

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA À ESCALA DO BAIRRO. CASO DE ESTUDO.

TIAGO ALMEIDA TEIXEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES



Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JULHO DE 2022

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2021/2022

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

whatever, forever

modern baseball

AGRADECIMENTOS

A nível académico gostava essencialmente de agradecer à professora helen corvacho que me orientou de forma irrepreensível durante este processo.

Um agradecimento também à agência de energia do porto, em particular ao eng. rui pimenta e ao eng. bruno carvalho, à domus social, em particular ao eng. josé ferreira e à dra. elsa marques, à associação de moradores e aos moradores do bairro da agra do amial, em particular ao sr. rui dias.

A nível pessoal gostava de mencionar todos os que tiveram alguma importância na minha vida em geral, sejam familiares, amigos efémeras ou duradouras, colegas, ou outras figuras que foram presença constante e determinante até ao dia de hoje.

Aos meus pais, ao meu irmão e aos meus avós.

Às minhas três maiores amizades, alex, inês e pedro.

Aos meus amigos mais próximos, filipe, diana, coelho, reais, bruno, oliveira, lopes, joão, antónio, xana, mariana, jorge, laura, sofia, isabel, nuno, joana, koa, eduardo, tomás e inês.

Às amizades que fiz durante a faculdade e a todos que contribuíram de forma mais ou menos relevante, rita, nuno, tiago, andré, pedro, célia, inês, margarida, rodrigo, diogo, henrique, valter, manel, tiago, fleming, felix, ricardo, diogo, melo, mota, zé, chousal, rui, mafalda, mateus, douglas, ângelo, cristiana, vítor, marcelo, patricia, mariana, sofia, inês, andré, jaime e michael.

Às amizades que me acompanharam durante o meu percurso escolar, desportivo e outras sinuosidades, inês, renato, Fábio, andreia, vasco, luna, solange, gabriel, andreia, ana, joana, joão, catarina, bento, guilherme, daniela, mariana, pinho, susana, rosa, luís, joana, andré, gomes, susana, pedro, luís, beatriz, coelho, zé, catarina, rebecca, mariana, kiko, gil, gonçalo, miguel, beatriz, pol e mata.

À companhia de todos os momentos:

billie, mat, ollie, austin, brian, kory, andrew, mac, jesse, brendan, hayley, kyle, phoebe, billie, claire, patrick, corey, steven, dave, morrissey, tom, portnoy, dominic, julien, joey, matt, chester, mike, ben, joel, ribas, parker, vasco, deryck, eddy, porter, robert, david, myles, isaac, ville, jay, alex, andré, jamie, chino, sidney, tom, sander, damon, gracie, ben, allen, brendan, andrew, joe, jeff, jorge, alex, gerard, john, jeremy, paul, fernando, david, manel, ian, lauren, erik, brandon, shadows, evan, keaton, thom, suggs, stephan, jake, kanye, nanna, mark, cory, james, billy, eric, serj, kristoffer, mark, eddie, benjamim, ian, hugo, joe, michael, matt, elena, aðalbjörn, dustin, kurt, elvis, bob, romy, karkov, mihoko, peter, anthony, katy, jerry, elliot, cassandra, jon, rui, til, mark, catherine, dave, nathan, gary, felix, jake, emilia, jonnhy, james, adam, ben, julian, patrick, ruth, steve, joey, guru, jim, darius, shane, hope, bo, parannoul, jerry, charlie, jax, spike, hank, jimmy, omar, ragnar, bojack, elliot, michael, kramer, house, jonas, takeshi, thommy, george, saga, edward, michael, walter, kim, louie, james, holden, al, todd, larry, phil, pablo, l, alyssa, dwight, kristin, dean, poe, gus, kim, g, darius, ted, leon, mike, sam, shikamaru, horace, derek, martin, jimmy, tony, barry, ginko, jesse, helly, earn, lester, bubbles, jet, faye, stringer, diane, leon, miyazaki, wes, edward, chihiro, san, keating, max, herman, setsuko, sean, will, ashitaka, colin, miles, goreng, rancho, v, evey, gustave, jojo, taku, jim, pazu, milo, murph, sam, francis, peter, jack, casey, jin, charlie, sam, evan, ruby, craig, noelle, borat, tulio, miguel, forrest, porco, flik, rick, zima, truman, mason, tom, summer, rocky, buzz, john, nic, k, baby, woody, guido, chris, alchemist, joy, evelyn, bean, dae-su, jiro, leon, driss, haku, tyler, alex, joel, clementine, mathilda, shosanna, vito, kikuchiyo, habu, lee, zissou, bukowski, salinger, huxley, james, zor, mucha, rui, diogo, guilherme, hugo, bruno, miguel, ricardo, salvador, durão, hugo, carlos, norm, serrão, barroso, seara, pina, joaquim, cándido, pedro, dane, britt, skeets, tas, leigh, trey, jd, lesion, bandit, jackal, ash, henry, joel, abby, ellie, sagan, saw, twelves, porto.

RESUMO

Nas últimas décadas, a relação entre questões como as alterações climáticas, a dependência de combustíveis fósseis e outros desafios energéticos relacionados com as necessidades crescentes de energia, têm estado na agenda das políticas europeias e mundiais.

Esses desafios, associados a debilidades sociais cada vez mais evidentes pelas fragilidades económicas, traduzem-se em problemas como a pobreza energética, o desconforto térmico e a falta de eficiência energética nas habitações. Em particular, a habitação social é um dos setores que mais sofre com estas questões.

Como resposta a estas problemáticas, organizações governamentais na Europa, continuam a estabelecer metas por forma a iniciar um processo de descarbonização e, ao mesmo tempo, a tornar as cidades mais eficientes e sustentáveis.

Esta dissertação surge neste contexto, tendo como objetivo principal perceber em que medida a abordagem a nível do bairro e o conceito de comunidade de energia renovável pode contribuir para uma melhoria do conforto térmico em habitações sociais e ajudar à redução da pobreza energética.

Para tal, o Bairro da Agra do Amial, localizado na freguesia de Paranhos, no Porto, que irá sofrer uma intervenção piloto com a finalidade de o transformar na primeira comunidade de energia renovável de Portugal, é escolhido como caso de estudo.

Através do software *DesignBuilder*, foi modelada uma amostra representativa do bairro e, através de simulações de alguns cenários, foi possível fazer uma avaliação do nível do conforto e das necessidades energéticas, caracterizando a situação atual e perspetivando possíveis situações futuras.

Adicionalmente, foi levado a cabo um trabalho de campo, com uma componente de monitorização e outra de pesquisa social, com o objetivo de fazer uma caracterização preliminar da situação atual.

PALAVRAS-CHAVE: habitação social, eficiência energética, conforto térmico, comunidades de energia renovável, pobreza energética.

ABSTRACT

In recent decades, the connection between issues such as climate change, the dependence on fossil fuels, and other energy challenges related to growing energy needs has been on the agenda of European and global policies.

These challenges, associated with social frailty increasingly evident due to economic weaknesses, translate into problems such as energy poverty, thermal discomfort, and lack of energy efficiency in homes. Social housing is one of the sectors that suffers the most from these issues.

In response to these problems, government organizations in Europe continue to set goals to start a decarbonization process and, at the same time, make cities more efficient and sustainable.

This dissertation arises in this context, with the main objective being to understand to what extent the approach at the neighborhood level and the concept of renewable energy community can contribute to an improvement of thermal comfort in social housing and help to reduce energy poverty.

To this end, the Bairro da Agra do Amial, located in the parish of Paranhos, in Porto, which will undergo a pilot intervention with the aim of transforming it into the first renewable energy community in Portugal, is chosen as a case study.

Using the DesignBuilder software, a representative sample of the neighborhood was modeled, and through simulations of some scenarios, it was possible to assess the level of comfort and energy needs, characterizing the current situation and envisioning possible future situations.

Additionally, a field work was carried out, with a monitoring component and a social research component, with the aim of making a preliminary characterization of the current situation.

KEYWORDS: social housing, energy efficiency, thermal comfort, renewable energy communities, energy poverty.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
1. Introdução.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. Estado da Arte	3
2.1. ENERGIA E HABITAÇÃO.....	3
2.1.1. ENQUADRAMENTO	3
2.1.1.1. Energia Em Portugal	3
2.1.1.2. Neutralidade Carbónica.....	6
2.1.1.3. Transição Energética	7
2.1.2. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO	8
2.2. HABITAÇÃO SOCIAL.....	11
2.2.1. ENQUADRAMENTO	11
2.2.2. POBREZA ENERGÉTICA	13
2.2.3. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO SOCIAL.....	15
2.3. COMUNIDADES DE ENERGIA RENOVÁVEL	16
2.3.1. ENQUADRAMENTO	16
2.3.2. PANORAMA PORTUGUÊS	18
3. Metodologia e Caso de Estudo	19
3.1. METODOLOGIA	19
3.2. CASO DE ESTUDO.....	21
3.2.1. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	21
3.2.2. ENQUADRAMENTO DA INTERVENÇÃO PREVISTA	26
3.2.3. INTERVENÇÃO PREVISTA	28
3.3. PLANO DE MONITORIZAÇÃO	31
3.3.1. EQUIPAMENTOS	31
3.3.2. MONITORIZAÇÃO HABITACIONAL	32
3.3.3. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA EXTERIOR	33
3.4. PESQUISA SOCIAL	34
3.5. MODELAÇÃO E SIMULAÇÕES	35

4. Trabalho de Campo	37
4.1. ENQUADRAMENTO	37
4.2. MONITORIZAÇÃO	37
4.3. PESQUISA SOCIAL	39
4.3.1. ENQUADRAMENTO	39
4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA.....	39
4.3.3. CARACTERIZAÇÃO HABITACIONAL	40
4.3.4. PERFIL DE UTILIZAÇÃO HABITACIONAL	41
4.3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	41
5. Modelação e Simulações.....	43
5.1. ENQUADRAMENTO	43
5.2. MODELAÇÃO	45
5.3. SIMULAÇÕES	53
6. Apresentação e Discussão de Resultados.....	55
6.1. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO	55
6.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA.....	58
6.2.1. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	58
6.2.2. TEMPERATURA E HUMIDADE.....	60
6.2.2.1. Análise da Influência da Orientação	60
6.2.2.2. Análise da Influência da Localização em Altura.....	63
6.2.2.3. Comparação Entre Cenários.....	64
6.2.3. AVALIAÇÃO DO CONFORTO.....	66
6.2.3.1. Análise da Semana Crítica.....	66
6.2.3.2. Análise das Semanas Críticas de Inverno e Verão	67
6.2.4. NECESSIDADES ENERGÉTICAS.....	68
6.2.4.1. Valores Reais de Consumo de Energia e Valores Estimados.....	68
6.2.4.2. Cenário Simulado para Pós-Intervenção	68
7. Conclusão	69
7.1. CONCLUSÕES FINAIS	69
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	70
Referências Bibliográficas	71
Anexo	I
INQUÉRITO SOCIAL.....	I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de energia primária por formas de energia em 1999 e 2019 (DGEG, 2021)	3
Figura 2 - Consumo de energia final por sector de atividade em 1999 e 2019 (DGEG, 2021)	4
Figura 3 – Produção de eletricidade por origem em Portugal (Agency, I.E., 2021)	5
Figura 4 - Produção de eletricidade por origem na Europa (Agency, I.E., 2021)	5
Figura 5 – Roteiro de Portugal até à neutralidade carbónica na habitação (Português, G., 2019)	6
Figura 6 – Número de certificados energéticos emitidos e a sua distribuição em 2020 (DGEG, 2021)	8
Figura 7– Evolução das classes de eficiência energética para habitações certificadas (DGEG, 2021)	9
Figura 8 – Propostas de medidas de melhoria e tipos de intervenções mais comuns (DGEG, 2021)...	9
Figura 9 – Medidas de melhoria e tipos de intervenções mais comuns em 2020 (DGEG, 2021)	10
Figura 10 – Percentagem de habitação social (Europe, H., 2019)	11
Figura 11 – Incapacidade de aquecer devidamente as habitações (Bouzarovski, S. [et al.], 2021)	13
Figura 12 – Benefícios das comunidades de energia renovável ao nível local (Europeia, U., 2018) ..	17
Figura 13 – Direitos assegurados às comunidades de energia renovável (Europeia, U., 2018)	17
Figura 14 – Fluxograma da metodologia	19
Figura 15 – Fluxograma dos planos de execução	20
Figura 16 – Fotografia aérea do Bairro da Agra do Amial	21
Figura 17 – Fotografia de dois dos blocos do Bairro da Agra do Amial.....	21
Figura 18 – Planta do esquema da organização dos blocos habitacionais	22
Figura 19 – Planta com organização de espaços e acessos aos fogos dos Blocos B, C, D, E e G	23
Figura 20 – Planta com organização de espaços e acessos aos fogos dos Blocos A, F e H.....	23
Figura 21 – Tipologias e números de pisos	25
Figura 22 – Situação profissional nos bairros de habitação social em Paranhos (Social, D.)	26
Figura 23 – Distribuição demográfica nos bairros de habitação social em Paranhos (Social, D.)	26
Figura 24 – Promotores do Projeto Asprela+Sustentável.....	27
Figura 25 – Rendas médias (em euros) por tipologia e por zona de habitação	28
Figura 26 – Dados do consumo e custo de energia	28
Figura 27 – Representação esquemática da intervenção prevista.....	29
Figura 28 – Distribuição de energia (valor médio em kWh por habitação)	30
Figura 29 – Custo da fatura elétrica com e sem adesão à CER.....	30
Figura 30 – HOBO U12-011 à esquerda e HOBO UX100-003 à direita.....	31
Figura 31 – Frações a monitorizar, orientação Norte-Sul	32
Figura 32 – Frações a monitorizar, orientação Este-Oeste	32
Figura 33 – Estação meteorológica do LFC.....	33
Figura 34 – Distância entre caso de estudo e estação meteorológica	33
Figura 35 – Fotografias exemplo indicativas da colocação dos sensores.....	38
Figura 36 – Planta exemplo dos locais escolhidos para a colocação dos sensores	38
Figura 37 – Distribuição demográfica nos fogos inquiridos	39
Figura 38 – Nível de escolaridade e situação de emprego nos fogos inquiridos	39
Figura 39 – Diagrama hierárquico do <i>DesignBuilder</i>	43
Figura 40 – Fachada Norte do modelo do Bloco A.....	45
Figura 41 – Fachada Sul do modelo do Bloco A.....	45
Figura 42 – Modelo renderizado	46
Figura 43 – Zonas e atividades nas frações do tipo T3	47
Figura 44 – Zonas e atividades nas frações do tipo T1	47
Figura 45 – Caracterização dos elementos de construção.....	48
Figura 46 – Definição das camadas das paredes interiores e cálculo dos parâmetros térmicas.....	49
Figura 47 – Modelo interativo dos elementos construtivos	50
Figura 48 – Preenchimento do separador das aberturas	50
Figura 49 – Definição do tipo de janela.....	51
Figura 50 – Configuração das águas quentes sanitárias.....	51

Figura 51 – Frações escolhidas para efeitos de simulação	53
Figura 52 – Frações monitorizadas e utilizadas para esta análise	55
Figura 53 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 14	55
Figura 54 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 42	56
Figura 55 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 53	56
Figura 56 – Comparação entre duas habitações do último piso, com a mesma orientação	57
Figura 57 – Comparação entre duas habitações do último piso, com orientações diferentes	57
Figura 58 – Fração escolhida para a validação do modelo	58
Figura 59 – Análise de temperatura (°C) para o quarto 1, com orientação a norte	59
Figura 60 – Análise de temperatura (°C) para o quarto 3, com orientação a sul	59
Figura 61 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno	60
Figura 62 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício melhorado na semana de inverno	60
Figura 63 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno	61
Figura 64 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno	61
Figura 65 – Humidade relativa (%), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno	62
Figura 66 – Humidade relativa (%), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno	62
Figura 67 – Temperatura operativa (°C), para os pisos 0 e 4 do edifício atual na semana de inverno	63
Figura 68 – Humidade relativa (%), para os pisos 0 e 4 do edifício atual na semana de inverno	63
Figura 69 – Temperatura operativa (°C), para os dois cenários na semana de inverno	64
Figura 70 – Humidade relativa (%), para os dois cenários na semana de inverno	64
Figura 71 – Temperatura operativa (°C), para os dois cenários na semana de verão	65
Figura 72 – Humidade relativa (%), para os dois cenários na semana de verão	65
Figura 73 – Somatório de graus hora de desconforto (°C.h) na semana de inverno	66

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos sensores de ambos dispositivos	31
Quadro 2 – Frações em monitorização	37
Quadro 3 – Nível de satisfação com a habitação e conforto no inverno e no verão	40
Quadro 4 – Uso de equipamentos por incapacidade financeira	40
Quadro 5 – Quantidade, tipo e localização de anomalias	41
Quadro 6 – Equipamentos e estratégias para aquecimento, arrefecimento e ventilação	42
Quadro 7 – Horário de ocupação padrão.....	46
Quadro 8 – Valores de U dos elementos de construção	49
Quadro 9 – Valores de U das paredes exteriores do edifício melhorado	52
Quadro 10 – Comparação do valor de U das paredes exteriores após medidas de melhoria	52
Quadro 11 – Comparação do valor de U dos envidraçados após medidas de melhoria	52
Quadro 12 – Somatório de Graus Hora de Desconforto, em °C.h, para as Semanas de Análise	67

SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

CO₂ – Dióxido de Carbono

GWh – Gigawatt-Hora

kVa – Quilovolt-Ampere

kWp – Quilowatt-Peak

kWh – Quilowatt-Hora

kWh/ano – Quilowatt-Hora por Ano

U – Coeficiente de Transmissão Térmico

°C – Graus Celsius

°C.h – Graus Celsius Hora

% – Percentagem

AdEPorto – Agência de Energia do Porto

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

CER – Comunidade de Energia Renovável

CERs – Comunidades de Energia Renovável

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

LFC – Laboratório de Física das Construções

PNEC 2030 – Plano Nacional de Energia e Clima 2030

PRR – Plano de Recuperação e Resiliência

PVC – Cloreto de Polivinilo

SCE – Sistema de Certificação Energético dos Edifícios

UPACs – Unidades de Produção para Autoconsumo

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Vivemos atualmente num contexto de crises; climática, económica, social, diplomática e energética. Estes temas estão interligados e têm um impacto cada vez maior e difícil de reverter.

A dependência de combustíveis fósseis, limitados e poluentes, em conjunto com obstáculos de cariz demográfico, relacionados com o crescimento constante da população, resultam em desafios energéticos associados às necessidades crescentes de utilização de quantidades colossais de energia que, atualmente, só conseguem ser saciadas, em grande parte, através do recurso a energias não renováveis que, por sinal, constituem a principal razão para as alterações climáticas. Este processo constitui um ciclo vicioso de não sustentabilidade que tem sido difícil de quebrar.

Para além destes problemas associados à dependência de combustíveis fósseis, existem também desafios de cariz social que evidenciam as fragilidades económicas de uma grande franja das populações. Um dos problemas mais relevantes prende-se com a questão da pobreza energética que está intimamente relacionada com a problemática da eficiência energética que há muito é motivo de preocupação por parte da União Europeia, e dos seus estados-membro. Nesse sentido, a União Europeia, tem tomado posições cada vez mais rígidas, através de legislação própria e acordos entre os estados-membro, de forma a lidar com o binómico da eficiência energética e da descarbonização da economia, e com vista a atingir uma neutralidade carbónica até 2050.

Esta conjuntura traça inevitavelmente o caminho a percorrer, onde será imperativo tornar as cidades mais eficientes e sustentáveis e, ao mesmo tempo, saciar as necessidades energéticas através de energias renováveis, não poluentes, seja na produção de eletricidade, nos transportes ou na indústria. Este caminho terá de ser complementado através de uma aposta no aumento da eficiência energética em todas as componentes dos ambientes urbanos, através de diversas medidas como edifícios com balanço energético tendencialmente nulo e ainda, uma aposta em transportes energeticamente mais eficientes.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo principal perceber em que medida a abordagem a nível do bairro e o conceito de comunidade de energia renovável pode contribuir para uma melhoria do conforto térmico em habitações sociais e ajudar à redução da pobreza energética.

Para tal, o Bairro da Agra do Amial, localizado na freguesia de Paranhos, no Porto, que irá sofrer uma intervenção piloto com a finalidade de o transformar na primeira comunidade de energia renovável de Portugal, é escolhido como caso de estudo.

Através do software *DesignBuilder* pretende-se modelar uma amostra representativa do bairro e, através de simulações de alguns cenários, perceber a resposta a nível do conforto e das necessidades energéticas, caracterizando a situação atual e perspetivando possíveis situações futuras.

É também levado a cabo um trabalho de campo com uma componente de monitorização e outra de pesquisa social. Este trabalho de campo permite uma caracterização preliminar da situação atual, antes da intervenção prevista e, por outro lado, complementa a informação introduzida no *DesignBuilder*, e permite a validação do modelo utilizado.

Finalmente, esta dissertação de mestrado pretende constituir um contributo prévio e essencial ao desenvolvimento de uma dissertação de doutoramento que aprofundará e alargará o tema presente.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é constituída por sete capítulos sequenciados da seguinte forma.

O capítulo 1 faz a introdução ao trabalho desenvolvido através de um enquadramento sobre o tema em estudo, seguido por uma exposição dos objetivos da dissertação, assim como a forma como esta está estruturada.

O capítulo 2 faz um enquadramento geral sobre os temas da energia e da habitação, onde são abordadas, através de uma análise ao nível europeu e português, as temáticas da neutralidade carbónica e da transição energética, com especial foco para o caso particular do estado da transição energética na habitação. Este capítulo faz também um enquadramento ao tema da habitação social através de uma caracterização da realidade europeia e portuguesa, abordando questões como a pobreza energética e fazendo um balanço do estado da reabilitação energética na habitação social. Finalmente, este capítulo faz um enquadramento ao tema das comunidades de energia renovável apresentando os últimos projetos e conclusões que já existem sobre este tema ao nível europeu.

O capítulo 3 apresenta a metodologia, faz a caracterização do caso de estudo e apresenta a intervenção prevista. Em seguida, este capítulo, explica o plano de monitorização e a pesquisa social preparada para o caso de estudo e, finalmente, detalha o processo de modelação e simulação no software *DesignBuilder* explicando e justificando quais os cenários de simulação previstos.

O capítulo 4 detalha o trabalho de campo que foi levado a cabo no Bairro da Agra do Amial através do plano de monitorização e da pesquisa social. Em relação à pesquisa social, este capítulo apresenta as respostas e conclusões retiradas do inquérito social que foi feito aos moradores do caso de estudo.

O capítulo 5 faz um enquadramento ao software de modelação e simulação *DesignBuilder* através de uma explicação geral e concisa. De seguida, este capítulo apresenta detalhadamente os passos para a modelação do bloco de habitações escolhido apresentando ainda as condicionantes e os cenários de simulações previstos.

O capítulo 6 faz a apresentação e discussão dos resultados. Começa por apresentar os resultados da monitorização e passa depois para os resultados da simulação numérica. Aqui, começa por apresentar a validação do modelo do *DesignBuilder* e faz a análise das simulações, através dos fatores de análise escolhidos, a temperatura e humidade, o conforto e as necessidades energéticas.

Finalmente, o capítulo 7 apresenta as conclusões finais do trabalho realizado e aborda os possíveis desenvolvimentos futuros relacionados com o tema.

Seguem-se as referências bibliográficas e os anexos.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. ENERGIA E HABITAÇÃO

2.1.1. ENQUADRAMENTO

2.1.1.1. Energia Em Portugal

Antes de abordar os temas da energia e da habitação e relacioná-los com os temas de fundo da transição energética e da neutralidade carbónica, é importante perceber o contexto em que Portugal se encontra no que toca ao consumo de energia e perceber ainda qual tem sido a tendência e evolução deste consumo ao longo dos anos.

É também relevante comparar alguns desses resultados com aquilo que é a realidade europeia e perceber que caminho tem vindo a ser percorrido, nos últimos anos, tendo em conta a própria legislação europeia e outros acordos europeus que trouxeram uma pressão positiva, através de muitas das metas e objetivos que se enquadram nos temas da transição energética, da neutralidade carbónica, da redução de emissões de gases com efeito de estufa e ainda sobre a aposta em energias renováveis.

Começando naturalmente por Portugal, podemos perceber que a distribuição do consumo de energia primária por formas de energia (figura 1), em 2019, foi constituída maioritariamente por petróleo sendo que este representa 42,1% do consumo de energia primária e continua a ser a forma de energia dominante. As energias renováveis aparecem em segundo lugar com uma percentagem de 26,7% seguindo-se então o gás natural com 23,6% que, embora seja uma alternativa não renovável, é menos poluente que o petróleo. Em quarto lugar, e ainda de forma isolada, temos o carvão com apenas 5,6 % sendo que, as outras formas de energia vêm em último lugar e totalizam 2,1%. (DGEG, 2021)

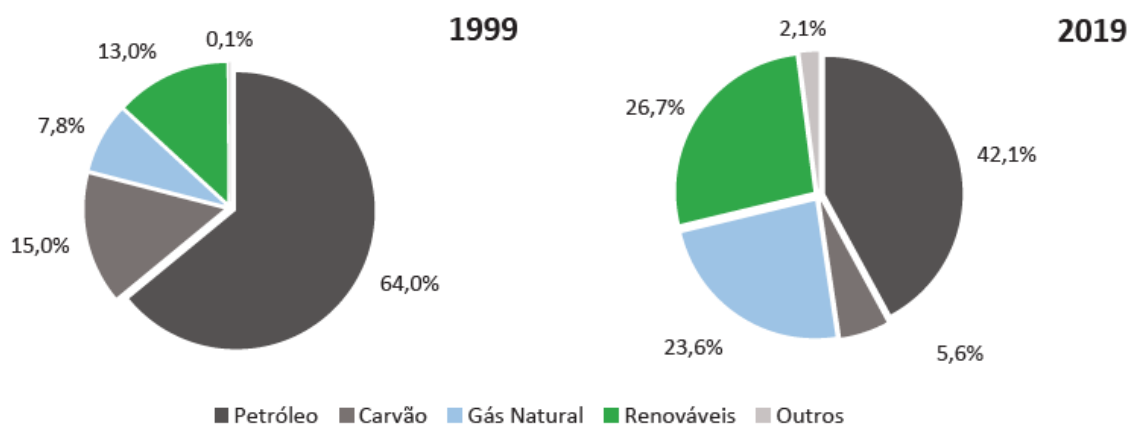


Figura 1 – Consumo de energia primária por formas de energia em 1999 e 2019 (DGEG, 2021)

Analisando aquilo que era a realidade portuguesa em 1999 verifica-se que o peso percentual do petróleo tem vindo a decrescer de forma drástica nos últimos anos, era de 64,0% no ano 1999 em comparação com 42,1% em 2019. Enquanto isso, o peso das energias renováveis tomou a direção oposta e duplicou de 13,0% em 1999 para um valor de 26,7% em 2019. Estes números vêm comprovar aquilo que tem sido uma aposta clara nas energias renováveis em Portugal que apresentam uma clara e contínua tendência de crescimento. (DGEG, 2021)

Para além das energias renováveis, também o gás natural apresenta uma subida assinalável de 7,8% em 1999 em comparação com um valor de 23,6% em 2019, este aumento segue em linha com o das energias renováveis visto que também o gás natural se apresenta como uma alternativa menos poluente que o petróleo. A queda mais considerável verifica-se no carvão que passa da segunda forma de energia com 15% em 1999 para a menos utilizada em 2019 com apenas 5,6%. Finalmente, em relação às outras formas de energia verifica-se um aumento muito considerável de 0,1% para 2,1%. (DGEG, 2021)

Tendo em conta a temática desta dissertação, é também interessante analisar o consumo de energia final por sector de atividade (figura 2) de forma a entendermos qual o peso do sector da habitação (doméstico) na realidade portuguesa.

No ano de 2019 em Portugal, as habitações consumiram 17,4% de toda a energia, por sector de atividade, sendo apenas ultrapassados pelos sectores da indústria e dos transportes com 29,5% e 36,1% respetivamente. (DGEG, 2021)

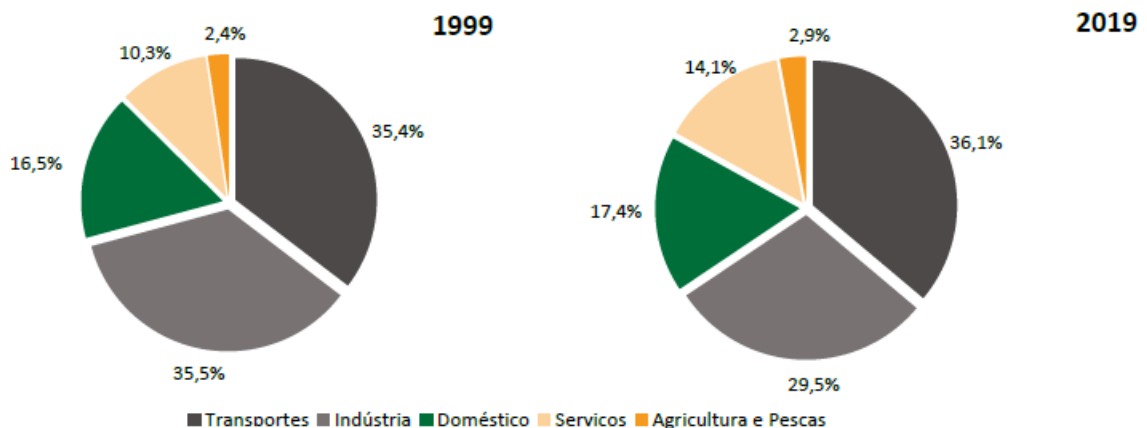


Figura 2 - Consumo de energia final por sector de atividade em 1999 e 2019 (DGEG, 2021)

Analisado novamente aquilo que era a realidade do consumo em Portugal em 1999 e comparando-o a 2019 podemos perceber que neste caso não existem alterações relevantes e que a divisão percentual por sectores se manteve aproximadamente estável sendo que é apenas assinalável uma diminuição na percentagem de energia consumida pela indústria que acaba quase por representar o mesmo crescimento no sector dos serviços. (DGEG, 2021)

Em relação ao tema da energia e da habitação é relevante realçar que o sector doméstico representa de facto uma fatia significativa no consumo de energia por sector de atividade e como tal, é uma fatia que pode e tem margem para ser reduzida. (DGEG, 2021)

É também pertinente enquadrar e comparar aquele que tem sido o caminho de Portugal em comparação com aquele que tem sido o caminho da Europa na transição energética relativamente ao consumo de energia tendo em conta as metas europeias relacionadas as energias renováveis. Quanto ao consumo de energia, é interessante fazer uma comparação entre dados relativos à produção de eletricidade visto que se trata da origem de energia preferencial para as habitações.

Dados relativos à produção de eletricidade por origem em Portugal (figura 3) confirmam que, assim como concluímos pelos dados anteriores, as energias renováveis têm vindo tendencialmente a ganhar uma fatia maior daquilo que é a produção de eletricidade. Paralelamente o carvão e o petróleo praticamente não são usados para gerar eletricidade em Portugal. (Agency, I.E., 2021)

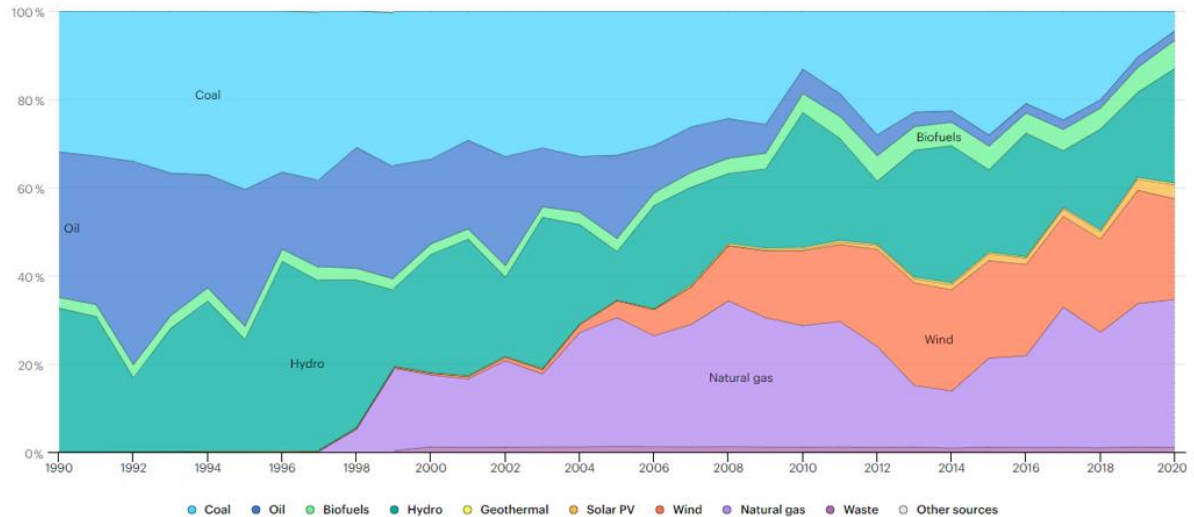


Figura 3 – Produção de eletricidade por origem em Portugal (Agency, I.E., 2021)

Na Europa, em comparação com aquele que é o cenário português, temos uma realidade diferente, mas com algumas tendências semelhantes (figura 4). A par de Portugal, o uso de petróleo para gerar eletricidade não é uma realidade e, contrariamente a Portugal, alguns países europeus têm apostado na energia nuclear que, embora seja uma fonte de energia “limpa”, continua a ser muito escrutinada tendo em conta os riscos de desastre nuclear. Paralelamente à realidade portuguesa, também na Europa existe um aumento, embora mais tímido, da produção de energia com recurso a origem renováveis como o caso da energia hidroelétrica, a energia do vento ou a energia solar (Agency, I.E., 2021)

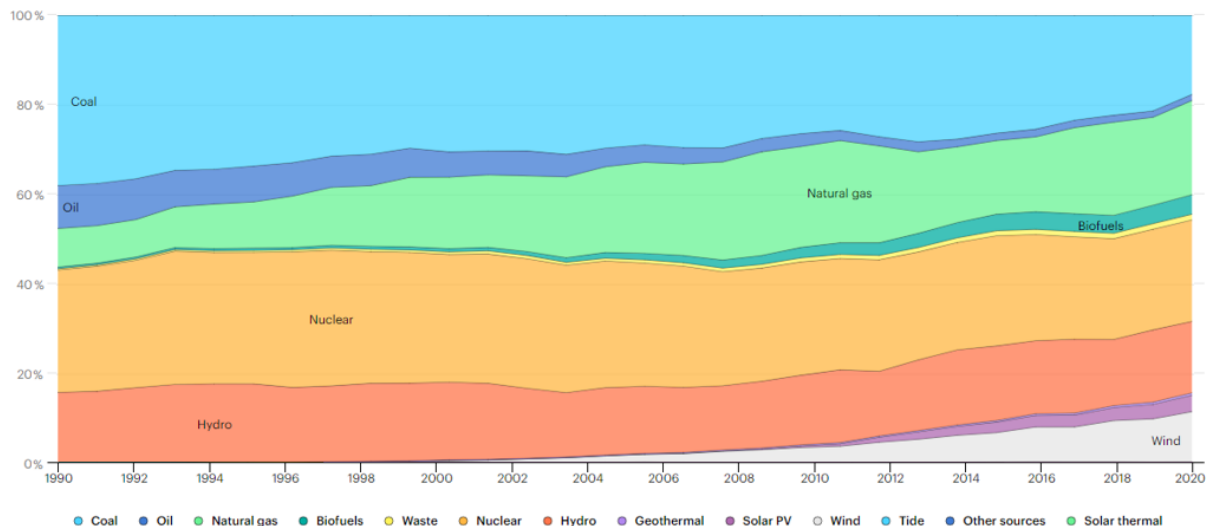


Figura 4 - Produção de eletricidade por origem na Europa (Agency, I.E., 2021)

Esta tendência crescente de produção de energia através de fontes renováveis enquadra-se em toda a linha com as exigências e metas da união europeia que têm como objetivo a neutralidade carbónica e vêm dar resposta a problemas muito discutidos na atualidade como a poluição, a escassez de recursos e as alterações climáticas. (Magrini, A. [et al.], 2020)

2.1.1.2. Neutralidade Carbónica

O Acordo de Paris, em 2015, veio estabelecer uma meta de reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa para chegar a valores máximos de até 2°C, preferencialmente 1,5°C, relativamente aos valores pré-industriais até ao final do século. Para atingir esta meta é necessário que até 2050 seja atingida uma neutralidade carbónica. (Salvia, M. [et al.], 2021)

O conceito de neutralidade carbónica é muitas vezes confundido com o conceito de carbono zero sendo que são conceitos semelhantes à superfície, mas substancialmente diferentes. Carbono zero implica que ao produzir um bem ou um serviço não damos origem a qualquer emissão de carbono. Neutralidade carbónica é um conceito teórico que implica um balanço neutro entre aquelas que são as emissões de gases com efeito de estufa e aquilo que as florestas, oceanos e solos conseguem absorver, retirando esse carbono da atmosfera. (Yuan, X. [et al.], 2022)

Como tal estima-se que, para atingir a neutralidade carbónica até 2050 será necessária uma diminuição na emissão de gases com efeitos de estufa no valor mínimo de 80% comparativamente aos valores de 1990. Para além desta meta, a união europeia definiu que, até 2030, era necessária uma diminuição mínima de 40% de emissões de gases com efeito de estufa de forma que pelo menos 32% da energia gerada tivesse origem em fontes de energia renovável. (Salvia, M. [et al.], 2021)

Comparando as emissões totais de gases com efeito de estufa por habitante ao nível dos países da união europeia em 2019, verifica-se que Portugal apresenta um dos valores mais baixos com apenas 6,2 toneladas de CO₂ emitidos por habitante, cerca de 22% abaixo daquele que é o valor médio registado pela união europeia que, em média, é de 7,9 toneladas de CO₂ emitido por habitante. (DGEG, 2021)

Em Portugal, desde 2019 que existe um plano delineado (figura 5) para que o sector da habitação consiga atingir a neutralidade carbónica até 2050. Este plano assenta em quatro princípios que estão relacionados com investimentos nas áreas da eficiência energética, isolamento térmico e reabilitação de habitações, eletrificação e por último uma aposta na energia solar e nas bombas de calor. (Português, G., 2019)

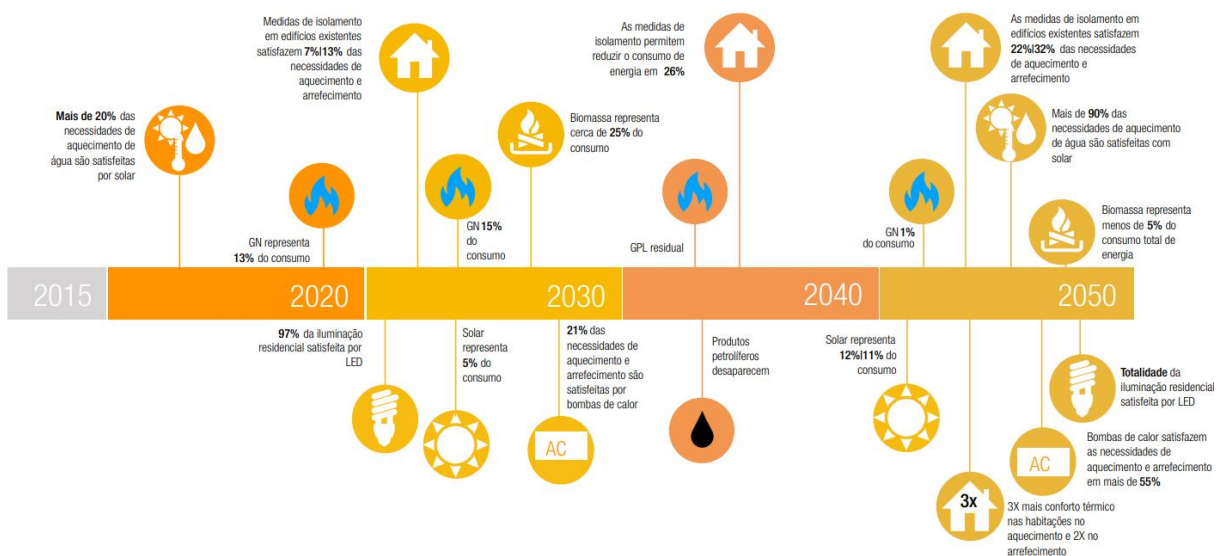


Figura 5 – Roteiro de Portugal até à neutralidade carbónica na habitação (Português, G., 2019)

De acordo com outro plano governamental português, Estratégia Portugal 2030, para que seja possível cumprir o objetivo da neutralidade carbónica até 2050, será necessária uma redução de emissões superior a 85 % em relação às emissões de 2005, isto admitindo que existe uma capacidade de absorção de carbono na atmosfera de cerca de 12 milhões de toneladas. (Português, G., 2019)

2.1.1.3. Transição Energética

Como resposta à problemática das alterações climáticas e com foco na neutralidade carbónica até 2050, como é objetivo da união europeia, é necessária uma transição energética onde o principal foco seja a descarbonização em todos os sistemas tecnológicos, desde a produção de eletricidade, como também, nos transportes e edifícios. (Commission, E., 2018)

Para que este conceito da descarbonização permita atingir as metas da neutralidade carbónica até 2050 na união europeia, será necessário que as emissões no sector da energia caiam praticamente para zero, tal redução implica necessariamente a introdução de mecanismos de transição energética como a implementação de tecnologias de baixo carbono, sejam elas, fontes de energia renovável, energia nuclear, dispositivos de captura e armazenamento de carbono ou ainda, que estas soluções sejam aplicadas em conjunto. (Zappa, W. [et al.], 2019)

No entanto, para que uma alteração na configuração energética tenha sucesso é necessário ter em conta que será indispensável um investimento muito elevado, o que faz com que esta transição energética seja um processo moroso e que se prolongue no tempo. (Hess, D.J. and Renner, M., 2019)

Outras das razões que provocam algumas dúvidas quanto ao sucesso da transição energética nos moldes que têm sido colocados é a questão da sustentabilidade dos sistemas de produção de energia renovável conseguirem, de facto, suprir na totalidade as necessidades de consumo. Alguns estudos preveem que, pelo menos a curto prazo, e muito por culpa da intermitência e falta de previsibilidade, as fontes de energia renovável não conseguiriam suprir as necessidades do consumo numa configuração energética apenas de energias renováveis. No entanto, as limitações técnicas da atualidade não serão forçosamente as limitações técnicas no futuro. (Jacobson, M.Z. [et al.], 2018)

Algumas formas de acelerar os processos de transição energética prendem-se com o desenvolvimento de soluções a um nível macro. Uma das soluções possíveis é diversificação na exploração de fontes de energia renovável de forma a mitigar a variabilidade na produção e, desta forma, estar menos dependente de um só sistema de produção de energia. É também necessário aumentar a capacidade de armazenamento energético para que seja possível fazer uma distribuição sazonal daquilo que é produzido e satisfazer as necessidades da população ao longo do ano. Para além destas duas soluções, é também imprescindível expandir a rede de transmissão energética a nível continental de forma que seja possível otimizar e dinamizar a venda de excedentes energéticos para países com maiores dificuldades de produção em determinada altura do ano. (Papaefthymiou, G. and Dragoon, K., 2016)

Outro estudo confirma que na união europeia, mesmo com uma configuração energética em que a energia solar e do vento estivessem totalmente otimizadas, seria necessária uma aposta mais veemente noutros sistemas de produção de energia renovável como hidrolétrica, geotérmica, biomassa e ainda, um investimento em sistemas de armazenamento sazonal, e só assim seria possível satisfazer a totalidade das necessidades energéticas das populações, no entanto, a velocidade de implantação destas soluções não está a acontecer a uma taxa que permita sonhar com esse cenário até 2050. (Zappa, W. [et al.], 2019)

Em Portugal no sector da energia e da habitação, o governo português, através do “Roteiro Para a Neutralidade Carbónica”, veio definir as linhas de atuação da transição energética que serão necessárias para cumprir o objetivo da neutralidade carbónica até 2050. Esses objetivos passam por aumentar significativamente a eficiência energética no sector residencial, apostando na incorporação de fontes de energia renovável, na reabilitação urbana e no uso de equipamentos mais eficientes. Outro dos objetivos relacionados com os temas da energia e da habitação é uma aposta na democratização e descentralização da produção de energia. Esta transição terá necessariamente de ser de forma progressiva e vai significar que o consumidor terá um papel mais ativo enquanto parte do sistema energético. (Português, G., 2019)

2.1.2. TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO

Como foi abordado no primeiro capítulo, o sector residencial era, em 2019, responsável por cerca de 17,4% do consumo de energia final, para além disso também é responsável por cerca de 2,5% das emissões nacionais de gases com efeitos de estufa. Para combater estes valores, estão previstas uma série de medidas de transição energética que visam um reforço no conforto térmico nas habitações, tanto no aquecimento como no arrefecimento, através de uma eletrificação do setor em conjunto com a utilização de equipamentos mais eficientes, pelo aumento de uso de materiais de isolamento e por maiores taxas de reabilitação urbana. Estima-se que apenas as medidas de isolamento possam reduzir em 50% o consumo de energia para aquecimento até 2050. De referir que, apenas com uma aposta continuada na reabilitação urbana é que é possível implementar melhorias na eficiência energética e hídrica, seja através da incorporação de materiais de baixo carbono ou fontes de energia renovável, contribuindo assim para o combate à pobreza energética. (Português, G., 2019)

Para analisar a evolução da eficiência energética no setor da habitação, é interessante perceber o que aconteceu depois da entrada em vigor, a 1 de janeiro de 2009, do sistema de certificação energético dos edifícios, SCE-I, e posteriormente em 2014 com a entrada do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, SCE-II. No gráfico de barras da figura 6, podemos analisar a evolução da emissão de certificados energéticos até 2020. Adicionalmente, o gráfico circular da figura 6, indica que, em 2020, apenas 19% dos certificados energéticos emitidos no setor da habitação foram referentes às classes de eficiência energética A e A+. Apenas 64% desses certificados são referentes a edifícios existentes, como tal, é difícil entender qual a evolução dos valores de eficiência energética para edifícios novos. (DGEG, 2021)

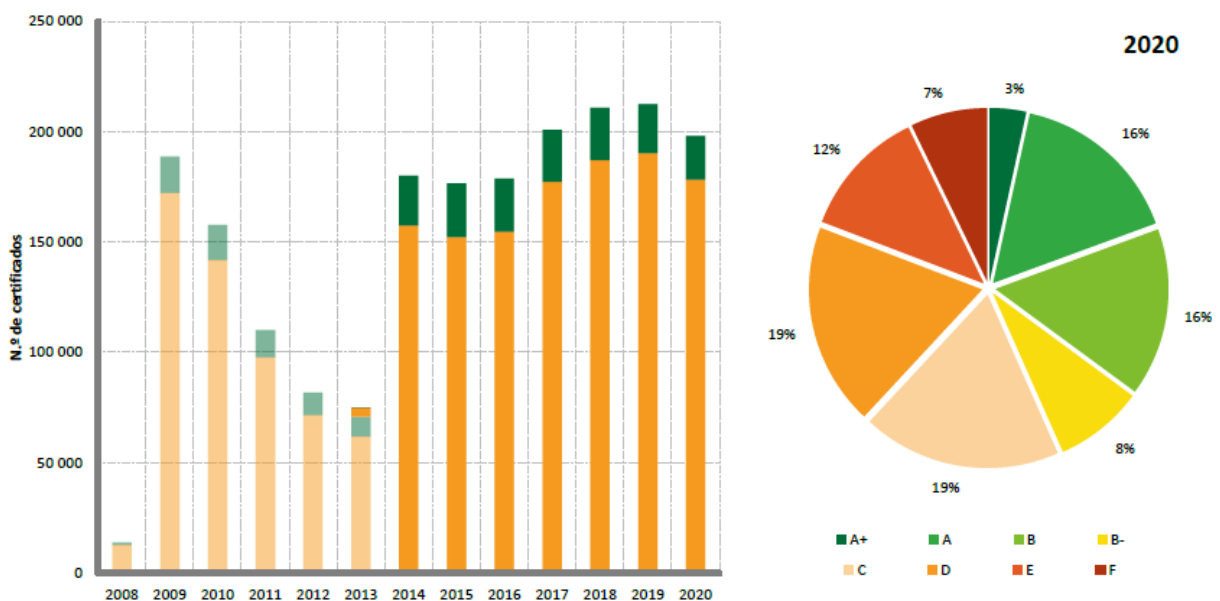


Figura 6 – Número de certificados energéticos emitidos e a sua distribuição em 2020 (DGEG, 2021)

A este ponto, seria interessante fazer uma comparação entre os valores percentuais das classes de eficiência energética dos certificados energéticos emitidos em Portugal com os valores médios europeus, no entanto, a forma de classificação dos certificados energéticos não é uniforme entre os países europeus o que faz com que seja difícil fazer uma comparação consistente. (Arcipowska, A. [et al.], 2014)

Fazer uma comparação entre a realidade europeia e Portugal é uma tarefa difícil, mas é possível concluir que a legislação, para edifícios novos e existentes, irá forçosamente levar a que os edifícios sejam energeticamente mais eficientes, e consequentemente, a terem melhores classes de certificação energética. (Economidou, M. [et al.], 2020)

Para além de perceber qual a percentagem de cada classe de eficiência energética em 2020, é também interessante perceber qual a tendência da variação percentual dessas mesmas classes de eficiência energética nos últimos anos. Com recurso à figura 7, é possível perceber que a classe energética do parque habitacional certificado tem vindo a melhorar nos últimos anos. Em 2014, cerca de 10% dos certificados correspondiam à classe B ou superior. Em 2020, esse valor sofreu um aumento para cerca de 35 pontos percentuais. (DGEG, 2021)

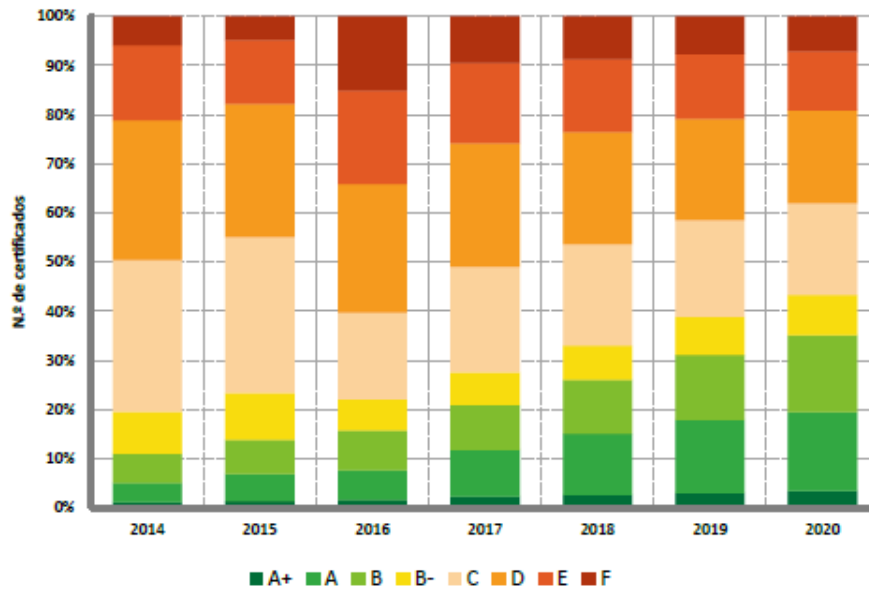


Figura 7– Evolução das classes de eficiência energética para habitações certificadas (DGEG, 2021)

É também interessante perceber a relação entre o aumento na classe dos novos certificados energéticos com a quantidade de propostas de medidas de melhoria no setor da habitação. De acordo com a metodologia do SCE-II e como podemos ver no gráfico de barras da figura 8, foram propostas um total de 2,78 milhões de medidas de melhoria, o que representa uma média de 2,3 medidas de melhoria por cada certificado energético emitido. (DGEG, 2021)

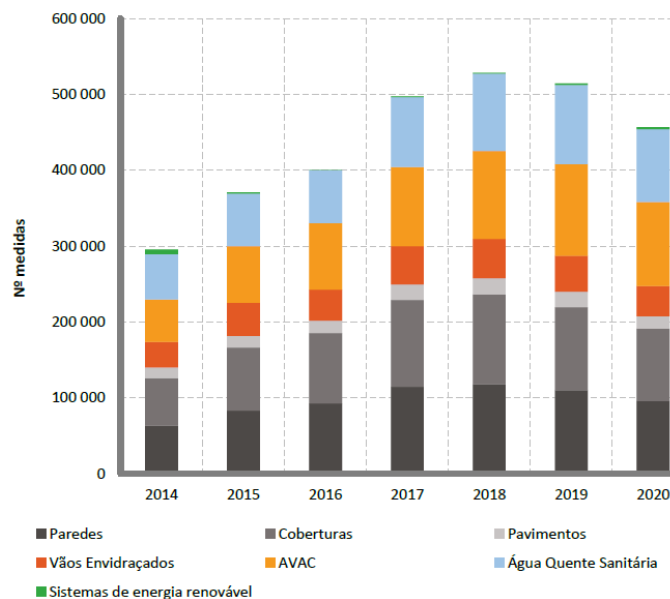


Figura 8 – Propostas de medidas de melhoria e tipos de intervenções mais comuns (DGEG, 2021)

Quanto às medidas propostas nos novos certificados, destacam-se especialmente as intervenções ao nível das paredes, coberturas, equipamentos de AVAC e ainda nos equipamentos para produção de água quente sanitária. Em 2020, como podemos ver pelo gráfico circular da figura 9, essas medidas representaram 86,3% das medidas propostas. (DGEG, 2021)

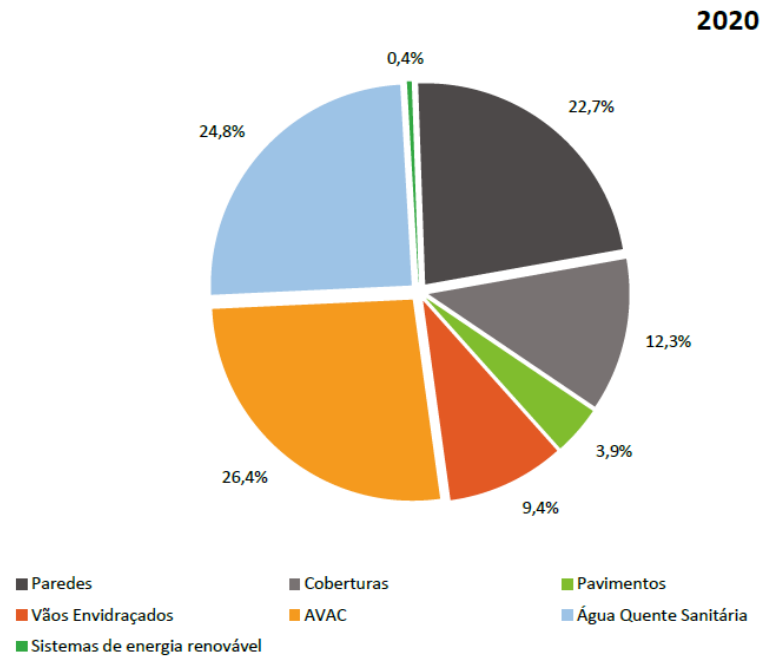


Figura 9 – Medidas de melhoria e tipos de intervenções mais comuns em 2020 (DGEG, 2021)

Embora exista uma tendência no aumento da eficiência energética dos edifícios de habitação, que é traduzida quer pelo número de medidas de melhoria propostas, como também pela evolução das classes de eficiência energética, como demonstra a figura 7, essa tendência traduz-se especialmente pelo efeito positivo que a construção de novas habitações tem e não tanto pela quantidade de reabilitações em edifícios antigos. (Pinheiro, L. [et al.], 2021)

Isto permite concluir que, embora exista uma tendência positiva ao nível do aumento da eficiência energética, existe também uma grande percentagem do parque habitacional que não está reabilitado cuja eficiência energética continua baixa e inalterada no tempo.

2.2.HABITAÇÃO SOCIAL

2.2.1.ENQUADRAMENTO

Habitação social pode ser definida como uma habitação a custos controlados, que não possui fins lucrativos, e que se destina a agregados familiares carenciados que não possuem condições económicas para suportar rendas do mercado habitacional, e ainda a todos os que possuem condições económicas, mas que não encontram oferta dentro das suas possibilidades económicas. (da Costa Borges, S., 2017)

Fazer uma análise agregada daquela que é a realidade europeia em relação à facilidade de acesso a habitações é uma tarefa complicada visto que os diferentes estados-membro têm políticas de habitação muito díspares. No entanto, o conjunto de países onde o esforço financeiro para aceder à habitação é menor tende a ser o conjunto de países onde a percentagem de habitação social (figura 10) é mais alta. Nesses países, como a Dinamarca, Países Baixos ou Áustria, o estado assume a responsabilidade na ajuda no acesso à habitação e tal pode ser justificado pela robustez económica destes países em comparação com os países do sul e este europeu que, para além de serem os países com economias mais fracas, são também os países com menor percentagem de habitação social. Embora o conjunto dos dados europeus sobre a facilidade de acesso à habitação indiquem que, na generalidade, não existe dificuldade nesse acesso, esses mesmos dados indicam que 10,2% das famílias na União Europeia gastam mais de 40% do seu rendimento disponível apenas em habitação. Adicionalmente, e se analisarmos apenas famílias em risco de pobreza, esse valor sobe para 37,8%. (Europe, H., 2019)

Austria	24%	Italy	4%
Belgium	7%	Netherlands	30%
Czech Rep	8%	Poland	8%
Demark	21%	Portugal	2%
Estonia	2%	Slovenia	6%
Finland	13%	Spain	3%
France	16.5%	Sweden	19%
Germany	3%	UK	18%
Ireland	9%		

Figura 10 – Percentagem de habitação social (Europe, H., 2019)

A dificuldade de acesso à habitação não é apenas um reflexo de problemas associados ao binómio oferta e procura, mas também à dificuldade de investimento que as cidades e governos têm ao nível da habitação. De forma a tentar solucionar este problema, estão a ser tomadas medidas, mais uma vez, distintas. Alguns países estão a optar por uma reformulação ao nível do planeamento urbano de forma a garantir que determinada zona deve ser alocada apenas à construção no âmbito da habitação social. A aposta em medidas de contenção do aumento do preço das rendas é outra das medidas que estão a ser tomadas, no entanto, a dificuldade de coordenação e implementação destas medidas constitui um obstáculo à alteração do panorama da habitação social num futuro próximo. Para além destas medidas, o investimento direto em habitação social é a medida que mais impacto direto para que as famílias tenham facilidade de acesso à habitação, no entanto, na União Europeia, de 2009 a 2015, o investimento em habitação sofreu uma queda de 44%, de 48,2 mil milhões de euros para 27,5 mil milhões de euros. Paralelamente, houve um aumento em gastos com ajudas de cariz social ao nível da subsídio de renda de 54,5 mil milhões de euros para 80,8 mil milhões de euros. (Europe, H., 2019)

Durante a última década, os preços das habitações sofreram um aumento de 30,2% e, paralelamente, as rendas registaram também um aumento de 14,8%. Este facto resulta do binómio oferta e procura, visto que existe uma diminuição na oferta de habitações a preços acessíveis e uma procura crescente que, em conjunto materializa-se num aumento de candidaturas pendentes ao acesso de habitações sociais por toda a europa. (Europe, H., 2021)

Em Portugal, cerca de 2% de todo o parque habitacional diz respeito à habitação social, o que corresponde a cerca de 118 mil fogos, proporcionando assim habitação a, aproximadamente 113 mil agregados familiares, englobando então cerca de 270 mil pessoas. (Antunes, G., 2019)

Segundo o plano Estratégia Portugal 2030 do governo português, o levantamento nacional das necessidades de realojamento habitacional realizado pelo Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana, junto dos municípios em 2018, indica que existem em Portugal cerca de 26 mil famílias que vivem em condições de habitação claramente insatisfatórias, nomeadamente, em alojamentos degradados, construções precárias ou mesmo em alojamentos que não têm as condições mínimas de habitabilidade. (Português, G., 2020a)

Para além desses valores, outra questão preocupante está relacionada com o facto de que, apenas em Lisboa, existiam à data de 2020, cerca de 13685 candidaturas à habitação social que estavam com resposta pendente, sendo que não existem valores nacionais. Adicionalmente, e para a Área Metropolitana de Lisboa, estima-se que apenas 14% dos 2,8 milhões de habitantes consideram fácil encontrar habitações de boa qualidade e a preços acessíveis. A nível nacional estima-se que existam cerca de 6 mil pessoas em condições de sem abrigo. (Europe, H., 2021)

Em Portugal, desde 1987 até 2011, foram investidos cerca de 9,6 mil milhões de euros em políticas de habitação. Desse valor, 73,3% foram destinados a apoios à pessoa, através de bonificações de juros no crédito à habitação, sendo que apenas 16,1% foram aplicados em programas de promoção direta à habitação social o que limita, em grande medida, a construção de mais habitações públicas. Como tal, é possível concluir que estes investimentos revelam apenas uma falta de visão e estratégia a médio e longo prazo procurando apenas solucionar problemas de forma rápida e nem sempre eficaz, o que resulta que, com o passar dos anos, continuem a existir graves problemas de acesso à habitação condigna e subsistam bairros com habitações precárias, sem eletricidade, água canalizada, saneamento básico ou ainda iluminação. (Antunes, G., 2019)

É relevante salientar que, a habitação social em Portugal sofreu um aumento significativo a partir de 1986 como resposta às necessidades prementes de habitação digna para famílias carenciadas e com baixos rendimentos, principalmente nos grandes centros urbanos onde existiam grandes aglomerados familiares a viver em habitações ilegais. Tendo em conta este histórico, é claro que os edifícios de habitação social partilham características e métodos construtivos com grande parte do edificado residencial português, construído a partir da década de 1980 visto que a sua maioria sofreu intervenções apenas a um nível superficial. Como tal, é comum que estes edifícios apresentem diversas patologias e condições de baixa qualidade com implicações diretas ao nível do conforto e da saúde dos seus ocupantes. É então necessária uma aposta na reabilitação energética do parque habitacional, que como já foi descrito anteriormente, tem diversos benefícios, sejam eles de cariz económico, através da redução das faturas energéticas e aumento do rendimento disponível; social, através de um aumento da saúde e do conforto dos habitantes; e ambiental, através da redução das emissões de carbono, com vista a atingir as metas europeias da neutralidade carbónica. (Barbosa, R.M.M. and Almeida, M.G.d., 2021)

A habitação é uma necessidade básica e um direito consagrado a nível nacional, europeu e mundial, e só através dela é que será possível apoiar a resolução das carências habitacionais existentes e permitir que mais famílias vivam com mais qualidade e conforto. No entanto, no caso português, a habitação social, destina-se, geralmente, às classes sociais mais desfavorecidas e a sua oferta situa-se em bairros sociais, muitos deles com uma conotação a problemas sociais graves. Como tal, a habitação social não pode ser apenas uma solução de habitação baixo custo, é necessário que ofereça um maior leque de serviços e equipamentos de forma que exista uma maior integração com a comunidade circundante e permita que os seus habitantes possam alcançar um nível de vida superior. (da Costa Borges, S., 2017)

2.2.2. POBREZA ENERGÉTICA

Pobreza energética pode ser definida como uma situação na qual um indivíduo ou família apresenta uma incapacidade em suprir necessidades energéticas que permitam manter a sua habitação a uma temperatura confortável, ou seja, é a incapacidade de obter energia suficiente a preços acessíveis. Esta incapacidade pode surgir por razões de diferentes naturezas, seja pelos baixos rendimentos, seja por um constante aumento global dos preços da energia, seja pela ineficiência dos edifícios, ou ainda pela combinação destes três fatores. (Halkos, G.E. and Gkampoura, E.-C., 2021)

Os baixos rendimentos dependem, não só do estado da economia mundial, como também de outras políticas sociais que podem ser avaliadas através de indicadores como a taxa de desemprego ou a distribuição de riqueza pela população. Os preços da energia estão principalmente relacionados com o estado da economia mundial, com o mercado da energia, e ainda, com o nível de taxação que cada país indexa ao consumo de energia. Quanto à ineficiência energética dos edifícios, os problemas e dependências residem nas técnicas construtivas, no estado de conservação dos edifícios e muitos outros problemas relacionados com o setor da construção. Estes três fatores estão intimamente ligados e relacionam-se de formas variadas. O preço da energia influencia aquilo que as famílias estão dispostas a pagar para consumir, por sua vez as famílias têm mais necessidades energéticas caso o desempenho energético do edifício seja pobre. (Fabbri, K., 2015)

Estima-se que a nível europeu entre 50 e 125 milhões de pessoas encontram-se em estado de pobreza energética, com especial foco (figura 11) para os países do Sul e do Este europeu que apresentam os maiores níveis de pobreza energética. Por outro lado, os países escandinavos são quem menos sofre com estas problemáticas. (Bollino, C.A. and Botti, F., 2017)

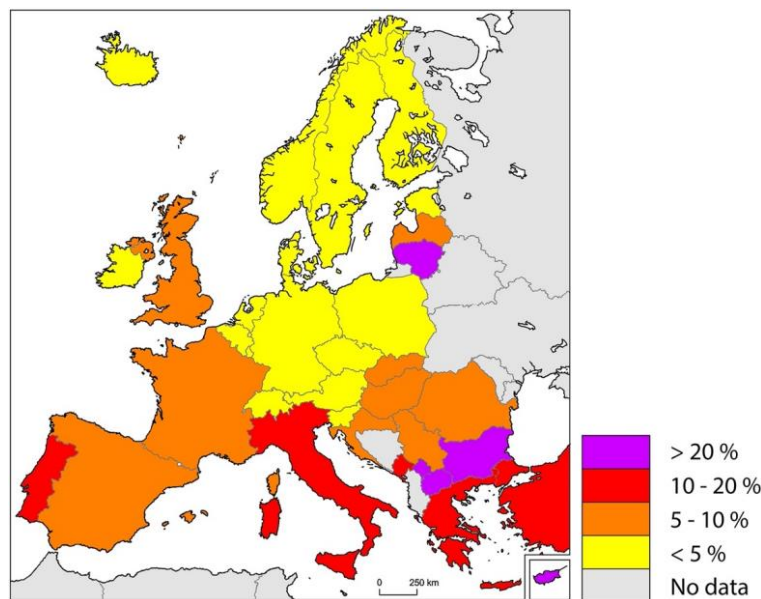


Figura 11 – Incapacidade de aquecer devidamente as habitações (Bouzarovski, S. [et al.], 2021)

A diferença entre os valores dos países do Sul e do Este europeu em comparação com os países escandinavos advém de razões de pobreza generalizada dos países em questão, desigualdades regionais, atrasos na transição energética do parque habitacional e ainda, a falta de hábitos energéticos que estão presentes nos países escandinavos. Estes países têm realmente a necessidade de aquecer as habitações durante grande parte do ano e não se sujeitam ao desconforto térmico como acontece em países do Sul e do Este europeu. (Bouzarovski, S. [et al.], 2021)

Um estudo na Grécia procurou perceber as condições de habitabilidade de 50 habitações com agregados familiares com poucos rendimentos. Uma das conclusões a que o estudo chegou foi que os residentes com menos rendimentos quase não aquecem as suas habitações o que leva a que as temperaturas internas dependam, exclusivamente da eficiência térmica e energética do edifício e faz com que as temperaturas internas acompanhem as variações de temperatura que se fazem sentir no exterior. Nesse mesmo estudo quase a totalidade da amostra experienciou temperaturas inferiores a 15° no inverno, temperatura que o estudo considera como de risco, colocando em causa o conforto e ainda saúde da população. A maioria das habitações possuem aquecimento central, mas devido aos preços associados à sua utilização, é dada a preferência à utilização de sistemas auxiliares móveis para aquecimento local, com tempos de utilização entre 0,75 e 3 horas por dia no inverno. Pese embora estes factos, a percepção de conforto térmico dos ocupantes foi classificada como razoável, tal circunstância justifica-se pela utilização de vestuário adicional e pelos sistemas móveis de aquecimento. Concluiu-se também que, em comparação com famílias com rendimentos mais elevados, as famílias com menores rendimentos teriam maiores gastos em energia para atingir a mesma temperatura nas suas habitações. Esta situação deve-se ao facto de que as habitações das famílias com maiores rendimentos têm, geralmente, melhores condições de eficiência térmica e energética e, como tal, necessitam de consumir menos energia para atingir e manter a mesma temperatura interior. (da Silva Seabra, B., 2020)

Um dos pontos de ação tem necessariamente de passar por uma melhoria nas condições de eficiência térmica e energética dos edifícios de forma a aumentar as condições de conforto. Este aumento de eficiência térmica e energética irá permitir não só esse incremento natural de conforto, mas irá também permitir que o consumo de energia, por muito ténue que seja, seja mais eficaz. (Melgar, S. [et al.], 2017)

Em Portugal a realidade é semelhante. Para lidar com o frio, são privilegiadas formas de conservação de temperatura corporal (através do uso de roupas e mantas), os equipamentos de aquecimento são geralmente utilizados nos dias mais frios e de forma bastante restritiva, existe também uma normalização do frio em casa o que conduz a uma cultura de aceitação e lidar com o frio torna-se algo habitual. Em contrapartida, para lidar com o calor, as práticas desenvolvidas resumem-se sobretudo à regulação da temperatura interior através de ventilação natural e na proteção contra excessiva radiação solar e entrada de ar quente do exterior, para lidar com o calor, a utilização de equipamentos elétricos é algo muito pontual. (Horta, A. and Schmidt, L., 2021)

Em Portugal, os equipamentos utilizados são, geralmente, os modelos mais baratos e o seu uso prolonga-se até à avaria, mesmo que já sejam pouco eficientes. Para famílias com menores rendimentos, o conforto térmico é considerado um luxo visto que muitas das necessidades básicas nem sempre são supridas, como tal, o aquecimento da casa ou a realização de obras que melhorem o conforto térmico não são investimentos prioritários. (Horta, A. and Schmidt, L., 2021)

Em termos de custos de energia e níveis de pobreza, Portugal continua acima dos valores médios europeus, sendo que no caso dos custos de energia, na segunda metade de 2018, foi o país em que a eletricidade foi mais cara para as famílias. Para além dos níveis de pobreza que se refletem através dos níveis de rendimento, o nível de pobreza reflete-se também pela degradação habitacional e na falta de reabilitação desses mesmos edifícios. (Horta, A. and Schmidt, L., 2021)

A pobreza energética advém de problemas de baixos rendimentos, custos com energia e ineficiências energéticas ao nível das habitações. Estas problemáticas estão interligadas e a atuação numa das suas componentes tem efeitos nas outras. Como tal, e embora o foco das entidades legislativas seja principalmente a redução do consumo de energia, é tão ou mais relevante investir na reabilitação das habitações, melhorando a sua qualidade, de forma a reduzir o desconforto térmico, e desta forma, reduzir o número de pessoas em situação de pobreza energética. (Dong, K. [et al.], 2022)

2.2.3. REABILITAÇÃO ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO SOCIAL

Apesar da habitação social ser regularmente vista como habitação antiga e degradada, é importante que os novos investimentos em habitação social tenham como base conceitos como longevidade e a sustentabilidade, em que as habitações sejam mais do que um teto. Esse será um fator chave para o aumento da coesão social entre bairros, de forma a estarem cada vez mais integrados nas cidades. De forma a combater o estigma da habitação antiga e degradada, é também importante que as habitações sociais estejam em linha com a aposta em edifícios energeticamente mais eficientes que poderá contribuir diretamente para o aumento do conforto e, eventualmente, na redução dos custos energéticos e consequente aumento de rendimento disponível para aquecimento e arrefecimento. (Europe, H., 2019)

Embora, como vimos no subcapítulo anterior, o investimento na habitação social tenha diminuído consideravelmente, alguns países europeus continuam a impulsionar esse investimento, principalmente na área da reabilitação. Casos como a Dinamarca e a Suécia que apostam numa “renovação verde” e que, até 2026, têm previsto investimentos na ordem dos 4 mil milhões de euros e 420 milhões de euros, respetivamente, apenas na área da reabilitação da habitação social com vista a atingir as metas de eficiência energética. Em muitas regiões europeia onde já foi feito algum desse investimento e reabilitação, a habitação social e cooperativa já é líder no que toca à transição energética, visto que conseguem satisfazer as necessidades básicas de conforto e acessibilidade económica a famílias com baixos rendimentos e, paralelamente, conseguem ser mais eficientes energeticamente do que a maioria das outras opções de mercado na área da habitação. (Europe, H., 2021)

Em Portugal, durante a próxima década, o Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) contempla um investimento de cerca de 2,7 mil milhões de euros no parque habitacional público e na reabilitação de habitações indignas das famílias com menores rendimentos, de forma a salvaguardar um acesso generalizado e condições de habitação adequadas. O plano engloba um programa de apoio ao acesso à habitação, a construção e reabilitação de habitações sociais que serão disponibilizadas a preços acessíveis e um plano de emergência para pessoas que carecem de soluções de alojamento com emergência. (Português, G., 2021)

Anteriormente à pandemia, a nível europeu, estava previsto um gasto anual de 23 mil milhões de euros para a construção de novas habitações sociais e um gasto anual de 23 mil milhões de euros para a reabilitação das habitações sociais existentes. Em conjunto, esses valores iriam resultar na construção e reabilitação de aproximadamente 400 mil habitações por ano, no entanto, para conseguir renovar a totalidade da habitação social na Europa até 2050, de forma a atingir para valores de eficiência energética B ou A que iriam contribuir substancialmente para a descarbonização do edificado e para as metas de neutralidade carbónica, era necessário aumentar, pelo menos, a reabilitação em 200 mil habitações por ano o que iria implicar um custo adicional de 10 mil milhões de euros por ano até 2050, sendo que estes gastos estariam apenas associados à intervenção na envolvente dos edifícios e não na descarbonização e renovação dos sistemas de aquecimento. (Europe, H., 2021)

Estes investimentos europeus estão associados aos planos de recuperação e resiliência e têm como base alguns critérios quer ao nível da construção nova, quer ao nível da reabilitação do edificado existente, em que as prioridades são, cada vez mais, as questões da sustentabilidade, da transição energética, da resiliência, e a aposta em energias renováveis que é vista como um fator chave na descarbonização dos edifícios, abrindo espaço para as comunidades de energia renovável. (Europe, H., 2021)

2.3.COMUNIDADES DE ENERGIA RENOVÁVEL

2.3.1.ENQUADRAMENTO

O acesso a tecnologias de energia renovável tem aumentado significativamente nos últimos anos, esse aumento deve-se a dois fatores que se relacionam de uma forma interdependente. O aumento da eficiência e capacidade de produção destas tecnologias leva a que exista um aumento na procura o que leva a que os fornecedores aumentem a produção e tornem essas tecnologias ainda mais rentáveis. Em comparação com os sistemas tradicionais e centralizados de produção de energia, as tecnologias de energia renovável, como os painéis fotovoltaicos, permitem a produção descentralizada de energia em grande escala (em edifícios) ou apenas individualmente (em habitações únicas). Esta qualidade permite, reduzir os custos de eletricidade e fazer com que o investimento, ao fim de determinado tempo, seja lucrativo. Tendo em conta estes princípios, o tema energias renováveis tem vindo a ser colocado como uma possível solução para alguns dos problemas da habitação social visto que, em teoria, permitem um aumento da energia disponível, a um custo reduzido, para os habitantes e, em paralelo, é uma medida que se aplicada, tem um impacto ambiental positivo a uma escala superior ao local em que se insere e, adicionalmente, é mais uma medida que se enquadra nas metas e planos da transição energética e da neutralidade carbónica. (McCabe, A. [et al.], 2018)

Tendo em conta a crescente popularidade e o aumento da acessibilidade das tecnologias de energia renovável é fácil de perceber que o conceito de comunidades de energia renovável (CER) tem aparecido na agenda mediática visto que pode ser uma possível solução, ou pelo menos uma alternativa sustentável, à configuração energética atual e alguns dos seus problemas subjacentes. As comunidades de energia renovável podem ser definidas como um projeto ou iniciativa onde as pessoas que a compõem têm uma palavra a dizer ou até mesmo propriedade sobre a gestão de energia renovável. Adicionalmente, as CER, têm como bases os valores ambientais ou valores económicos locais, e não lucrativos, onde o poder se encontra nos cidadãos, nas cooperativas ou nas autoridades locais. (Walsh, M. [et al.], 2020)

É então importante perceber, de forma mais extensiva, quais os benefícios e desafios associados às comunidades de energia renovável. Ao nível dos benefícios, a redução significativa das emissões de carbono com a substituição da produção de energia através de combustíveis fósseis por energias renováveis é um ponto fulcral de análise que, caso exista uma adesão massificada a estes modelos, podem significar uma redução significativa no consumo de combustíveis poluentes que atrasam a transição energética para fontes de energia renováveis que irão permitir atingir as metas de neutralidade carbónica. Outro dos principais benefícios prende-se com o combate à pobreza energética, visto que, em muitos dos projetos que já existem na Europa, é possível fornecer eletricidade a baixo custo às habitações envolvidas e com isto aumentar o conforto das suas casas. No Reino Unido, o projeto Brixton Energy Solar que visa apoiar pessoas em situação de pobreza energética, permitiu aos residentes locais terem acesso a uma parte da sua eletricidade de forma gratuita, através dos painéis fotovoltaicos instalados nos seus telhados. Adicionalmente, esse projeto também promove reuniões sobre eficiência energética por forma a instruir e ajudar as pessoas a reduzir os seus consumos e, consequentemente, as suas faturas energéticas. Quanto aos desafios, os maiores obstáculos estão relacionados com a falta de financiamento quer por parte dos estados como de empresas privadas que queiram investir neste novo modelo de negócio. Outro dos desafios está relacionado com os conflitos que surgem dentro da comunidade e que resulta de naturalmente seja por questões de poder, seja por visões diferentes de um determinado problema ou por qualquer outra situação. A gestão das dinâmicas de grupo e os problemas que dela resultam podem ser ultrapassados com acordos escritos, mas irão sempre existir. Finalmente, e a montante da existência da CER, os desafios relacionados com encargos administrativos e legais como a ligação à rede e outras licenças de construção, podem ser processos morosos e complicados que são desenhados para ser tratados por empresas e não por cidadãos comuns. (Walsh, M. [et al.], 2020)

Através da publicação da “Diretiva (EU) 2018/2001”, o Parlamento Europeu, entre outras informações acerca da utilização de energias de fontes renováveis, definiu também uma série de diretivas a serem seguidas pelos estados-membros europeus em relação ao tema das CER. Nessas diretivas encontram-se alguns esclarecimentos e informações que realçam o impacto positivo que o desenvolvimento do mercado para a energia de fontes renováveis apresenta ao nível das oportunidades de desenvolvimento regional e ao nível da coesão social através da autoprodução e do autoconsumo. Outro dos pontos em foco prende-se com a oportunidade que as CER representam na promoção da eficiência energética e no combate à pobreza energética através da redução do consumo e de tarifas de comercialização mais baixas como indica a figura 12. (Europeia, U., 2018)

- (67) A capacitação dos autoconsumidores de energia renovável que atuam coletivamente confere também às comunidades de energia renovável oportunidades para promover a eficiência energética ao nível dos agregados familiares e ajuda a combater a pobreza energética através da redução do consumo e de tarifas de comercialização mais baixas. Os Estados-Membros deverão tirar adequadamente partido dessa oportunidade, avaliando, designadamente, a possibilidade de viabilizar a participação dos agregados familiares que, de outro modo, poderiam estar impedidos de o fazer, incluindo os consumidores vulneráveis e os inquilinos.

Figura 12 – Benefícios das comunidades de energia renovável ao nível local (Europeia, U., 2018)

O Artigo 22º da “Diretiva (EU) 2018/2001”, coloca em foco outro ponto relevante e que diz respeito aos direitos que os estados-membro asseguram às CER como é descrito na figura 13.

Artigo 22.º

Comunidades de energia renovável

2. Os Estados-Membros asseguram que as comunidades de energia renovável tenham direito a:
 - a) Produzir, consumir, armazenar e vender energia renovável, nomeadamente através de contratos de aquisição de eletricidade renovável;
 - b) Partilhar, no seu seio, a energia renovável produzida pelas unidades de produção que são propriedade dessa comunidade de energia renovável, com observância dos outros requisitos previstos no presente artigo, e mantendo os direitos e obrigações dos membros da comunidade de energia renovável enquanto consumidores;
 - c) Aceder a todos os mercados de energia adequados, tanto diretamente como através de agregação, de forma não discriminatória;
4. Os Estados-Membros devem prever um regime propício para promover e facilitar o desenvolvimento de comunidades de energia renovável. Esse regime deve assegurar, nomeadamente, que:
 - f) A participação nas comunidades de energia renovável seja acessível a todos os consumidores, inclusivamente a famílias com baixos rendimentos ou em situação vulnerável;

Figura 13 – Direitos assegurados às comunidades de energia renovável (Europeia, U., 2018)

2.3.2. PANORAMA PORTUGUÊS

Comparando a dependência energética entre os países da união europeia, verifica-se que, em 2019, Portugal era o oitavo país com a maior dependência energética, 16% acima da média da união europeia, que é de 57%. Como tal, é claro que um dos principais objetivos da política energética nacional é a redução da dependência energética do exterior, estando estabelecido no PNEC 2030 para um valor de 65% em 2030 e para valores inferiores a 20% em 2050. (DGEG, 2021)

Estes objetivos podem ser uma força motriz para que sejam feitos investimentos em sistemas como as comunidades de energia renovável. Em termos legislativos o despacho nº 890/2022, de 21 de janeiro vem estabelecer os objetivos e metas, no âmbito do programa de eficiência de recursos na administração pública, definindo no seu Ponto B, Objetivo 2: “Aumentar a incorporação de energias renováveis no consumo final através de soluções de autoconsumo” com o objetivo de assegurar até 31 de dezembro de 2024 que 5% da energia final consumida tivesse origem em sistema de energia renovável para autoconsumo.

Adicionalmente, o Programa Nacional de Investimentos 2030 contempla a promoção do autoconsumo e das comunidades de energia renovável reconhecendo o aparecimento de novos modelos de produção e consumo possibilitados pelas novas tecnologias e novos atores no mercado como as comunidades de energia renovável e o alargamento da possibilidade de vender e comprar energia elétrica na rede. A produção descentralizada de energia em regime de autoconsumo (de forma individual ou coletiva), a partir de fontes renováveis reforçam a coesão social e territorial, contribuindo para a redução de desigualdades, aumentando a competitividade entre fornecedores de energia e ajudando ao combate à pobreza energética, traduzindo-se numa redução de custos com as redes de transporte, distribuição e outras perdas. (Português, G., 2020b)

3. METODOLOGIA E CASO DE ESTUDO

3.1.METODOLOGIA

Neste capítulo será abordada aquela que foi a metodologia seguida no decurso desta tese de mestrado cujo objetivo final será perceber em que medida a abordagem a nível do bairro e o conceito de comunidade de energia renovável pode contribuir para uma melhoria do conforto térmico em habitações sociais e ajudar à redução da pobreza energética. Como indica a figura 14, para fazer essa análise foi delineada uma metodologia que assenta num estudo prévio e num plano de execução com duas componentes, um plano de simulação e um trabalho de campo, sendo que ambas serão parte integrante e fulcrais para a comparação e análise final dos resultados.

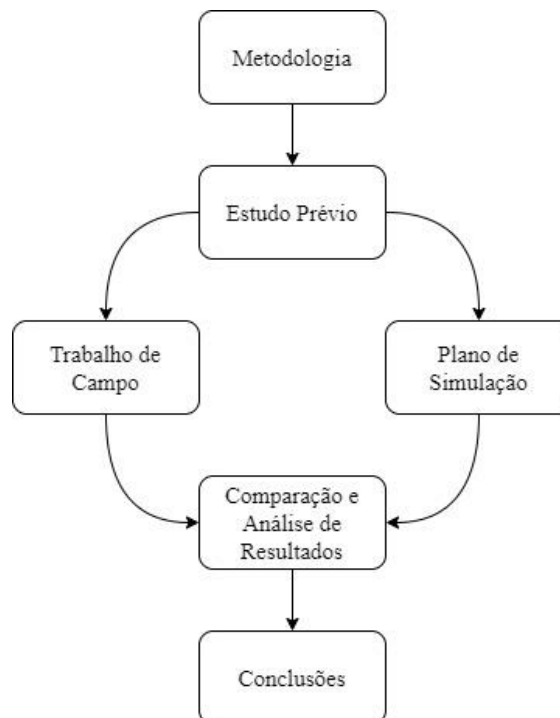


Figura 14 – Fluxograma da metodologia

Previamente, e de forma a preparar quer o trabalho de campo como o plano de simulação, foi necessário entender a composição, caracterização e as especificidades do caso de estudo. Para tal, recebemos algumas informações da AdEPorto e da Domus Social que ajudaram a perceber algumas das características do bairro de estudo, o Bairro da Agra do Amial.

O ponto anterior é importante e tem de ser prévio aos planos de execução previstos porque algumas das condicionantes encontradas podem limitar aquelas que são as nossas escolhas no plano de monitorização ou podem indicar qual será o bloco de habitações mais interessante de modelar no plano de simulação.

Posteriormente a esta análise é possível avançar para a preparação dos planos de execução como está representado no fluxograma da figura 15.

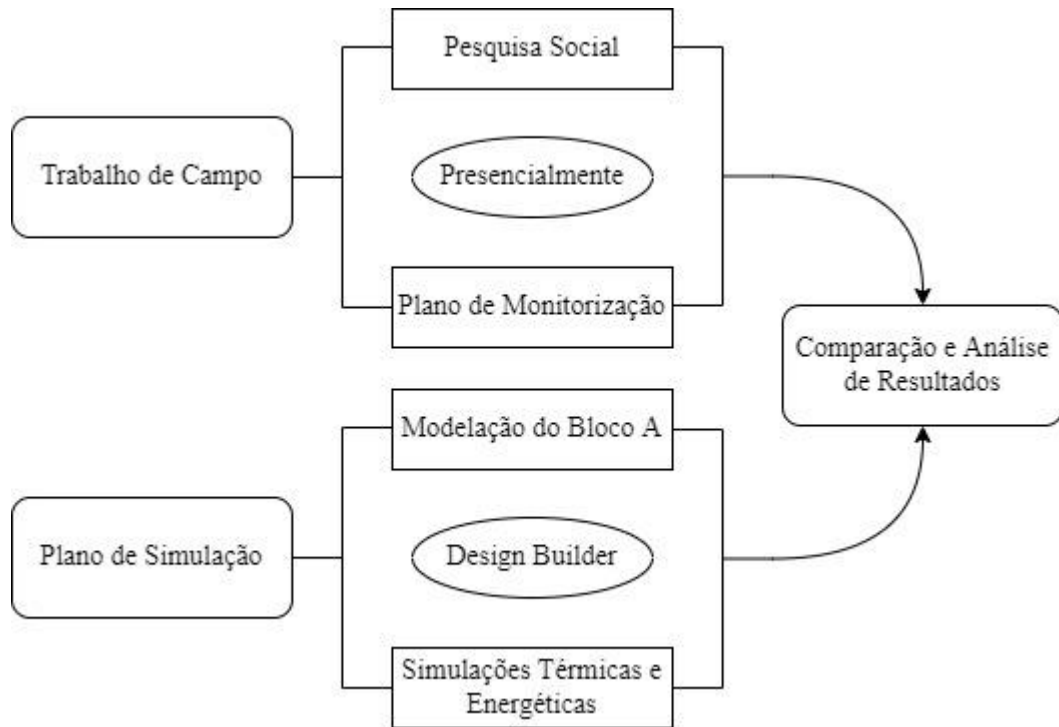


Figura 15 – Fluxograma dos planos de execução

O trabalho de campo consiste em dois domínios, ambos com uma componente presencial, um plano de monitorização e uma pesquisa social. O plano de monitorização, assim como o nome indica, abrange a monitorização de alguns fogos, criteriosamente selecionados, para fazer uma análise do desempenho térmico e energético das habitações. A pesquisa social abrange os inquéritos feitos a uma fatia dos moradores de forma a obter informações relativas aos equipamentos que possuem e, principalmente, para obter informações relacionadas com os perfis de utilização, ou seja, para além do consumo de energia, interessa conhecer os horários de ocupação, o número de pessoas que ocupam os espaços, os hábitos de abertura ou não de janelas, entre outros pormenores e padrões de uso.

O plano de simulação consiste também em dois domínios e será levado a cabo através da utilização de um programa de modelação e simulação, o *DesignBuilder*. Primeiramente será escolhido um dos blocos de habitações do Bairro da Agra do Amial que possa servir de modelo geral daquelas que são as condições do bairro. Em seguida, será modelado esse mesmo bloco de habitações, com o objetivo final de podermos utilizar as opções de simulação do programa para testar e simular diferentes cenários energéticos e de climatização a que as habitações possam estar expostas por forma a poder retirar conclusões ao nível do conforto térmico e das necessidades de consumo energético.

Finalmente, ambos os planos de execução serão analisados em conjunto de forma a comparar aquilo que foi o trabalho de campo e aqueles que foram os resultados das simulações no *DesignBuilder*, sendo que, será validar o modelo e retirar algumas conclusões adicionais ao nível do desempenho térmico e energético esperado em vários cenários de utilização.

3.2.CASO DE ESTUDO

3.2.1.DESCRICÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo foi o Bairro da Agra do Amial que se situa na Freguesia de Paranhos no Porto e é circundado pela Rua do Coronel Almeida Valente, pela Rua Conde Avranches, pela Rua Dr. António Bernardino de Almeida e atravessado pela Rua da Agra do Amial como é representado na figura 16.

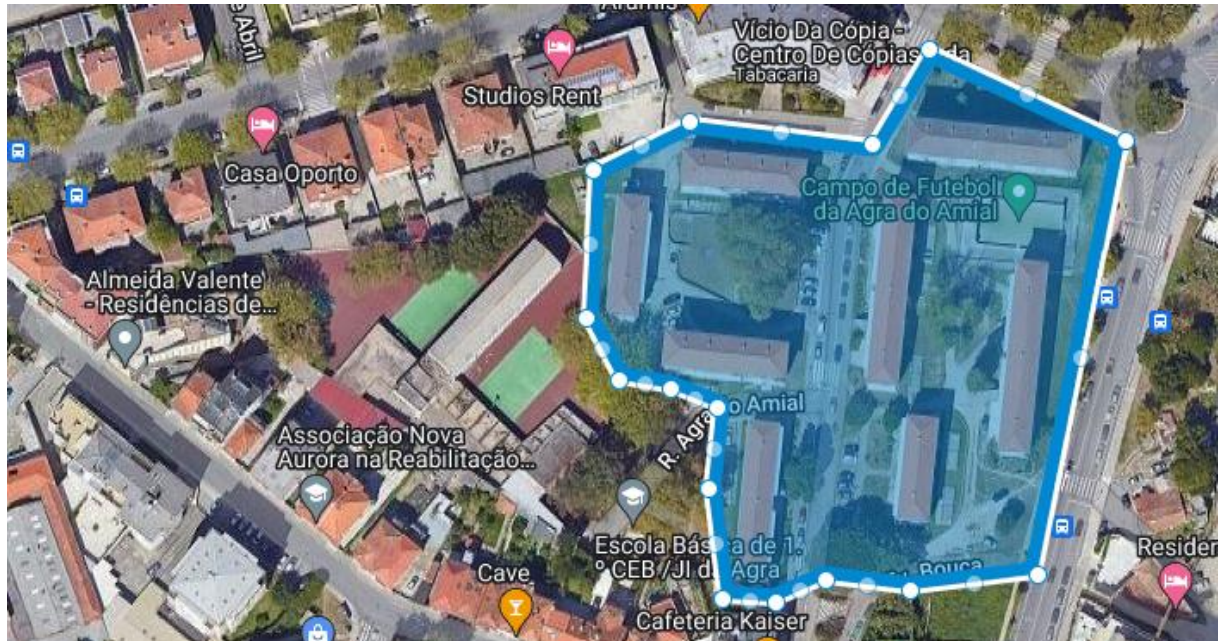


Figura 16 – Fotografia aérea do Bairro da Agra do Amial

O Bairro da Agra do Amial, ilustrado pela figura 17, é constituído por 181 fogos, distribuídos por 8 blocos de habitações, denominados de A a H sendo que dos 181 fogos existentes, 156 fogos encontram-se sob a gestão da Domus Social, empresa de habitação e manutenção do Município do Porto. Nesses 156 fogos residem cerca de 362 pessoas.



Figura 17 – Fotografia de dois dos blocos do Bairro da Agra do Amial

A construção dos edifícios que constituem o Bairro da Agra do Amial, data de 1960 sendo que desde então já foram objeto de obras de beneficiação entre 2001 e 2005 e, mais recentemente, em 2017, de obras de manutenção preventiva pela Domus Social. A manutenção contemplou intervenções nas coberturas, nas fachadas e empenas e, em pequena escala, na caixa de escadas.

Como já foi mencionado, o Bairro da Agra do Amial é constituído por 8 edifícios, denominados de A a H, sendo que em termos morfológicos existem dois tipos de edifícios distintos. A vista em planta pode ser vista na figura 18.

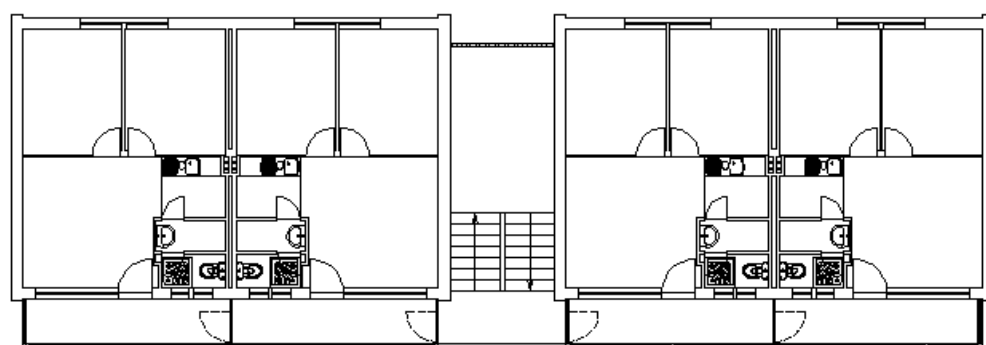


Figura 18 – Planta do esquema da organização dos blocos habitacionais

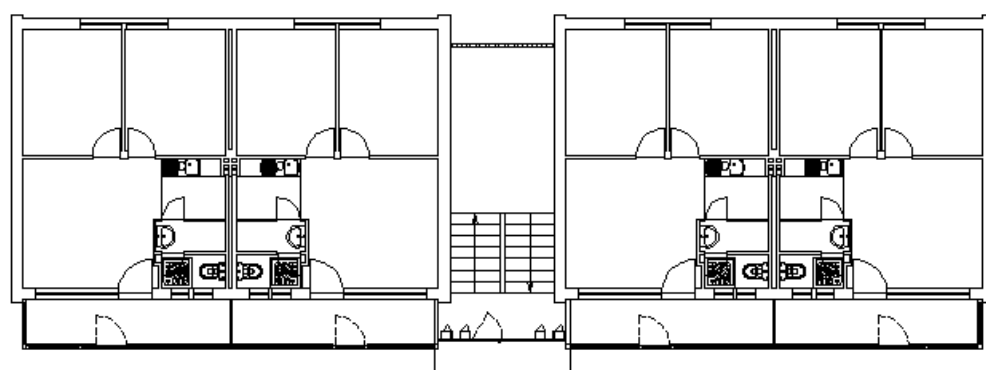
Os blocos B, C, D, E e G, possuem rés-do-chão e 3 a 4 pisos (dependendo do bloco) e caracterizam-se por uma tipologia de construção semelhante entre eles. O acesso às habitações é efetuado por uma comunicação horizontal ao nível do piso térreo. O acesso aos pisos superiores é efetuado por uma comunicação vertical interior (caixa de escadas) com aberturas nas fachadas frente e posterior. Ao nível de cada piso existe uma comunicação horizontal, enclausurada através de vãos envidraçados, que permite o acesso às habitações.

Os blocos A, F e H, possuem rés-do-chão e 4 pisos e caracterizam-se por uma tipologia de construção semelhante entre eles. Nestes edifícios o rés-do-chão é elevado, sendo que o acesso a todas as habitações é efetuado por uma comunicação vertical interior (caixa de escadas interior) existindo em cada piso acesso a duas habitações.

As figuras 19 e 20 ilustram as diferenças que falamos anteriormente sobre os dois tipos de morfologia presentes nos diferentes blocos de habitações do bairro.

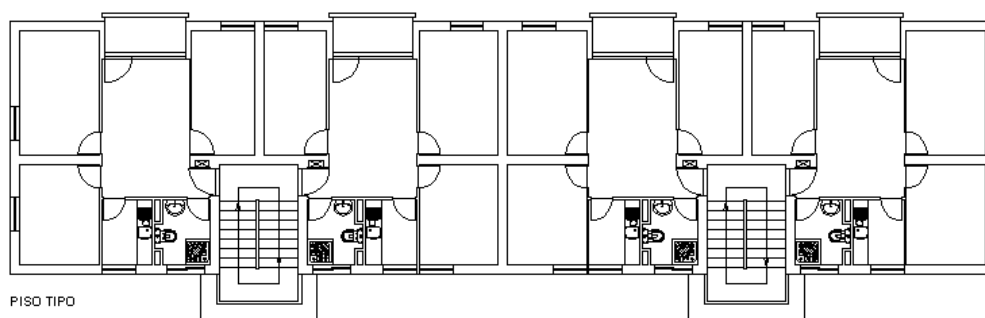


PISO TIPO

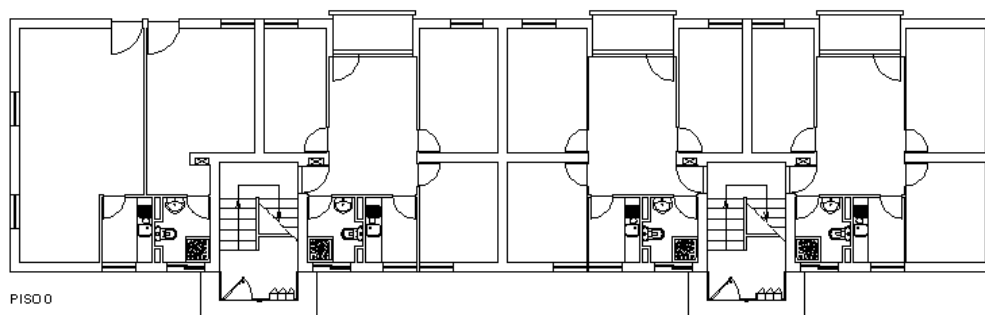


PISO 0

Figura 19 – Planta com organização de espaços e acessos aos fogos dos Blocos B, C, D, E e G



PISO TIPO



PISO 0

Figura 20 – Planta com organização de espaços e acessos aos fogos dos Blocos A, F e H

Em relação à caracterização construtiva foi possível apurar informações relativas à estrutura, às paredes exteriores, aos vãos envidraçados, às varandas, às coberturas, aos sistemas de drenagem de águas pluviais e ainda às caixas de escadas e às áreas de circulação.

Estrutura:

- Fundações com embasamento em perpianho, por forma a vencer desníveis no terreno.
- Estrutura porticada em betão armado e com lajes aligeiradas.

Paredes exteriores:

- Paredes de alvenaria em pedra de granito com espessura de aproximadamente 0,35 metros.
- O revestimento adotado foi de reboco e pintura.
- A camada de acabamento final, conforme se pode aferir nas fotografias abaixo é constituída por uma primeira camada de tinta de areia de cor clara, e duas camadas posteriores de cor rosa velho e uma última camada de cor rosa-claro, com aproximadamente 8mm.

Varandas:

- As varandas são em laje maciça de betão armado.
- Revestimento de piso é de marmorite.

Vãos envidraçados:

- Janelas de duas folhas de correr.
- Caixilharia em alumínio com vidro simples.
- Caixa de estores exterior.
- Sombreamento por estores de régua de PVC.

Coberturas:

- Coberturas inclinadas possuindo quatro águas.
- Estrutura em madeira assente em muretes de alvenaria de tijolo ou pedra com revestimento em telha cerâmica.
- Colocação de isolamento térmico, com a espessura de 8 centímetros .

Sistema de drenagem de águas pluviais:

- Caleiras periféricas que recolhem as águas pluviais e conduzem aos tubos de queda.
- Quatro tubos de queda por entrada e existência de caixas de visita na base dos tubos de queda.
- Existência de canelura em meia cana no perímetro dos edifícios para drenagem perimetral de águas pluviais.

Caixa de escadas e áreas de circulação:

- As caixas de escadas e as áreas de circulação horizontal são em laje maciça de betão armado e revestimento em marmorite assim como as varandas.
- Assim como mencionado em cima, dependendo do bloco em questão a circulação horizontal nos blocos B, C, D, E e G faz com que haja uma área de circulação horizontal consideravelmente mais extensa do que nos blocos A, F e H.

Em relação à caracterização e divisão das zonas interiores das habitações, todas têm “plantas-tipo” muito similares, variando apenas o número de quartos de cada fogo.

Todas elas apresentam uma cozinha, um quarto de banho, uma sala e pelo menos um quarto no caso das tipologias T1, até quatro quartos na tipologia T4. Em alguns dos casos existe também uma marquise nos blocos com varanda (A, F e H).

Como podemos analisar pela figura 21, as tipologias e o número de pisos variam mediante o bloco.

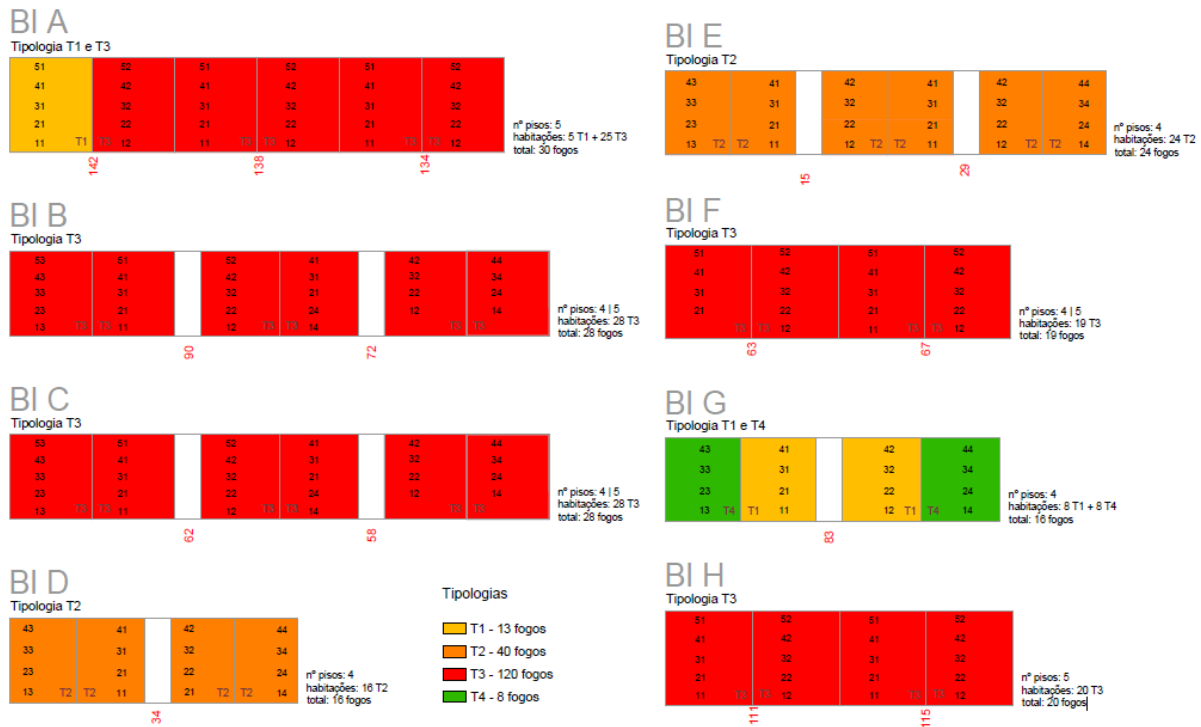


Figura 21 – Tipologias e números de pisos

Estas são as linhas gerais que permitem fazer uma caracterização do Bairro da Agra do Amial e que nos possibilitam um melhor entendimento daquelas que são as condições de ineficiência construtiva que, em conjunto com a pobreza energética que encontramos em bairros sociais como este, pintam um quadro bastante vívido daquela que é a realidade do nosso caso de estudo.

A falta de soluções construtivas que façam elevar o nível da eficiência térmica, como podemos comprovar pela inexistência de isolamento térmico (nas paredes e nas coberturas) e pela falta de qualidade dos vãos envidraçados (vidro simples e caixilharia sem corte térmico), fazem com que seja muito difícil esperar que estas habitações tenham um desempenho térmico e energético minimamente aceitável que permita um nível de conforto térmico satisfatório.

Tendo em conta que existe essa ineficiência energética seria necessário um investimento por parte dos habitantes em energia para atingir esse nível de conforto térmico, quer no verão quer no inverno, no entanto estamos a falar de um bairro de habitação social onde o nível de pobreza energética é bastante elevado.

Podemos então concluir que para atingir esse nível de conforto térmico podemos atacar o problema através de dois pontos de intervenção. Ou através de uma intervenção sobre as deficiências construtivas que levam a ineficiências térmicas ou através de uma intervenção que ajude a colmatar o problema da pobreza energética.

3.2.2. ENQUADRAMENTO DA INTERVENÇÃO PREVISTA

Posteriormente à análise e caracterização do caso de estudo do Bairro da Agra do Amial é relevante contextualizar o propósito da escolha deste bairro tendo em conta que é um dos temas centrais desta tese de mestrado, as comunidades de energia renovável.

Estamos na presença de um bairro de habitação social com claras ineficiências térmicas e energéticas sendo que, através de uma caracterização demográfica de todos os bairros de habitação social na freguesia de Paranhos é possível extrapolar e entender que se trata de uma população com rendimentos muito diminuídos visto que, como indica a figura 22, estima-se que 30% da população sejam pessoas reformadas, cerca de 27% sejam desempregados e ainda que 17% dos habitantes sejam pessoas empregados com trabalhos precários e sem contracto.

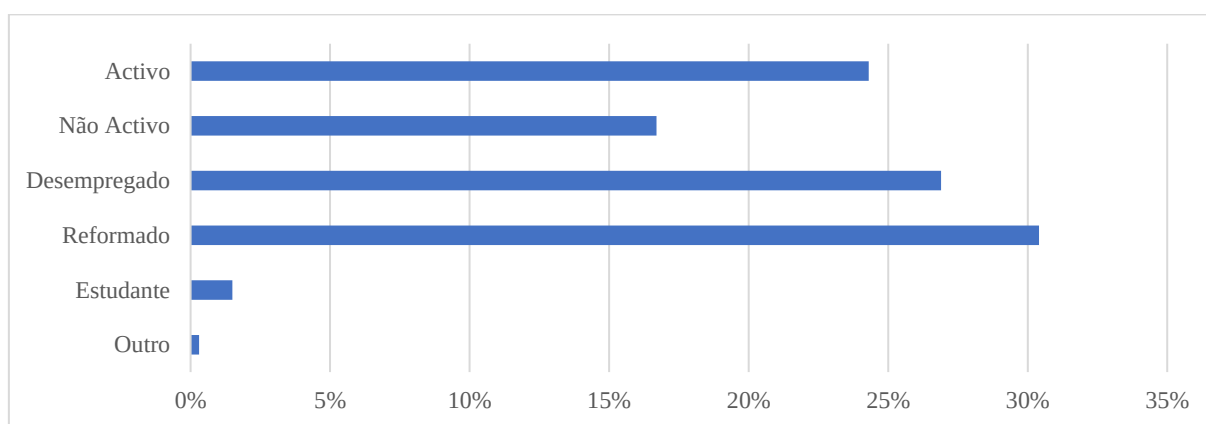


Figura 22 – Situação profissional nos bairros de habitação social em Paranhos (Social, D.)

Este panorama traduz necessariamente que estas famílias não conseguem fazer face a muitas das dificuldades económicas e estão vulneráveis a problemas como a pobreza energética sendo que, como agravante destes fatores, a caracterização demográfica da figura 23 permite-nos também entender que cerca de 62% da população do nosso caso de estudo tem idades superiores a 44 anos e que cerca de 31% tem mais de 66 anos. Estas são idades em que as pessoas são mais vulneráveis a casos de desconforto térmico, causa maior da pobreza energética.

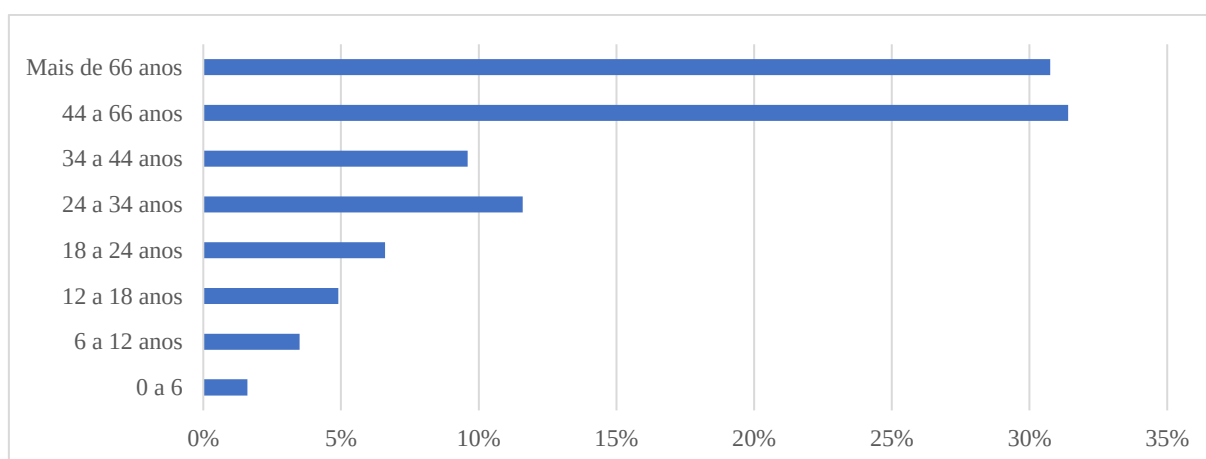


Figura 23 – Distribuição demográfica nos bairros de habitação social em Paranhos (Social, D.)

Sendo que uma das maiores bandeiras das comunidades de energia renovável é o combate à pobreza energética este seria obviamente um local interessante para estudar a implementação de um destes projetos com vista a dar solução a estas problemáticas.

O projeto Asprela+Sustentável (figura 24), no âmbito do programa “Ambiente, Alterações Climáticas e Economia de Baixo Carbono”, da autoria do governo português e promovido através de incentivos financeiros pelo EEA Grants serve de base para aquela que é uma aposta em soluções inovadoras e disruptivas na área da neutralidade carbónica e no desenvolvimento de projetos que permitam mitigar as alterações climáticas e contribuir para a transição energética.



Figura 24 – Promotores do Projeto Asprela+Sustentável

O consórcio do Asprela+Sustentável é liderado pela Coopérnico (Cooperativa de Desenvolvimento Sustentável) sendo que a coordenação técnica cabe à AdEPorto, em colaboração direta com o Município do Porto e ainda outras empresas e instituições como a Porto Ambiente, Porto Águas do Porto, Associação Porto Digital, INEGI, EFACEC, INESC TEC, IDN, Virtual Power Solutions e ainda a Federação Académica do Porto.

Dentro deste programa de investimentos, foi projetada uma intervenção no bairro em estudo com vista a torná-lo um “laboratório vivo” para estudar soluções no âmbito das comunidades de energia renovável tendo como finalidade criar aqui mesmo, no Bairro da Agra do Amial, uma comunidade de energia renovável.

Este projeto no Bairro da Agra do Amial foi o primeiro projeto de uma comunidade de energia renovável a ser classificado como projeto piloto pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e visa testar a viabilidade técnica e económica de práticas e tecnologias inovadoras, prevendo o autoconsumo de energia renovável, a inclusão de soluções de armazenamento e ainda a colocação de postos de carregamento de veículos elétricos.

A criação desta comunidade de energia renovável direciona-se para a habitação social e tem como objetivos principais o combate a problemáticas como a pobreza energética, a ineficiência energética, mas também fomentar valores como a economia circular e o envolvimento dos cidadãos na discussão destas problemáticas e quiçá incentivar algumas mudanças comportamentais no que toca aos hábitos energéticos.

Para além dos objetivos que têm como personagem principal os habitantes do Bairro da Agra do Amial, existe toda uma série de benefícios para o resto da população através da implementação destas comunidades de energia renovável, principalmente se analisarmos esta solução de um ponto de vista mais macro.

A implementação de CERs implica por si só a redução da dependência de energias fósseis e, como tal, contribui para a disseminação de mais fontes de energia renovável que permitem acelerar a transição energética que está prevista em muitos dos objetivos estratégicos propostos pela união europeia para os anos de 2030 e 2050. Outro dos pontos favoráveis e inovadores é a possibilidade de testar este tipo de produção descentralizada de energia que, quando adotado a grande escala, poderá contribuir para a diminuição de perdas na rede de distribuição local visto que a produção se localiza na mesma zona onde o seu consumo é destinado.

Este é um enquadramento para aquela que é a proposta de intervenção que será apresentada no próximo subcapítulo e que tentou dar uma visão geral sobre aquelas que são as ideias e objetivos previstos pelos promotores deste projeto.

3.2.3. INTERVENÇÃO PREVISTA

Para o Bairro da Agra do Amial está prevista uma intervenção ao nível dos 8 blocos de habitação assim como na Escola EB/JI Agra.

Em resumo do que já foi apresentado anteriormente, os 8 blocos de habitação contêm 156 fogos sobre (a gestão da Domus Social) com cerca de 362 residentes enquanto a Escola EB/JI Agra tem atualmente cerca de 127 estudantes.

Em termos económicos e como indica a figura 25, a renda média do Porto é de 59 euros enquanto os residentes do Bairro da Agra do Amial têm uma renda média que ronda os 29 euros. Este valor encontra-se muito abaixo dos valores pagos na freguesia de Paranhos onde a renda média atinge 95 euros, o que demonstra as fragilidades económicas dos habitantes da zona do Bairro da Agra do Amial em comparação com a freguesia onde está inserido.

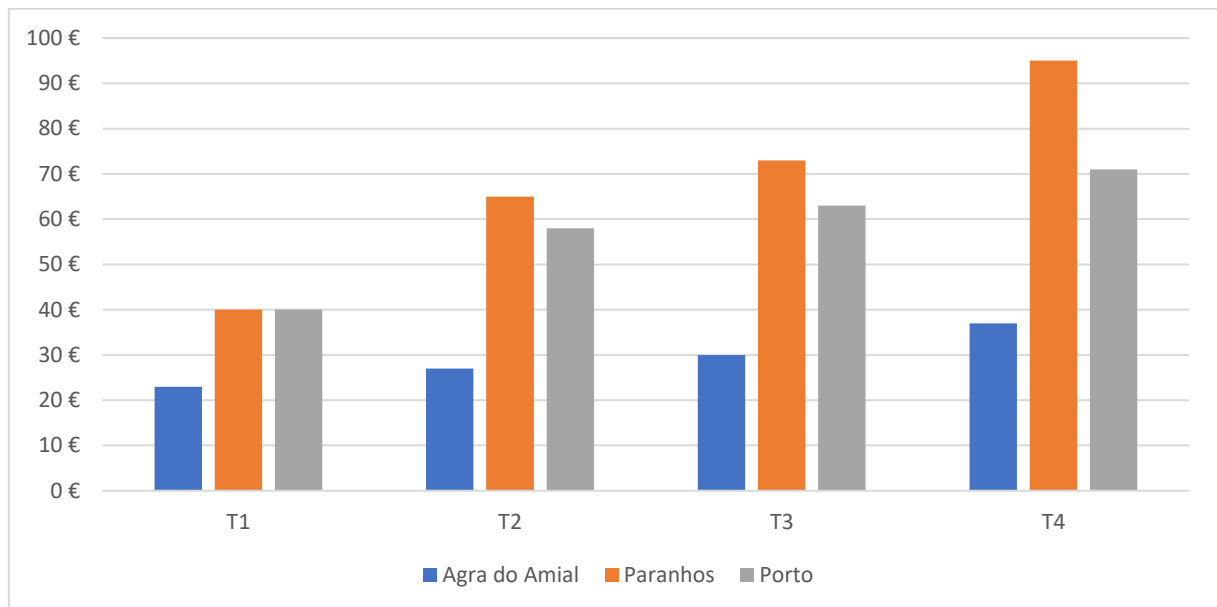


Figura 25 – Rendas médias (em euros) por tipologia e por zona de habitação

Em termos energéticos, e tendo como base os dados da AdEPorto da figura 26, o consumo de eletricidade do bairro é cerca de 602 200 kWh/ano o que resulta num custo com energia ativa na ordem dos 88 282 euros por ano, sendo que a energia ativa é a energia que realiza trabalho dentro de um sistema, sendo que neste caso é a energia responsável pelo funcionamento dos equipamentos em geral.

Para além disso, este consumo de energia resulta num encargo mensal médio de 81 euros por habitação que significa um gasto quase três vezes superior se compararmos àquela que é a renda média.



Figura 26 – Dados do consumo e custo de energia

A intervenção no Bairro da Agra do Amial contemplará a instalação de Unidades de Produção para Autoconsumo (UPACs) constituídas por um sistema de painéis fotovoltaicos e todo o equipamento associado. Está também prevista a instalação de baterias para o armazenamento de energia e carregadores para veículos elétricos. Quanto à localização prevista, a figura 27 representa o plano para a intervenção prevista assim como a localização das unidades de produção para autoconsumo.



Figura 27 – Representação esquemática da intervenção prevista

A distribuição prevista para os equipamentos é a seguinte:

Blocos de habitações:

- 15 UPACs: total de 101 kWp.
- Baterias: 100kVa/133kWh.
- 3 carregadores duplos para veículos elétricos de 22kW.

Escola EB/JI Agra:

- 1 UPAC: 13 kWp
- Baterias 2nd life: 15 kVa/21kWh

Com esta instalação, a AdEPorto estima a produção de cerca de 160 000 kWh/ano o que iria representar aproximadamente 26% do consumo de eletricidade do bairro. Para além disso está previsto uma injeção na rede de 9,5% da energia produzida.

Em termos de dimensionamento a AdEPorto tem prevista a utilização de perfis reais de consumo com dados de telecontagem e um dimensionamento da potência fotovoltaica de modo a otimizar a utilização da energia gerada.

Em relação à partilha de energia ainda está a decorrer o estudo das possíveis abordagens a tomar, sendo possível utilizar cenários de partilha de energia através de coeficientes de partilha fixos ou coeficientes de partilha proporcionais ao consumo e que seriam ajustados mediante essas variações de consumo.

Tendo em conta os dados apresentados é possível fazer algumas previsões sendo que a AdEPorto consegue estimar que, caso exista uma adesão da totalidade das habitações do bairro, é possível que a comunidade de energia renovável forneça, em média, 26% da energia elétrica anual sendo que será expectável, como podemos ver pela figura 28, que durante os meses de verão esse valor seja consideravelmente superior a 26% pela maior disponibilidade solar, enquanto nos meses de inverno esse valor seja consideravelmente inferior. Para além desses valores, está prevista uma redução local de 57 toneladas de emissões de dióxido de carbono por ano.

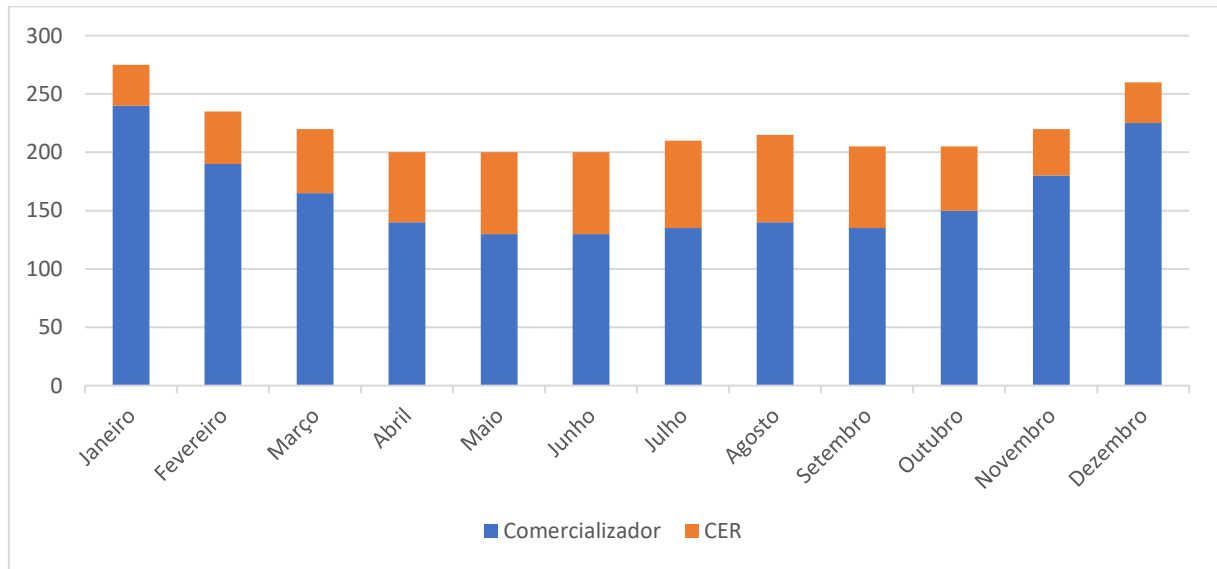


Figura 28 – Distribuição de energia (valor médio em kWh por habitação)

Analisando estes dados do ponto de vista do consumidor, embora esteja previsto que a comunidade de energia renovável consiga fornecer 26% da energia elétrica anual, o investimento no projeto terá de ser abatido gradualmente através da venda da energia aos habitantes do bairro a um preço que pode atingir os 40% de desconto em relação ao preço da energia vendida pelo comercializador. O *payback* estimado é de 8 anos e não existe informação se posteriormente à recuperação do capital investido se continuará a ser vendida aos habitantes do bairro uma percentagem da energia gerada.

Como tal, pelo menos durante os primeiros 8 anos, o desconto médio previsto na fatura elétrica por habitação pode apenas atingir os 10% como indica a figura 29.

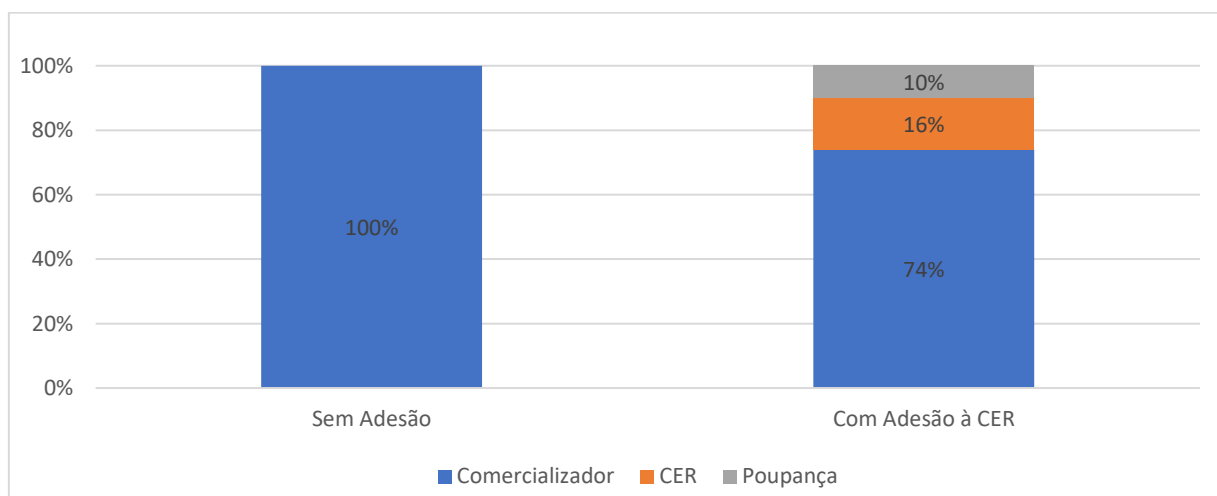


Figura 29 – Custo da fatura elétrica com e sem adesão à CER

3.3. PLANO DE MONITORIZAÇÃO

3.3.1. EQUIPAMENTOS

O objetivo principal do plano de monitorização prende-se com a necessidade de perceber as variações reais de temperatura e humidade relativa das habitações do caso de estudo e assim compreender o perfil de utilização. Esta informação, em conjunto com dados do clima exterior obtidos pela estação meteorológica do LFC, irão permitir validar o modelo de simulação do *DesignBuilder*.

Em relação aos equipamentos utilizados para monitorizar as condições de temperatura e humidade relativa nas habitações do bairro, foram utilizados, como podemos verificar pela figura 30, dois dispositivos da *ONSET*, o *HOBO U12-011* e o *HOBO UX100-003*.



Figura 30 – HOBO U12-011 à esquerda e HOBO UX100-003 à direita

Estes dispositivos são compostos por sensores que permitem medir os valores de temperatura (T) e humidade relativa (HR) e armazenar esses mesmos dados na sua memória. Os valores de temperatura podem ser apresentados em graus Celsius ou Fahrenheit enquanto os valores de humidade relativa são apresentados em percentagem. Foram utilizados dois dispositivos distintos apenas por questões de disponibilidade de material e, como podemos ver pelo quadro 1, as características dos sensores de medição de temperatura e de humidade relativa são similares e, como tal, os valores medidos não vão ser afetados por esta impossibilidade de ter apenas um tipo de dispositivo de monitorização.

Quadro 1 – Características dos sensores de ambos dispositivos

Sensores	Parâmetros	Intervalo de Medição	Precisão	Resolução
HOBO UX100-003	T(°C)	-20°C a 70°C	±0,21°C de 0°C a 50°C	0,024°C a 25°C
	HR (%)	15% a 95%	±3,5% de 25% a 85%	0,07% a 25°C
HOBO U12-011	T(°C)	-20°C a 70°C	±0,35°C de 0°C a 50°C	0,030°C a 25°C
	HR (%)	5% a 95%	±2,5% de 25% a 85%	0,03% a 25°C

Quanto ao intervalo entre medições para registo de dados este é personalizável mediante as necessidades de cada estudo, no entanto, o intervalo mínimo é de 1 segundo. Em termos de armazenamento, estes dispositivos podem, no seu limite, armazenar até 36000 dados de temperatura e humidade relativa. A velocidade com que os dispositivos atingem o seu limite varia necessariamente com o intervalo de registo selecionado pelo utilizador. Após a monitorização é possível, através da aplicação *HOBOWare*, descarregar os dados e analisá-los diretamente na aplicação ou, em alternativa, podemos dentro da aplicação exportar os dados para o programa de cálculo *Excel* e fazer um tratamento distinto desses mesmos dados e criar tabelas próprias.

3.3.2. MONITORIZAÇÃO HABITACIONAL

Quanto à monitorização local é interessante perceber a variação do comportamento da temperatura e humidade em habitações chave, que permitam entender os casos mais graves e, ao mesmo tempo, ter uma ideia geral do comportamento das habitações. Desta feita, foi definido que seria necessário estudar as duas orientações em que os edifícios do caso de estudo se dispõem, orientação Norte-Sul e orientação Este-Oeste. Dentro de cada orientação seria relevante perceber o comportamento em altura como também perceber o comportamento comparativo entre os extremos do edifício e o centro.

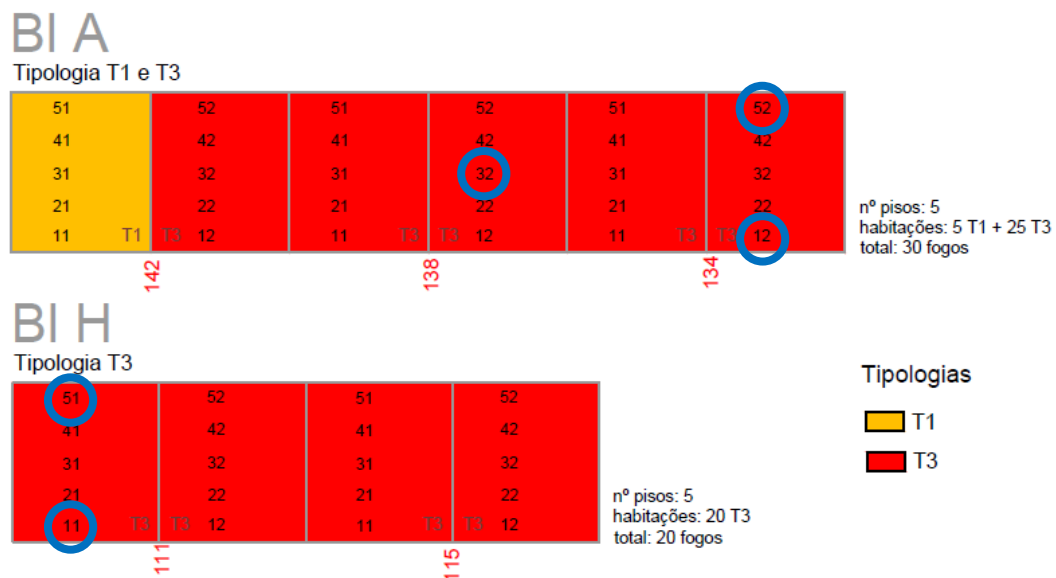


Figura 31 – Frações a monitorizar, orientação Norte-Sul

As figuras 31 e 32 indicam as frações selecionadas para a monitorização sendo que na figura 31 indica os fogos monitorizados com orientação Norte-Sul enquanto a figura 32 indica os fogos monitorizados com orientação Este-Oeste.

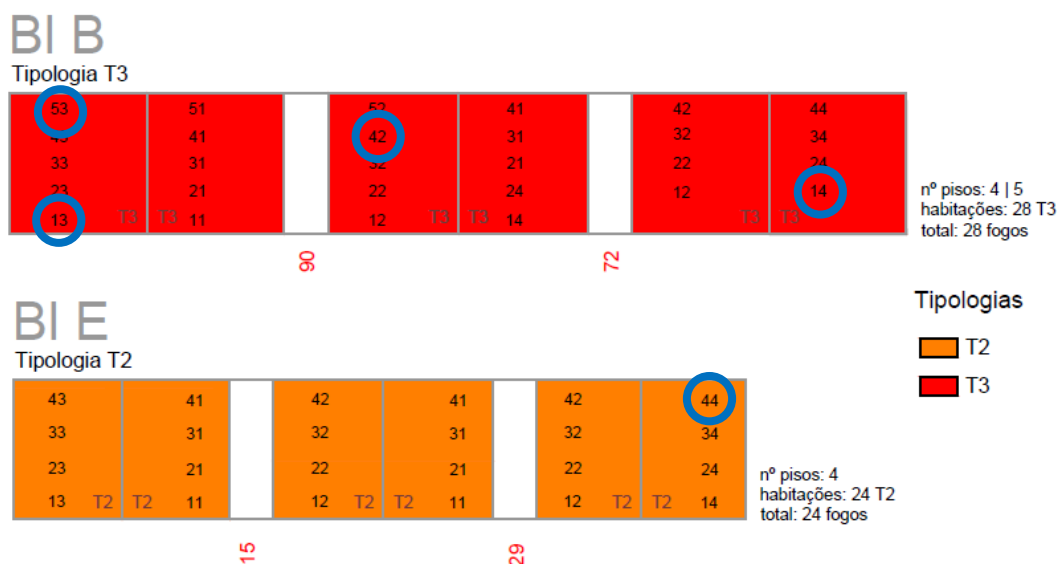


Figura 32 – Frações a monitorizar, orientação Este-Oeste

Não existindo a possibilidade de monitorizar todos os fogos relevantes no mesmo bloco de habitações foram escolhidas outras opções em edifícios com a mesma orientação.

3.3.3. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA EXTERIOR

Para a caracterização do clima exterior foi utilizada a estação meteorológica (figura 33) do Laboratório de Física das Construções (LFC) do Departamento de Engenharia Civil da FEUP. Esta é uma estação meteorológica urbana, ou seja, foi instalada com o intuito de estudar as condições climáticas num ambiente citadino, o que se enquadra na plenitude com o ambiente do Bairro da Agra do Amial.

A estação está colocada na parte superior do Departamento de Engenharia Civil e é composta por doze sensores, dois de temperatura, cinco de radiação solar e um sensor individual para cada um dos restantes parâmetros de estudo, a humidade, a precipitação, a pressão, a direção e a velocidade do vento.



Figura 33 – Estação meteorológica do LFC

Em resumo, os doze sensores em conjunto fornecem os parâmetros seguintes:

- Temperatura do ar [°C]
- Humidade relativa [%]
- Velocidade do vento [m/s]
- Direção do vento [graus]
- Pressão atmosférica [bar]
- Radiação solar global e difusa [W/m^2]
- Radiação atmosférica (de onda longa) [W/m^2]
- Radiação de onda longa emitida pelo solo [W/m^2]
- Precipitação [mm]



Figura 34 – Distância entre caso de estudo e estação meteorológica

Em relação à distância entre a estação meteorológica e o caso de estudo, a escolha da estação meteorológica do LFC permite, como indica a figura 34, que essa distância seja apenas de cerca de 1,11 quilómetros. É claramente a estação mais próxima do caso de estudo.

3.4. PESQUISA SOCIAL

Em paralelo com a monitorização habitacional foi feita uma pesquisa de social que se traduziu na elaboração de um inquérito aos moradores cujas habitações estavam a ser monitorizadas. O objetivo principal deste inquérito prendeu-se com a necessidade de fazer um perfil de utilização da habitação, este perfil é essencial para compreender os hábitos de aquecimento, arrefecimento e ventilação. Para além disso, foi também relevante perceber as condições gerais das habitações e ainda quais os equipamentos que as famílias mais utilizam para facilitar o aquecimento, arrefecimento e ventilação.

O modelo do inquérito, como é possível consultar no Anexo I, foi dividido em cinco secções diferentes.

A primeira secção é relativa à caracterização demográfica e tem como principal objetivo confirmar as informações da caracterização demográfica retiradas do website da Domus Social. Estas informações eram relativas aos bairros sociais de Paranhos como um todo e, esta amostra permite complementar e detalhar esses dados apenas para o Bairro da Agra do Amial.

A segunda secção é referente à caracterização habitacional e tem como principais objetivos perceber o estado das habitações em termos de condições gerais, perceber qual o nível de satisfação dos habitantes com essas mesmas condições e, perceber ainda, qual a perceção de conforto dos moradores durante os períodos mais extremos em termos de calor e frio.

A terceira secção diz respeito ao perfil de utilização habitacional e permite perceber quais os comportamentos mais usuais ao nível dos hábitos de aquecimento, arrefecimento e ventilação. Estas informações são essenciais para que os dados relativos aos hábitos de aquecimento, arrefecimento e ventilação introduzidos no *DesignBuilder* sejam os mais próximos da realidade e, desta forma, os resultados dessas simulações sejam o mais precisas possível.

A quarta secção alude à utilização, ou não, de equipamentos para facilitar e maximizar o aquecimento, arrefecimento e ventilação. Mais uma vez, estas informações são essenciais para que os dados de utilização de equipamentos introduzidos no *DesignBuilder* sejam os mais próximos da realidade e, desta forma, os resultados dessas simulações sejam o mais precisas possível.

A quinta secção tem a função de permitir alguma flexibilidade ao inquérito visto que permite acrescentar observações adicionais que os moradores possam dar sobre cada habitação e que não estivessem enquadradas no inquérito.

Tendo em conta os relatos da Domus Social sobre a população do bairro, este inquérito foi delineado para ser preenchido em conjunto e de forma presencial, aquando da colocação dos sensores de monitorização. Desta forma é possível garantir que todos os campos são preenchidos de forma clara e sem qualquer dúvida da parte dos moradores. De qualquer forma, a elaboração do inquérito teve a preocupação quanto à acessibilidade da linguagem e, como tal, as perguntas estão escritas de forma simples e clara.

De realçar também que as informações individuais dos inquéritos são anónimas e confidenciais, sendo que o único objeto de estudo público são os resultados do tratamento de dados do conjunto de inquéritos aos moradores da amostra do caso de estudo do Bairro da Agra do Amial.

A pesquisa social decorreu com autorização da Domus Social e com o total consentimento dos moradores das habitações em estudo e, para além disso, durante este processo, fomos acompanhados por um representante da associação de moradores do Bairro da Agra do Amial que foi um elo de ligação fundamental entre todas as partes interessadas e que permitiu que os moradores se sentissem mais confortáveis com a nossa presença e, consequentemente, mais disponíveis e interessados durante a realização do inquérito.

3.5. MODELAÇÃO E SIMULAÇÕES

O software de modelação e simulação *DesignBuilder* permite construir modelos de edifícios oferecendo também a possibilidade de caracterizar detalhadamente todos os sistemas energéticos associados. Esta caracterização embora seja muito útil na fase de projeto, é cada vez mais relevante na fase pós-construção visto que é possível avaliar as soluções existentes e procurar alternativas mais sustentáveis e energeticamente mais eficientes e, permitindo assim, fazer uma análise detalhada sobre quais medidas de reabilitação têm mais impacto no desempenho do edifício.

Mais detalhadamente, o *DesignBuilder* permite modelar um edifício em três dimensões com um detalhe ao nível da definição e caracterização das camadas de cada elemento construtivo. Adicionalmente, é também possível fazer a caracterização dos sistemas de energia renovável, dos equipamentos elétricos, dos sistemas de climatização e definir aqueles que são os perfis de utilização e ocupação da habitação. Paralelamente às características físicas do edifício é também possível caracterizar diversas componentes que definem a zona em que o edifício se insere como a caracterização da sua envolvente, do clima exterior, da exposição solar, entre outras informações.

Posteriormente à modelação e caracterização da envolvente, dos perfis de utilização entre outras componentes relevantes o *DesignBuilder* permite fazer simulações com recurso à integração do programa *EnergyPlus* dentro do programa *DesignBuilder*. Essas simulações permitem obter, para o objeto modelado, previsões ao nível dos consumos de energia, fazer a identificação das perdas de calor por superfície, projetar as temperaturas esperadas dentro de cada zona, perceber o nível de conforto térmico previsto entre muitas outras funcionalidades.

Em relação ao Bairro da Agra do Amial, e com vista às simulações de eficiência térmica e energética, foi delineada a modelação das habitações do Bloco A. A escolha deste bloco de habitações assenta no princípio de que foi possível ter acesso aos valores de energia consumida, em intervalos de 15 minutos, durante o período de um ano, o ano de 2020, sendo que estes valores dizem respeito a todo o bloco A.

Finalmente, ao nível das simulações dentro do *DesignBuilder* foi delineada a análise a três cenários de modelação distintos.

O primeiro cenário diz respeito à avaliação e análise das condições em que o caso de estudo se encontra atualmente.

O segundo cenário diz respeito à avaliação e análise na eventualidade do caso de estudo sofrer uma reabilitação a nível térmico com a introdução de algumas medidas de eficiência térmica e energética.

O terceiro cenário diz respeito à avaliação e análise do caso de estudo como atualmente se encontra, com a adição daquela que é a intervenção prevista através da adição das unidades de produção para autoconsumo e a sua partilha o que, em teoria, permitirá aos habitantes ter mais energia disponível para aquecer e arrefecer as suas habitações no inverno e no verão, respetivamente.

Esses três cenários de análise serão comparados através de quatro fatores de análise, a variação de temperatura, a variação da humidade relativa, o grau de conforto e as necessidades energéticas.

4. TRABALHO DE CAMPO

4.1. ENQUADRAMENTO

Como foi referido no capítulo anterior, o trabalho de campo teve duas componentes, uma componente de monitorização e outra de pesquisa social. A componente de monitorização foi elaborada com a finalidade de perceber as variações reais de temperatura e humidade relativa das habitações do caso de estudo. A componente da pesquisa social, que se traduziu na elaboração de um inquérito, prendeu-se com a necessidade de fazer um perfil de utilização da habitação, onde foram retiradas informações sobre os hábitos de aquecimento, arrefecimento, ventilação e ainda, as condições gerais das habitações e uma identificação dos equipamentos mais utilizados para aquecimento e arrefecimento.

4.2. MONITORIZAÇÃO

Quanto ao plano de monitorização, o plano inicial, passaria por perceber a variação do comportamento da temperatura e humidade em habitações chave, que permitam entender os casos mais gravosos e, ao mesmo tempo, ter uma ideia geral do comportamento das habitações. Para cumprir esse objetivo foram definidas as dez habitações indicadas no capítulo anterior, nas figuras 31 e 32, que iriam cobrir as duas orientações em que os edifícios do caso de estudo se dispõem, orientação Norte-Sul e orientação Este-Oeste, assim como iriam cobrir as variações de altura e entre os extremos e o centro do edifício.

Infelizmente, embora tivessem sido feitos esforços para agilizar o processo em tempo útil, apenas foi possível iniciar a monitorização já em finais do mês de julho. Para o efeito tivemos apoio da Associação de Moradores do Bairro da Agra do Amial que serviu de intermediário com os moradores. Após os primeiros contactos foi necessário trocar algumas das habitações escolhidas para monitorização e, como tal, em tempo útil, apenas foi possível monitorizar as seis frações a verde no quadro 2.

Quadro 2 – Frações em monitorização

Orientação Norte-Sul			Orientação Norte-Sul		
Bloco	Entrada	Porta	Bloco	Entrada	Porta
A	134	52	B	72	14
A	138	22	B	90	13
F	67	12	B	90	42
H	111	11	B	90	53
H	111	51	E	29	44

Em relação à colocação dos sensores (figura 35), foram tomadas uma série de medidas de forma a salvaguardar que os resultados da monitorização fossem os mais corretos possíveis.



Figura 35 – Fotografias exemplo indicativas da colocação dos sensores

A primeira dessas medidas foi a colocação dos sensores ao nível da cabeça dos ocupantes, cerca de 1,50 a 1,60 metros do pavimento.

Em relação à escolha da parede para a colocação dos sensores (figura 36), a preocupação passou pela colocação numa das paredes interiores e nunca numa parede em contacto com o exterior.

Ainda em relação à escolha da parede para a colocação dos sensores, foram utilizadas apenas paredes interiores perpendiculares a janelas. Desta forma, é evitado que os sensores estejam sujeitos à exposição solar direta.

Finalmente, os sensores foram colados nas paredes escolhidas com uma fita de dupla face, de forma que permaneçam num local fixo e não serem movidos pelos moradores.

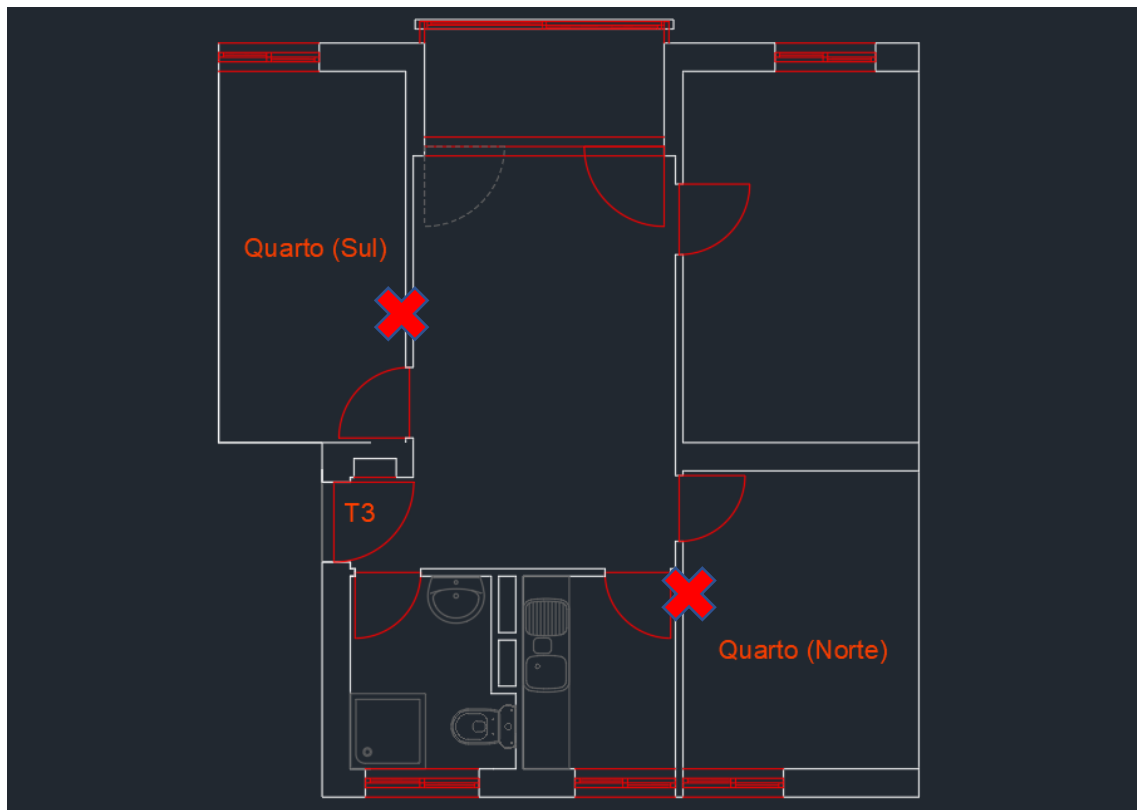


Figura 36 – Planta exemplo dos locais escolhidos para a colocação dos sensores

4.3. PESQUISA SOCIAL

4.3.1. ENQUADRAMENTO

Em paralelo com a monitorização, tinha sido planeada uma pesquisa social aos habitantes dos fogos a monitorizar. O objetivo passou por fazer um inquérito aos residentes dos fogos monitorizados, como tal, em tempo útil foi possível fazer inquéritos a nove habitações. A amostra de nove fogos seria interessante para retirar e validar algumas informações de cariz demográfico e traçar um perfil de utilização da habitação do bairro em estudo, no entanto, e embora seja uma amostra pequena, os resultados foram uniformes o suficiente para que fosse possível retirar algumas conclusões desta amostra.

4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA

Relativamente à primeira secção do inquérito, a caracterização demográfica, foi possível retirar uma série de informações como indicam as figuras 37 e 38. Em relação à distribuição demográfica, a comparação com os valores para a freguesia de Paranhos, é possível embora a amostra inquirida seja relativamente pequena. Para Paranhos o valor de habitantes com mais de 44 anos é de cerca de 62% enquanto para os fogos inquiridos, esse valor fica-se pelos 55%.

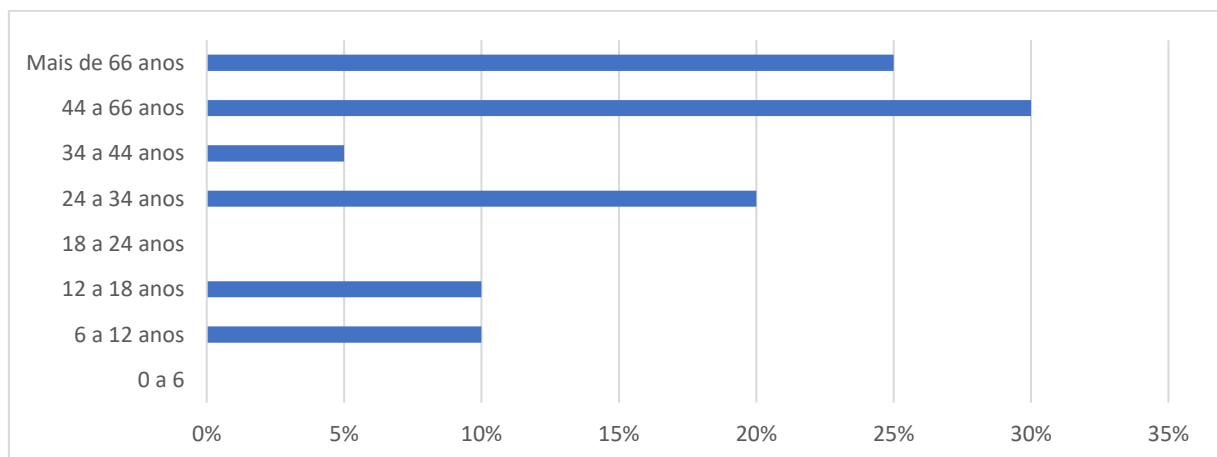


Figura 37 – Distribuição demográfica nos fogos inquiridos

Ao nível da escolaridade, cerca de 86% dos habitantes não estudaram para lá do ensino médio, isto é indicativo de pessoas mais idosas ou de pessoas que, por questões económicas e sociais, deixam cedo a escola para trabalhar.

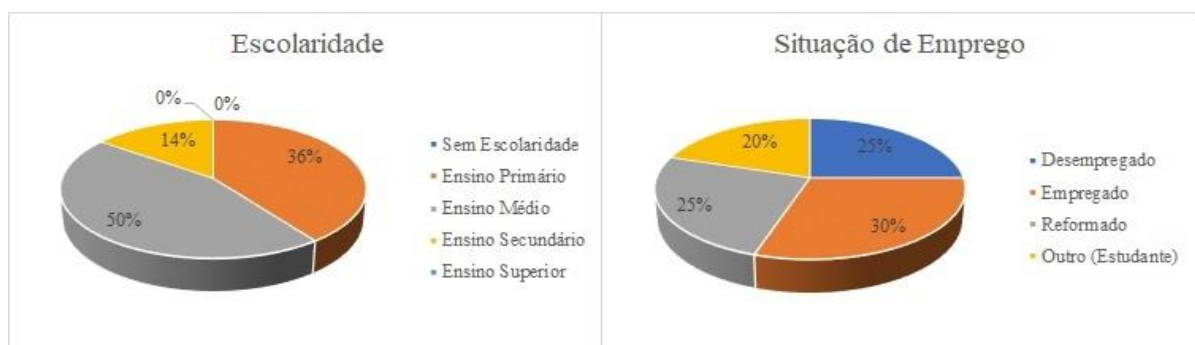


Figura 38 – Nível de escolaridade e situação de emprego nos fogos inquiridos

Em relação à situação de emprego, apenas 30% dos habitantes inquiridos estão empregados, que embora seja ligeiramente mais do que o valor de 24% para a freguesia de Paranhos, continua a ser um valor muito baixo e indicativo de um bairro de baixos rendimentos.

4.3.3. CARACTERIZAÇÃO HABITACIONAL

Relativamente à caracterização habitacional era relevante perceber o nível de satisfação dos habitantes em relação à sua habitação, o nível de conforto durante os períodos mais extremos (calor e frio), perceber se evitavam utilizar equipamentos e, finalmente, fazer uma caracterização geral das anomalias das suas habitações (humidade, fissuras, entre outras).

Ao nível da satisfação com a habitação, do conforto no verão e do conforto no inverno, optou-se por uma escala de 1 (mais insatisfeito/desconforto) a 4 (mais satisfeito/conforto) como é possível confirmar no inquérito (Anexo I).

Os resultados das respostas, sintetizadas no quadro 3, indicam que ao nível da satisfação com a habitação o valor médio é de 2,7 que, adaptado a uma escala percentual indica um grau de satisfação de 59,9%.

Ao nível do conforto no verão e no inverno, as respostas foram similares, indicando um grau de desconforto médio de 2,0 e 1,8, respetivamente, o que, adaptado a uma escala percentual indica um grau de satisfação de 50% para o verão e 39,9% para o inverno.

Embora o grau de satisfação com as habitações seja relativamente mais alto do que o esperado, o grau de conforto no verão e no inverno são indicadores qualitativos do grande desconforto que os habitantes sentem durante as estações mais extremas.

Quadro 3 – Nível de satisfação com a habitação e conforto no inverno e no verão

Nível de Satisfação C/ Habitação	Valor de 2,7 o que representa um grau satisfação de percentual de 59,9%
Nível de Conforto - Inverno	Valor de 1,8 representa um grau conforto percentual no inverno de 39,9%
Nível de Conforto - Verão	Valor de 2,0 representa um grau de conforto percentual no verão de 50%

Em relação às questões relativas sobre evitar, ou não, utilizar equipamentos de aquecimento e arrefecimento, ou até equipamentos domésticos, por incapacidade financeira, o panorama geral é refletido pelo quadro 4. O quadro indica que 50% dos inquiridos, mesmo com dificuldades financeiras não evita aquecer a sua habitação em dias muito pontuais durante o inverno onde. Enquanto isso, no verão, 67% evita arrefecer sempre ou às vezes a sua habitação por conseguir suportar mais facilmente o calor do que o frio.

Em relação aos equipamentos domésticos, 56% dos inquiridos usa sempre os seus equipamentos e apenas 44% evita, ocasionalmente, usá-los por dificuldades financeiras.

Quadro 4 – Uso de equipamentos por incapacidade financeira

Evita Usar Eq. de Aquecimento	44% não evitam aquecer, 44% evitam sempre aquecer e 12% às vezes evitam aquecer
Evita Usar Eq. de Arrefecimento	44% evitam arrefecer sempre, 33% evitam arrefecer às vezes e 22% nunca evitam arrefecer
Evita Usar Eq. de Domésticos	56% usa sempre os equipamentos domésticos, 44% ocasionalmente não usa

Sobre a questão das anomalias (quadro 5), em todas as habitações foi registado algum tipo de anomalias sendo que, em 67% das habitações apresentam muitas anomalias e apenas em 33% apresentam algumas.

O tipo de anomalias mais comum é a existência de humidade (a maior parte das vezes de condensação) que está presente em 100% das habitações enquanto em 67% das habitações existem fissuras.

Quanto à localização dessas anomalias, em 100% dos casos registam-se nas paredes e em 56% dos casos também estão presentes nos tetos.

Quadro 5 – Quantidade, tipo e localização de anomalias

Quantidade de Anomalias	67% apresentam muitas anomalias enquanto 33% apresentam algumas anomalias
Tipo de Anomalias	100% dos casos existe humidade e em 67% dos casos existem fissuras
Localização das Anomalias	100% dos casos localizam-se nas paredes e em 56% dos casos localizam-se nos tetos

4.3.4. PERFIL DE UTILIZAÇÃO HABITACIONAL

Relativamente ao perfil de utilização habitacional era importante perceber os comportamentos mais usuais ao nível dos hábitos de aquecimento, arrefecimento, ventilação e perceber também quando é que a habitação está ocupada.

Sendo o objetivo deste tópico fazer uma caracterização que possa ser extrapolada para a generalidade das habitações, a análise às respostas do inquérito foi nesse sentido, de forma a perceber uma linha de comportamento comum.

Em relação à ocupação das habitações, em 33% dos casos existia permanência de todo o agregado familiar durante todo o dia sendo que, o padrão mais habitual, é a permanência de pelo menos metade do agregado familiar durante todo o dia e, a partir da hora de jantar reúne-se a totalidade do agregado.

Em relação à abertura de janelas no verão, foi consensual que, todos os inquiridos têm constantemente as janelas abertas. Já no inverno, o padrão mais habitual é a abertura de janelas durante as primeiras horas da manhã (entre 2 e 4 horas de arejamento).

Ao nível do aquecimento da habitação, foi consensual que só o faziam em condições de muito frio, sendo que, o período mais habitual para aquecimento era entre a hora do jantar e o resto da noite. De referir que 33% dos casos mencionaram que aqueciam a qualquer hora do dia caso o desconforto fosse muito.

Finalmente, e relativamente à abertura ou fecho das persianas, o comportamento padrão foi a abertura durante todo o dia e, durante a noite, seriam fechadas.

4.3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Relativamente à caracterização dos equipamentos, é importante perceber quais os equipamentos utilizados, para o aquecimento, arrefecimento, ventilação sendo também relevante perceber quais as estratégias utilizadas para ventilar.

O quadro 6 resume essas questões sendo fácil perceber na sua maioria, a abertura de janelas é o método de arrefecimento e ventilação mais usado. Em relação ao aquecimento as soluções são diversas. Quanto à proteção de janelas, os equipamentos usados podem ser resumidos apenas a cortinas e persinas.

Quadro 6 – Equipamentos e estratégias para aquecimento, arrefecimento e ventilação

Equipamentos para Aquecimento	Radiador	22%
	Ventilador	0%
	Outro	33%
	Nenhum	44%
Estratégias e/ou equipamentos para Arrefecimento	Abrir Janelas	78%
	Ventilador	0%
	Ventoinha	11%
	AC	11%
	Fechar Cortinas	0%
	Fechar Persianas	0%
	Outro	11%
	Nenhum	22%
Estratégias e/ou equipamentos para Ventilação: Verão	Abrir Janelas	78%
	AC	11%
	Exaustor	0%
	Abri Portas	11%
	Outro	11%
	Nenhum	11%
Estratégias e/ou equipamentos para Ventilação: Inverno	Abrir Janelas	89%
	AC	11%
	Exaustor	0%
	Abri Portas	11%
	Outro	11%
	Nenhum	0%
Equipamentos para Proteção de Janelas	Persianas	100%
	Cortinas	100%
	Estore Interior	0%
	Outro	0%
	Nenhum	0%

5. MODELAÇÃO E SIMULAÇÕES

5.1. ENQUADRAMENTO

Como já foi referido anteriormente, a funcionalidade base do *DesignBuilder* é a de construção de modelos de edifícios, como tal é relevante perceber a interface base do programa e perceber a como é feita a introdução de dados e a modelação geral do edifício.

O nível da modelação das características físicas, o *DesignBuilder* apresenta uma hierarquia que pode ser definida pelo diagrama da figura 39.

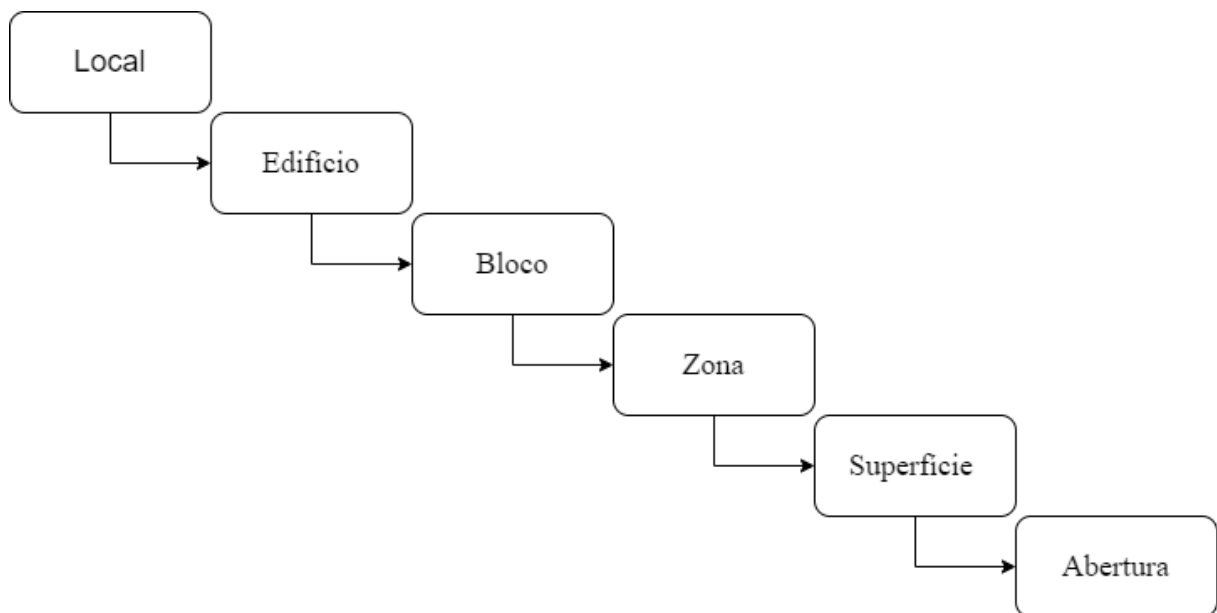


Figura 39 – Diagrama hierárquico do *DesignBuilder*

Ao nível do local é definida a localização do edifício através dos dados climáticos, da latitude, da longitude, da altitude e da orientação do edifício.

Ao nível do edifício é definido e representado o modelo do edifício na sua totalidade.

Ao nível do bloco são definidos os elementos base para a construção do modelo estando eles delimitados ao contorno externo do edifício. A partir da divisão de blocos são criadas as zonas sendo que essas zonas são compostas por superfícies.

Ao nível das superfícies podemos definir aberturas como janelas, portas, etc.

Para a construção do modelo no *DesignBuilder* as primeiras informações a definir relacionam-se com a localização geográfica do edifício. Para essa localização irá ser associado ao modelo um conjunto de dados climáticos que irão permitir que as simulações sejam um reflexo daquilo que existe na realidade.

Após a definição da localização do modelo, o *DesignBuilder* apresenta a hierarquia superior ao nível do edifício. Nesta secção podemos definir dados padrão que serão herdados pelos níveis abaixo da hierarquia do *DesignBuilder*. Esses dados podem ser posteriormente alterados individualmente ao nível do bloco, da zona ou da superfície, mas é importante que a definição inicial seja feita neste nível superior de forma que todas as componentes do edifício sejam definidas de igual forma e, posteriormente, é possível alterar componentes que não tenham as mesmas características.

A este nível é possível ver a representação do modelo do edifício no separador “*layout*” e definir os dados padrão nos separadores da atividade, da construção, das aberturas, da iluminação, do AVAC e da geração de energia.

Ao nível do separador da atividade é possível definir a ocupação do edifício e o controlo de temperatura. A ocupação pode ser definida pelo número de pessoas que ocupam determinado espaço, durante determinado tempo, em determinadas horas. É possível criar esses horários e perfis de utilização das habitações para dias da semana, fins de semana e ainda, definir períodos de férias. Em termos do controlo da temperatura é possível definir temperaturas mínimas e máximas em que os habitantes começam respetivamente a aquecer ou arrefecer as suas habitações.

Ao nível do separador da construção é possível definir os dados relativos ao tipo de construção sendo possível detalhar ao pormenor as camadas de cada elemento de construção através da escolha de *templates* de materiais dentro do programa ou através da criação de novos materiais.

Ao nível do separador das aberturas é possível fazer a caracterização dos envidraçados, das portas e outras aberturas que o edifício possa ter. Assim como no separador da construção, também neste separador é possível definir as camadas de cada um dos envidraçados, portas ou outras aberturas através de *templates* específicos para este separador.

Ao nível do separador da iluminação é possível definir os períodos em que a iluminação está ligada.

Ao nível do separador do AVAC é possível caracterizar o sistema de climatização do edifício.

Finalmente, o separador de geração de energia diz respeito à utilização de energias renováveis no local para a geração de energia.

Em relação aos outputs, o *DesignBuilder* contempla a simulação de vários cálculos que permitem caracterizar e simular a previsão do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento, a caracterização da iluminação natural, o custo de construção do edifício e ainda, permite fazer vários tipos de simulações anuais, mensais, diárias ou horárias consoante desejado.

A simulação durante a estação de aquecimento permite perceber onde existem mais ganhos solares e mais perdas de calor sendo que, estes valores podem ser analisados para cada zona do edifício.

A simulação durante a estação de arrefecimento permite perceber as variações de temperatura operativa, da temperatura radiante, da temperatura do ar e da humidade relativa. Neste separador é também possível perceber também o impacto da ventilação natural e mecânica no arrefecimento

As simulações permitem perceber a evolução de todos os dados durante uma duração temporal. Essas simulações permitem condensar toda a informação sobre o edifício sendo que é possível perceber as variações ou os valores totais sobre o consumo de energia, a temperatura, os ganhos solares, a climatização, o nível de conforto, entre outros indicadores relevantes para a análise do edifício.

5.2.MODELAÇÃO

Antes de passar ao tema das simulações, é importante detalhar o processo de modelação do edifício atual, assim como as outras variantes do edifício atual que foram modeladas para que fosse possível ter outros cenários de simulação e compará-los com a situação atual.

Inicialmente, e depois de definir que iria ser modelado o bloco de habitações A, foi escolhida a localização do edifício e a restante caracterização exterior. Depois desses passos iniciais foi possível iniciar a modelação do edifício que, neste caso, utilizou como referência as plantas do empreendimento fornecidas pela AdEPorto. Essas plantas podem ser importadas para o *DesignBuilder* como ficheiro .dxf e em seguida foi iniciada a modelação dos blocos que compõem o edifício.

O resultado final da modelação é apresentado nas figuras 40 e 41 onde, para além do modelo final, também é possível ver a listagem de todos os blocos de construção que foram modelados para o caso de estudo, com exceção das palas de sombreamento dos vãos envidraçados.

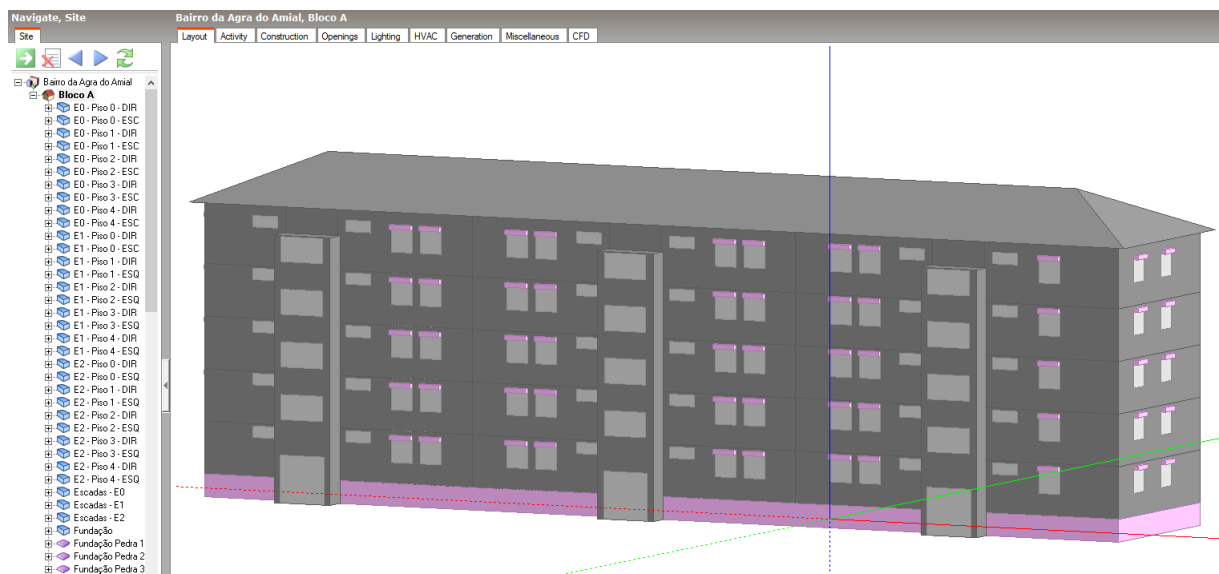


Figura 40 – Fachada Norte do modelo do Bloco A

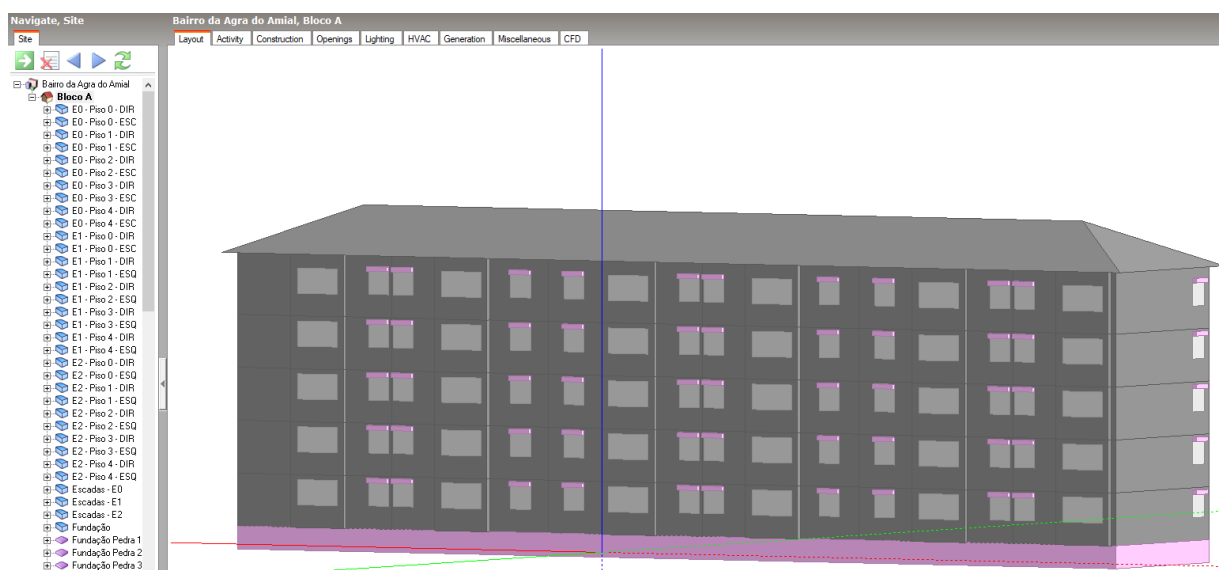


Figura 41 – Fachada Sul do modelo do Bloco A

O resultado final da modelação pode também ser renderizado e exportado como ficheiro .jpeg por forma a obter uma imagem mais aproximada da realidade, como podemos ver na figura 42.



Figura 42 – Modelo renderizado

Em seguida, e como foi detalhado no enquadramento, é possível iniciar o preenchimento do separador da atividade. Nesta fase é necessário atribuir a cada zona que forma um bloco, a sua atividade, ou seja, devemos definir o tipo de uso de cada zona (quartos, cozinhas, etc), os horários de ocupação, o consumo de águas quentes sanitárias e ainda, definir os pontos de controlo de temperaturas (quando é que o aquecimento e arrefecimento são ligados). A componente da atividade é relevante porque influencia os ganhos térmicos internos e, consequentemente, as necessidades de aquecimento e arrefecimento.

Embora o *DesignBuilder* disponibilize um leque de *templates* com características gerais para determinados tipos de uso e ocupação, foi necessário adaptar e criar *templates* de raiz para que existisse uma maior proximidade entre a realidade e o modelo. Para atingir essa proximidade, e tendo em conta que é impossível definir com precisão os horários de ocupação para cada fração, foram definidos horários padrões para todas as frações que são uma adaptação entre os *templates* de raiz e as informações recolhidas na pesquisa social. O horário de ocupação padrão de cada zona pode ser analisado no quadro 7, adicionalmente, é pertinente voltar a referir que este horário é apenas uma generalização e simplificação de uma complexidade de horários distintos e que visa apenas servir o modelo de informação a mais próxima da realidade possível. Foi definido que entre as 8 horas até às 19 horas, apenas metade do agregado familiar está em casa, daí apenas 50% da ocupação durante esse período. No tempo restante foi admitido que todo o agregado familiar se encontra em casa e com as divisões indicadas no quadro.

Quadro 7 – Horário de ocupação padrão

	7h/8h	8h/13h	13h/14h	14h/19h	19h/20h	20h/22h	22h/23h	23h/7h
Sala de Estar	0%	50%	50%	50%	50%	100%	50%	0%
WC	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%
Cozinha	50%	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%
Quartos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Desta forma, os templates das atividades e horários de ocupação estarão interligados com uma determinada zona como podemos ver nas figuras 43 e 44.

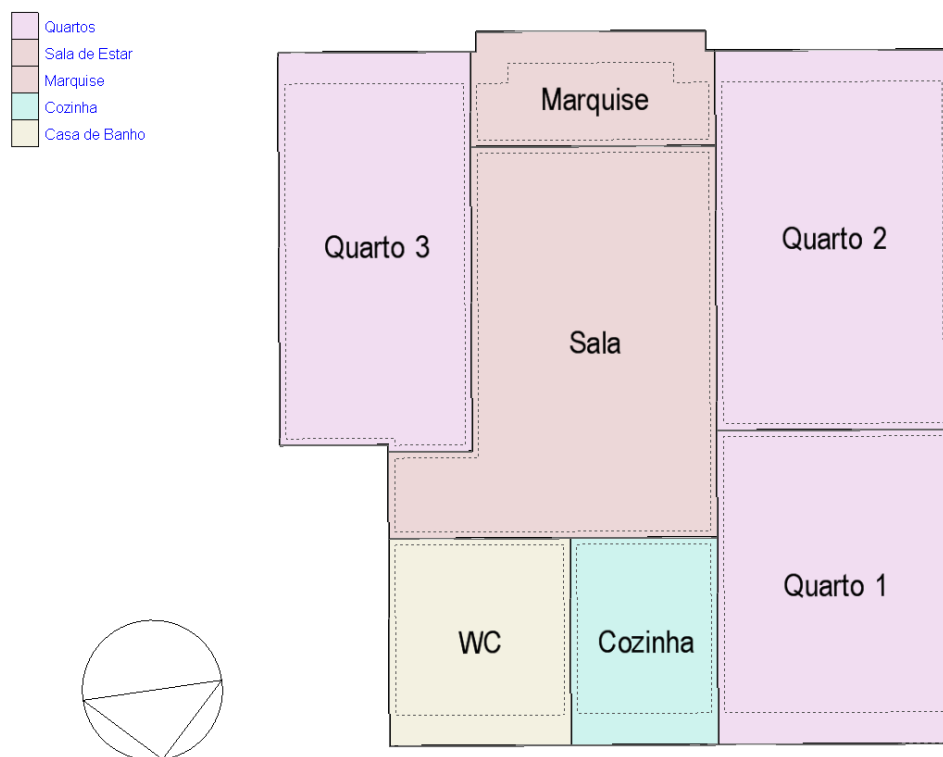


Figura 43 – Zonas e atividades nas frações do tipo T3

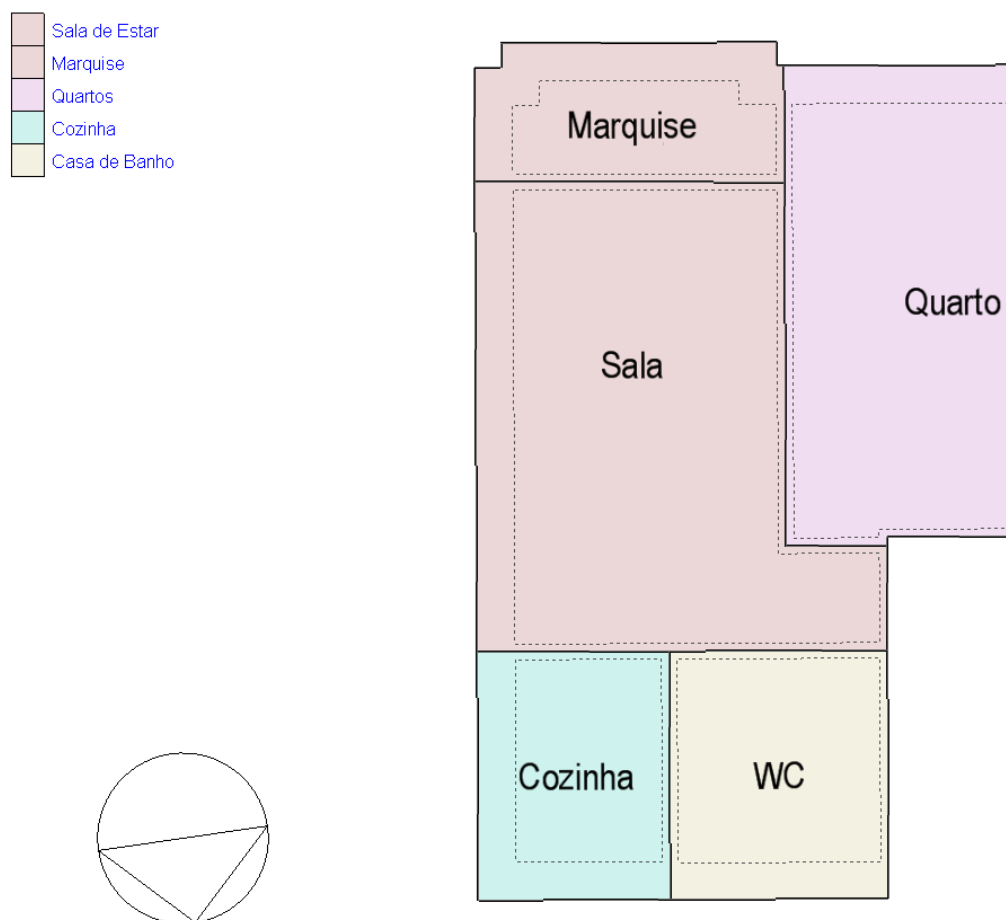


Figura 44 – Zonas e atividades nas frações do tipo T1

Posteriormente à caracterização do separador da atividade, foi iniciada a caracterização do separador da construção, onde foram definidas as propriedades físicas de todas os elementos, interiores e exteriores, do edifício, sendo possível detalhar as camadas de cada elemento de construção, seja através dos *templates* de matérias que o programa oferecer, seja através da criação de novos materiais. Para além de ser possível escolher *templates* para os materiais que compõem os elementos de construção, é também possível utilizar *templates* para esses mesmos elementos (*templates* de portas, paredes, etc), no entanto esse processo seria menos preciso e não estaria ajustado à realidade que existe no caso de estudo.

Como tal, foi definido que, sempre que possível, seriam utilizados *templates* da biblioteca de materiais de forma a criar *templates* de raiz para cada elemento de construção com as propriedades físicas e térmicas ajustadas à realidade que existe no local. Desta forma, e como indica a figura 45, foram substituídos os *templates* base que o *DesignBuilder* define para cada elemento pelos *templates* criados de raiz e ajustado à realidade do caso de estudo.

Construction Template	
Template	Bairro da Agra do Amial
Construction	
External walls	Parede Exterior
Below grade walls	Project below grade wall
Flat roof	Laje de Cobertura C/ Isolamento
Pitched roof (occupied)	Project pitched roof
Pitched roof (unoccupied)	Telhado (sem ocupação)
Internal partitions	Paredes Interiores
Semi-Exposed	
Semi-exposed walls	Project semi-exposed wall
Semi-exposed ceiling	Laje de Cobertura C/ Isolamento
Semi-exposed floor	Project semi-exposed floor
Floors	
Ground floor	Cave
External floor	Pala do Telhado
Internal floor	Pavimentos Interiores
Sub-Surfaces	
Walls	Project wall sub-surface construction
Internal	Project internal wall sub-surface construction
Roof	Project roof sub-surface construction
External door	Portas Exteriores
Internal door	Portas Interiores

Figura 45 – Caracterização dos elementos de construção

Em resumo, foram criados de raiz *templates* para cada um dos elementos de construção, para as paredes (exterior e interior), para a laje da cobertura relativa ao último piso, para os pavimentos interiores (laje entre pisos), para o compartimento inferior ao piso do rés do chão para ter em conta a trocas térmicas com o solo (visto que o rés do chão é elevado), para o telhado (que não é ocupado), para a pala do telhado visto que o programa não permite que a laje de cobertura e a pala do telhado tenham, de forma automática a mesma configuração e, finalmente para as portas interiores e exteriores.

É possível criar estes *templates* dos elementos de construção de duas formas. Podemos detalhar as propriedades térmicas do elemento de construção ou podemos definir as camadas de materiais que constituem o elemento de construção e, automaticamente, o *DesignBuilder* faz a caracterização das propriedades térmicas do elemento de construção.

Tendo em conta que não existiam dados sobre as propriedades físicas dos elementos de construção, a definição desses mesmos elementos foi feita através da definição das camadas de materiais que as constituem. Através de informação da Domus Social, foi possível aferir a maioria dos materiais usados na construção e, como tal, a definição dos elementos de construção por camadas de materiais foi o caminho seguido. Na sua maioria esses materiais existiam na biblioteca de materiais do DesignBuilder, no entanto, alguns tiveram de ser criados de raiz.

A título exemplificativo, a figura 46 apresenta a criação do *template* para as paredes interiores onde foram definidos os materiais usados, tijolo de 11 e reboco. Tendo em conta que esses materiais apresentam propriedades físicas e térmicas, o *DesignBuilder* consegue fazer o cálculo automático dos parâmetros térmicos do elemento construtivo como um todo. Dessas propriedades termofísicas das paredes interior, ou outro elemento que esteja em análise, é possível retirar informações como o coeficiente de transmissão térmico (*U-value*), a resistência térmica (*R-value*) e a espessura (*thickness*).

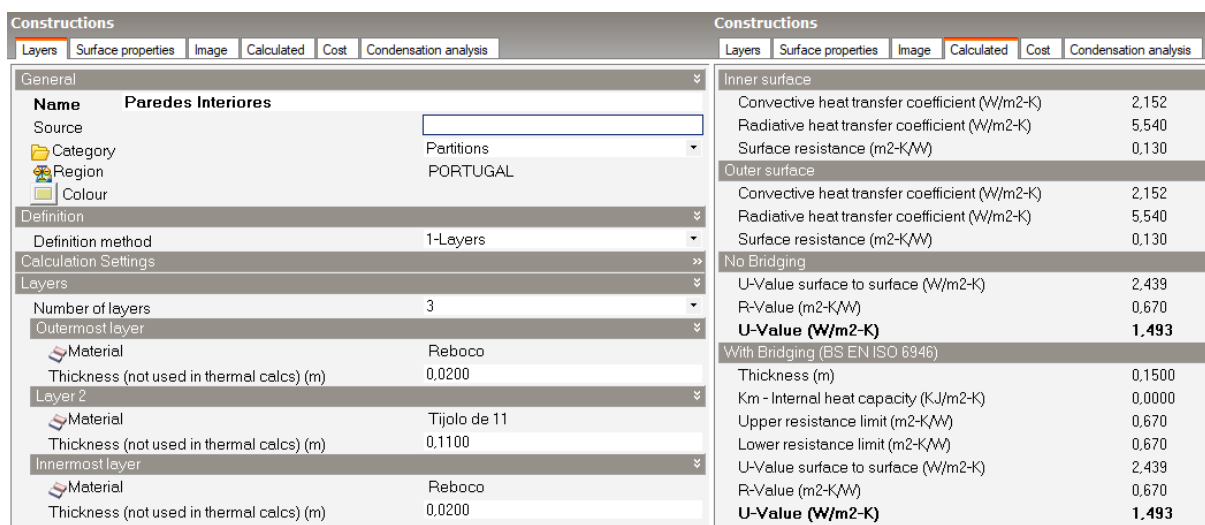


Figura 46 – Definição das camadas das paredes interiores e cálculo dos parâmetros térmicas

Este processo tem de ser repetido para todos os elementos de construção que compõem o edifício e que foram mencionados anteriormente. O quadro 8, resume os valores das propriedades físicas e térmicas dos elementos de construção que foram usados no modelo final.

Quadro 8 – Valores de U dos elementos de construção

	e (m)	U (W/(m ² °C))
Paredes Exteriores	0,366	3,30
Paredes Interiores	0,150	1,49
Laje de Cobertura	0,340	0,35
Pavimentos Interiores	0,350	0,44
Portas Exteriores	0,055	5,87
Portas Interiores	0,035	2,74
Pala do Telhado	0,320	0,48
Telhado	0,030	5,88

A figura 45 mostra outro estilo de visualização do modelo, onde facilmente são identificados os elementos de construção que foram criados. Este modelo é interativo, e dentro do *DesignBuilder*, é possível retirar temporariamente os elementos construtivos por forma a ter uma visão em 3D do interior do edifício como está representado na figura 47 à direita.

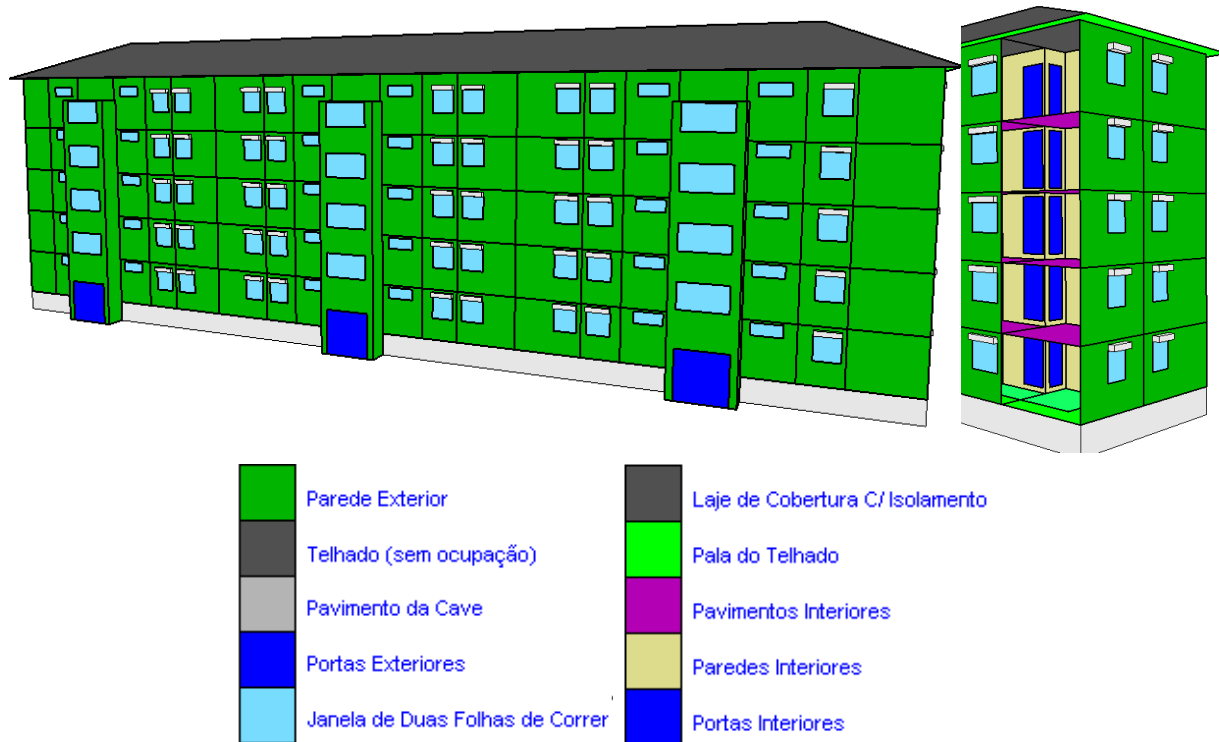


Figura 47 – Modelo interativo dos elementos construtivos

Finalizado o separador da construção, é possível passar para o separador das aberturas, onde foram definidas as características físicas e térmicas dos vãos envidraçados através da definição do tipo de janela, a caixilharia e o sombreamento (persianas). Adicionalmente foi também definido o horário de abertura e fecho das persianas como base as respostas que obtivemos no inquérito, ou seja, aberturas durante o dia todo até à noite (abertas das 8 horas até às 22 horas).

Como a figura 48 indica, também neste separador das aberturas foi necessário criar um *template* de raiz para o tipo de janelas. Para a caixilharia e para o sombreamento, foram utilizados *templates* fornecidos pelo programa.

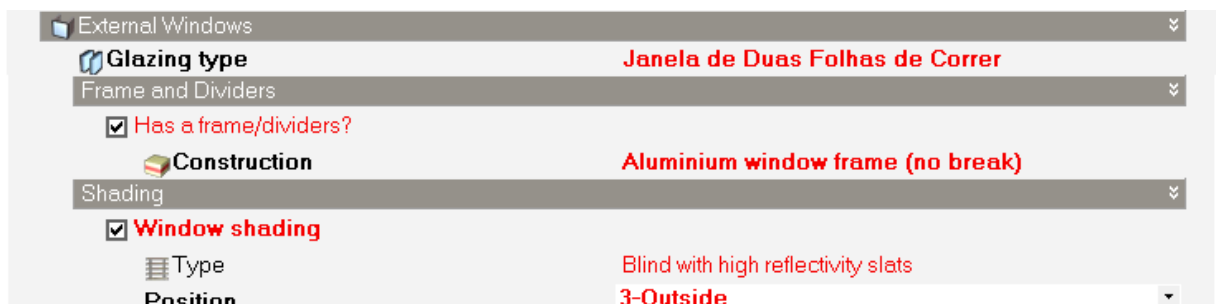


Figura 48 – Preenchimento do separador das aberturas

O tipo de janela do caso de estudo é uma janela de duas folhas de vidro de correr, desta feita, e como é detalhado na figura 49, o *template* foi novamente definido através das camadas que compõem o elemento. Como tal, foram utilizados *templates* de materiais dentro da base de dados do *DesignBuilder*.

The screenshot shows the 'Glazing' window in DesignBuilder with the 'Layers' tab selected. The 'General' section shows the name 'Janela de Duas Folhas de Correr' and the definition method '1-Material layers'. The 'Layers' section shows 'Number layers' set to 1, 'Outermost pane' set to 'Generic CLEAR 6MM', and 'Pane type' checked. The 'Calculated Values' section shows a 'U-Value (W/m2-K)' of 5.778.

General	
Name	Janela de Duas Folhas de Correr
Definition method	1-Material layers

Layers	
Number layers	1
Outermost pane	Generic CLEAR 6MM
Pane type	☒
Flip layer	☐

Calculated Values	
U-Value (W/m2-K)	5.778

Figura 49 – Definição do tipo de janela

Em seguida foram preenchidos os separadores da iluminação e do AVAC.

No caso do separador da iluminação foram usados *templates* padrão fornecidos pelo *DesignBuilder* para caracterizar a iluminação em concordância com a presença de pessoas na habitação.

No caso do separador do AVAC, o arrefecimento através de ventilação mecânica foi desligado visto que não existe nenhum tipo de equipamento deste género no caso de estudo e, como foi confirmado no inquérito o arrefecimento é feito maioritariamente através da ventilação. O aquecimento foi também desligado visto que também através do inquérito foi possível entender que só em condições muito especiais é que o aquecimento era ligado e sempre durante pouco tempo. Neste separador, como indica a figura 50, a única componente ativada foram as águas quentes sanitárias sendo que, os horários de utilização estão relacionados e dependentes da ocupação da zona de atividades do wc e cozinha.

The screenshot shows the 'DHW' window in DesignBuilder. The 'On' checkbox is checked. The 'DHW Template' is set to 'Project DHW'. The 'Type' is '3-Stand-alone water heater' and the 'Fuel' is '1-Electricity from grid'. The 'Water Temperatures' section shows 'Delivery temperature (°C)' as 65.00 and 'Mains supply temperature (°C)' as 10.00.

DHW Template	
Type	3-Stand-alone water heater
Fuel	1-Electricity from grid

Water Temperatures	
Delivery temperature (°C)	65.00
Mains supply temperature (°C)	10.00

Figura 50 – Configuração das águas quentes sanitárias

Terminando este separador, o modelo do edifício nas condições atuais está finalizado e é possível passar às simulações, no entanto, é ainda importante lembrar que irão ser analisadas simulações de três modelos distintos. O modelo do edifício nas condições atuais, um modelo teórico do edifício com melhorias relativas à envolvente e com um consumo de energia similar às condições atuais e finalmente, um modelo teórico do edifício pós intervenção onde aquecimento e arrefecimento estariam ativados visto ser admitida uma maior disponibilidade de energia para os moradores poderem utilizar.

Em relação à modelação do edifício com melhorias relativas à envolvente, o quadro 9 resume os valores de U do único elemento de construção que sofreu alteração em relação ao edifício atual, as paredes exteriores. O objetivo seria simular uma intervenção relativamente suave, mas com melhorias significativas o suficiente para que fossem notórios os efeitos no desempenho térmico da envolvente do edifício.

Quadro 9 – Valores de U das paredes exteriores do edifício melhorado

	e (m)	U (W/(m ² °C))
Paredes Exteriores	0,406	0,68

Comparando os valores do coeficiente de transmissão térmico entre a situação atual e a situação com a envolvente do edifício melhorada, é possível perceber que com a simples colocação de quatro centímetros de isolamento térmico nas paredes exteriores, o valor do coeficiente de transmissão térmica, como indica o quadro 10, desce significativamente de 3,30 para 0,68.

Quadro 10 – Comparação do valor de U das paredes exteriores após medidas de melhoria

	Atual	Com Melhoria
	U (W/(m ² °C))	U (W/(m ² °C))
Paredes Exteriores	3,30	0,68

Para além da colocação de isolamento térmico nas paredes exteriores, outra medida para aumentar a eficiência térmica da envolvente do edifício foi a substituição dos vidros das janelas através de uma troca de vidros simples para vidros duplos.

Essa troca permite, como indica o quadro 11, passar de um valor de U de 5,78 no cenário com vidros simples, para um valor de U de 3,09 no cenário com vidros duplos. Adicionalmente, foi também considerada a substituição da caixilharia por uma opção com corte térmico.

Quadro 11 – Comparação do valor de U dos envidraçados após medidas de melhoria

	Atual	Com Melhoria
	U (W/(m ² °C))	U (W/(m ² °C))
Janela de duas folhas de correr	5,78	3,09

De igual forma, a substituição das janelas por uma solução de vidro duplo, resulta numa diminuição do valor do coeficiente de transmissão térmico e consequentemente, e com a contribuição de uma caixilharia com corte térmico, irá resultar num aumento da eficiência térmica dos vãos envidraçados contribuindo assim, e em conjunto com as paredes exteriores isoladas, para a melhoria do desempenho térmico da envolvente do edifício.

Em relação à modelação do modelo teórico do edifício pós intervenção as únicas diferenças para o modelo do edifício atual prendem-se com o facto de que o aquecimento e arrefecimento estão ativados, ou seja, é admitindo que, devido à existência dos painéis fotovoltaicos, os habitantes têm uma maior disponibilidade de energia para poderem utilizar.

5.3.SIMULAÇÕES

Ao nível das simulações, o *DesignBuilder* fornece um vasto leque de resultados, no entanto, para o caso de estudo em questão, os fatores mais importantes a analisar prendem-se com as questões de temperatura, humidade, conforto e necessidades energéticas. Desta forma, é relevante perceber como analisar esses fatores, com que amostra temporal e de que forma apresentar e comparar esses dados.

Para análise da variação de temperatura e variação da humidade relativa foram considerados dois períodos de análise. A primeira semana de janeiro, como sendo uma das semanas mais frias durante o inverno, e a segunda semana de julho como sendo uma das semanas mais frias durante o verão. Em relação a que frações analisar durante estes períodos, foi definido que seria importante ter uma amostra que variasse em altura e em orientação (norte-sul), como tal, foram escolhidas (figura 51) as frações do Bloco A, entrada 138 e com o número de porta 12 (Piso 0), 32 (Piso 2) e 52 (Piso 4). Para cada uma das frações foi monitorizado um quarto orientado para norte (quarto 1) e outro para sul (quarto 2).

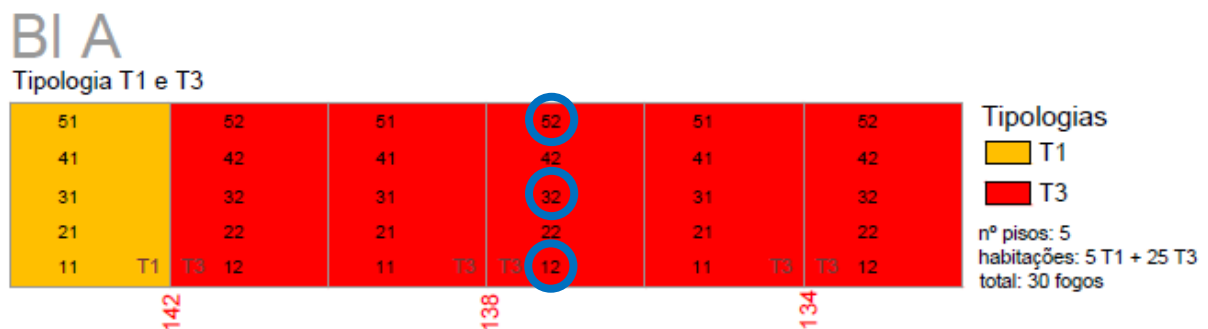


Figura 51 – Frações escolhidas para efeitos de simulação

Ainda em relação à variação de temperatura e humidade relativa, para além de uma análise entre orientações e em altura, é também fundamental fazer a comparação entre dois cenários, o cenário atual e o cenário com envolvente melhorada.

Para análise do conforto foram considerados dois períodos de análise mais gravosos e um período de análise mais alargado. Em relação aos dois períodos de análise mais curtos, foram escolhidas novamente a primeira semana de janeiro, como sendo uma das semanas mais frias durante o inverno, e a segunda semana de julho como sendo uma das semanas mais quentes durante o verão. Em relação ao período de análise mais alargado foram escolhidas as estações de inverno e de verão. Em relação a que frações analisar durante estes períodos, foram escolhidas as mesmas frações mencionadas em cima.

A avaliação do conforto foi feita tendo em conta o conceito de graus hora de desconforto (°C.h), onde é calculada a diferença da temperatura operativa média horária em relação à temperatura mínima de 18°C, sempre que a temperatura operativa seja inferior a 18°C, no caso do inverno, e em relação à temperatura máxima de 25°C, sempre que a temperatura operativa seja superior a 25°C, no caso do verão. Essa diferença de temperatura média horária pode ser somada durante um dia, uma semana, ou uma estação e permite fazer uma análise mais pontual, nos dois primeiros casos ou mais global para o caso da estação.

Ainda em relação à análise do conforto, para além da análise entre orientações e em altura, é fundamental fazer a comparação entre os três cenários modelados; atual, com envolvente melhorada e da intervenção.

Para análise das necessidades energéticas foi considerado um período alargado de um ano e tendo como objeto de estudo a totalidade do bloco A visto que a AdEPorto forneceu os dados do consumo real, em 2020, para a totalidade do bloco A. Ao nível das necessidades energéticas é também relevante fazer a comparação daquilo que foram os consumos reais e perceber quais seriam os consumos pós intervenção.

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO

Em relação aos resultados da monitorização, é interessante perceber a influência da orientação e da localização relativa da habitação dentro do mesmo bloco de habitações. Para esta análise foram utilizadas as frações monitorizadas do bloco de habitações B, indicadas na figura 52.

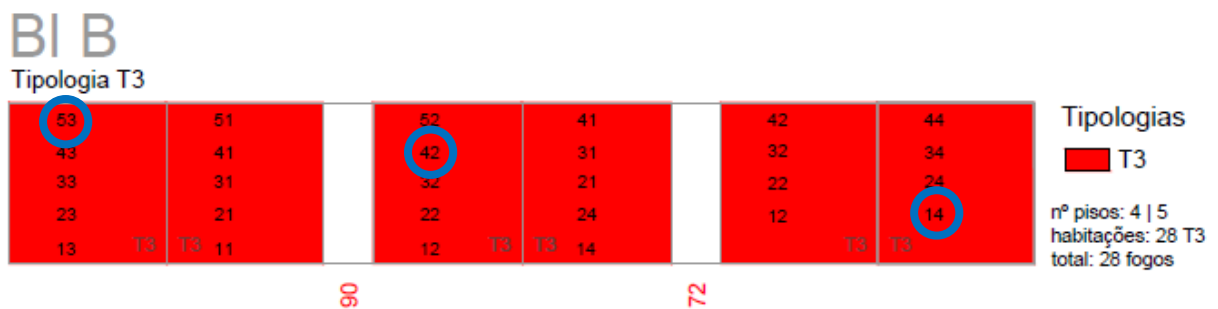


Figura 52 – Frações monitorizadas e utilizadas para esta análise

As figuras 53, 54 e 55 comparam, durante a semana de monitorização, os valores de temperatura para os dois quartos escolhidos.

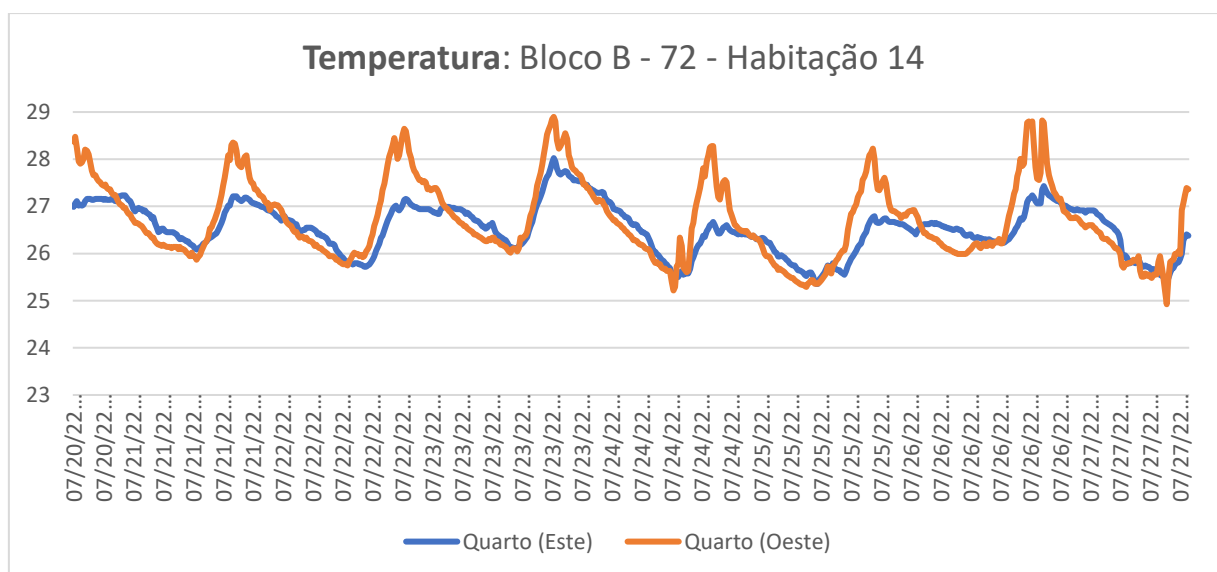


Figura 53 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 14

Ao nível da influência da orientação nas temperaturas, como seria expectável, a orientação a Oeste é claramente a mais crítica.

Embora a pequena dimensão das habitações pudesse atenuar esta influência, através de uma homogeneidade das temperaturas muito provavelmente, a existência de uma galeria envidraçada na fachada Oeste acaba por aquecer muito a casa.

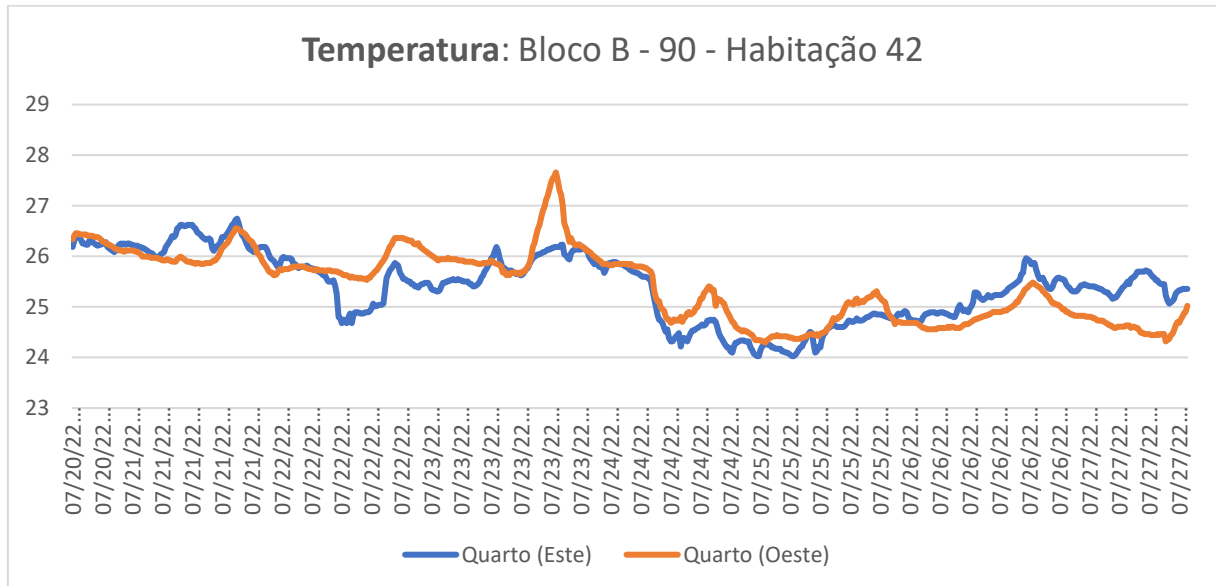


Figura 54 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 42

Em termos de análise comparativa entre tês localizações, como seria expectável, a habitação que fica a meio do bloco, a habitação 42, é a que apresenta temperaturas mais baixas e consequentemente, menos desconforto.

As habitações dos extremos, a 14 e a 53, não têm praticamente valores de temperatura inferiores a 25°C, valor para o qual se começa a sentir desconforto. Em particular, a habitação 14 apresenta picos de temperatura muito perto dos 29°C o que é um sinal claríssimo de sobreaquecimento.

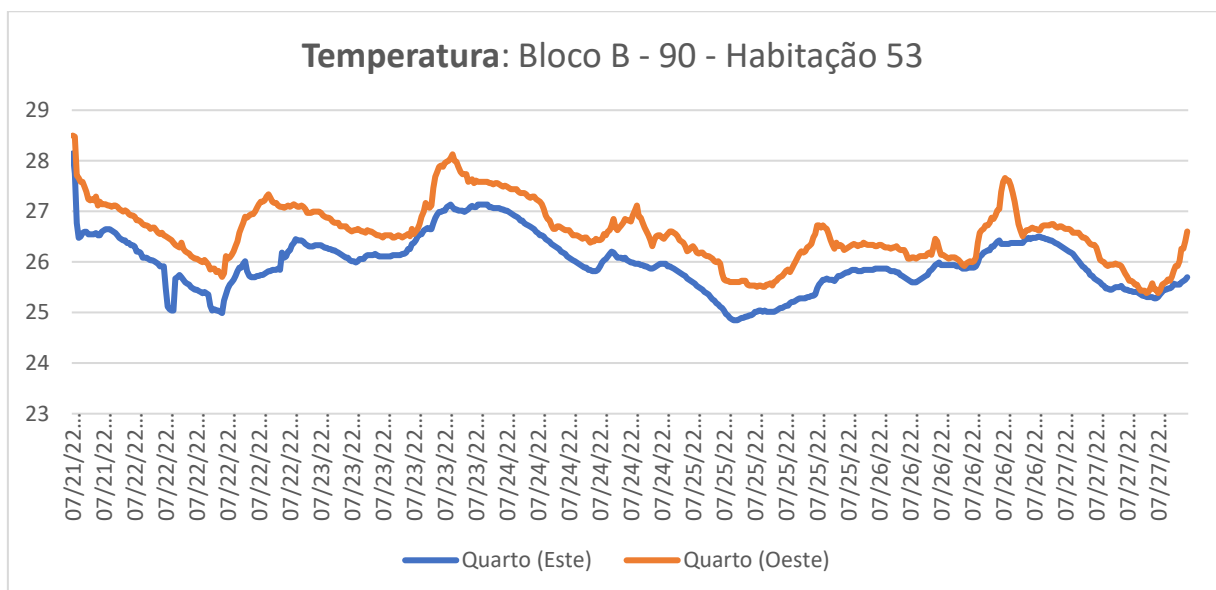


Figura 55 – Variação de temperatura (°C) para os dois quartos monitorizados na habitação 53

É ainda possível efetuar outras comparações.

A figura 56 apresenta uma comparação entre duas habitações do último piso do respetivo bloco (A e H), tendo os dois blocos a mesma orientação. A principal diferença entre as habitações comparadas, é o facto da habitação do bloco A estar no seu extremo Oeste e a habitação do bloco H estar no seu extremo Este.

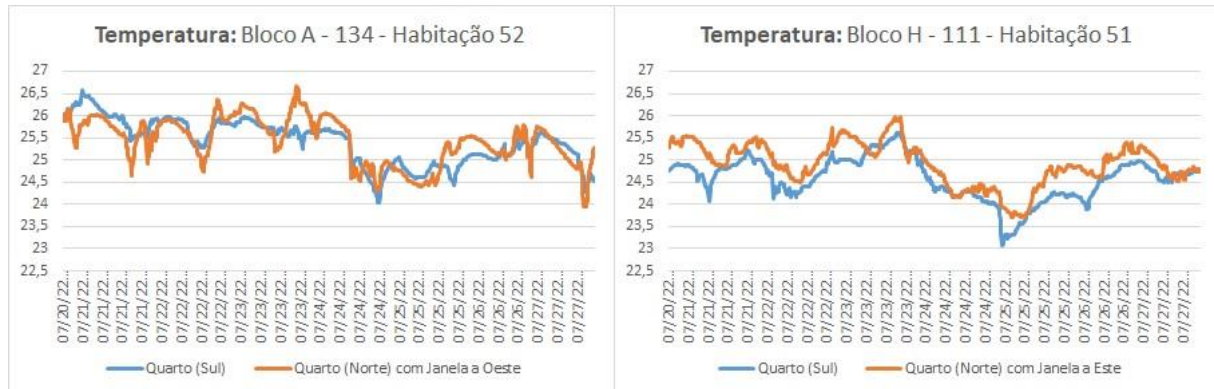


Figura 56 – Comparação entre duas habitações do último piso, com a mesma orientação

Verifica-se que a habitação do bloco A apresenta temperaturas substancialmente mais altas, contribuindo para isso, o facto de ter uma empena virada a Oeste e uma janela no quarto da parte Norte também virada a Oeste.

A figura 57 mostra uma comparação entre duas habitações do último piso, mas com orientações diferentes.

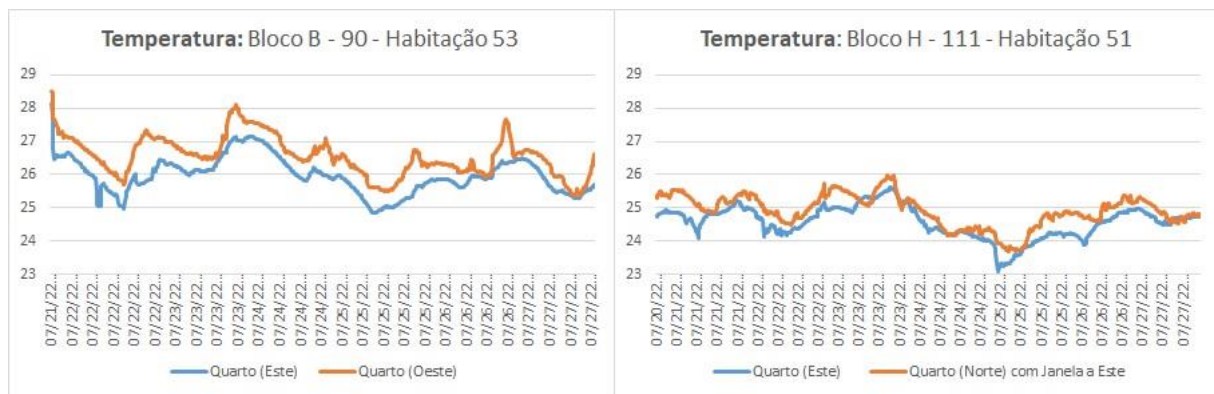


Figura 57 – Comparação entre duas habitações do último piso, com orientações diferentes

Observando os gráficos acima, pode perceber-se que a habitação com orientação Este-Oeste apresenta valores de temperatura mais elevados. Para isso contribui não só a sua orientação, mas certamente, também, a existência da galeria envidraçada na fachada Oeste.

Refira-se, para terminar a análise dos resultados da monitorização, que os valores da humidade relativa registados são, de uma maneira geral, valores expectáveis para o interior das habitações no verão. No entanto, existem casos em que se verificam pontualmente valores de 70% e, num dos casos, uma persistência no tempo de valores muito próximos de 70%, mesmo com valores de temperatura muito elevados, o que indicia a existência de uma quantidade excessiva de vapor de água no ambiente interior da habitação.

6.2.RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

6.2.1.VALIDAÇÃO DO MODELO

Por forma a fazer uma validação do modelo criado no *DesignBuilder*, foi efetuada uma comparação entre os valores de temperatura monitorizados no local e os valores de temperatura operativa simulados no *DesignBuilder*.

Tendo em conta que, para as simulações dos cenários analisados, foi utilizado um *template* climático da estação meteorológica do Porto, em Pedras Rubras, (Porto-IWEC). Para a validação do modelo, foi necessário substituir nesse *template* climático os valores de temperatura exterior registados para a semana que monitorizada. Como a monitorização decorreu entre os dias 20 de julho a 27 de julho a substituição desses valores foi feita a partir dos valores de temperatura medidos na estação do LFC durante essa semana.

Desta forma, tendo os valores do clima exterior para essa semana, é possível correr novamente a simulação e comparar esses resultados com os valores de temperatura medidos no edifício real através da monitorização feita.

Tendo em conta que a modelação do edifício feita no *DesignBuilder* foi relativa ao bloco A de habitações, para a comparação e validação do modelo foi utilizada uma fração pertencente a esse bloco de habitações e que, paralelamente, também foi selecionada para a monitorização.

A fração escolhida foi, como indica a figura 58, a fração da entrada 134 e número de porta 52. Para essa fração, foram monitorizados dois cenários, o quarto 1, com orientação a norte, e o quarto 3, com orientação a sul.

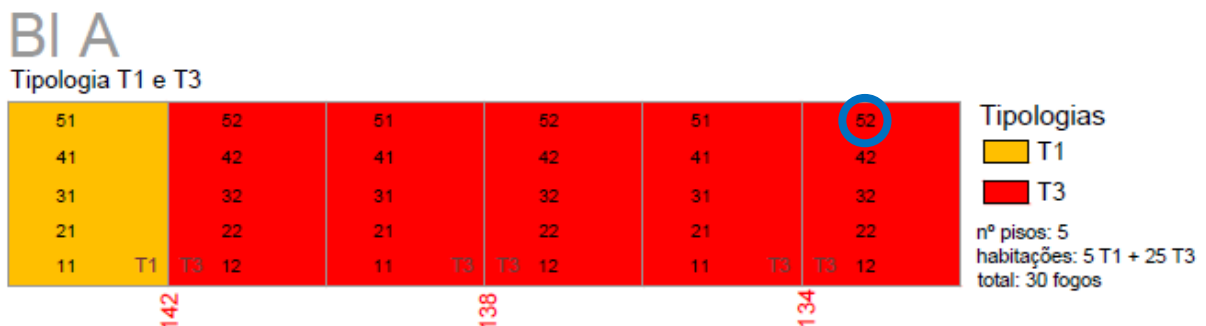


Figura 58 – Fração escolhida para a validação do modelo

O objetivo que se pretende alcançar com a comparação entre os valores de temperatura monitorizados no local e os valores de temperatura operativa simulados no *DesignBuilder* é perceber se existe ou não uma proximidade entre os valores monitorizados e os simulados.

Havendo essa proximidade entre valores é possível validar o modelo utilizado e, desta forma, validar também as simulações para os cenários estudados e que serão apresentadas de seguida. Adicionalmente, as comparações que serão teorizadas e as conclusões a que será possível chegar terão uma base de validade sólida.

Analisando as figuras 59 e 60, é possível perceber a proximidade entre os valores de temperatura medidos e simulados. Essa proximidade pode ser traduzida não só pela perceção da componente visual dos gráficos, mas também pelos valores do delta médio entre os valores de temperatura medidos e simulados.

Para o quarto 1 existe um delta médio entre valores horários de $0,70^{\circ}\text{C}$ e para o cenário do quarto 3 o delta médio entre valores horários é de $0,64^{\circ}\text{C}$. Estes valores, em conjunto com a perceção visual dos gráficos permite perceber a proximidade entre resultados medidos e simulados validando assim o modelo do *DesignBuilder*.

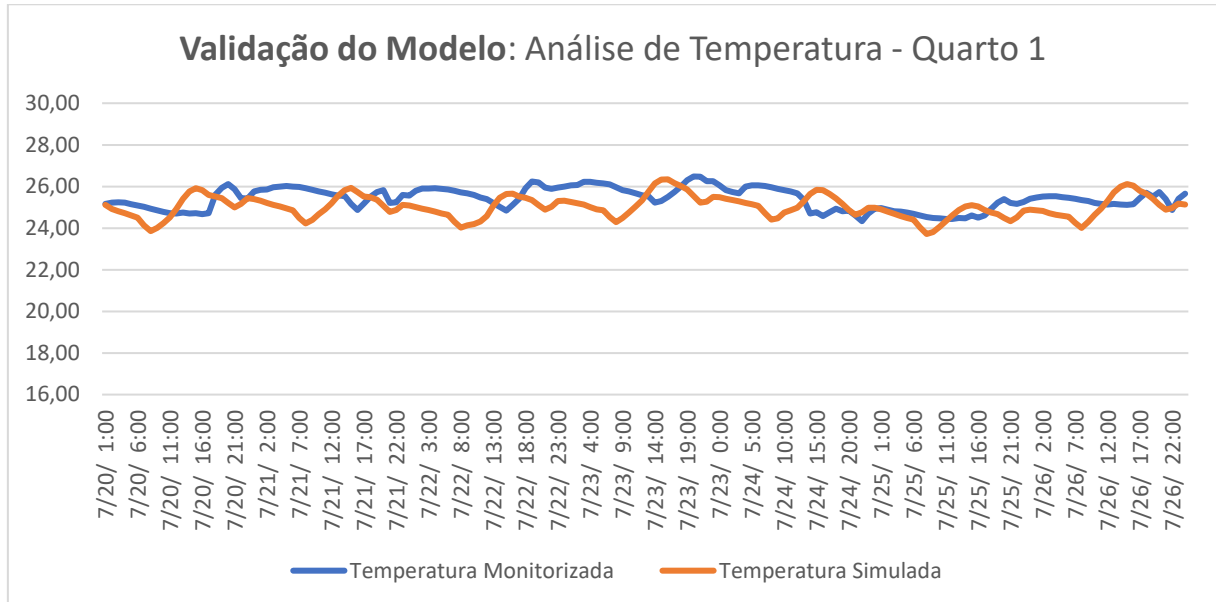


Figura 59 – Análise de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para o quarto 1, com orientação a norte

Adicionalmente, também é possível de perceber que existe uma maior proximidade entre valores simulados e monitorizados no final da semana de análise. Isto deve-se à influência do histórico dos valores de temperatura do *template* climático utilizado visto que, apenas foram substituídos com valores da estação meteorológica do LFC, para esta semana de análise.

Como tal, e à medida que o tempo passa, a influência dos valores reais do clima exterior começam a ter mais preponderância e com que faz com que as temperaturas simuladas sejam mais parecidas às temperaturas reais medidas no local.

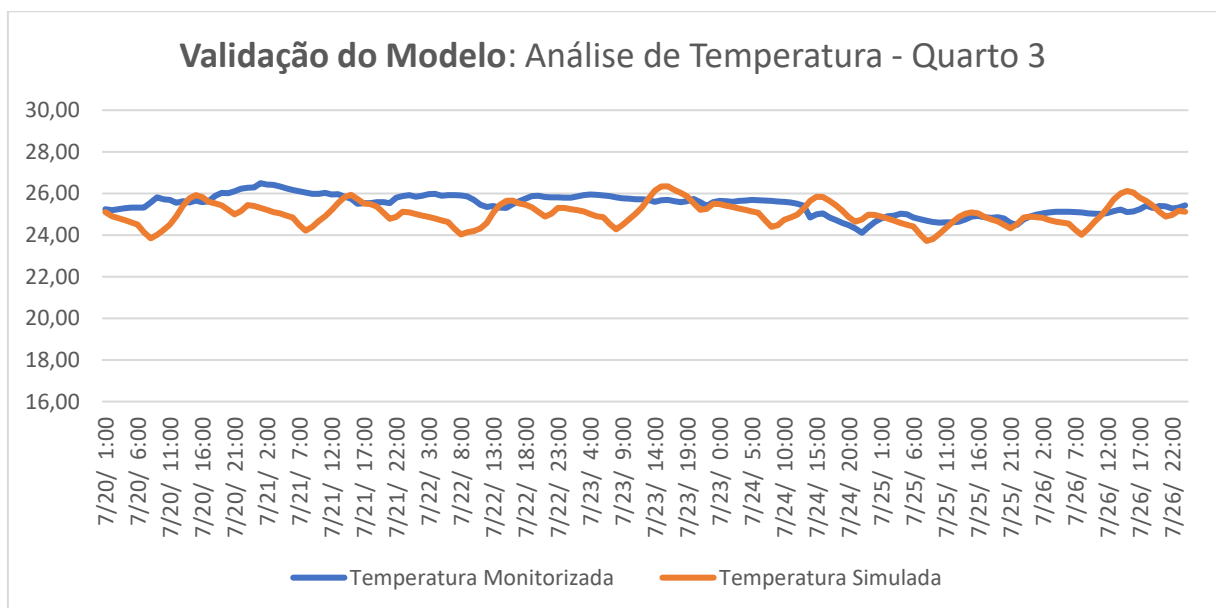


Figura 60 – Análise de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para o quarto 3, com orientação a sul

6.2.2. TEMPERATURA E HUMIDADE

6.2.2.1. Análise da Influência da Orientação

As figuras 61 e 62 comparam os valores de temperatura operativa para os dois quartos analisados, para a semana de inverno no edifício atual e no edifício com a envolvente melhorada.

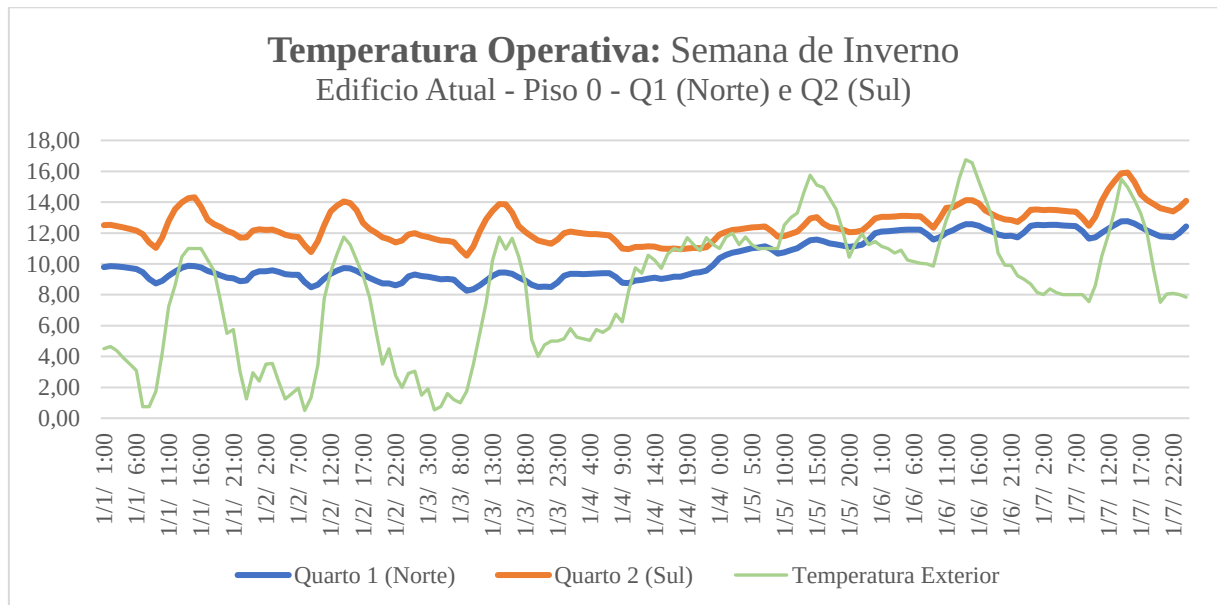


Figura 61 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno

Em ambos os casos, como seria expectável, a orientação a Sul apresenta sempre temperaturas superiores, no entanto é relevante referir que essa diferença entre orientação é ligeiramente inferior para o cenário do edifício com a envolvente melhorada. Na situação atual, o valor máximo da diferença de temperatura é cerca de 3,7°C e na situação melhorada esse valor é cerca de 3,4°C. Como a envolvente do edifício foi melhorada, os ganhos internos serão mais facilmente retidos permitindo assim um melhor desempenho térmico e uniformidade entre as orientações.

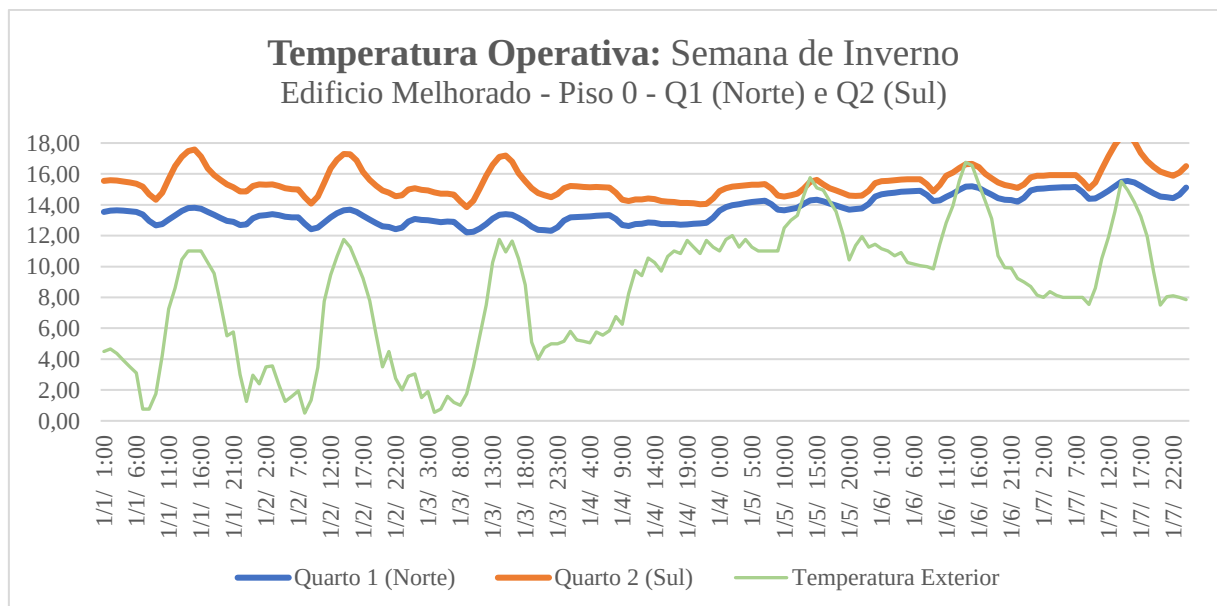


Figura 62 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício melhorado na semana de inverno

As figuras 63 e 64 comparam, entre os dois quartos analisados, a temperatura operativa para a semana de verão no edifício atual e no edifício com a envolvente melhorada.

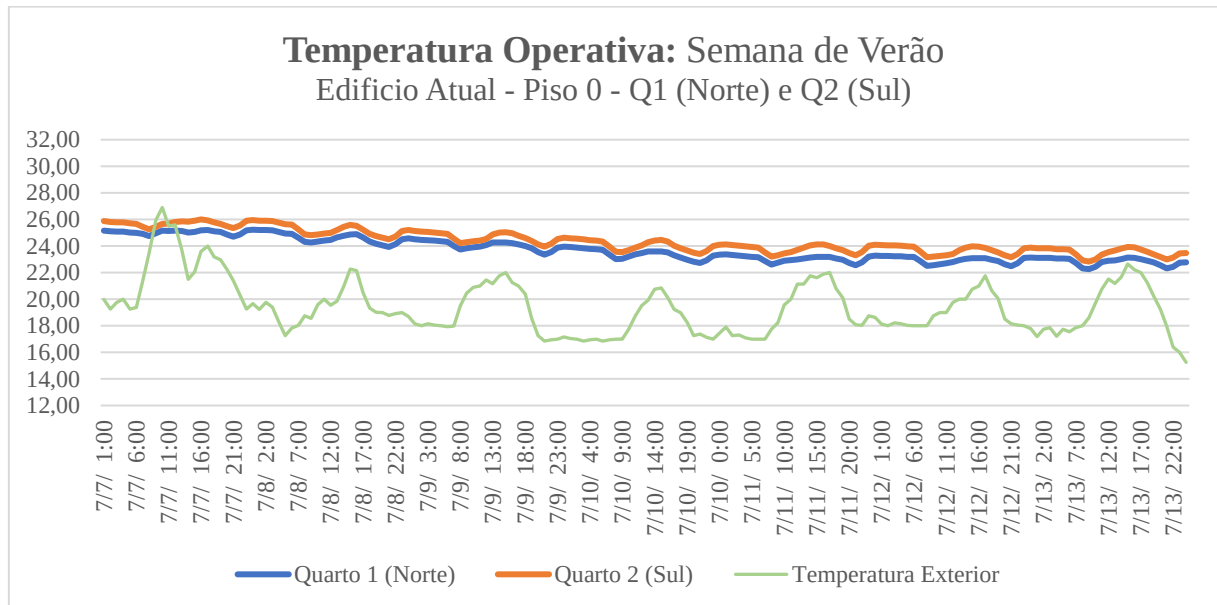


Figura 63 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno

Como é possível analisar, para a semana de verão, quer no edifício atual, quer no edifício com envolvente melhorada, para as condições de utilização consideradas, a orientação não tem um impacto significativo na temperatura operativa. Para o edifício atual, que apresenta temperaturas menores, a orientação não tem um impacto visto que a fraca envolvente do edifício faz com que este seja uniformemente muito exposto quer aos ganhos solares, quer às perdas térmicas, quando arrefece. A muito pequena dimensão da habitação também terá uma contribuição importante para uma maior homogeneidade das temperaturas. Para a situação do edifício com envolvente melhorada, as temperaturas para os dois quartos são ainda mais próximas, sendo ambas superiores às do cenário atual. Como o edifício tem uma envolvente melhorada, isso permite uma maior retenção do calor.

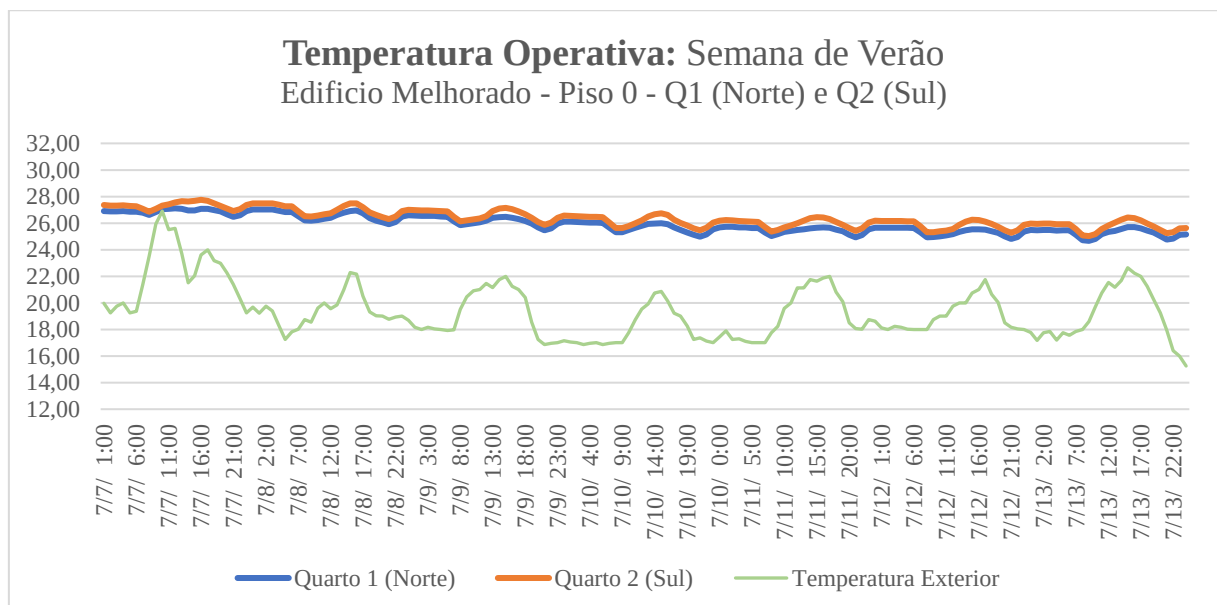


Figura 64 – Temperatura operativa (°C), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno

As figuras 65 e 66 comparam, entre os dois quartos analisados, a humidade relativa para a semana de inverno no edifício atual e no edifício com a envolvente melhorada.

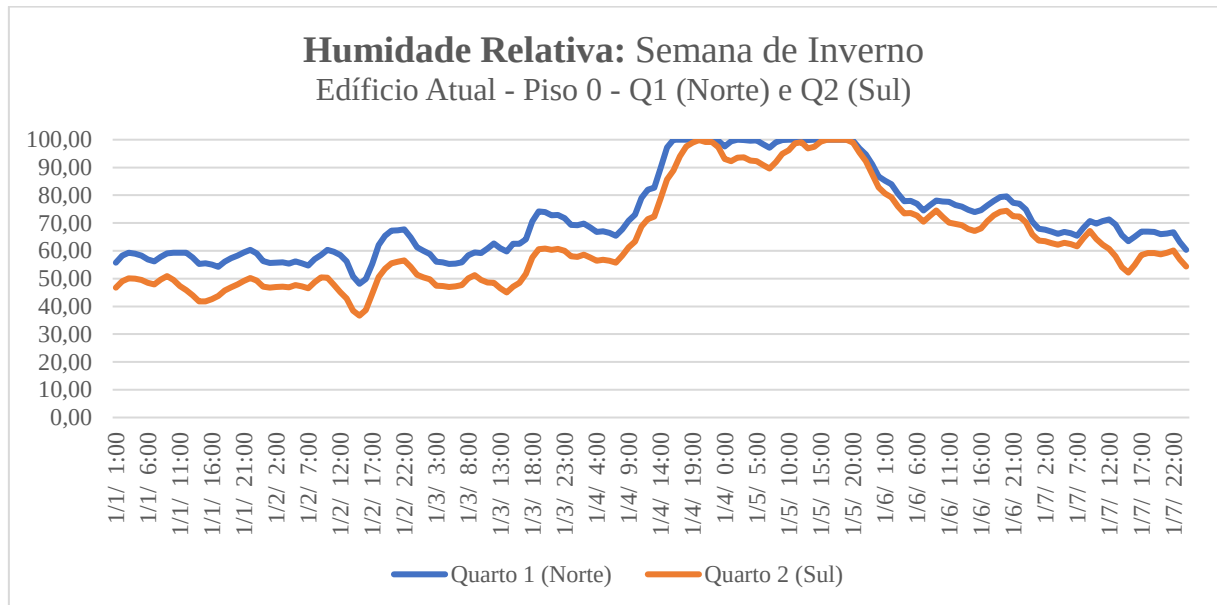


Figura 65 – Humidade relativa (%), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno

Analisada a semana de inverno, quer no edifício atual, quer no edifício com a envolvente melhorada, a orientação tem um impacto significativo ao nível da humidade relativa.

O cenário do edifício atual apresenta níveis de humidade que chegam aos 100%, sendo este facto indicativo das deficiências construtivas e térmicas que existem nos edifícios do caso de estudo. O cenário do edifício com envolvente melhorada apresenta resultados significativamente melhores fruto do aumento do isolamento térmico, nunca atingindo os 100% de humidade relativa. Em ambos os casos a orientação a norte é a mais gravosa e coincide, como seria de esperar, com as temperaturas mais frias.

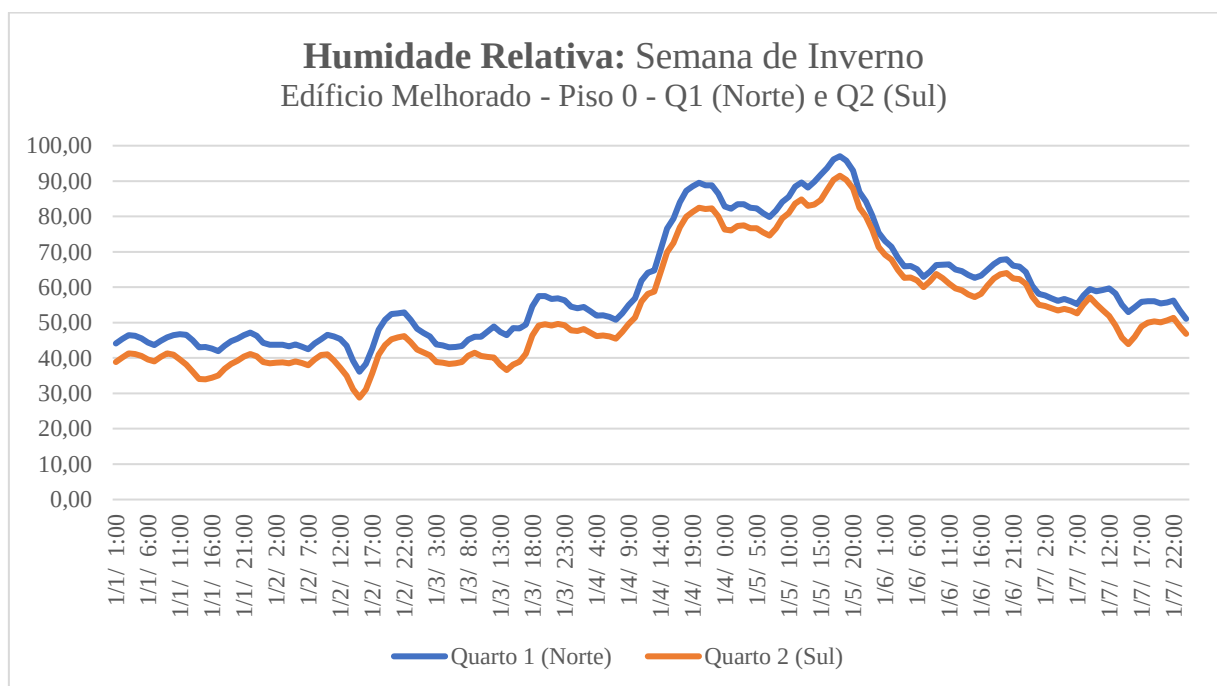


Figura 66 – Humidade relativa (%), para o piso 0 do edifício atual na semana de inverno

6.2.2.2. Análise da Influência da Localização em Altura

Para a análise da influência da localização em altura nos valores de temperatura e humidade relativa, foram comparados os valores de temperatura entre o piso 0 e o piso 4, sempre para o mesmo quarto (quarto 1), com orientação a norte.

As figuras 67 e 68 comparam, entre os dois pisos analisados, a temperatura operativa e a humidade relativa, respetivamente, para a semana de inverno no edifício atual.

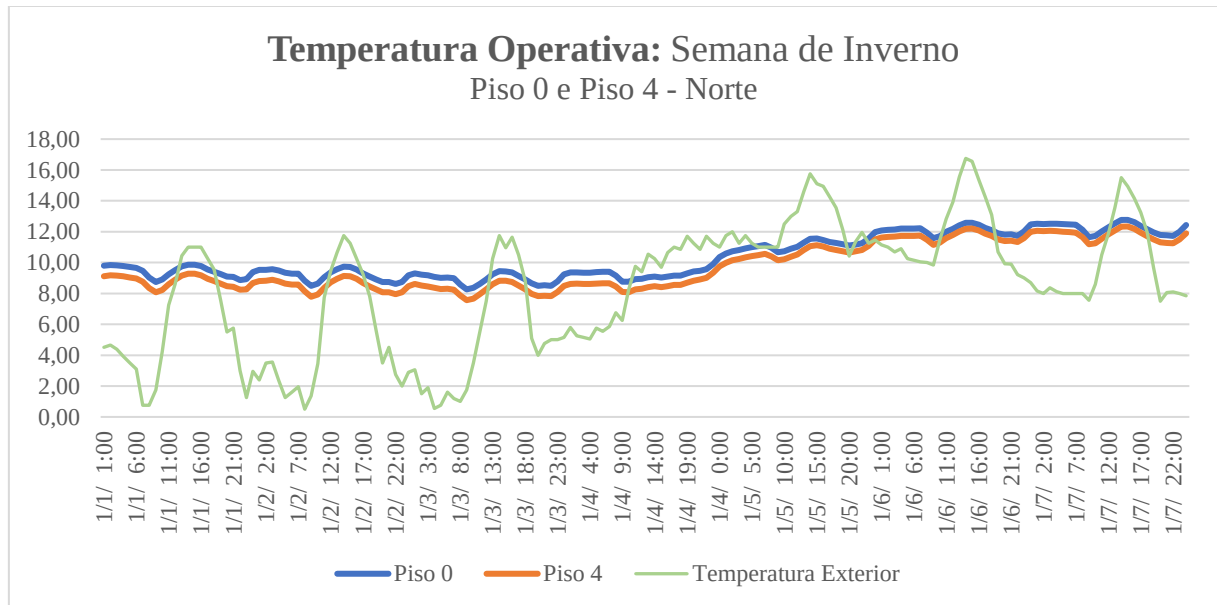


Figura 67 – Temperatura operativa (°C), para os pisos 0 e 4 do edifício atual na semana de inverno

Analisando a temperatura operativa, para a semana de inverno, a influência da altura existe, mas é muito subtil.

Em relação à humidade relativa, para a semana de inverno, a influência da altura é ainda mais subtil.

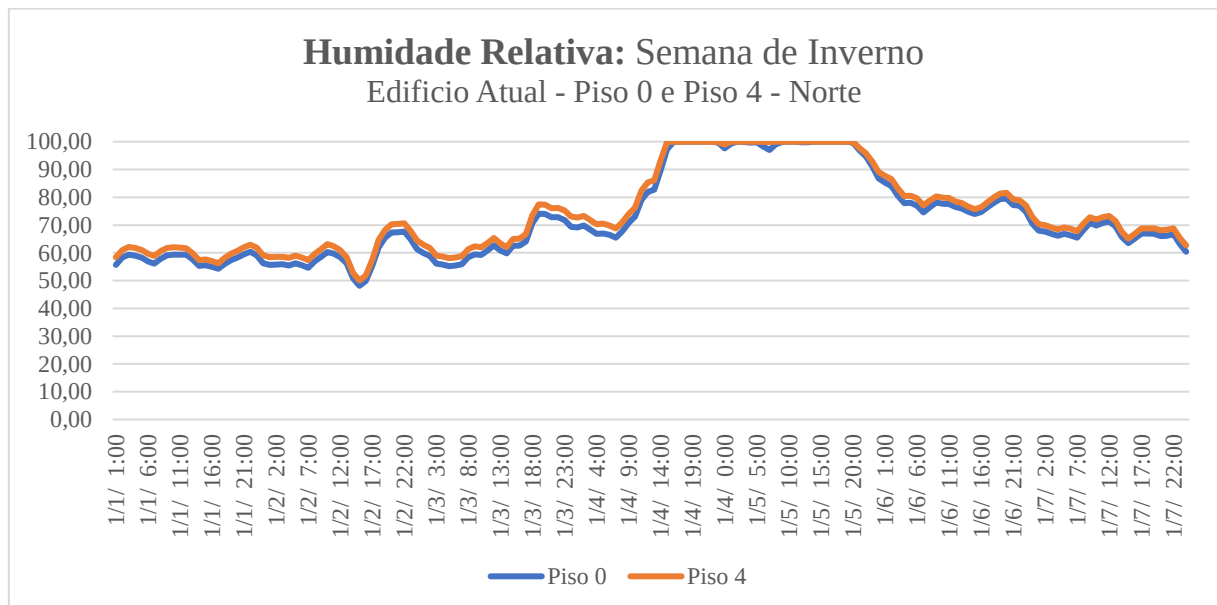


Figura 68 – Humidade relativa (%), para os pisos 0 e 4 do edifício atual na semana de inverno

6.2.2.3.Comparação Entre Cenários

Para a análise entre cenários de simulação foi escolhido como objeto de estudo o quarto 1, com orientação a norte, do piso 0.

As figuras 69 e 70 comparam, entre os dois cenários analisados, a temperatura operativa e a humidade relativa, respetivamente, para a semana de inverno.

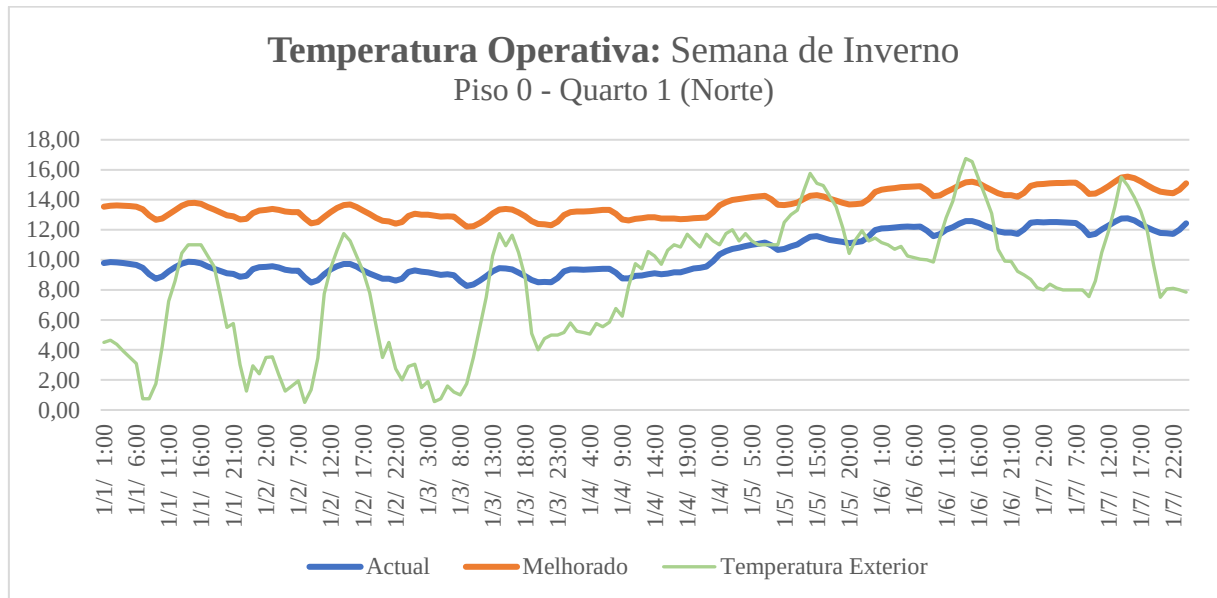


Figura 69 – Temperatura operativa (°C), para os dois cenários na semana de inverno

Como seria expectável, quer para a temperatura operativa, quer para a humidade relativa, o cenário do edifício com envolvente melhorada tem um desempenho muito superior ao edifício actual. Para esse cenário melhorado, existe um aumento médio de cerca de 4 graus na temperatura operativa e uma redução média de cerca de 20% de humidade relativa.

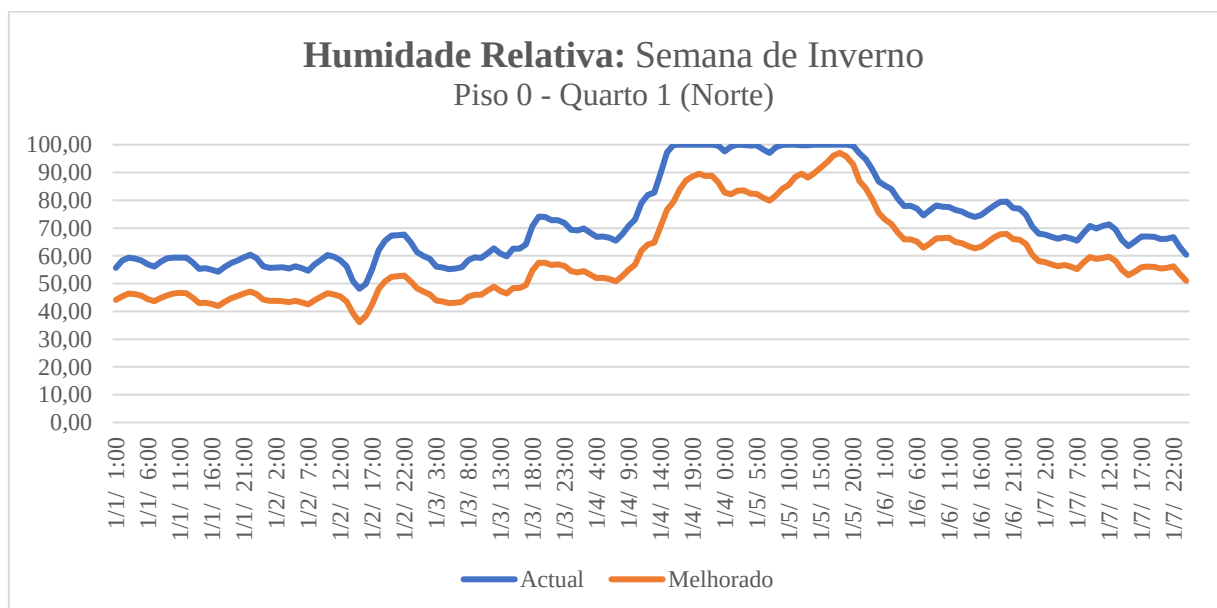


Figura 70 – Humidade relativa (%), para os dois cenários na semana de inverno

As figuras 71 e 72 comparam, entre os dois cenários analisados, a temperatura operativa e a humidade relativa, respetivamente, para a semana de verão.

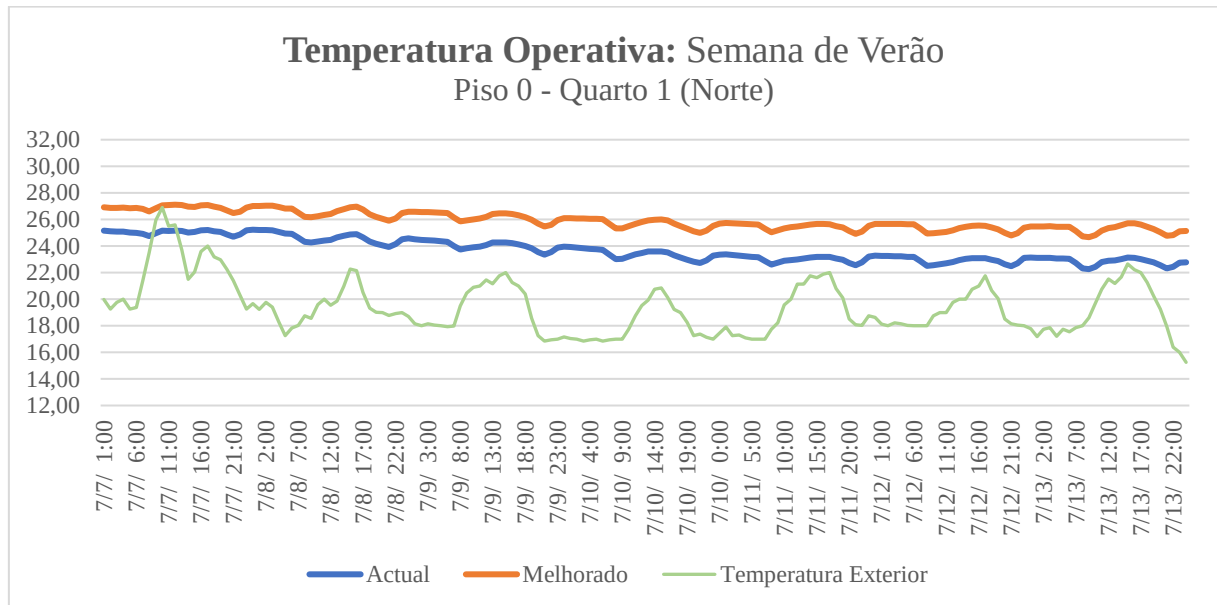


Figura 71 – Temperatura operativa (°C), para os dois cenários na semana de verão

Em relação à análise da temperatura operativa entre cenários e durante a semana de verão, podemos verificar que no cenário do edifício com a envolvente melhorada, a temperatura operativa é superior à do edifício atual, estando grande parte do tempo acima do valor de 25°C, utilizado para analisar o início do desconforto durante o verão. Tendo em conta as melhorias na envolvente existe uma maior retenção do calor, que no inverno é algo benéfico, mas no verão é contraproducente.

Relativamente à análise da humidade relativa, assim como seria expectável e como aconteceu para a semana de inverno, o cenário do edifício com a envolvente melhorada tem um melhor desempenho do que o edifício atual.

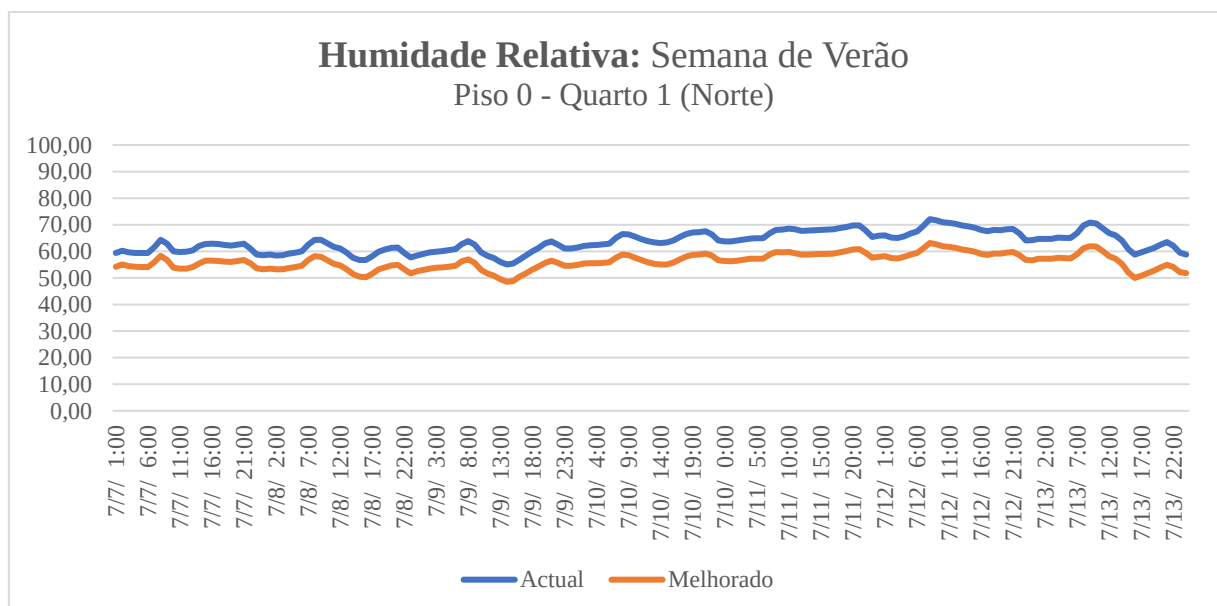


Figura 72 – Humidade relativa (%), para os dois cenários na semana de verão

6.2.3. AVALIAÇÃO DO CONFORTO

6.2.3.1. Análise da Semana Crítica

Para fazer uma análise ao conforto é interessante perceber, para o caso mais gravoso, o grau de desconforto que os habitantes sentem. Para fazer uma avaliação desse parâmetro subjetivo que é o conforto ou desconforto foi utilizado o conceito de graus hora de desconforto.

O valor de graus hora de desconforto ($^{\circ}\text{C.h}$) resulta, no caso do inverno, da diferença entre o valor de temperatura mínimo de conforto (18°C) e o valor médio horário de temperatura operativa, sempre que esta for inferior a 18°C . Para o caso do verão, o valor de graus hora de desconforto ($^{\circ}\text{C.h}$) resulta da diferença entre o valor de temperatura máximo de conforto (25°C) e o valor médio horário de temperatura operativa, sempre que esta for superior a 25°C .

Somando os valores horários de graus hora de desconforto durante um dia é obtido um somatório diário de graus hora de desconforto, que permite fazer uma comparação. Adicionalmente, e como é apresentado pela figura 73, é possível fazer uma análise desses somatórios durante uma semana e fazer a comparação entre os cenários.

De todos os casos calculados, o quarto 1 do piso 4 foi aquele que apresentou um somatório semanal de graus hora de desconforto maior, como tal é esse que é apresentado.

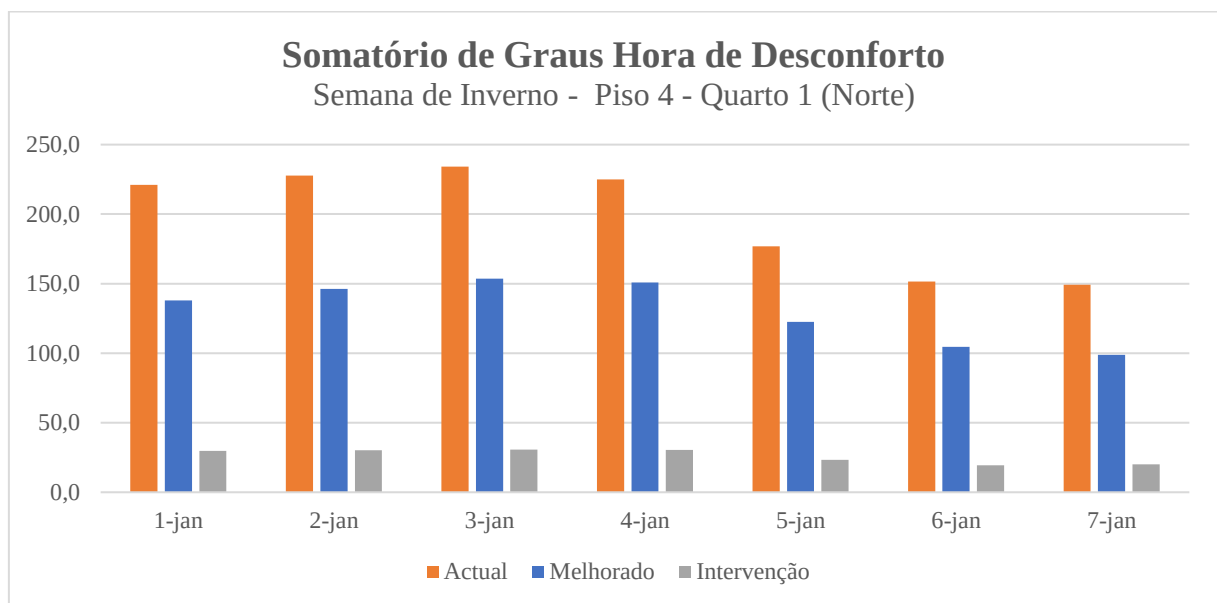


Figura 73 – Somatório de graus hora de desconforto ($^{\circ}\text{C.h}$) na semana de inverno

É possível concluir que, em comparação com os outros cenários, o edifício atual, durante a semana de inverno, apresenta o maior número de graus hora de desconforto. Tal conclusão já seria esperada, mas provavelmente não com esta magnitude de desconforto. É também possível concluir que, mesmo no edifício com a envolvente melhorada, o somatório de graus hora de desconforto continua a ser relevante, sendo este facto indicativo de que uma envolvente melhorada não chega para combater o desconforto, como seria de esperar. No entanto, a redução conseguida é bastante significativa.

Em relação aos valores residuais para o cenário da intervenção, onde seria expectável não haver desconforto, tal só acontece devido às condições escolhidas para o funcionamento do sistema de aquecimento, onde foi escolhido um *setpoint* para o aquecimento de 18°C . Se quiséssemos anular este desconforto bastaria aumentar ligeiramente o *setpoint* escolhido, que diz respeito à temperatura do ar, para 19 ou 20°C , podendo assegurar com isso uma temperatura de 18°C .

6.2.3.2. Análise das Semanas Críticas de Inverno e Verão

Para além da análise para o caso mais gravoso, é também importante ter uma visão geral do grau de desconforto que os habitantes sentem durante as semanas críticas de inverno e de verão, e para todos os pisos e orientações analisados. Para fazer a avaliação desse parâmetro foi novamente utilizado o conceito de graus hora de desconforto.

O quadro 12 apresenta, de forma sintética, o somatório de graus hora de desconforto calculados, para as semanas de análise durante o verão e o inverno.

Como foi apresentado anteriormente, de todos os casos, o quarto 1 do piso 4, durante a semana de inverno, foi aquele que apresentou um somatório semanal de graus hora de desconforto maior, seguido, de forma muito próxima, pelo mesmo quarto 1, nos pisos 0 e 2. Estes valores confirmam a influência da orientação na temperatura, que tem impacto direto no conforto sentido pelos habitantes.

Em comparação, entre os três cenários, o cenário do edifício atual é, naturalmente, o cenário com um maior grau de desconforto sentido, sendo que esse desconforto é principalmente sentido durante o inverno. Enquanto isso, o cenário do edifício com envolvente melhorada, apresenta um menor desconforto durante o inverno, mas, o aumento do isolamento térmico faz com que, durante o verão, exista uma maior retenção do calor dentro das habitações, aumentando o desconforto sentido sendo, no entanto, claramente menos significativo do que no inverno.

Mais uma vez, em relação aos valores residuais para o cenário da intervenção, onde seria expectável não haver desconforto, tal só acontece devido às condições escolhidas para o funcionamento do sistema de aquecimento e arrefecimento explicadas anteriormente.

Quadro 12 – Somatório de Graus Hora de Desconforto, em °C.h, para as Semanas de Análise

Somatório de Graus Hora de Desconforto para as Semanas de Análise						
Local de Análise				Cenário do Edifício Atual	Cenário do Edifício Melhorado	Cenário do Edifício Pós-Intervenção
Inverno	Piso 0	Quarto 1	Norte	1288,3	726,0	152,2
		Quarto 2	Sul	920,9	432,6	82,4
	Piso 2	Quarto 1	Norte	1291,3	638,0	141,2
		Quarto 2	Sul	926,1	401,3	72,6
	Piso 4	Quarto 1	Norte	1385,5	839,1	184,1
		Quarto 2	Sul	1086,1	642,8	104,8
Verão	Piso 0	Quarto 1	Norte	2,7	108,9	0,0
		Quarto 2	Sul	24,8	175,3	1,9
	Piso 2	Quarto 1	Norte	11,3	268,0	0,4
		Quarto 2	Sul	46,0	349,3	4,2
	Piso 4	Quarto 1	Norte	6,4	193,7	0,5
		Quarto 2	Sul	20,4	242,9	2,1

6.2.4.NECESSIDADES ENERGÉTICAS

6.2.4.1.Valores Reais de Consumo de Energia e Valores Estimados

Através de dados do consumo de energia do bloco de habitações A, fornecidos pela AdEPorto e para o ano de 2020, foi possível perceber que, durante esse ano, o consumo anual da totalidade do bloco foi cerca de 48418 kWh, o que perfaz um consumo médio por habitação de 1613 kWh.

Em comparação com estes valores, o modelo para o edifício atual do *DesignBuilder*, nas condições de utilização consideradas, as quais não incluíam qualquer climatização, estimou um consumo de energia a rondar os 69300 kWh. Não conhecendo o que se passa em todas as frações, do ponto de vista da ocupação, a estimativa feita, usou naturalmente valores padrão. Considerou-se, por exemplo, um número de ocupantes padrão para a tipologia T3 sendo possível que em muitas das habitações o número de ocupantes seja bastante mais baixo. Foi considerada, também, uma permanência de alguma pessoa durante todo dia na habitação, o que fará sentido em termos da amostra de fogos inquiridos, mas poderá não ser representativa de todo o bloco.

De qualquer forma, a comparação entre a realidade e o cenário modelado mostra que os habitantes têm consumido uma quantidade modesta de energia e que o consumo para climatização será praticamente inexistente ou apenas muito pontual.

6.2.4.2.Cenário Simulado para Pós-Intervenção

Para o cenário pós-intervenção modelado no *DesignBuilder*, é admitida uma situação de conforto absoluto onde os habitantes têm energia suficiente para aquecerem e arrefecerem as suas habitações sempre que necessário, garantindo, 24 horas por dia, uma temperatura do ar interior igual ou superior a 18°C, no inverno e inferior ou igual a 25°C, no verão. O objetivo deste cenário prendia-se com a necessidade de perceber, para as condições atuais dos blocos a nível construtivo, qual seria o acréscimo de consumo de energia necessário para garantir conforto total a todas as horas do dia. Trata-se, assumidamente, de um cenário sobrestimado, pouco realista. No entanto, pretendia-se avaliar a situação extrema.

Após uma simulação anual para este cenário, é possível estimar que o consumo de energia anual para o bloco de habitações A seria cerca de 155600 kWh. Deste valor, o aquecimento da habitação representaria cerca de 83500 kWh e o arrefecimento seria cerca de 2800 kWh, ou seja, um total de 86300 kWh para climatização. A partir da figura 28, apresentada no capítulo da metodologia e caso de estudo, é possível fazer uma estimativa do fornecimento médio de energia dos painéis fotovoltaicos ao bloco A. Anualmente, esse valor rondaria os 20550 kWh, representando cerca de 42% do consumo real em 2020.

No cenário extremo modelado no *DesignBuilder* o valor de energia fornecida pelos painéis fotovoltaicos cobriria cerca de 24% do consumo de energia estimado para climatização, e, mantendo-se, em simultâneo, o mesmo padrão de consumo para os outros tipos de uso, cerca de 15% do consumo total de energia. No entanto, estudos anteriores dizem que, atendendo aos hábitos da população portuguesa, aos horários habituais de ocupação das habitações e às tendências esperadas de aquecimento global devido às alterações climáticas, é de esperar que cerca de um terço do consumo estimado para climatização no cenário extremo simulado represente já um nível de conforto muito melhorado. Ou seja, nessas condições, a contribuição dos painéis fotovoltaicos poderia cobrir cerca de 71% do consumo para climatização. Para além disso, conforme foi provado anteriormente, o cenário com a envolvente melhorada, conduz a um melhor aproveitamento dos ganhos solares e ganhos internos e a uma melhoria do conforto passivo. Nesse cenário, as necessidades energéticas para o conforto seriam menores podendo ser cobertas, ainda em maior escala, pela energia fornecida pelos painéis fotovoltaicos.

7. CONCLUSÃO

7.1. CONCLUSÕES FINAIS

Com o objetivo final de perceber em que medida a abordagem a nível do bairro e o conceito de comunidade de energia renovável (CER) pode contribuir para uma melhoria do conforto térmico em habitações sociais e ajudar à redução da pobreza energética, levou-se a cabo uma caracterização do Bairro da Agra do Amial, o qual será objeto de um projeto-piloto visando a sua transformação numa CER. Essa caracterização baseou-se em trabalho de campo, constituído por monitorização de uma amostra de habitações e realização de um inquérito social, e na modelização de um dos blocos do bairro e simulação do seu desempenho térmico e energético.

Os resultados da monitorização, que foi possível realizar apenas durante uma semana de julho, revelaram a existência de situações frequentes de sobreaquecimento nas habitações, em particular nos edifícios com fachada a Oeste, onde a galeria horizontal de acesso, envidraçada, agrava o problema. Por outro lado, a pequena dimensão das habitações contribui para uma considerável homogeneidade de temperaturas. Quanto à humidade, foram registados alguns valores elevados de humidade relativa, mesmo em situações de temperaturas altas.

O inquérito social permitiu obter algumas indicações sobre o tipo de utilização das habitações, sendo particularmente claro o facto de raramente os moradores utilizarem qualquer tipo de equipamento para aquecerem ou arrefecerem as suas habitações.

A simulação numérica do bloco A mostrou a relevância de alguns fatores como a orientação e a localização das habitações no edifício. Para a situação atual, não utilizando qualquer tipo de climatização, conforme seria de esperar, são atingidos valores muito baixos da temperatura interior, durante o inverno, podendo dar origem também a uma humidade relativa elevadíssima, atingindo a saturação. Verificaram-se também algumas situações de sobreaquecimento no verão, mas com menos expressão do que as situações críticas de inverno.

Entre os cenários simulados, o edifício com envolvente melhorada apresentou um melhor desempenho térmico, durante o inverno do que o edifício atual, onde é obvio o grau de desconforto sentido durante esse período. No entanto, durante o verão, o efeito da colocação de isolamento térmico é contraproducente, dificultando o arrefecimento das habitações traduzindo-se num ligeiro aumento do desconforto para este cenário em relação ao cenário do edifício atual.

Quanto às necessidades energéticas do bloco A e consequente estimativa do consumo de energia, a comparação entre a realidade e o cenário modelado para o edifício atual mostra que os habitantes têm consumido uma quantidade modesta de energia e que o consumo para climatização será praticamente

inexistente ou apenas muito pontual. Para o cenário simulado pós-intervenção, onde é admitida uma situação de conforto absoluto, o acréscimo de consumo de energia necessário para garantir esse conforto era de 86300 kWh. Desta forma, seria possível estimar que o valor de energia fornecida pelos painéis fotovoltaicos cobriria cerca de 24% do consumo de energia estimado para climatização, e, mantendo-se, em simultâneo, o mesmo padrão de consumo para os outros tipos de uso, cerca de 15% do consumo total de energia. Complementarmente à intervenção prevista, um cenário onde exista um plano de melhorar a envolvente dos edifícios conduzirá a um melhor aproveitamento dos ganhos solares e ganhos internos e a uma melhoria do conforto passivo sendo que, nesse cenário, as necessidades energéticas para o conforto seriam menores podendo ser cobertas, ainda em maior escala, pela energia fornecida pelos painéis fotovoltaicos.

7.2.DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, e tendo em conta que esta dissertação de mestrado pretende constituir um contributo prévio e essencial ao desenvolvimento de uma dissertação de doutoramento que aprofundará e alargará o tema presente, seria interessante fazer uma modelação da totalidade do Bairro da Agra do Amial, podendo avaliar com mais exatidão, todas os cenários existentes no edifício atual e, partindo desse ponto, fazer simulações que permitam analisar, em maior escala, as questões relacionadas com as necessidades energéticas e perceber se a escala de contribuição dos painéis fotovoltaicos é superior ou inferior ao que foi estudado para esta amostra do bloco de habitações A.

Será também possível aprofundar o estudo do perfil de utilização das habitações, aspeto essencial para prever o modo de funcionamento da futura CER.

Finalmente, é também relevante prosseguir, como está planeado, com a monitorização das dez habitações. Essa monitorização deve contemplar a totalidade das estações de verão e de inverno visto que, só assim é possível ter um retrato fiel das condições de conforto dos habitantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency, International Energy - Electricity Information. 2021. Disponível em WWW: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/910f28b7-5276-4599-a349-097ab58aeea8/Elc_documentation.pdf>.
- Antunes, Gonçalo - Política de habitação social em Portugal: de 1974 à actualidade. CESNOVA, 2019. ISBN/ISSN: 2182-7427
- Arcipowska, Aleksandra; Anagnostopoulos, Filippos; Mariottini, F; Kunkel, S - Energy performance certificates across the EU—a mapping of national approaches. *Buildings Performance Institute Europe (BPIE)*. Brussels. (2014).
- Barbosa, Ricardo Manuel Mafra; Almeida, Manuela Guedes de - Reabilitação nZEB e pobreza energética na Habitação social. (2021).
- Bollino, Carlo Andrea; Botti, Fabrizio - Energy poverty in Europe: A multidimensional approach. *PSL Quarterly Review*. Vol. 70. n.º 283 (2017). ISSN: 2037-3635
- Bouzarovski, Stefan; Thomson, Harriet; Cornelis, Marine - Confronting energy poverty in Europe: A research and policy agenda. *Energies*. Vol. 14. n.º 4 (2021). p. 858. ISSN: 1996-1073
- Commission, European - COM (2020) 563 Final. Amended Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Establishing the Framework for Achieving Climate Neutrality and Amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law). (2018).
- da Costa Borges, Sandra - Habitação Social no concelho do Porto-Uma fase de vida ou uma solução para a vida? (2017).
- da Silva Seabra, Bianca - Plano de monitorização de edifícios de habitação social objeto de reabilitação. (2020).
- DGEG - Energia em Números. 2021. Disponível em WWW: <<https://www.dgeg.gov.pt/media/32skj5iv/dgeg-aen-2021e.pdf>>.
- Dong, Kangyin; Dou, Yue; Jiang, Qingzhe - Income inequality, energy poverty, and energy efficiency: Who cause who and how? *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 179. (2022). p. 121622. ISSN: 0040-1625
- Economidou, Marina; Todeschi, Valeria; Bertoldi, Paolo; D'Agostino, Delia; Zangheri, Paolo; Castellazzi, Luca - Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings. *Energy and Buildings*. Vol. 225. (2020). p. 110322. ISSN: 0378-7788
- Europe, Housing - The State of Housing in the EU 2019. Decoding the new housing reality. *Housing Europe*. (2019).
- Europe, Housing - The State of Housing in Europe in 2021. Next Generation neighbourhoods must factor in climate without pricing out people. *Housing Europe*. (2021). Disponível em WWW: <https://www.stateofhousing.eu/The_State_of_Housing_in_the_EU_2021.pdf>.
- Europeia, União - Diretiva (UE) 2018/2001 do parlamento europeu e do conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*. (2018). Disponível em WWW: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=LV>>.
- Fabbri, Kristian - Building and fuel poverty, an index to measure fuel poverty: An Italian case study. *Energy*. Vol. 89. (2015). p. 244-258. ISSN: 0360-5442
- Halkos, George E; Gkampoura, Eleni-Christina - Evaluating the effect of economic crisis on energy poverty in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 144. (2021). p. 110981. ISSN: 1364-0321
- Hess, David J; Renner, Madison - Conservative political parties and energy transitions in Europe: Opposition to climate mitigation policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 104. (2019). p. 419-428. ISSN: 1364-0321
- Horta, Ana; Schmidt, Luísa - Pobreza energética em Portugal. (2021). ISSN: 9726716683
- Jacobson, Mark Z; Delucchi, Mark A; Cameron, Mary A; Mathiesen, Brian V - Matching demand with supply at low cost in 139 countries among 20 world regions with 100% intermittent wind, water, and sunlight (WWS) for all purposes. *Renewable Energy*. Vol. 123. (2018). p. 236-248. ISSN: 0960-1481

- Magrini, Anna; Lentini, Giorgia; Cuman, Sara; Bodrato, Alberto; Marengo, Ludovica - From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge-The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example. *Developments in the Built Environment*. Vol. 3. (2020). p. 100019. ISSN: 2666-1659
- McCabe, Annie; Pojani, Dorina; van Groenou, Anthony Broese - The application of renewable energy to social housing: A systematic review. *Energy policy*. Vol. 114. (2018). p. 549-557. ISSN: 0301-4215
- Melgar, SG; Andújar, JM; Bohórquez, MA - Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering. Springer, 2017. - Energy Retrofitting and Social Housing Instrumentation Attending Passive Criteria. Case Study in Winter. ISBN:
- Papaefthymiou, Georgios; Dragoon, Ken - Towards 100% renewable energy systems: Uncapping power system flexibility. *Energy Policy*. Vol. 92. (2016). p. 69-82. ISSN: 0301-4215
- Pinheiro, Luís; Oliveira, Pedro; Bernardino, Jorge; Pedrosa, Isabel - Business Intelligence Aplicado à análise de Eficiência Energética nos Edifícios Business Intelligence Applied in Buildings Energy Efficiency. (2021).
- Português, Governo - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, Estratégia Longo Prazo Para a Neutralidade Carbónica Da Econ. *Port. Em*. (2019).
- Português, Governo - Estratégia Portugal 2030. (2020a). Disponível em WWW: <<https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=resolucao-do-conselho-de-ministros-que-aprova-a-estrategia-portugal-2030>>.
- Português, Governo - Programa Nacional de Investimentos 2030. (2020b). Disponível em WWW: <<https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=apresentacao-do-programa-nacional-de-investimentos-para-2030>>.
- Português, Governo - Plano de Recuperação e Resiliência. (2021). Disponível em WWW: <<https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=recuperar-portugal-construindo-o-futuro-plano-de-recuperacao-e-resiliencia>>.
- Salvia, Monica; Reckien, Diana; Pietrapertosa, Filomena; Eckersley, Peter; Spyridaki, Niki-Artemis; Krook-Riekkola, Anna; Olazabal, Marta; Hurtado, Sonia De Gregorio; Simoes, Sofia G; Geneletti, Davide - Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 135. (2021). p. 110253. ISSN: 1364-0321
- Social, Domus - Caracterização Socioeconómica e Demográfica. Disponível em WWW: <<https://www.domussocial.pt/bairros/caracterizacao-socioeconomica-e-demografica-brigadas-e-pedidos-de-intervencao>>.
- Walsh, Molly; Castanié, Myriam; Giovannini, Sara - Community Energy: A practical guide to reclaiming power. REScoop.eu, 2020. Disponível em WWW: <<https://www.rescoop.eu/toolbox/community-energy-a-practical-guide-to-reclaiming-power>>.
- Yuan, Xi; Su, Chi-Wei; Umar, Muhammad; Shao, Xuefeng; LobonȚ, Oana-Ramona - The race to zero emissions: Can renewable energy be the path to carbon neutrality? *Journal of Environmental Management*. Vol. 308. (2022). p. 114648. ISSN: 0301-4797
- Zappa, William; Junginger, Martin; Van Den Broek, Machteld - Is a 100% renewable European power system feasible by 2050? *Applied energy*. Vol. 233. (2019). p. 1027-1050. ISSN: 0306-2619

ANEXO

INQUÉRITO SOCIAL

1. Caracterização Demográfica – Um bloco por cada pessoa que mora na habitação

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

Gênero		Idade	Escolaridade		Situação de Emprego	
Masculino			Sem escolaridade		Desempregado	
Feminino			Ensino Primário		Empregado	
			Ensino Médio		Reformado	
			Ensino Secundário		Outro	
			Ensino Superior			

2. Caracterização Habitacional - Avalie na escala de cores tendo em conta cada pergunta**2.1 Nível de satisfação com a sua habitação**

1		2		3		4	
---	--	---	--	---	--	---	--

2.2 Nível de conforto no inverno

1		2		3		4	
---	--	---	--	---	--	---	--

2.3 Nível de conforto no verão

1		2		3		4	
---	--	---	--	---	--	---	--

2.4 Tem dificuldades com o pagamento das suas contas de eletricidade?

1		2		3		4	
---	--	---	--	---	--	---	--

2.5 Devido às contas de eletricidade evita utilizar equipamentos de aquecimento?

Sim			Às vezes			Não	
-----	--	--	----------	--	--	-----	--

2.6 Devido às contas de eletricidade evita utilizar equipamentos de arrefecimento?

Sim			Às vezes			Não	
-----	--	--	----------	--	--	-----	--

2.7 Devido às contas de eletricidade evita utilizar equipamentos domésticos?

Sim			Às vezes			Não	
-----	--	--	----------	--	--	-----	--

2.8 Existem anomalias na sua habitação?

Muitas			Algumas			Nenhumas	
--------	--	--	---------	--	--	----------	--

2.9 Que tipo de anomalias encontra na sua habitação?

Humidade		Fissuras		Outro		NA	
----------	--	----------	--	-------	--	----	--

2.10 Onde se localizam as anomalias descritas?

Paredes		Tetos		Outro		NA	
---------	--	-------	--	-------	--	----	--

3. Perfil de Utilização Habitacional**3.1 Indique quantas pessoas residem na sua habitação.****3.1.1 Quais os períodos com presença de pessoas na habitação?** (Indique o número de pessoas)

Sempre		Início da Manhã		Manhã		Hora do Almoço	
Tarde		Fim de Tarde		Hora do Jantar		Noite	

3.2 Costuma abrir as janelas para arejar a sua habitação no verão? (Indique o número de horas)

Sim		Às vezes		Não	
-----	--	----------	--	-----	--

3.2.1 Quais os períodos em que costuma abrir as suas janelas? (Indique o número de horas)

Sempre		Início da Manhã		Manhã		Hora do Almoço	
Tarde		Fim de Tarde		Hora do Jantar		Noite	

3.3 Costuma abrir as janelas para arejar a sua habitação no inverno? (Indique o número de horas)

Sim		Às vezes		Não	
-----	--	----------	--	-----	--

3.3.1 Quais os períodos em que costuma abrir as suas janelas? (Indique o número de horas)

Sempre		Início da Manhã		Manhã		Hora do Almoço	
Tarde		Fim de Tarde		Hora do Jantar		Noite	

3.4 Costuma aquecer a sua habitação no inverno? (Indique o número de horas)

Sim		Às vezes		Não	
-----	--	----------	--	-----	--

3.4.1 Quais os períodos em que costuma aquecer a sua habitação? (Indique o número de horas)

Sempre		Início da Manhã		Manhã		Hora do Almoço	
Tarde		Fim de Tarde		Hora do Jantar		Noite	

3.5 Costuma abrir/fechar as persianas?

Sim		Às vezes		Não	
-----	--	----------	--	-----	--

3.5.1 Indique quais os períodos em que tem as persianas abertas (A) e fechadas (F).

Sempre		Início da Manhã		Manhã		Hora do Almoço	
Tarde		Fim de Tarde		Hora do Jantar		Noite	

4. Caracterização dos Equipamentos - Pode seleccionar mais que uma opção**4.1 Quais os equipamentos que usa para aquecer a sua habitação?**

Radiador		Ventilador		Outro		Nenhum	
----------	--	------------	--	-------	--	--------	--

4.2 Quais as estratégias e/ou equipamentos que usa para arrefecer a sua habitação?

Abrir Janelas		Ventilador		Ventoinha		AC	
Fechar Cortinas		Fechar Persiana		Outro		Nenhum	

4.3 Quais as estratégias e/ou equipamentos que usa para ventilar a sua casa no verão?

Abrir Janelas			AC			Exaustor	
Abrir Portas			Outro			Nenhum	

4.4 Quais as estratégias e/ou equipamentos que usa para ventilar a sua casa no inverno?

Abrir Janelas			AC			Exaustor	
Abrir Portas			Outro			Nenhum	

4.5 Quais os equipamentos que usa para a proteção de janelas?

Persianas			Cortinas			Estore Interior	
Outro			Nenhum				

5. Visita ao Local - Checklist e Observações

--

Inquérito **anónimo e confidencial** no âmbito da Tese de Mestrado do aluno Tiago Almeida Teixeira