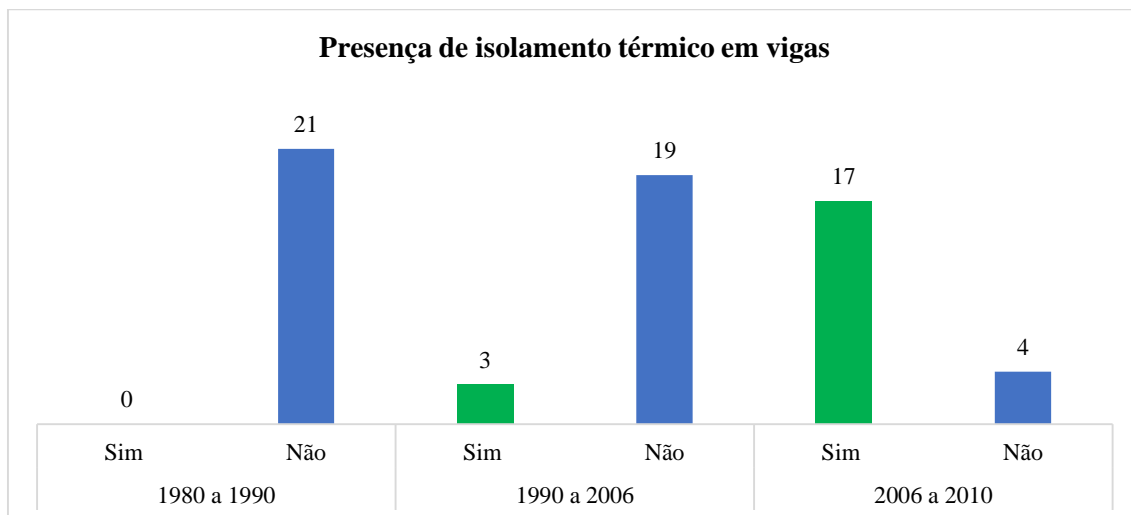




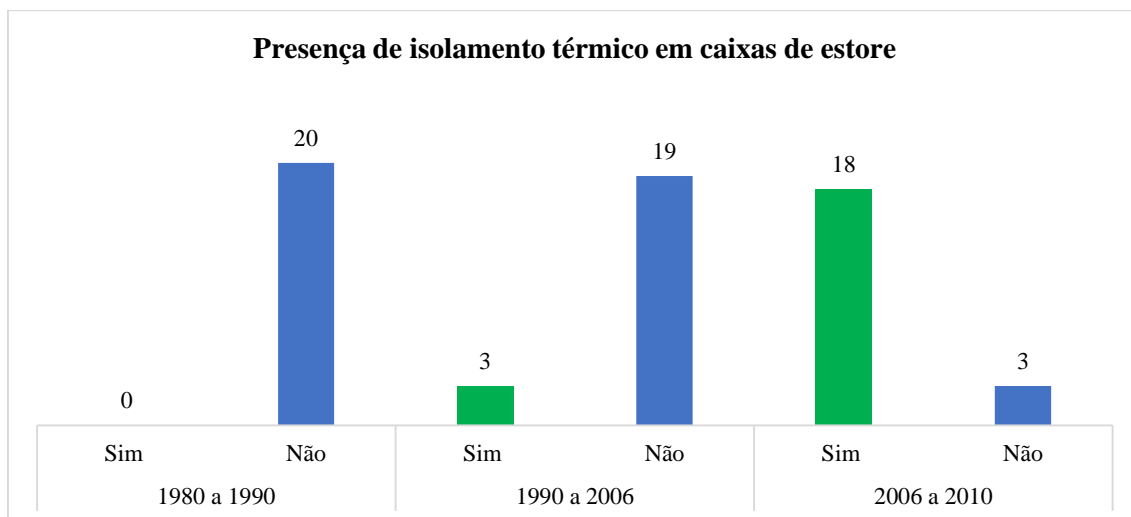
- Pontes térmicas planas



Espessura média do isolamento em pilares (cm)	
1980 a 1990	2
1990 a 2006	4
2006 a 2010	4



Espessura média do isolamento em vigas (cm)	
1980 a 1990	2
1990 a 2006	3,5
2006 a 2010	4



Espessura média do isolamento em caixas de estore (cm)	
1980 a 1990	2
1990 a 2006	4
2006 a 2010	4