



Análise do Decreto Lei 101-D/2020 relativo ao Desempenho Térmico de Edifícios de Habitação

JOANA FILIPA RIBEIRO DA SILVA

julho de 2023

**ANÁLISE DO DECRETO-LEI 101-D/2020 RELATIVO AO DESEMPENHO
TÉRMICO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**

JOANA FILIPA RIBEIRO DA SILVA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Jaime António Pires Gabriel Silva

Co-Orientador: Teresa Isabel Moreira De Carvalho Amorim Neto Silva

JULHO DE 2023

Eu, Joana Filipa Ribeiro da Silva, estudante nº 1070054, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado **“Análise do novo quadro legislativo ao desempenho térmico de edifícios de habitação”** é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 2023/07/05

A handwritten signature in black ink, reading "J. Silva", with a horizontal line underneath the name.

ÍNDICE GERAL

Resumo	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas e Gráficos	xv
Glossário	xvii
Abreviaturas	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução	1
CAPÍTULO 2 Legislação e documentos de apoio	1
CAPÍTULO 3 Caso de estudo	1
CAPÍTULO 4 Influência da Localização e da Orientação Solar no desempenho térmico do edifício	35
CAPÍTULO 5 Considerações Finais	43
Referências Bibliográficas	45
Anexos	47

RESUMO

O presente documento visa descrever o trabalho desenvolvido na unidade curricular de Dissertação, do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil - ramo de construções, MEC, do ISEP.

Este estudo procura analisar o **comportamento térmico** de uma fração habitacional, aplicando a legislação atualmente em vigor, o Decreto-Lei N.º 101-D/2020 e os outros diplomas legais complementares.

Para essa análise, é necessário efetuar uma descrição da habitação e das características térmicas dos elementos da envolvente e a respetiva verificação regulamentar, a quantificação dos diferentes parâmetros térmicos, a determinação das **necessidades nominais de aquecimento e de arrefecimento**, bem como o cálculo das necessidades nominais globais de energia primária e respetiva **classe energética** da habitação.

A habitação em causa já foi objeto de estudo por parte dos colegas José Augusto Baptista de Oliveira Dias e Pedro Vasconcelos Teixeira da Mota, na unidade curricular de PROJ, sob orientação da Eng.ª Teresa Isabel Moreira Carvalho Amorim Neto Silva, mas utilizando o Decreto-Lei N.º 118/2013.

Portanto, irá ser realizada um resumo acerca do trabalho desenvolvido e uma análise comparativa acerca das alterações da legislação atual face à legislação anterior.

Além de ser uma imposição legal, a aplicação do estudo do **desempenho térmico** de edifícios de habitação é de extrema importância, visto que o conforto térmico deve estar aliado sempre a uma perspetiva o mais sustentável possível, principalmente com a crise energética vivida nos dias de hoje.

Palavras-chave: comportamento térmico, necessidades nominais de aquecimento, necessidades nominais de arrefecimento, classe energética, desempenho térmico.

ABSTRACT

The present document aims to describe the work developed in the course unit of Dissertation, in the 2nd year of the Master's Degree in Civil Engineering - Construction branch, MEC, at ISEP.

This study seeks to analyze the thermal behavior of a residential unit, applying the current legislation in force, Decree-Law No. 101-D/2020, and other complementary legal provisions.

For this analysis, it is necessary to provide a description of the dwelling and the thermal characteristics of its components, as well as the respective regulatory verification, quantification of different thermal parameters, determination of nominal heating and cooling requirements, and the calculation of overall nominal primary energy requirements and the corresponding energy class of the dwelling.

The dwelling in question has already been studied by colleagues José Augusto Baptista de Oliveira Dias and Pedro Vasconcelos Teixeira da Mota, in the PROJ course unit, under the guidance of Engineer Teresa Isabel Moreira Carvalho Amorim Neto Silva, but using Decree-Law No. 118/2013.

Therefore, a summary of the work developed and a comparative analysis of the changes in the current legislation compared to the previous legislation will be carried out.

In addition to being a legal requirement, the application of the study of thermal performance of residential buildings is of utmost importance, as thermal comfort should always be linked to the most sustainable perspective possible, especially considering the energy crisis we are experiencing today.

Keywords: thermal behavior, nominal heating requirements, nominal cooling requirements, energy class, thermal performance.

AGRADECIMENTOS

“Agradeço ao destino por ter-me feito nascer pobre. A pobreza foi-me uma amiga benfazeja; ensinou-me o preço verdadeiro dos bens úteis à vida, que sem ela não teria conhecido. Evitando-me o peso do luxo, devotou-me à arte e à beleza.” (Anatole France)

Ao longo deste percurso, agradeço a quem o acompanhou de perto e me ouviu vezes infinitas a falar do mesmo, aqueles que ficam, independentemente do que aconteça. Agradeço os princípios e valores que os meus pais me deram, ensinando-me que o verdadeiro valor está no ser, e ainda, à postura que me ensinaram a ter perante a vida, lutando pelo que acredito e dando o melhor de mim naquilo que faça, pois sem isso seria impossível alcançar verdadeiramente alguma coisa.

Agradeço principalmente, ao meu marido. Ao meu refúgio, ao meu companheiro de vida, ao meu melhor amigo. Agradeço pela força constante, motivação e confiança em mim. Obrigado por nunca largares a minha mão e me fazeres acreditar que consigo sempre mais e melhor.

Um obrigado especial à minha filha, pela doçura, pela maturidade numa menina tão pequena, pela paciência e pela compreensão para comigo no tempo que lhe retirei, para me dedicar ao trabalho. Obrigado por existires e dares tanta cor, luz e força à minha vida.

Agradeço aos meus que sempre me aparam e me dão suporte na vida e na alma. À minha mãe, à minha irmã e ao meu cunhado que estão sempre lá para o que vier. E ao meu pai, que me dá a mão no invisível. Ao exemplo do meu pai, que me acompanha pela vida fora.

Um grande agradecimento à minha co-orientadora, à Engenheira Teresa Neto. Agradeço a dedicação, a compreensão e o tempo que me deu. Principalmente, o tempo, que é algo que nos escapa tão facilmente entre os dedos. Obrigado pela motivação, ajuda e auxílio ao longo deste caminho atribulado. Obrigado por não me deixado desistir e me ter feito acreditar. Obrigado por todos os ensinamentos e aprendizagens ao longo destes meses. Obrigado ainda, por me ensinar que existem caminhos, que não se fazem (tão) bem sozinhos. Obrigado por tê-lo feito comigo.

Agradeço ainda aos bons amigos e aos meus meninos que partilham tanto comigo e tornam a minha vida risonha e completa.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Considerações Iniciais	2
CAPÍTULO 2 Legislação e documentos de apoio	1
2.1 Legislação	1
2.2 Documentos de apoio e softwares	3
2.3 Análise Legislativa	4
CAPÍTULO 3 Caso de estudo	1
3.1 Descrição do Edifício	1
3.2 Descrição da Fração em Estudo	4
3.3 Desempenho Térmico e Energético da Fração de acordo com o Decreto-Lei nº 118/2013	5
3.4 Desempenho Térmico e Energético da Fração de acordo com o Decreto-Lei nº 101-D/2020	14
3.4.1 Envolventes e verificação dos Requisitos mínimos	14
3.4.2 Ventilação	16
3.4.3 Comportamento Térmico na Estação de Aquecimento e de Arrefecimento	17
3.4.4 Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e Energias Renováveis (E_{ren})	24
3.4.5 Necessidades Nominais de Energia Primária	25
3.5 Habitação com Necessidades Quase Nulas de Energia, Nzeb	27
3.6 Análise Económica	28
3.7 Período de Retorno	32
CAPÍTULO 4 Influência da Localização e da Orientação Solar no desempenho térmico do edifício	35
4.1 Localização do Edifício	35

ÍNDICE DE TEXTO

4.1.1 Zona Climática V3	35
4.1.2 Zona Climática I3	37
4.2 Influência da Orientação Solar a Sul	39
CAPÍTULO 5 Considerações Finais	43
5.1 Conclusões	43
5.2 Desenvolvimentos Futuros	44
Referências Bibliográficas	45
Anexos	47
Anexo I - Fichas Técnicas	49
Anexo II - Folhas de Cálculo para Cumprimento das Exigências Regulamentares	53
Anexo III - Águas Quentes Sanitárias, Energia Primária e Equipamentos	61
Anexo IV - Folhas de Cálculo Zona Climática V3	63
Anexo V - Folhas de Cálculo Zona Climática I3	67
Anexo VI- Folhas de Cálculo da Fração Orientada a Sul	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Planta da Cave (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	1
Figura 3.2 – Planta R/Ch (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	2
Figura 3.3 – Planta Piso 1 e 2 (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	2
Figura 3.4 – Alçado norte (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	3
Figura 3.5 – Alçado poente (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	3
Figura 3.6 – Alçado nascente (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)	4
Figura 3.7 - Planta habitação em estudo (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)	5
Figura 3.8 - Planta habitação em estudo e respetivas envolventes (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)	6
Figura 3.9 - Cortes da habitação em estudo e respetivas envolventes (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)	7
Figura 3.10 - Planta com definição das envolventes	14
Figura 3.11 - Cortes com definição das envolventes	15
Figura 3.12 - Solução construtiva adotada para a envolvente exterior opaca (FONTE: Catálogo da Weber Saint-Gobain: <i>weber.therm classic</i>)	20
Figura 3.13 - Tabela de atribuição da classe energética (FONTE: Manual SCE)	26
Figura 3.14 - Tabela de requisitos dos edifícios de habitação novos (FONTE: tabela 1 do Despacho n.º 6476-E/2021)	28
Figura 4.1 - Localização de Palmela (FONTE: Wikipédia)	36
Figura 4.2 - Localização de Guarda (FONTE: Wikipédia)	38
Figura 4.3 - Habitação virada a Sul (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)	40

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 2.1 – Principais alterações das disposições regulamentares	5
Tabela 3.1 – Dados Climáticos (Z = 199m)	6
Tabela 3.2 – Soluções construtivas do projeto inicial	7
Tabela 3.3 – Perdas na estação de aquecimento	10
Tabela 3.4 – Ganhos na estação de aquecimento	10
Tabela 3.5 – Necessidades nominais de energia na estação de aquecimento	10
Tabela 3.6 – Perdas na estação de arrefecimento	11
Tabela 3.7 – Ganhos na estação de arrefecimento	11
Tabela 3.8 – Necessidades nominais de energia na estação de arrefecimento	11
Tabela 3.9 – Energia de águas quentes sanitárias	12
Tabela 3.10 – Equipamentos usados na climatização, produção de AQS e aproveitamento de energia renovável	13
Tabela 3.11 – Necessidades nominais de energia primária	13
Tabela 3.12 – Requisitos de edifícios de habitação novos - conforto térmico	17
Tabela 3.13 – Desempenho térmico mediante a variação da taxa de renovação de ar	18
Gráfico 3.1 - Desempenho térmico mediante a variação da taxa de renovação de ar	19
Tabela 3.14 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento	21
Tabela 3.15 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento	22
Tabela 3.16 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento	22
Tabela 3.17 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento	24
Tabela 3.18 – Valor das soluções construtivas	29
Tabela 3.19 – Valor dos equipamentos	29

ÍNDICE DE TABELAS

Gráfico 3.2 - Variação de orçamento nas soluções construtivas	30
Gráfico 3.3 - Variação de orçamento nos equipamentos escolhidos	30
Tabela 3.20 – Eficiências energéticas	31
Gráfico 3.4 – Evolução do consumo com base nas alterações legislativas	31
Tabela 3.21 – Análise energética comparativa face ao DL nº118/2013 e DL nº101-D/2020	32
Tabela 3.22 – Poupança anual	32
Tabela 3.23 – Payback Simples	33
Tabela 3.24 – Payback Descontado	33
Tabela 4.1 - Dados Climáticos para Palmela (Z = 378m)	36
Tabela 4.2 - Dados Climáticos (Z = 199m)	38

GLOSSÁRIO

Área útil de pavimento - o somatório das áreas de pavimento, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício, com ocupação atual ou prevista e com necessidades de energia atuais ou previstas associadas ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto humano;

Consumo de energia em condições nominais - o consumo derivado da satisfação das necessidades de energia afetas a determinados usos nos edifícios, com vista à otimização dos níveis de saúde, conforto térmico e qualidade do ar interior dos seus ocupantes;

Edifício - a construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à utilização humana e com vista a propiciar condições de conforto térmico que, para efeitos do presente decreto-lei e sempre que aplicável, abrange as frações autónomas e as frações suscetíveis de utilização independente;

Edifício com necessidades quase nulas de energia - um edifício com um desempenho energético muito elevado e no qual as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas são cobertas, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis preferencialmente locais ou com origem nas proximidades do edifício, quando aquela não seja suficiente;

Edifício de comércio e serviços - o edifício, ou parte, licenciado ou que seja previsto licenciar para utilização em atividades de comércio, serviços ou similares;

Edifício de utilização mista - o edifício utilizado, em partes distintas, como edifício de habitação e edifício de comércio e serviços;

Edifício em ruínas - o edifício existente cujo nível de degradação da sua envolvente prejudica a utilização a que se destina, tal como comprovado por declaração da respetiva câmara municipal ou da Direção Geral do Tesouro e Finanças, no âmbito das respetivas atribuições, ou, no âmbito exclusivo da certificação energética, por declaração provisória do SCE emitida pelo PQ;

Edifício em tosco - o edifício sem revestimentos interiores nem sistemas técnicos instalados e de que se desconheçam ainda os detalhes de uso efetivo;

Edifício novo - o edifício cujo primeiro processo de licenciamento ou autorização de edificação tenha data de entrada do projeto de arquitetura junto das entidades competentes posterior à data de entrada

em vigor do Decreto-Lei nº101-D/2020 ou, no caso de isenção de controlo prévio, cujo primeiro projeto de arquitetura tenha data de elaboração posterior à data de entrada em vigor do mesmo;

Edifício renovado - o edifício existente que foi sujeito a obra de construção, reconstrução, alteração, ampliação, instalação ou modificação de um ou mais componentes;

Energias renováveis - a energia proveniente de fontes não fósseis renováveis, designadamente energia eólica, solar (térmica e fotovoltaica) e geotérmica, das marés, das ondas e outras formas de energia oceânica, hídrica, de biomassa, de gases dos aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais, e biogás;

Entidade anunciadora - a entidade gestora de plataformas eletrónicas ou de sítios da Internet que disponibilizem espaço para a publicação de anúncios com vista à realização dos negócios jurídicos de transação de edifícios;

Envolvente do edifício - o conjunto dos elementos de um edifício que separam o seu espaço interior útil, dos espaços não úteis do exterior, do solo e de outros edifícios;

Espaço interior útil - o espaço com condições de referência, que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõe aquecido ou arrefecido de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico, incluindo os espaços que, não sendo usualmente climatizados, tais como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias, devam ser considerados espaços com condições de referência;

Espaço interior não útil - o espaço sem ocupação humana permanente atual ou prevista, e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente para conforto térmico, com exceção do espaço interior útil nos termos da alínea anterior;

Grande Edifício de Comércio e Serviços ou «GES» - o edifício de comércio e serviços cuja área útil de pavimento, não considerando os espaços interiores não úteis, iguala ou ultrapassa 1000 m² ou 500 m² no caso de conjuntos comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;

Grande renovação - a renovação em edifício em que se verifique que a estimativa do custo total da obra, compreendendo a totalidade das frações renovadas, nos casos aplicáveis, relacionada com os componentes, seja superior a 25 % do valor da totalidade do edifício, devendo ser considerado para o efeito o valor médio de construção, por metro quadrado, para efeitos dos artigos 39.º e 62.º do Código de Imposto Municipal sobre Imóveis;

Pequeno Edifício de Comércio e Serviços ou «PES» - o edifício de comércio e serviços que não seja um GES;

Perito qualificado ou «PQ» - o técnico com título profissional para o exercício da atividade de certificação energética, nos termos da Lei n.º 58/2013, de 20 de agosto, na sua redação atual;

Portal SCE - a zona de um ou mais sítios agregados na Internet disponibilizado(s) e gerido(s) pela ADENE — Agência para a Energia (ADENE), contendo informação relativa ao SCE e ao registo e interação com os seus utilizadores, incluindo, pelo menos, um acesso ao público em geral disponibilizando serviços de pesquisa, designadamente de certificados energéticos e de técnicos do SCE, e um acesso reservado para elaboração e registo de documentos por utilizadores credenciados do SCE;

Potência nominal - a potência térmica máxima que um equipamento pode fornecer para efeitos de aquecimento ou arrefecimento do ambiente, em condições de ensaio normalizadas;

Potência nominal global - a potência correspondente ao somatório da potência nominal dos equipamentos instalados no edifício;

Proprietário - o titular do direito de propriedade, abrangendo -se ainda neste conceito o titular de outro direito de gozo sobre um edifício desde que este, no caso dos edifícios de comércio e serviços, detenha o controlo dos sistemas de climatização, e respetivos consumos, e seja o credor contratual do fornecimento de energia, salvo verificando -se nova venda, dação em cumprimento, locação ou trespasse pelo titular do direito de propriedade;

Sistema técnico - o equipamento técnico para a climatização de espaços, a ventilação, a água quente sanitária, a instalação fixa de iluminação, a automatização e o controlo do edifício, a produção de energia térmica ou elétrica no local e, quando aplicável, o seu armazenamento, as instalações de elevação, as infraestruturas de carregamento de veículos elétricos, ou a combinação destes, incluindo os que utilizem energia proveniente de fontes renováveis, de um edifício.

As definições expostas anteriormente são elementos do **Decreto-Lei nº101-D/2020**, e as mesmas constam do mesmo no **artigo 5º: Definições**.

ABREVIATURAS

$\Theta_{v,ref}$ - Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°;

$\Theta_{ext,v}$ - Temperatura média exterior [°C];

ΔT - Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma valor de referência de 35°C;

η - Fator utilização dos ganhos;

η - Eficiência do equipamento;

A_{env} - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento, em m²;

A_{comp} - Área do compartimento servido pelos vãos envidraçados, em m²;

A_p - Área útil de pavimento medida pelo interior [m²];

A_i - Área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício [m²];

$A_{s,ijn}$ - Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com a orientação j [m²];

B_{tzu} - Coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou de um edifício adjacente.

ENU - Espaço não útil;

e - Espessura;

E - Este;

E_{ren} - Energia produzida a partir de fontes de origem renovável [kWh/ano];

F_0 - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;

F_s - Fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

ABREVIATURAS

F_h - Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

F_{m,v} - Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados;

F_{w,y} - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados;

F_{pu} - Fator de conversão de energia útil para energia primária [kWh_{EP}/(kWh)];

GD - Número de graus-dias, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento [°C/dia];

G_{sul} - energia solar média mensal incidente em 1m² orientado a sul [KWh/m²];

g_v - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento;

g_i - Fator solar de Inverno;

g_{Tmáx} - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;

I_{sol} - Energia solar ao longo da estação por 1m² [KWh/m²];

M - Duração da estação (meses);

M_{AQS} - consumo de AQ5 [l/ocupante];

N_i - Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento;

N_{ic} - Valor das necessidades anuais de energia útil para aquecimento, [KWh/ (m² °C)];

nd - Número anual de dias de consumo de AQ5 de edifícios residências que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

N - Norte;

NZEB - Nearly Zero Energy Building;

Pd - Pé direito médio da fração [m];

Q_{sol,v} - Ganhos solares;

Q_a - Necessidades de energia útil para preparação das AQ5, supridas pelo equipamento [kWh/ano];

R_t - Resistência térmica, [m² °C/W];

R_{si} - Resistência térmica superficial interior, [m² °C/W];

R_{se} - Resistência térmica superficial exterior, [m² °C/W];

R_{ph} - Taxa nominal de renovação do ar interior [h⁻¹];

r - Fator de redução da massa superficial útil;

S- Sul;

U_i - Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente, [W/(m²·°C)];

U_{ref} - Coeficiente de transmissão térmica superficial de referencia, [W/(m²·°C)];

U_{env} - Coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados, [W/(m²·°C)];

U_{máx} - Coeficiente de transmissão térmica máxima, [W/(m²·°C)];

X - Dados Climáticos;

X_j - Fator de orientação para as diferentes exposições;

X_{ref} - Dados Climáticos de referência;

Z_{ref} - Altitude de referência [m].

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Com base no Decreto-Lei nº 101-D/2020 e como suporte do mesmo, surge o **manual SCE** (Sistema de Certificação Energética). O manual estabelece metodologias de cálculo para a **avaliação do desempenho térmico de edifícios** abrangidos pelo sistema de certificação energética. A avaliação do desempenho energético dos edifícios resulta na determinação de uma classe energética, com base nos consumos de energia primária, tendo em conta a contribuição de fontes de energia renovável.

Os procedimentos para o estudo térmico passam pela caracterização do edifício e a sua localização, caracterização dos elementos da envolvente e dos sistemas técnicos, metodologia de cálculo, determinação dos indicadores e da classe energética, com vista à obtenção de medidas de melhoria e relatório de avaliação.

A avaliação irá ser desenvolvida de acordo com o manual SCE e com ajustes impostos pela nova legislação. Posteriormente irá ser feita uma comparação entre o estudo feito pelos colegas no seu projeto e a nova análise legislativa, para que se retirem as conclusões acerca da mesma, visto ser extremamente importante estes ajustes, de modo a valorizar e a priorizar energias renováveis e mais sustentáveis.

A estrutura do trabalho é composta por três temas principais: Legislação, documentos de apoio e análise legislativa; Estudo de Caso e Influência de fatores como a orientação solar, localização e equipamentos usados.

No tema Legislação, documentos de apoio e análise legislativa desenvolve-se a atualização legislativa, fazendo menção aos diplomas atualmente em vigor, as principais alterações em relação ao estudo do desempenho energético dos edifícios de habitação e a estrutura do manual de Sistema de Certificação Energética, que tem o intuito de dar suporte a esse mesmo estudo, e ainda é realizada uma análise comparativa entre as principais diferenças na legislação, acerca de valores de referência e parâmetros em estudo.

O Estudo de caso desenvolve-se segundo três vértices distintos, mas complementares:

- Síntese do estudo realizado de acordo com o Decreto-Lei nº118/2013;
- Desempenho térmico com base no Decreto-Lei nº101-D/2020;
- Análise comparativa entre os métodos usados anteriormente e os métodos usados atualmente.

Na Influência de fatores como orientação solar, localização do edifício ou equipamentos analisa-se a importância da posição do edifício em relação ao sol, os dados climáticos que variam de acordo com a região e altitude, e os diferentes equipamentos que podem ser usados e apresentação de soluções mais sustentáveis e económicas.

1.2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento aborda a aplicação da legislação, atualmente em vigor, relativa ao desempenho térmico e energético dos edifícios de habitação. O principal objetivo das alterações introduzidas nos novos documentos legislativos pretende favorecer a transição energética que deverá ocorrer na década de 2021 a 2030, de modo a assegurar o cumprimento do acordo de Paris. Tais medidas tendem a priorizar a **eficiência energética**, fazendo uma maior aposta nas energias renováveis.

Portanto, o estudo do desempenho de um edifício com base na nova legislação visa um reforço na questão de um sistema energético que seja sustentável, concorrencial e competitivo, eficiente e seguro, satisfazendo desta forma, as necessidades económicas e de conforto dos ocupantes.

O **Decreto-Lei nº 101-D/2020** estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, e regulamenta o sistema de certificação energética de edifícios (SCE).

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40% dos consumos energéticos totais, no entanto pretende-se que edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia, visando o conforto, tendo em conta o local e o clima do mesmo. Esta legislação é aplicável em edifícios novos ou em grandes requalificações, ou então, em edifícios que necessitem de certificação energética.

Com a atualização na legislação, o Decreto-Lei nº 101-D/2020 prevê regras para a instalação de infraestruturas e de pontos de carregamento para veículos elétricos nos edifícios abrangidos, sempre que haja potencial para o mesmo, sendo esta uma das novas referências. Esta atualização regulamentar foi publicada a 7 de dezembro de 2020, apesar de só ter produzido efeitos ao nível da certificação energética a 1 de julho de 2021.

As metodologias de cálculo sofrem algumas alterações, mas no caso de edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços que recorram ao método simplificado, as ferramentas de cálculo sofrem apenas alguns ajustes. Estas alterações têm como principal objetivo convergir as metodologias de cálculo para os referenciais normativos definidos pela Comissão Europeia.

Estes ajustes regulamentares e implementação de novas medidas pretendem garantir um maior conforto nos edifícios de habitação, visando uma minimização no consumo de recursos, valorizando e apostando em sistemas e alternativas mais sustentáveis.

Estes sistemas de aproveitamento de energias renováveis têm um papel cada vez mais importante, quer a nível social quer a nível económico, no sentido de dar resposta às necessidades das pessoas com recurso a medidas ambientais sustentáveis e rentáveis sob o ponto de vista económico. Tal situação tem-se agravado, principalmente, com o início da guerra na Ucrânia e consequente crise energética, pela qual a Europa está a passar. Desde o ano de 2021 que os preços da eletricidade e do gás natural em Portugal, bem como no resto da Europa, têm vindo a aumentar. Estes aumentos surgem no seguimento de uma fase pandémica e limitações associada à pandemia vivida, da guerra na Ucrânia que afeta acessos e recursos, e mais ainda da decisão da Rússia em relação à suspensão do fornecimento de gás a alguns países da União Europeia.

Considerando todos estes fatores económicos, juntamente com as alterações climáticas acentuadas que já sentimos, há ainda uma pressão adicional sobre os mercados energéticos para dar resposta ao mesmo, dado que provocam um aumento da procura social de energia para arrefecimento ou aquecimento. Contabilizando todos estes fatores, podemos efetivamente considerar que estamos numa crise energética.

A crise energética destaca as dificuldades sentidas em relação à apresentação de alternativas, na produção e acesso às energias e por esse mesmo motivo, acabam por ser tomadas medidas adicionais, para que se mantenha algum equilíbrio e possibilidade de abastecimentos energéticos ou alternativas viáveis para dar resposta às necessidades da sociedade, um dos pontos cruciais da sustentabilidade. A crise energética afeta as necessidades da população e daí pode resultar um racionamento de energia, apesar de todas as implicações intrínsecas.

O nosso planeta vai acumulando as consequências das ações do Homem, como o aumento da população mundial, desmatamento, desenvolvimento industrial, atividades extrativas, transportes e a própria produção energética com base em recursos não renováveis.

A não sustentabilidade e a falta de promoção por soluções mais sustentáveis, afeta consideravelmente o meio ambiente e as interações entre os diversos subsistemas da Terra. Efeitos como o aquecimento global, efeito de estufa e as alterações climáticas que já se fazem sentir, são consequências de diversas

ações provocadas pelo Homem. O uso e abuso das energias não renováveis constitui um problema grave, pois além de afetar a existência de determinado recurso, ainda se alia à emissão de poluentes extremamente graves para a atmosfera. Todavia, a consciencialização acerca de medidas mais sustentáveis já se começa a sentir e as mentalidades a mudar.

A sustentabilidade assenta na definição de um processo que visa o equilíbrio entre o meio ambiente e o uso dos seus recursos.

Para tal, existem vários fatores que necessitam de ser repensados e refletidos, destacando-se assim: as energias renováveis, a mobilidade sustentável, o clima e as suas alterações, os consumos da sociedade, a eficiência dos recursos a usar e a preservação da biodiversidade.

De modo a reforçar a necessidade de novas medidas, em 2015 ficou definida a **Agenda 2030** composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este documento é uma agenda completa que envolve as variáveis características do desenvolvimento sustentável: quer ao nível social, quer ao nível económico, quer ao nível ambiental.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável têm como referência os progressos e lições desenvolvidas entre os anos de 2000 e 2015 com os 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milénio.

A Agenda 2030 e os **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** são uma perspetiva ambiciosa e manifestamente importante para toda a Humanidade.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável focam-se nos seguintes princípios:

1. *Erradicação da pobreza;*
2. *Erradicação da fome;*
3. *Saúde e Bem-estar de qualidade;*
4. *Educação de qualidade;*
5. *Igualdade de Género;*
6. *Água potável e Saneamento;*
7. *Energias Renováveis e Acessíveis;*
8. *Trabalho digno e crescimento económico;*
9. *Indústria, Inovação e Infraestruturas;*
10. *Redução das desigualdades;*
11. *Cidades e comunidades sustentáveis;*

- 12. Consumo e produção sustentáveis;*
- 13. Ação contra a mudança global do clima;*
- 14. Proteção da Vida na água;*
- 15. Proteção da Vida terrestre;*
- 16. Paz, justiça e instituições eficazes;*
- 17. Parcerias e meios de implementação dos objetivos.*

No setor da construção, o princípio número 7. *Energias Renováveis e Acessíveis* destaca a importância do uso de energias mais sustentáveis, recorrendo a recursos que não comprometam o meio ambiente.

Em suma, importa salientar a aposta na formação, na investigação e na promoção de medidas sustentáveis, que não causem tantas consequências ambientais e que consigam dar resposta às necessidades sociais de modo competitivo e sem comprometer o nosso futuro e o do meio ambiente.

CAPÍTULO 2

LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS DE APOIO

2.1 LEGISLAÇÃO

Em 2006, os Decretos-Lei Nº 78/2006 e Nº 80/2006 publicaram o Regulamento Das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios e o Sistema de Certificação Energética. Esta legislação foi revogada em 2013 com o **Decreto-Lei nº 118/2013** que aprovava o Sistema de Certificação Energética, o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Esta legislação permaneceu em vigor até dezembro de 2020, tendo a nova metodologia de cálculo apenas sido publicada em junho de 2021 e entrado em vigor em julho do mesmo ano.

O Decreto-Lei N.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação, e regulamenta o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios(Diretiva EPBD).

O referido diploma entrou em vigor a 8 de dezembro de 2020, mas só produziu efeitos no que respeita à certificação energética e aos requisitos dos edifícios, a partir do dia 1 de julho de 2021. As metodologias de cálculo, são definidas no Manual SCE. Estas sofreram alguns ajustes e melhorias, e permitiram alguma flexibilidade construtiva, sem comprometer o desempenho energético no seu todo.

Para aplicação do Decreto-Lei N.º 101-D/2020 são necessários os seguintes documentos legislativos que servem de suporte ao estudo energético:

- **Decreto-lei nº 102/2021:** *Estabelece os requisitos de acesso e de exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;*

- **Portaria nº 28/2022:** *Regulamenta o conteúdo e os critérios de avaliação dos exames a realizar para acesso e exercício da atividade dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;*
- **Portaria nº138-G/2021:** *Estabelece os requisitos para a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, incluindo os limiares de proteção, condições de referência e critérios de conformidade, e a respetiva metodologia para a medição dos poluentes e para a fiscalização do cumprimento das normas aprovadas;*
- **Portaria nº138-H/2021:** *Regulamenta as atividades dos técnicos e as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e fixa os valores do registo dos certificados energéticos;*
- **Portaria nº138-I/2021:** *Regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas;*
- **Despacho nº 6476-A/2021:** *Determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro;*
- **Despacho nº 9017/2021:** *Alteração ao Despacho n.º 6476-A/2021, que determina o restante conteúdo obrigatório dos certificados energéticos, nos termos do disposto no n.º 4 do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro;*
- **Despacho nº 6476-B/2021:** *Aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);*
- **Despacho nº 9067/2021:** *Alteração ao Despacho n.º 6476-B/2021 que aprova os critérios de seleção e as metodologias aplicáveis aos processos de verificação da qualidade da informação produzida no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);*
- **Despacho nº 6476-C/2021:** *Aprova as condições referentes à manutenção dos sistemas técnicos instalados em edifícios, a periodicidade e as condições de realização da inspeção periódica dos sistemas técnicos e o modelo do relatório;*
- **Despacho nº 6476-D/2021:** *Aprova os requisitos para a elaboração do Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE);*
- **Despacho nº 6476-E/2021:** *Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação dos edifícios;*

- **Despacho nº 6476-H/2021:** *Aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);*
- **Despacho nº 9216/2021:** *Alteração do Despacho n.º 6476-H/2021, que aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);*
- **Portaria nº 310/2021:** *Fixa o valor médio de construção por metro quadrado, para efeitos do artigo 39.º do Código do Imposto Municipal sobre Imóveis, a vigorar no ano de 2022.*

As alterações realizadas são necessárias para que seja possível atingir objetivos energéticos de qualidade e uma melhoria significativa e que seja perceptível nos certificados energéticos e nos planos de eficiência energética, de modo a promover a sustentabilidade energética e atingir as metas definidas a longo prazo, tornando as casas mais autossustentáveis, confortáveis e eficientes energeticamente.

2.2 DOCUMENTOS DE APOIO E SOFTWARES

O **Manual do Sistema de Certificação Energética** serve de suporte ao estudo do desempenho térmico em edifícios. Este manual estabelece as metodologias a usar no estudo do desempenho térmico de um edifício, além de incluir os procedimentos para a emissão do pré-certificado energético ou o certificado energético.

O **Manual do Sistema de Certificação Energética** organiza-se de modo a dar resposta a todas as questões associadas aos Sistemas de Certificação Energética. Após os capítulos iniciais com noções, surge a caracterização do clima, tipologia de edifícios e marcação de envolventes. De seguida, desenvolve temas como, envolvente opaca, envidraçada, ventilação, climatização e águas quentes sanitárias, iluminação, sistemas de automatização e produção elétrica. Após o desenvolvimento das envolventes e sistemas, o manual apresenta o desempenho e conforto térmico na estação de aquecimento e arrefecimento, e a classificação energética correspondente.

Os softwares de cálculo usados como suporte à metodologia de cálculo são a folha em EXCEL desenvolvida pelo LNEC para o cálculo da taxa de renovação do ar e o **software SCE.ER** (versão 1.7.0 da Direção Geral da Energia e Geologia) para o cálculo da energia renovável, ou seja, o desempenho do equipamento de fontes de energia renovável.

2.3 ANÁLISE LEGISLATIVA

As alterações mais significativas na avaliação do desempenho térmico foram os requisitos para edifícios novos ao nível das necessidades nominais de aquecimento que, de acordo com o exposto no Despacho n.º 6476-E/2021, indica que as necessidades nominais de aquecimento passam a não poderem ultrapassar uma percentagem das necessidades nominais máximas. Essa percentagem é definida em função da zona climática de inverno em que se situa o edifício em estudo, sendo de 75% para a Zona climática I1, 85% para I2 e 90% para I3.

No que diz respeito às necessidades nominais de arrefecimento, as características mantêm-se, sendo que o valor das necessidades nominais não deve ultrapassar o valor máximo, tal como usado na legislação anterior.

Os parâmetros climáticos mantêm-se iguais aos parâmetros regulamentados anteriormente.

As envolventes passam a ter diferentes designações e as cores para a sua marcação têm referências específicas, como por exemplo, a envolvente exterior tem de ser marcada de cor vermelha, as zonas sem trocas térmicas de verde e em contacto com o solo de cor ciano. Tais cores não constavam da legislação anteriormente em vigor.

Além dos pormenores mais técnicos, existem terminologias que também foram alteradas, como por exemplo “*solo*” passa a designar-se por “*envolvente em contacto com o solo*” e o coeficiente de redução deixa de se representar por b_{tr} e passa a ser representado por b_{ztu} .

Outra particularidade na atual legislação é a existência de valores para condições fronteira de exterior e/ou interior nas zonas de pontes térmicas planas quer horizontais quer verticais.

Tendo por base a legislação atual, os coeficientes de transmissão térmica superficial máxima mantêm-se inalterados, quer para a envolvente opaca em zona corrente quer para os vãos envidraçados. Todavia, estes valores podem ser ultrapassados até um determinado valor máximo, desde que as exigências para o desempenho térmico sejam cumpridas na estação de aquecimento e de arrefecimento.

Na tabela 5 da Portaria n.º 138-I/2021, apresentam-se os valores dos coeficientes de transmissão térmica máximos em edifícios que sofram reabilitações mais profundas ou quando há constrangimentos técnicos e/ou funcionais. Os valores apresentados mostram alguma flexibilidade no cumprimento da legislação, tendo limites que são obtidos mais facilmente e com menos exigência técnica ao nível da construção e do projeto. Na tabela 6 do anexo I da mesma portaria, surgem os coeficientes de transmissão para a envolvente envidraçada, valores que se mantêm inalterados. No entanto, existe também uma exceção, aplicável no caso de o edifício cumprir os requisitos térmicos, em que

pontualmente os envidraçados podem apresentar um coeficiente de transmissão térmica superficial superior ao máximo definido na tabela 6, mas nesse caso não poderá ser superior a $3,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.
















Relativamente ao **fator solar**, os valores constam na Tabela 8, da Portaria n.º 138-I/2021 e mantêm-se iguais face aos da Portaria 349-B/2013. O fator solar depende agora, da inércia do espaço, sendo que na legislação anterior, a inércia era tida em conta, com base na fração, como um todo.

Tendo em conta os pontos mencionados anteriormente, existem efetivamente valores que permanecem inalterados na legislação e outros que sofram alterações ou que apresentam novas condicionantes.

De modo a sintetizar a manutenção ou as alterações das disposições regulamentares, os principais elementos serão resumidos na tabela seguinte:

Tabela 2.1 – Principais alterações das disposições regulamentares

Parâmetro em análise	Legislação anterior	Legislação atual	Observações
Coeficiente de redução	b_{tr}	b_{ztu}	-
Coeficientes de transmissão térmica máximos de elementos da envolvente em zona corrente	$U_{m\acute{a}x}$ $U_{m\acute{a}x} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ou $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ no caso de soluções construções de taipa ou similares - pontualmente* Anexo I - 1.2 - alínea c) - Portaria nº 138-I/2021		Os valores de $U_{m\acute{a}x}$ são os mesmos, *mas admite-se que possam ser ultrapassados pontualmente em situações que não comprometam as verificações das suas necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento.
Coeficientes de transmissão térmica máximos de zonas de Pontes térmicas Planas	$U_{m\acute{a}x} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_{m\acute{a}x}$ admite valores diferentes de $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, mediante a condição fronteira.	Nas pontes térmicas planas, os elementos estão divididos em vertical e horizontal e dentro de cada tipo de elemento, existem valores para as condições fronteira exterior (que mantém o $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$) e interior mediante o valor do b_{ztu} (maior ou menor que 0,7).

Coefficientes de transmissão térmica máximos de envidraçados	$U_{m\acute{a}x}$ $U_{w,m\acute{a}x} = 3,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ - pontualmente*		Os valores de $U_{m\acute{a}x}$ são os mesmos, *pontualmente há a possibilidade de serem ultrapassados os valores tabelados na tabela 6 da portaria n.º 138-I/2021, de acordo com alínea d) do ponto 2.2.																		
Fator solar	Inércia Térmica da fração	Inércia Térmica do compartimento	A abordagem de Inércia Térmica é ajustada ao compartimento em estudo, em vez da fração em análise. No entanto, os valores mantêm-se os mesmos, de acordo com a Inércia Térmica.																		
Envolventes: Designações	I) Envolvente exterior		Apenas existem mudanças na designação dada às envolventes e há uma separação entre a envolvente em contacto com o solo da envolvente sem trocas térmicas.																		
	II) Envolvente interior com requisitos de exterior	II) Envolvente com $b_{ztu} > 0,7$																			
	III) Envolvente interior com requisitos de interior	III) Envolvente com $b_{ztu} \leq 0,7$																			
	IV) Envolvente sem requisitos	IV) Envolvente sem trocas térmicas V) Envolvente em contacto com solo																			
Envolventes: Marcação	Sem cores específicas	Existem cores de específicas e obrigatórias para a marcação das diferentes envolventes.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Código de cores (RGB)</th> <th>Condição fronteira</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Vermelho (255,0,0)</td> <td>Exterior</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Amarelo (255,255,0)</td> <td>Interior com $b_{ztu} > 0,7$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Azul (0,0,255)</td> <td>Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Verde (0,255,0)</td> <td>Sem trocas térmicas</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ciano (0,255,255)</td> <td>Solo</td> </tr> </tbody> </table>	Código de cores (RGB)		Condição fronteira		Vermelho (255,0,0)	Exterior		Amarelo (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0,7$		Azul (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$		Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas		Ciano (0,255,255)	Solo
Código de cores (RGB)		Condição fronteira																			
	Vermelho (255,0,0)	Exterior																			
	Amarelo (255,255,0)	Interior com $b_{ztu} > 0,7$																			
	Azul (0,0,255)	Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$																			
	Verde (0,255,0)	Sem trocas térmicas																			
	Ciano (0,255,255)	Solo																			
Renovação de ar	$Rph_{m\acute{i}n} = 0,40 \text{ h}^{-1}$	$Rph_{m\acute{i}n} = 0,50 \text{ h}^{-1}$	A nova legislação aumenta a renovação do ar para minimizar a probabilidade de ocorrência de condensações superficiais.																		

<p>Necessidades Nominais de Aquecimento:</p> <p>-Metodologia de cálculo</p> <p>- Verificação regulamentar</p>	<p>Mantém-se a metodologia de cálculo</p> <p>Independentemente das zonas climáticas, o valor obtido para as necessidades nominais de aquecimento deveria ser menor que o valor definido para as necessidades de energia de referência de aquecimento.</p>	<p>O valor máximo permitido depende das zonas climáticas de inverno, sendo que passa a ser uma percentagem do valor das necessidades de energia de referência de aquecimento</p>	<p>Na Zona Climática I1, as necessidades nominais de aquecimento devem representar 75% do valor de referência;</p> <p>Na Zona I2, as necessidades nominais de aquecimento passam de 100% para 85% do valor máximo definido para as necessidades nominais de aquecimento;</p> <p>Na Zona I3, as necessidades nominais de aquecimento passam de 100% para 90% do valor máximo definido.</p>
<p>Necessidades Nominais de Arrefecimento</p>	<p>Mantém-se a metodologia de cálculo</p> <p>$N_{vc} \leq N_v$</p>		<p>As verificações regulamentares mantêm-se, sendo que não houve qualquer alteração na metodologia.</p>
<p>Energia Primária Renovável</p>	<p>Poderia ser utilizada qualquer forma de energia renovável desde que o sistema escolhido garantisse pelo menos a mesma energia renovável da obtida com os coletores solares padrão.</p>	<p>$Ren_{Hab} \geq 0,50$</p>	<p>Atualmente, é sempre obrigatória a utilização de fontes de energia renováveis e o valor mínimo a cumprir de energia primária de fontes renováveis deve garantir pelo menos 50% do valor da energia necessária para a preparação das águas quentes sanitárias.</p> <p>Era obrigatório anteriormente, apenas se a cobertura fosse orientada para o quadrante sul e não fosse sombreada, sendo o valor mínimo a cumprir calculado com base nos coletores padrão quantificados por $1m^2/ocupante$, convencionalmente.</p>
<p>Equipamentos</p>	<p>Existem requisitos mínimos para os equipamentos de climatização e preparação de AQS.</p>	<p>Não existem requisitos mínimos para os equipamentos</p>	<p>Os equipamentos de climatização, preparação de AQS e de fontes de energia renováveis devem ser selecionados de forma a cumprir as exigências relativas à energia primária.</p>

CAPÍTULO 2

<p>Necessidades Nominais de Energia primária</p>	<p>Energia primária total</p> <p>$N_{tc} \leq N_t$</p> <p>$R_{NT} \leq 1$</p>	<p>Energia primária total</p> <p>$N_{tc} \leq 0,5 \cdot N_t$</p> <p>$R_{NT} \leq 0,50$</p>	<p>Na nova legislação, há maior exigência regulamentar, pois as necessidades de energia primária terão de ser no máximo 50% dos valores da habitação de referência.</p>
<p>Classe energética</p>	<p>B⁺, B, A, A⁺</p>	<p>A, A⁺</p>	<p>Apenas são admitidas classes energéticas mais sustentáveis.</p>

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo, está situado na *Região de Amarante (altitude, Z, 199m, região NUTS III Tâmega), concelho de Amarante*. O Apartamento em estudo pertence a um *edifício de habitação multifamiliar e comércio*.

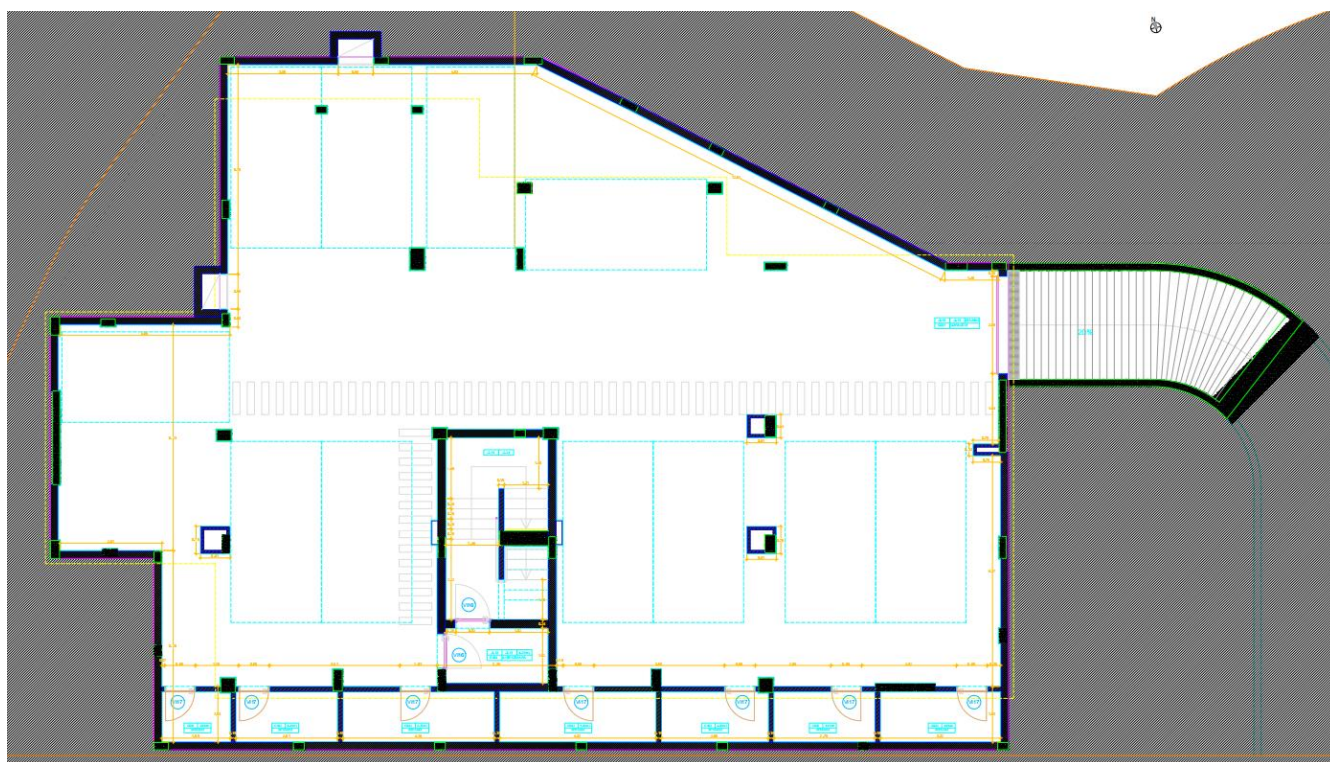


Figura 3.1 – Planta da Cave (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

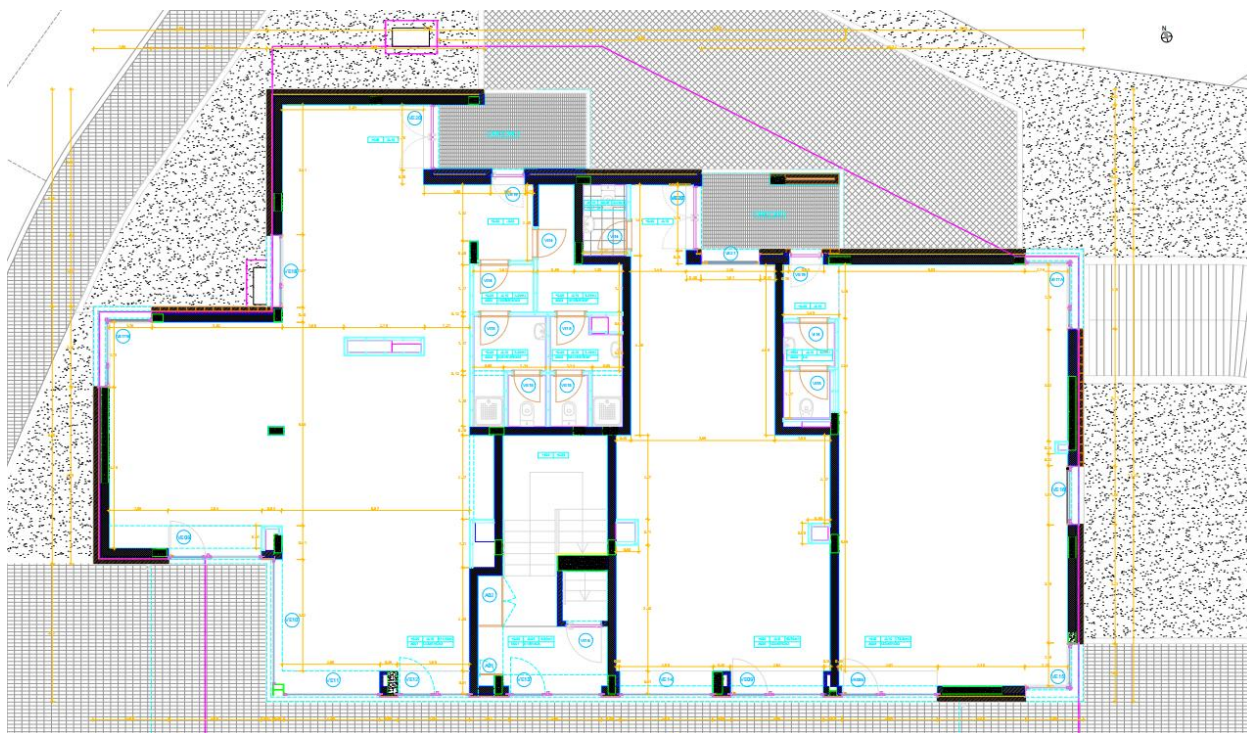


Figura 3.2 – Planta R/Ch (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

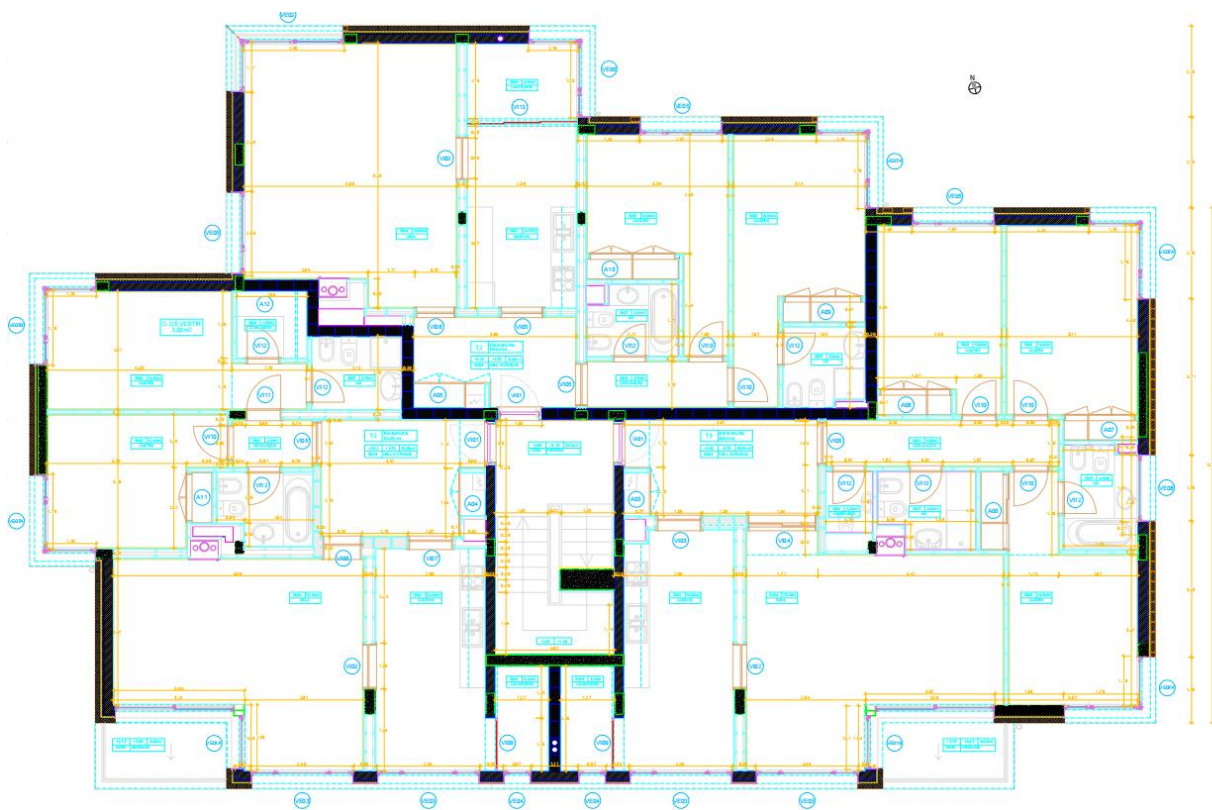


Figura 3.3 – Planta Piso 1 e 2 (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

Este apartamento é composto por três alçados em contacto com a envolvente exterior, sendo o alçado de maior exposição solar orientado a norte. É de notar que não existem nenhum edifício adjacente ao edifício em estudo.

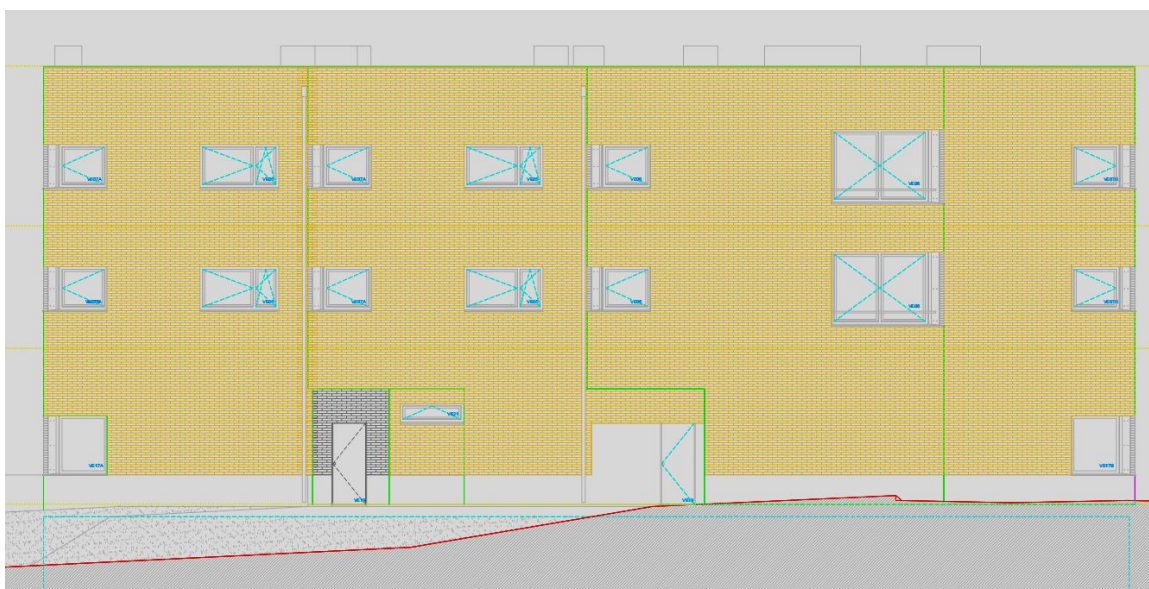


Figura 3.4 – Alçado norte (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

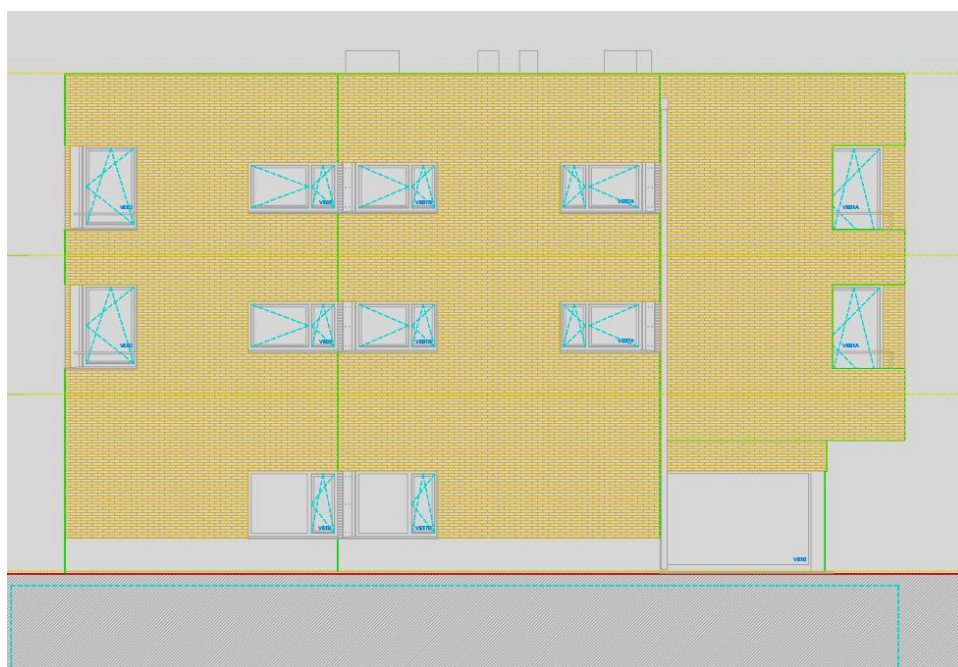


Figura 3.5 – Alçado poente (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

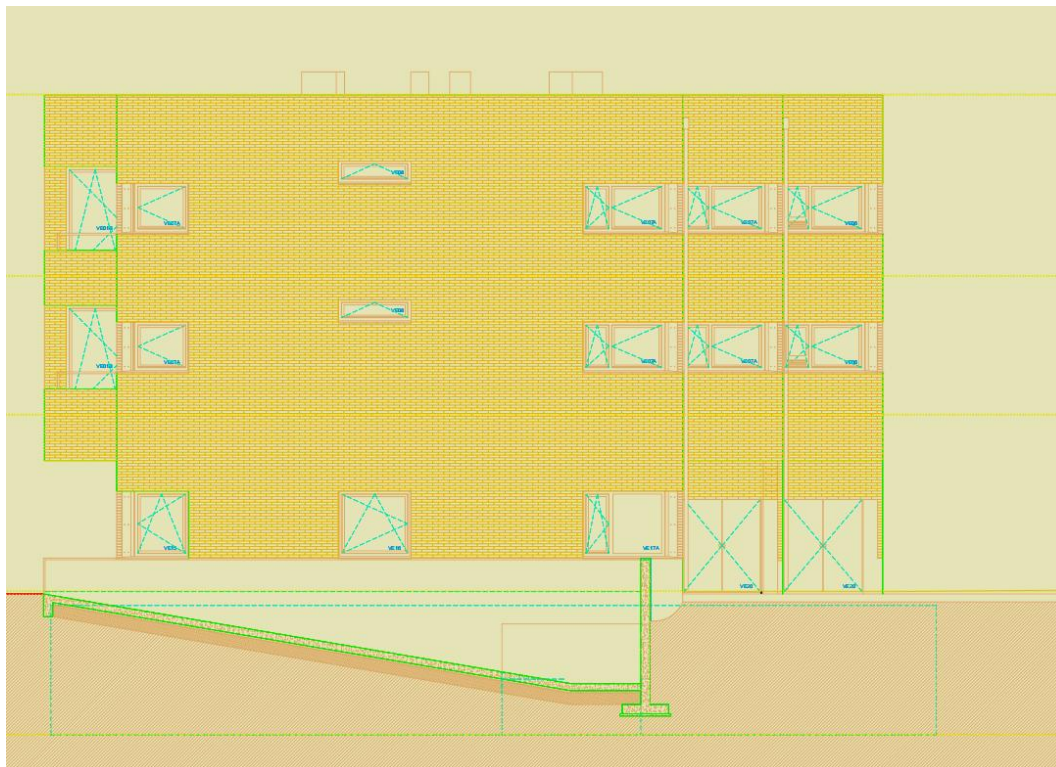


Figura 3.6 – Alçado nascente (FONTE: Ficheiro AutoCad – projeto de arquitetura)

3.2 DESCRIÇÃO DA FRAÇÃO EM ESTUDO

O comércio situa-se ao nível do rés-do-chão, enquanto o piso 1 e o piso 2 é a parte destinada à habitação. **A fração em estudo situa-se no piso 2**, apresentando uma tipologia T2.

A habitação é composta pelos seguintes compartimentos: Uma sala de estar, dois quartos, duas instalações sanitárias, uma cozinha, uma lavandaria e um *hall* de entrada.

A habitação em estudo está representada na figura abaixo:



Figura 3.7 - Planta habitação em estudo (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)

3.3 DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DA FRAÇÃO DE ACORDO COM O DECRETO-LEI Nº 118/2013

A habitação em análise já foi objeto de estudo por parte dos colegas José Augusto Baptista de Oliveira Dias e Pedro Vasconcelos Teixeira da Mota, na unidade curricular de PROJ1, sob orientação da Eng.ª Teresa Isabel Moreira De Carvalho Amorim Neto Silva. Por isso, resumidamente serão expostos os dados obtidos pelos colegas no seu estudo acerca do desempenho energético da habitação de acordo com o **Decreto-Lei nº 118/2013**, legislação em vigor nessa data.

Deste modo e para sintetizar os dados obtidos por eles, neste capítulo serão expostos os dados climáticos, soluções construtivas, desempenho térmico e energético na estação de aquecimento e arrefecimento.

A - Dados climáticos

Os dados climáticos obtidos anteriormente, foram os dados resumidos na tabela seguinte, na qual sendo o número de GD entre 1300°C·dia e 1800°C·dia, conclui-se que a **zona climática de Inverno é a I2**; e como a temperatura exterior média na estação de arrefecimento encontra-se entre 20°C e 22°C, a **zona climática de Verão é a V2**.

Tabela 3.1 – Dados Climáticos (Z = 199m)

Estação de Aquecimento			Estação de Arrefecimento				
M [meses]	GD [°C·dia]	G _{sul} [kWh/(m ² ·mês)]	θ _{ext, v} [°C]	I _{sol} [kWh/m ²]			
				N	E	S	H
6,7	1376	135	21,8	220	490	425	800

B - Soluções construtivas, coeficientes de redução e marcação das envolventes

Neste apartamento foram considerados como ENU que confrontam com o espaço interior útil, a lavandaria e a zona da caixa de escadas. Cada um destes espaços apresentava um coeficiente b_{tr} de 0,9.

As envolventes marcadas anteriormente pelos colegas, não tinham nenhuma exigência regulamentar relativamente à cor a utilizar. Com isto, as envolventes marcadas pelos colegas foram as seguintes:



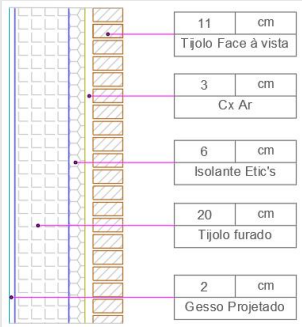
Figura 3.8 - Planta habitação em estudo e respetivas envolventes (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)

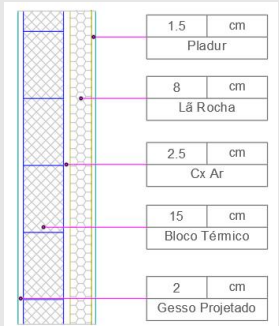
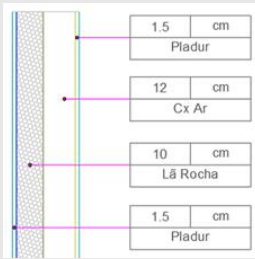
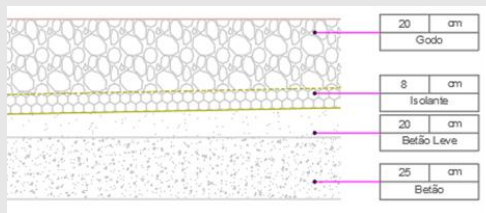



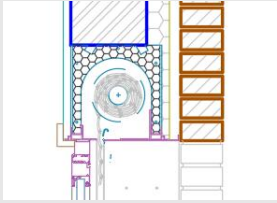
Figura 3.9 - Cortes da habitação em estudo e respetivas envolventes (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)

As soluções construtivas adotadas e estudadas anteriormente são as descritas na tabela abaixo, bem como os coeficientes de redução.

Tabela 3.2 – Soluções construtivas do projeto inicial

Elemento construtivo	U [W/(m ² .°C)]	b _{tr} [-]	U _{máx} [W/(m ² .°C)]	Verificação
Parede exterior 	0,34 W/(m ² .°C)	---	0,40 W/(m ² .°C)	Verifica v

<p>Parede para caixa de escadas</p> 	<p>0,32 W/(m².°C)</p>	<p>0,90</p>	<p>0,40 W/(m².°C)</p>	<p>Verifica v</p>
<p>Parede para lavanderia</p> 	<p>0,33 W/(m².°C)</p>	<p>0,90</p>	<p>0,40 W/(m².°C)</p>	<p>Verifica v</p>
<p>Cobertura</p> 	<p>0,30 W/(m².°C)</p>	<p>---</p>	<p>0,35 W/(m².°C)</p>	<p>Verifica v</p>
<p>Porta Porta de segurança com um acabamento em madeira natural.</p>	<p>2,00 W/(m².°C)</p>	<p>0,90</p>	<p>-</p>	<p>Não tem Requisito Mínimo</p>
<p>Pilares e Vigas em Betão Armado</p> 	<p>0,40 W/(m².°C)</p>	<p>---</p>	<p>0,90 W/(m².°C)</p>	<p>Verifica v</p>

<p>Caixa de estores</p> 	0,85 W/(m ² .°C)	---	0,90 W/(m ² .°C)	Verifica v
<p>Envidraçados</p> <p>Caixilharia de alumínio com corte térmico e da classe de permeabilidade ao ar 3;</p> <p>Vidro duplo incolor 6+16+5mm com $g_{L,vi} = 0,75$ e lâmina de ar com baixa emissividade;</p> <p>Proteções exteriores compostas por persianas cinzentas (cor média) de régua metálicas.</p>	<p>2,30 W/(m².°C)</p> <p>$g_{tot} \times F_o \times F_f =$</p> <p>0,063 (m².°C)/W</p>	---	<p>2,40 W/(m².°C)</p> <p>$g_{tot,máx} =$</p> <p>0,56 (m².°C)/W</p>	Verifica v

C - Desempenho Térmico e Energético

1 - Estação de aquecimento

Em relação à estação de aquecimento, os dados obtidos no estudo da habitação pela legislação anterior foram os dados a seguir apresentados:

I) Perdas:

Tabela 3.3 – Perdas na estação de aquecimento

PERDAS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO					
PERDAS PARA EXTERIOR		PERDAS ESPAÇOS NÃO ÚTEIS		VENTILAÇÃO	
Paredes exteriores e PTP	14,30 W/°C	Paredes e PTP	6,25 W/°C	Taxa de renovação de ar	0,93/h
Cobertura	26,80 W/°C	Envidraçados	16,17 W/°C	Perdas por ventilação	74,28 W/°C
Vãos envidraçados	30,63 W/°C	Pontes térmicas lineares	11,95 W/°C		
Pontes térmicas lineares	37,80 W/°C				
Total – Hext,i	109,53 W/°C	Total – Henu,i	34,37 W/°C	Total – Hve,i	74,28 W/°C
PERDAS DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO				4752,15	kWh/ano
PERDAS DE CALOR POR VENTILAÇÃO NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO				2452,99	kWh/ano

II) Ganhos:

Tabela 3.4 – Ganhos na estação de aquecimento

GANHOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		
GANHOS INTERNOS	GANHOS SOLARES	GANHOS ÚTEIS
1723,52 kWh/ano	1835,23 kWh/ano	3463,23 kWh/ano

III) Necessidades nominais de energia:

Tabela 3.5 – Necessidades nominais de energia na estação de aquecimento

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA		
NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO MÁXIMAS – N_i	44,52	kWh/(m ² .ano)
NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO – N_{ic}	41,89	kWh/(m ² .ano)
N_{ic}/N_i	0,94	(-)

2 - Estação de arrefecimento

Em relação à estação de arrefecimento, os dados obtidos no estudo da habitação pela legislação anterior foram os dados a seguir apresentados:

I) Perdas:

Tabela 3.6 – Perdas na estação de arrefecimento

PERDAS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO				
PERDAS POR TRANSMISSÃO		VENTILAÇÃO		TAXA DE RENOVAÇÃO DO AR
Perdas por transmissão	1363,91 KWh/ano	Perdas por ventilação	704,92 KWh/ano	0,93/h
Total	1363,91 KWh/ano	Total	704,01 KWh/ano	
TOTAL				2067,92 KWh/ano

II) Ganhos:

Tabela 3.7 – Ganhos na estação de arrefecimento

GANHOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO				
GANHOS SOLARES PELA ENVOLVENTE OPACA		GANHOS PELOS ENVIDRAÇADOS		GANHOS INTERNOS
410,19	KWh/ano	1442,96	kWh/ano	1046,12 kWh/ano
TOTAL			2899,27 kWh/ano	

III) Necessidades nominais de energia:

Tabela 3.8 – Necessidades nominais de energia na estação de arrefecimento

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA		
NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO MÁXIMAS - N_v	11,93	kWh/(m ² .ano)
NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO - N_{vc}	11,25	kWh/(m ² .ano)
N_{vc}/N_v	0,94	(-)

3 - Águas quentes sanitárias

A preparação de águas quentes sanitárias dependia na exigência regulamentar anterior de fatores como consumo diário, mediante o número de ocupantes, tipologia do edifício e a eficiência hídrica. Nas AQS, a variação de temperatura e o número de dias são também parâmetros desse cálculo.

A energia despendida com o sistema de águas quentes sanitárias ronda os 1783 kWh/ano, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 3.9 – Energia de águas quentes sanitárias

ENERGIA ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS		
ENERGIA DISPENDIDA COM SISTEMAS CONVENCIONAIS	1782,96	kWh/ano

4 - Energias renováveis

Na legislação em vigor anteriormente, previa-se que as energias renováveis fossem definidas de acordo com o artigo 27º, do Decreto-Lei nº 118/2023, eram apenas obrigatórias se a fração tivesse uma orientação adequada, bastando que a energia obtida (Energia solar) fosse maior que a energia obtida com os coletores padrão (1070 kWh/ano).

No entanto, os colegas optaram por outra solução, de modo a maximizarem os rendimentos de energia renovável, e ajustaram-na de modo a cobrir praticamente todo o valor necessário para as águas quentes sanitárias.

Como alternativa sustentável e opção de energia renovável, o projeto apresentado anteriormente pelos colegas recorre a uma solução de equipamentos composto por **3 painéis solares da Vulcano FTK-2W**.

De acordo com o relatório de simulação de desempenho do sistema solar, com os coletores solares térmicos obtém-se **1678 kWh/ano**.

5 - Necessidades nominais de Energia Primária

Os equipamentos utilizados para climatização, produção de AQS e aproveitamento de energia renovável e as suas características estão resumidos na tabela abaixo:

Tabela 3.10 – Equipamentos usados na climatização, produção de AQS e aproveitamento de energia renovável

Sistema de aquecimento: Resistência Elétrica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fpu = 2,5 ■ Eficiência Nominal = 1
Sistema de arrefecimento: Ar condicionado split com permuta ar-ar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fpu = 2,5 ■ Eficiência Nominal = 3,01
Sistema para AQS: Caldeira / sem especificação de isolamento nas tubagens de distribuição de AQS	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fpu = 1 ■ Eficiência Nominal = 0,81
Sistema Solar térmico para AQS: Vulcano FTK-2W	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fpu = 1 ■ Eren através do sistema solar térmico: 1678 kWh/ano

As necessidades nominais de Energia Primária estão sintetizadas na tabela abaixo, bem como a classe energética obtida com base no **Decreto-Lei nº118/2013**.

Tabela 3.11 – Necessidades nominais de energia primária

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA		
NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA - N_{tc}	115,53	kWh/m ² .ano
VALOR MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA - N_t	143,40	kWh/m ² .ano
PERCENTAGEM ASSOCIADA A N_{tc} / N_t	0,8056	80,56%
CLASSE ENERGÉTICA	B	

Com tudo isto, conclui-se que a habitação cumpre realmente todos os requisitos térmicos e energéticos exigidos até meados de 2021 e a sua certificação confere-lhe uma **classe energética B**.

3.4 DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DA FRAÇÃO DE ACORDO COM O DECRETO-LEI Nº 101-D/2020

Neste capítulo apenas serão apresentados os valores ou parâmetros que sofreram alterações de acordo com a nova legislação, sendo que os valores que se mantêm serão apenas mencionados.

Na determinação do b_{ztu} , anteriormente designado por b_{tr} , a metodologia de cálculo manteve-se pelo que se obteve os mesmos valores para o coeficiente de redução de perdas, ou seja, 0,9 para os Espaço Não Úteis que fazem fronteira com a fração em estudo (lavandaria e caixa de escadas).

3.4.1 Envolventes e verificação dos Requisitos mínimos

De acordo com a nova legislação, existem cores obrigatórias para a marcação das envolventes térmicas de uma fração. Estas envolventes encontram-se marcadas na planta e corte seguintes:

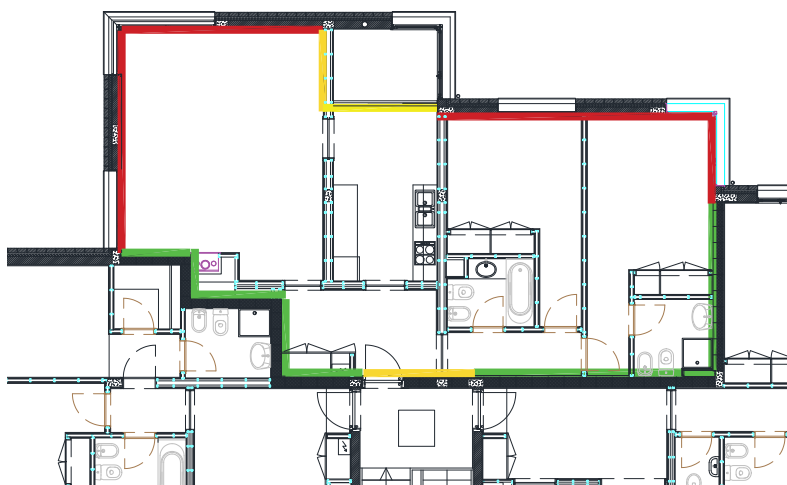


Figura 3.10 - Planta com definição das envolventes



Figura 3.11 - Cortes com definição das envolventes

Na verificação dos requisitos mínimos, procedem-se às verificações regulamentares. No caso da envolvente opaca, para cada solução construtiva da envolvente o coeficiente de transmissão térmica não deverá ser superior ao máximo definido na Portaria nº 138-I/2021.

Neste caso, todos os valores dos $U_{\text{máx}}$ mantiveram-se iguais. Poderia existir apenas alguma diferença, caso se verificassem situações de Pontes Térmicas Planas da envolvente interior ou se fosse necessário ultrapassar pontualmente os valores máximos em situações que não comprometem o edifício nas verificações das suas necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, o que também não se aplicou neste caso de estudo.

Para a verificação das exigências relativas ao fator solar dos envidraçados, as disposições regulamentares passam a depender da inércia do compartimento onde se situa o envidraçado e não da Inércia térmica da habitação. De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho, um compartimento apresentará inércia fraca se verificar cumulativamente as seguintes condições:

“(1) Cobertura com isolamento pelo interior ou em esteira leve ou com elemento de revestimento com eventual caixa de ar associada com resistência térmica igual ou superior a 0,14 (m².°C)/W;

(2) Pavimento com isolamento pelo interior ou com revestimento de piso do tipo flutuante ou de madeira ou com elemento de revestimento com eventual caixa de ar associada com resistência térmica igual ou superior a 0,14 (m².°C)/W;

(3) Paredes com isolamento pelo interior ou de construção leve ou em tabique ou com elementos de revestimento com eventual caixa de ar associada com resistência térmica igual ou superior a 0,14 (m².°C)/W.”

Como nesta habitação em nenhum dos compartimentos se verificam todas estas condições, todos os compartimentos apresentarão inércia térmica média ou forte e neste caso os valores do fator solar máximo permitido não sofrerá alterações.

3.4.2 Ventilação

A ventilação nos edifícios deve realizar-se, sempre que possível de modo natural e quando necessário complementada com soluções de ventilação mecânica, com vista a assegurar uma adequada renovação do ar, de modo a se cumprir com a exigência regulamentar relativa à taxa de renovação de ar em edifícios de habitação, tabela 10 da portaria nº138-I/2021, o valor deverá ser igual ou superior 0,5 renovações por hora.

$$R_{ph} \geq 0,5/h$$

Posto isto, neste apartamento o valor obtido foi de 0,93/h, pelo que já cumpre esta nova exigência.

3.4.3 Comportamento Térmico na Estação de Aquecimento e de Arrefecimento

De acordo com o **Despacho n.º 6476-E/2021**, os edifícios de habitação novos devem verificar o cumprimento dos requisitos de conforto térmico, na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento, e respetivo desempenho energético de acordo com a tabela seguinte.

Tabela 3.12 – Requisitos de edifícios de habitação novos - conforto térmico

Tipo de requisito	I1	I2	I3
Necessidades de aquecimento	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$
Necessidades de arrefecimento	$N_{ic}/N_i \leq 1,00$		

Analisando o desempenho energético, mantendo as soluções construtivas adotadas no projeto original, de acordo com o Decreto-Lei nº 101-D/2020, verifica-se que:

- ✓ o edifício **não cumpre as necessidades de aquecimento**, pois a relação $N_{ic} / N_i = 0,94$, ou seja, excede os 85% definidos para a zona I2;
- ✓ o edifício **cumpre as necessidades de arrefecimento**, pois a relação $N_{ic} / N_i = 0,94$, ou seja, não excede as necessidades nominais de arrefecimento máximas.

De modo a permitir a verificação regulamentar na estação de aquecimento, será necessário fazer ajustes nas soluções a adotar neste apartamento. Algumas das possibilidades consideradas para que se possam cumprir as necessidades de aquecimento são:

- ✓ Reduzir a taxa de renovação, R_{ph} ;
- ✓ Alterar as soluções construtivas da envolvente exterior;
- ✓ Alterar as opções de envidraçados, nomeadamente a caixilharia e alterar a cor das persianas.

Assumindo a hipótese de variar a taxa de renovação por hora, reduzindo-a, obtêm-se os seguintes valores:

Tabela 3.13 – Desempenho térmico mediante a variação da taxa de renovação de ar

R_{ph} (h^{-1})	$N_{ic}/N_i \times 100$ (%)	$N_{vc}/N_v \times 100$ (%)	Observações
0,50	67	117	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,55	70	114	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,60	73	111	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,65	77	109	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,70	80	106	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,75	83	103	Cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .
0,80	86	101	Não cumprir N_{ic} ; Não cumprir N_{vc} .

Conforme ilustra o gráfico 3.1, com taxas de renovação de ar mais baixas, a estação de aquecimento cumpre mais facilmente, enquanto a estação de arrefecimento experimenta exatamente o contrário, apesar de existir uma variação menor face aos valores de referência.

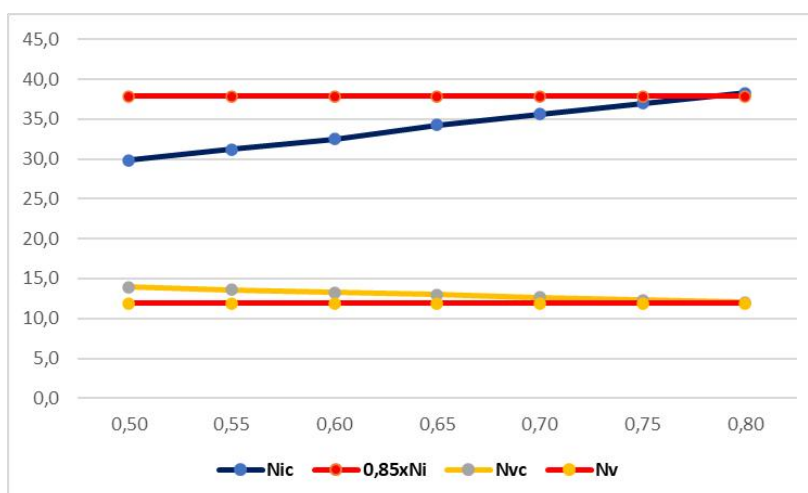


Gráfico 3.1 - Desempenho térmico mediante a variação da taxa de renovação de ar

Pela análise dos valores, pode concluir-se que alterando somente a taxa de renovação por hora, não se conseguem cumprir em simultâneo as exigências das necessidades de energia de arrefecimento e de aquecimento.

As alterações propostas causam efetivamente efeitos notórios nas necessidades de aquecimento, diminuído significativamente as necessidades de energia nesta estação, mas na estação de arrefecimento, como as perdas por ventilação são menores, o requisito de desempenho térmico deixa de ser verificado. Para minimizar as necessidades de energia na estação de aquecimento e manter a verificação regulamentar na de arrefecimento, é necessária uma taxa de renovação por hora no mínimo de $0,82 \text{ h}^{-1}$, podendo assim fazer um ligeiro ajuste face ao valor usado anteriormente de $0,93 \text{ h}^{-1}$.

Dando continuidade aos ajustes e apresentando novas opções, podem alterar-se as soluções construtivas da envolvente exterior, podendo optar-se por uma solução com menos perdas pela envolvente opaca. Neste novo ajuste, a **taxa de renovação de ar voltará ao valor adotado anteriormente, os $0,93 \text{ h}^{-1}$** , de modo a ser mais perceptível os efeitos em ambas as estações.

Com intuito de se substituir a solução adotada no projeto inicial, irá usar-se um sistema de isolamento pelo exterior com o sistema **weber.therm classic** da Weber Saint-Gobain, com o **Bloco térmico proETICS BTE30**. As fichas técnicas encontram-se no Anexo I.

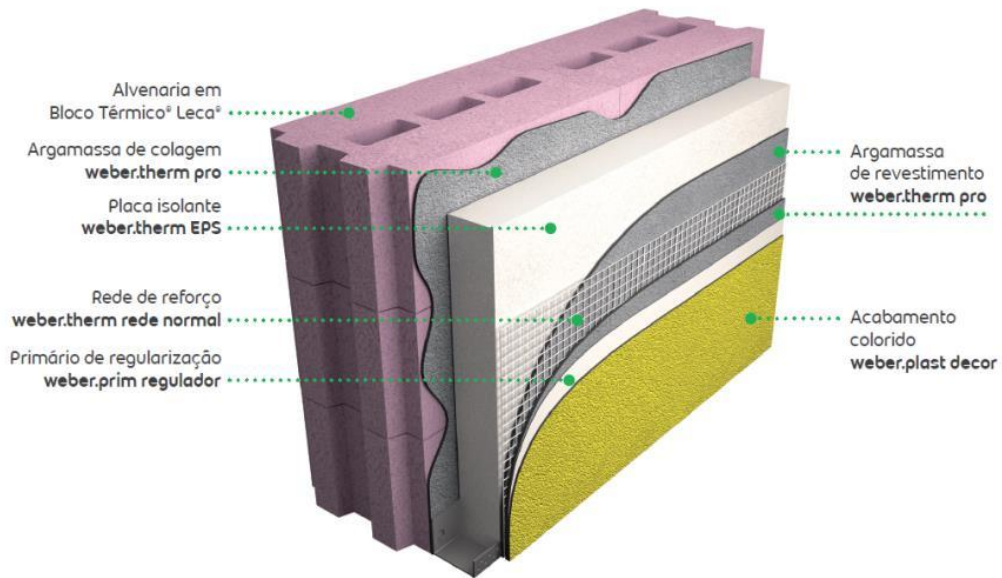


Figura 3.12 - Solução construtiva adotada para a envoltória exterior opaca (FONTE: Catálogo da Weber Saint-Gobain: *weber.therm classic*)

Posto isto, a **envoltória opaca exterior** será substituída pelos elementos a seguir apresentados que fazem parte de um sistema ETICS, com as espessuras e os respetivos coeficientes de transmissão térmica (U):

- ✓ **Bloco térmico proETICS BTE30** (35 cm) - $U = 1,01 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- ✓ **Placa de isolamento weber.therm EPS 150** (6 cm) - $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;
- ✓ **Argamassa de colagem, rede de fibra de vidro, argamassa de revestimento, primário e acabamento** (6 cm) - $\lambda = 0,33 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

Tendo em conta a alteração da solução construtiva, obtém-se:

$$R_t = R_{se} + \left(\frac{1}{U}\right)_{\text{bloco térmico}} + \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{EPS}} + \left(\frac{e}{\lambda}\right)_{\text{argamassas}} + R_{si} \quad (3.1)$$

$$R_t = 0,04 + \frac{1}{1,01} + \frac{0,06}{0,034} + \frac{0,06}{0,33} + 0,13 = 3,11$$

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{3,11} = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C}) \leq U_{\text{máx}} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$$

Tal situação beneficia automaticamente a estação de aquecimento, no entanto, como o edifício teria mais dificuldade ao nível do arrefecimento (caso não se tivesse mantido a taxa de renovação de ar e o valor fosse reduzido, como estudado na situação anterior), esta situação ia desfavorecer a estação de arrefecimento.

O facto de se alterar o tipo de envolvente opaca exterior, passando de uma solução convencional de parede dupla com isolamento na caixa de ar para uma parede com isolamento pelo exterior, além do U da parede ter reduzido ligeiramente, alteram-se também os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear, havendo uma redução significativa dos mesmos, nomeadamente na ligação da fachada com pavimentos intermédios, fachada com a cobertura e entre duas paredes verticais. A introdução da nova solução construtiva, minimiza as perdas na envolvente opaca exterior e respetivas pontes térmicas lineares.

No entanto, os valores em ambas as estações são os que constam da Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento

R_{ph} (h^{-1})	$N_{ic}/N_i \times 100$ (%)	$N_{vc}/N_v \times 100$ (%)	Observações
0,93	85	101	Cumpre N_{ic} ; Não cumpre N_{vc} .

Apesar da estação de aquecimento cumprir a imposição legal, a estação de arrefecimento ainda não verifica 100% das necessidades de aquecimento nominais máximas.

Apresentando novas alternativas face aos valores obtidos anteriormente, pode ainda fazer-se um melhoramento nos envidraçados e caixilharias, ou então substituir a porta de vidro para a lavandaria (ENU), baixando os coeficientes de transmissão térmica.

Voltando à solução construtiva inicial e com taxa de renovação de ar fixada nos $0,93 \text{ h}^{-1}$, se por suposição e testagem se reduzir os coeficientes de transmissão térmica (U) dos vãos envidraçados e da porta envidraçada para a lavandaria de $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e de $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, respetivamente, para $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, a estação de arrefecimento cumpre imediatamente os requisitos mínimos, no entanto, volta a não se verificar o mesmo na estação de aquecimento.

Tabela 3.15 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento

$R_{ph} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	$N_{ic}/N_i \times 100 \text{ (\%)}$	$N_{vc}/N_v \times 100 \text{ (\%)}$	Observações
0,93	88	99	Não cumpre N_{ic} ; Cumpe N_{vc} .

Se com esta nova simulação para os envidraçados se se complementar com o ajuste da taxa de ventilação, aumentando às renovações de ar por hora, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 3.16 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento

$R_{ph} \text{ (h}^{-1}\text{)}$	$N_{ic}/N_i \times 100 \text{ (\%)}$	$N_{vc}/N_v \times 100 \text{ (\%)}$	Observações
0,90	86	101	Não cumpre N_{ic} ; Não cumpre N_{vc} .
0,85	83	103	Cumpe N_{ic} ; Não cumpre N_{vc} .

A estação de aquecimento cumpre os requisitos impostos com a redução da ventilação, mas a estação de arrefecimento não, portanto não será efetivamente viável, proceder a alterações na ventilação juntamente com os vãos envidraçados, uma vez que a ventilação ajuda no desempenho dos edifícios, reduzindo condensações superficiais e permitindo uma melhor qualidade do ar interior.

Analisando todas as abordagens feitas até este ponto, importa reter que:

- ✓ A taxa de renovação de ar ao aumentar, mesmo não se optando somente pelos mínimos exigidos pela legislação, melhora o desempenho na estação de arrefecimento e traz vários benefícios quando apresenta valores mais altos, apesar de ser um fator que prejudica o desempenho na estação de aquecimento. Além disso, a nova legislação aumenta a renovação do ar precisamente, para minimizar a probabilidade de ocorrência de condensações superficiais. Portanto, o valor da taxa de renovação de ar irá manter-se, $R_{ph} = 0,93 \text{ h}^{-1}$;
- ✓ Alterar a solução construtiva, melhora consideravelmente a estação de aquecimento e quase que a estação de arrefecimento cumpre o mínimo regulamentar. Sendo que irá ser a opção a considerar nos ajustes a fazer para que se cumpram os novos requisitos legais;
- ✓ Alterar os vãos envidraçados reduzindo as perdas melhora bastante a questão das perdas, mas a estação de aquecimento continua aquém do esperado. Posto isto, os valores dos vãos envidraçados e porta envidraçada para a lavandaria permanecerão também, inalterados com os valores de $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e de $2,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, respetivamente.

Mantendo todas as soluções construtivas à exceção da envolvente exterior opaca que passa a um sistema ETICS, com bloco térmico e isolamento de 6 cm, a estação de aquecimento cumpre os requisitos mínimos e a estação de arrefecimento quase atinge o valor regulamentar.

De modo a atingir o cumprimento legal em ambas as estações, fez-se uma última simulação que consistiu em apenas alterar a solução construtiva das paredes exteriores para o sistema ETICS e a cor das persianas. No projeto inicial, as proteções exteriores eram compostas por persianas cinzentas (cor média) de réguas metálicas. Como alternativa, propõe-se que as proteções exteriores passem a ser compostas por **persianas brancas** (cor clara) de réguas metálicas. Tal alteração, ajusta o fator solar do vão envidraçado de 0,07 para 0,04. Este ajuste permite que ambas as estações cumpram os valores mínimos, com os valores apresentados abaixo:

Tabela 3.17 – Necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento

R_{ph} (h^{-1})	$N_{ic}/N_i \times 100$ (%)	$N_{vc}/N_v \times 100$ (%)	Observações
0,93	85	99	Cumpre N_{ic} ; Cumpre N_{vc} .

As folhas de cálculo com os ajustes e com as soluções finais, encontra-se no Anexo II.

3.4.4 Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e Energias Renováveis (E_{ren})

A preparação de águas quentes sanitárias na legislação anterior dependia na exigência regulamentar anterior de fatores como consumo diário, mediante o número de ocupantes, tipologia do edifício e a eficiência hídrica. Anteriormente era obrigatório, apenas e se a cobertura fosse orientada para o quadrante sul e não fosse sombreada, na qual o valor mínimo a cumprir era calculado com base em coletores padrão quantificados por $1m^2/ocupante$, de modo convencional.

Atualmente não existem requisitos mínimos e/ou específicos para os equipamentos de águas quentes sanitárias, apenas devem ser escolhidos de forma a cumprir as exigências relativas à energia primária, ou seja, é sempre obrigatória a utilização de fontes de energia renováveis e com um valor mínimo a cumprir, pois a energia primária de fontes renováveis deve garantir pelo menos 50% do valor da energia necessária para a preparação das águas quentes sanitárias.

Todavia, a energia primária renovável em edifícios de habitação (Ren_{Hab}) é obtido pela relação entre a energia primária total renovável para autoconsumo nos usos regulados do edifício e a energia primária total para o uso de AQS, de acordo com a equação 159, no manual SCE.

$$Ren_{Hab} = \frac{\frac{E_{ren,p}}{A_p} \times F_{pu,p}}{\frac{Q_a}{A_p} \times F_{pu,j}} = \frac{\frac{1678}{89,32} \times 1,0}{\frac{1783}{89,32} \times 1,0} = 0,84 \quad (3.2)$$

Sendo,

A_p - área útil de pavimento

$F_{pu,p}$ - Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável
[kWh_{EP}/kWh];

η_k - Eficiência do sistema para a fonte de energia;

$F_{pu,j}$ - Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia , incluindo renovável [kWh_{EP}/kWh].

Verificando-se assim, **o $Ren_{Hab} > 0,5$.**

A energia despendida com o sistema de águas quentes sanitárias ronda os **1783 kWh/ano** (Q_a) e o sistema de energia renovável adotado pelos colegas no projeto original era uma solução de equipamentos composto por **3 painéis solares da Vulcano FTK-2W**, que de acordo com o relatório de simulação de desempenho do sistema solar, com os coletores solares térmicos obtém-se **1678 kWh/ano** ($E_{ren,p}$).

De acordo com a legislação em vigor, **verifica-se que a energia primária de fontes renováveis garante mais que 50% do valor da energia necessária para a preparação das águas quentes sanitárias.**

3.4.5 Necessidades Nominais de Energia Primária

Anteriormente, as necessidades de energia primária tinham de ser inferiores aos valores da habitação de referência. No entanto na nova legislação, há uma maior exigência regulamentar, pois as necessidades de energia primária terão de ser no máximo 50% dos valores da habitação de referência.

$$N_{tc} \leq 0,5 \cdot N_t$$

$$R_{NT} \leq 0,50$$

Para as condições apresentadas e respetivas alterações, a razão entre o N_{tc} e N_t é maior que 50%, atingindo mesmo valores superiores a 60%.

Relativamente às classes energéticas, as habitações podiam ter classes energéticas desde B⁻ até A⁺, enquanto atualmente apenas são admitidas classes energéticas mais sustentáveis: A e A⁺.

A habitação em estudo verifica-se uma classe energética B⁻, o que também não é possível pela legislação em vigor. Então, de modo a ser possível atingir a classe energética pretendida, os equipamentos de climatização terão de ser alterados.

Usando os valores de referência da tabela 99 do manual SCE, e alterando o sistema de climatização para *Split, multisplit e VRF* permuta exterior a ar e colocando isolamento nas tubagens, a razão entre as necessidades de energia primária e os valores da habitação de referência são mais de 50%, continuando sem se cumprir o valor regulamentar.

Fazendo então uma nova definição de equipamentos (ar condicionado), tendo em conta o valor da relação de eficiência energética sazonal (SEER) em arrefecimento e o valor do coeficiente de desempenho sazonal (SCOP) em aquecimento, o equipamento escolhido é LG Electronics Inc. DC09RK UL2 / DC09RK NSJ, com SEER = 7,9 (A⁺⁺) e SCOP = 5,9 (A⁺⁺⁺).

A ficha técnica dos equipamentos encontra-se no Anexo III, assim com as folhas de cálculo referentes às águas quentes sanitárias e à energia primária.

Posto isto, verifica-se que $\frac{N_{tc}}{N_t} = 0,5$, logo a classe energética é a **A** de acordo com a tabela abaixo, presente no manual SCE.

Classe energética	R_{Nt}
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,75 < R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} > 2,50$

Figura 3.13 - Tabela de atribuição da classe energética (FONTE: Manual SCE)

3.5 HABITAÇÃO COM NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA, NZEB

De acordo com a legislação atualmente em vigor, uma fração que garanta que a energia primária de Fontes Renováveis suporta pelo menos 50% do valor da energia necessária para a preparação das Águas Quentes Sanitárias e que cumpra os valores de necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento, já se encontra em situação de cumprimento NZEB, podendo ser considerada uma habitação com necessidades quase nulas de energia.

A habitação em estudo, possui classe energética A (as necessidades de energia primária são no máximo 50% dos valores da habitação de referência), verifica as necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e arrefecimento e a energia primária de fontes renováveis suporta o definido para as Águas Quentes Sanitárias, portanto, já se encontra em situação de cumprimento NZEB, sendo considerada uma habitação com necessidades quase nulas de energia.

Tal informação surge no Despacho n.º 6476-E/2021, no anexo, ponto 1, alínea c) onde surge a seguinte informação:

“são edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB) os edifícios que verifiquem o cumprimento das condições previstas para os edifícios novos, nos termos do previsto na alínea a)”;

Sendo que informação da alínea a) é que:

“Os edifícios de habitação novos devem verificar o cumprimento dos requisitos de conforto térmico e de desempenho energético previstos na Tabela 1.”.

Posto isto, todos os edifícios são considerados NZEB desde que cumpram o disposto na **tabela 1 do Despacho n.º 6476-E/2021**, de acordo com o mencionado abaixo:

Tabela 1 — Requisitos dos edifícios de habitação novos

Tipo de requisito	Zona climática		
	I1	I2	I3
Conforto térmico			
Necessidades de aquecimento	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$
Necessidades de arrefecimento	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$		
Tipo de requisito	Zona climática		
	I1	I2	I3
Desempenho energético			
Classe energética	Igual ou superior a A		
Energia primária total	$R_{NT} \leq 0,50$		
Energia primária renovável	$Ren_{Hab} \geq 0,50$		

Figura 3.14 - Tabela de requisitos dos edifícios de habitação novos (FONTE: tabela 1 do Despacho n.º 6476-E/2021)

3.6 ANÁLISE ECONÓMICA

Comparando as soluções anteriores e as soluções propostas no projeto inicial, numa perspetiva económica, verifica-se que a solução tradicional adotada no projeto inicial para as paredes exteriores ronda os 25€/m², enquanto uma solução idêntica de isolamento pelo exterior, como a que se pretende adotar, ronda os 45€/m², havendo um aumento no orçamento da envolvente exterior opaca de cerca de 45%.

Na tabela abaixo, para a fração em estudo é apresentado o aumento do valor a pagar para a nova solução construtiva, com base nas áreas da envolvente exterior.

Tabela 3.18 – Valor das soluções construtivas

Solução Construtiva (valor por metro quadrado)		
Tradicional	25,00 €	€/m ²
ETICS	45,00 €	€/m ²
Área de paredes exteriores		
	28,30	m ²
Valor da fração com a solução anterior	707,50 €	
Valor da fração com a solução atual	1273,50 €	
Diferença	566,00 €	

Ao nível dos equipamentos, os valores para sistemas de climatização (ar condicionado) também aumentam face ao melhoramento energético. De acordo com o estudo de mercado feito, os valores para equipamentos com melhor classe energética (A++) custam mais cerca de 30% a 45% do valor de um equipamento com classe energética menos eficiente (A), tal como apresentado na tabela seguinte:

Tabela 3.19 – Valor dos equipamentos

Equipamento (Ar condicionado)	
Classe A	383,00 €
Classe A++	499,00 €
Diferença	116,00 €

Além do apresentado, a informação pode ser resumida aos gráficos 3.2 e 3.3 abaixo, onde é visível a variação de orçamento na “solução construtiva” e nos “equipamentos”.

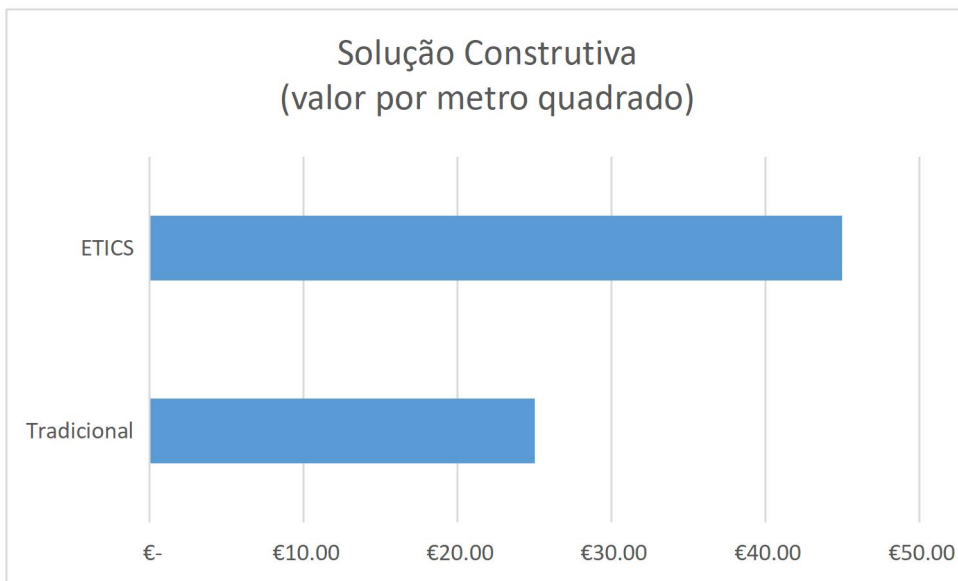


Gráfico 3.2 - Variação de orçamento nas soluções construtivas

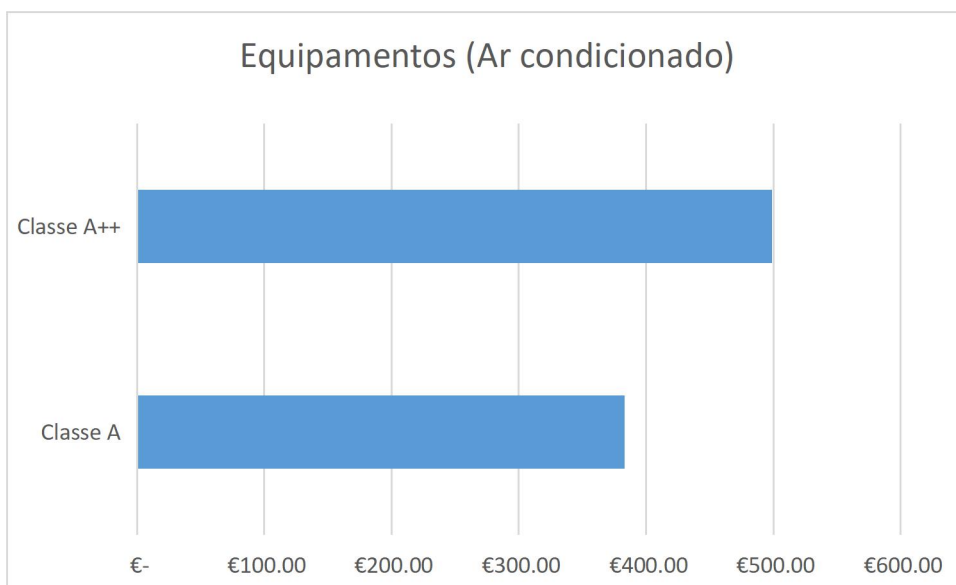


Gráfico 3.3 - Variação de orçamento nos equipamentos escolhidos

No entanto, este incremento ao valor de construção, será rentabilizado na utilização do edifício e na minimização de consumos energéticos.

Face aos resultados obtidos anteriormente pelos colegas com os equipamentos escolhidos por eles, verifica-se que existe um incremento financeiro, mas também, uma melhoria significativa ao nível do desempenho energético.

Na tabela abaixo, registam-se ambos os valores com as respetivas eficiências energéticas.

Tabela 3.20 – Eficiências energéticas

Necessidades		Situação anterior		Relação	Situação Atual		Relação	Melhoria
		Fpu	η	N_{xc}/η	Fpu	η	N_{xc}/η	
Nic	37,84 kWh/m ² .ano	2,50	1,00	37,84 kWh/m ² .ano	2,50	7,90	4,79 kWh/m ² .ano	87%
Nvc	11,77 kWh/m ² .ano	2,50	3,01	3,91 kWh/m ² .ano	2,50	5,40	2,18 kWh/m ² .ano	44%

Como é perceptível, as melhorias em ambas as estações são valores significativos, tal como demonstra o gráfico x que relaciona a situação atual com a situação anterior.

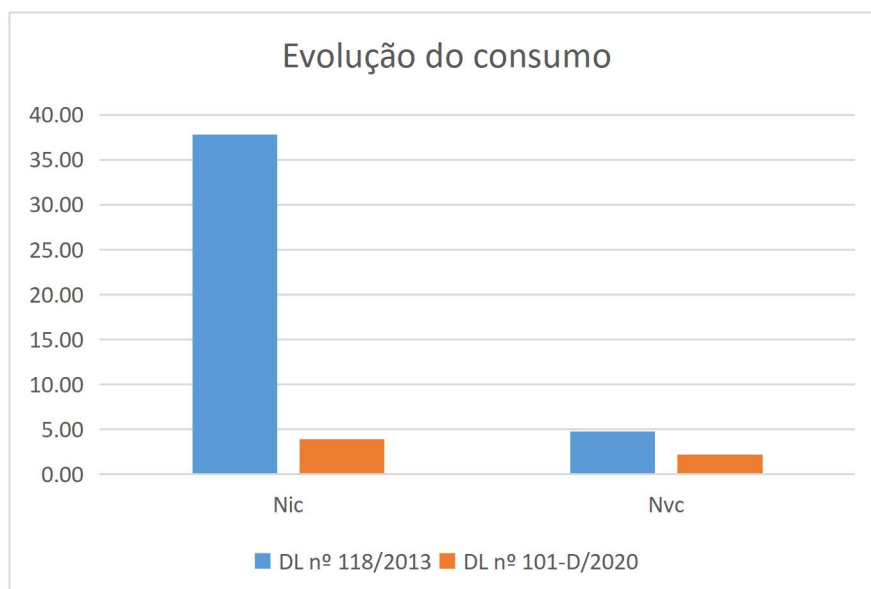


Gráfico 3.4 – Evolução do consumo com base nas alterações legislativas

Analisando agora a situação financeiramente, tendo por base o valor do kWh da EDP fixado em 2023 nos **0,163€/kWh**, obtém-se:

Tabela 3.21 – Análise energética comparativa face ao DL nº118/2013 e DL nº101-D/2020

Necessidades		Situação anterior		Situação Atual		Diferença
		DL nº 118/2013		DL nº 101-D/2020		
Nic	37,84	37,84	6,17	4,79	0,78	5,39
	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano
Nvc	11,77	3,91	0,64	2,18	0,36	0,28
	kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano	kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano	€.kWh/m ² .ano
					Total	5,67
						€.kWh/m².ano

Tabela 3.22 – Poupança anual

Área Útil	Consumo Anual (€)		
	Situação anterior	Situação Atual	Poupança
89,32 m ²	607,45 €	101,47 €	506,38 €

3.7 PERÍODO DE RETORNO

O período de Retorno (*Tempo de Payback*) é o tempo necessário para que se obtenha o retorno do investimento inicial. A partir do momento desse momento, o investimento torna-se rentável e passa a ser vantajoso do ponto de vista financeiro.

Calculando o período de retorno, é perceptível que no segundo ano já existe valor acumulado positivo, o investimento inicial é rentabilizado energeticamente, tal como mostra o *Payback* simples seguinte.

Tabela 3.23 – Payback Simples

Payback Simples	Ano 0	Ano 1	Ano 2
Fluxo de Caixa	-682 €	506,38 €	506,38 €
Acumulado	-682 €	-176 €	+331 €

Além do *Payback* simples, pode-se calcular o período de retorno recorrendo ao modelo de *Payback* Descontado. Esse cálculo baseia-se na aplicação de uma taxa associada à inflação ao longo dos anos, de acordo com o que mostra a tabela 3.24.

Tabela 3.24 – Payback Descontado

Taxa de desconto =	5%	ao ano	
	Anos		
	0	1	2
Investimento e despesas	-682		
Recebimentos		506.38	506.38
Fluxo de caixa (cashflow)	-682	506.38	506.38
Fluxo caixa acumulado	-682	-175.62	330.76
Valor Presente (cashflow descontado)	-682	482.27	459.30
Valor Presente Líquido (cashflow descontado acumulado)	-682 €	-199.73 €	+259.57 €

O Período de retorno por ambas as metodologias de cálculo, sugerem que os custos que foram incrementados e têm um retorno em torno dos inferior a 2 anos.

CAPÍTULO 3

Contudo, importa ressaltar que estes cálculos são efetuados considerando o aquecimento e arrefecimento permanente da habitação. Todavia, estas práticas não são muito frequentes em e sabe-se que em Portugal, tal prática não é usual.

CAPÍTULO 4

INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO E DA ORIENTAÇÃO SOLAR NO DESEMPENHO TÉRMICO DO EDIFÍCIO

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

A habitação em estudo encontra-se na Amarante e por esse motivo, as zonas climáticas de verão e inverno eram V2 e I2, respetivamente.

No sentido de perceber o comportamento do desempenho térmico, num local com condições mais extremas na estação de aquecimento e arrefecimento, vai fazer-se um estudo com essas características.

Para que a zona climática de verão passe para V3, a temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento tem de ser maior que 22°C. Com zona climática V3, tem-se **Alentejo Central, Alto Alentejo, Baixo Alentejo, Beira Interior Sul e Península de Setúbal**, entre outros.

Em relação à zona climática de inverno, uma zona climática I3, tem o valor dos graus dias de aquecimento que ser superior a 1800°C. Tais zonas devem pertencer à **Beira Interior Norte ou à Serra da Estrela**.

Tendo em conta a divergência entre as localidades, vão ser escolhidos dois locais distintos para se testar a zona climática extrema de aquecimento e de arrefecimento.

4.1.1 Zona Climática V3

Assumindo que a habitação se situa em Palmela (NUTS: Península de Setúbal) a uma altitude de 178 metros.



Figura 4.1 - Localização de Palmela (FONTE: Wikipédia)

Com base nesta localização e altitude, obtêm-se os seguintes dados climáticos:

Tabela 4.1 - Dados Climáticos para Palmela (Z = 378m)

Estação de Aquecimento			Estação de Arrefecimento				
M [meses]	GD* [°C·dia]	G _{sul} [kWh/(m ² ·mês)]	θ _{ext, v} [°C]	I _{sol} [kWh/m ²]			
				N	E	S	H
4,7	1241,5	145	22,14	225	505	410	845

Analisando os dados climáticos conclui-se que como o número de graus dia é menor que 1300°C-dia, a **zona climática de Inverno é a I1**; e como a temperatura exterior média na estação de arrefecimento é superior a 22°C, a **zona climática de Verão é a V3**.

Mantendo todas as outras características da habitação, o facto de se alterar a localização, afeta o desempenho energético da habitação.

Após a alteração da localização da habitação para zonas climáticas diferentes, mais extremistas na estação de arrefecimento (V3), mantendo as características que permitiam o cumprimento regulamentar com base na nova legislação, verifica-se que a habitação:

- **Não cumpre os requisitos mínimos na estação de aquecimento (80,80%)**, pois a mesma nesta localização passa para uma zona climática I1, pois deveria ser inferior a 75%;
- **Não cumpre os requisitos mínimos na estação de arrefecimento (104,53%)**, em cerca de 5%, pois a situação é nesta localização menos favorável à estação de arrefecimento.

Para a habitação cumprir o valor regulamentar, como existe margem na estação de aquecimento, poderíamos aumentar à taxa de renovação de ar, visto ser algo favorável no verão.

Com isto, constata-se que a localização mais extrema no verão, como seria de esperar, afeta sobretudo a estação de arrefecimento, sendo que as necessidades excedem o valor máximo definido de necessidades nominais, tal como mostra a folha de cálculo no Anexo IV.

4.1.2 Zona Climática I3

Admitindo que a habitação se situa agora na Guarda (NUTS: Beira Interior Norte), a uma altitude de 856 metros.



Figura 4.2 - Localização de Guarda (FONTE: Wikipédia)

Os dados climáticos obtidos foram os seguintes:

Tabela 4.2 - Dados Climáticos (Z = 199m)

Estação de Aquecimento			Estação de Arrefecimento				
M [meses]	GD* [°C-dia]	G _{sol} [kWh/(m ² ·mês)]	θ _{ext, v} [°C]	Isol [kWh/m ²]			
				N	E	S	H
7,5	2063	135	21,01	220	495	425	820

Os dados climáticos obtidos anteriormente, foram os dados resumidos na tabela, na qual sendo o número de GD superior a 1800°C·dia, conclui-se que a **zona climática de Inverno é a I3**; e como a temperatura exterior média na estação de arrefecimento encontra-se entre 20°C e 22°C, a **zona climática de Verão é a V2**.

Após a alteração da localização da habitação para zonas climáticas diferentes, mais extremistas na estação de aquecimento (I3), mantendo as características que permitiam o cumprimento regulamentar com base na nova legislação, verifica-se que a habitação:

- **Não cumpre os requisitos mínimos na estação de aquecimento (101,11%)**, sendo a estação de aquecimento a mais agravada, as necessidades nominais de energia aumentam em cerca de 16%;
- **Cumprir os requisitos mínimos na estação de arrefecimento (91,50%)**, pois a estação de arrefecimento mantém a mesma zona climática. Apesar de a localização manter a zona climática de arrefecimento, houve uma melhoria de cerca de 7%.

De modo, a minimizar a situação de desempenho térmico na estação de aquecimento poder-se-ia baixar à taxa de renovação de ar, sendo que o desempenho de inverno melhora consideravelmente. Todavia, esse cenário é desfavorável ao verão, o que teria de ser algo ponderado, de modo a não prejudicar o desempenho da fração no verão.

Com isto, constata-se que a localização mais extrema no inverno, zona climática I3, a estação de aquecimento é gravemente sentida, sendo que os requisitos aumentam consideravelmente em relação ao valor máximo definido de necessidades nominais, tal como mostra a folha de cálculo no Anexo V.

4.2 INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO SOLAR A SUL

Nesta nova simulação irá considerar-se a habitação com a orientação principal a Sul.

Para tal, admite-se que o apartamento roda 180°, passando a envolvente exterior de Norte para Sul.



Figura 4.3 - Habitação virada a Sul (FONTE: Projeto dos colegas José Dias e Pedro Mota)

Nesta situação, a fração em estudo terá os alçados e respetiva envolvente opaca e envidraçada orientada a Sul predominantemente, e também a Este e Oeste. Ao alterarmos os alçados, orientando-os a sul, existirão alterações principalmente ao nível dos ganhos solares na envolvente opaca e vãos envidraçados.

Deste modo, na estação de aquecimento, existem alterações no fator de orientação (X_j) e no fator de obstrução.

O fator de obstrução (F_s) depende de parâmetros: fator de sombreamento horizontal (F_o), fator de sombreamento vertical (F_f) e fator de sombreamento do horizonte (F_h), sendo:

$$F_s = F_o \times F_f \times F_h$$

Na ausência de palas, como é o caso neste projeto, o valor do F_o , fator de sombreamento horizontal é 1,0; o valor do fator de sombreamento do horizonte (F_h) na estação de aquecimento é considerado admitindo um ângulo de sombreamento de 45°, assumindo o valor de 0,58 a Este e Oeste e de 0,45 a Sul; o fator de sombreamento vertical (F_f) depende dos sombreamentos da própria estrutura, que foram ajustados à nova orientação da fração em análise.

Na estação de arrefecimento, ao alterar a orientação da envolvente a intensidade de radiação solar varia, assim como o Fator de seletividade angular ($F_{w,v}$), a Fração de tempo proteções móveis ativas ($F_{m,v}$) e o Fator Solar de verão (g_v).

CAPÍTULO 4

Tendo como referência os ajustes devidos e com as alterações necessárias, obtiveram-se as seguintes conclusões:

- melhoria significativa na estação de aquecimento, a razão de N_{ic}/N_i passou de **de 85% para 71%**;
- melhoria na estação de arrefecimento em cerca de 7%.

Os resultados obtidos surgem detalhados nas folhas de cálculo do Anexo VI.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

O setor da construção tem evoluído ao longo do tempo, principalmente no sentido de minimizar o impacto ambiental que o próprio setor acarreta.

No entanto, a questão ambiental e a perspetiva mais do que necessária acerca da sustentabilidade, fazem com que as necessidades energéticas tenham de ser minimizadas e sobretudo que as necessárias, sejam provenientes de recursos renováveis.

O presente trabalho mostrou que efetivamente a legislação atual, induz mudanças. A habitação em estudo de acordo com o projeto anterior (avaliação térmica dos colegas) não cumpria requisitos com base na legislação atualmente em vigor.

Para que tal se verificasse, tiveram de existir mudanças e conseqüentemente aumento de custos. A adoção de novas soluções construtivas na envolvente exterior e a escolha de equipamentos mais eficientes permitiram que os requisitos mínimos fossem efetivamente cumpridos.

Tal como esperado, os custos foram incrementados e teriam um período de retorno em torno dos 2 anos. No entanto, estes cálculos são efetuados considerando o aquecimento e arrefecimento permanente da habitação e sabe-se que em Portugal, tal prática não é usual.

Verificou-se também que a alteração da localização para zonas climáticas mais gravosa, de inverno e de verão, aumenta significativamente as necessidades energéticas e, com as soluções construtivas adotadas, a habitação deixa de cumprir a legislação. As alterações são mais significativas para a estação de aquecimento. Nestes casos, seria necessário propor novas alternativas, mesmos ao nível dos vãos envidraçados e as taxas de renovação de ar.

A orientação também afeta bastante o desempenho da habitação, que quando voltada a sul, obteve um melhoramento considerável em ambas as estações.

Na nova legislação, houve ajustes de designações, alterações da cor da marcação das envolventes, aumento da taxa de renovação por hora, redução das necessidades na estação de aquecimento e há maior exigência regulamentar nas energias primárias, uma vez que terão de ser no máximo 50% dos valores da habitação de referência.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Em relação a desenvolvimentos futuros, poderia apostar-se numa Simulação Dinâmica, de modo a ser possível perceber qual o comportamento do edifício ao longo de todo o ano, e assim estimar de modo mais preciso o seu comportamento e as suas necessidades reais de energia.

O estudo da Inércia Térmica é outro ponto importante que poderia ser desenvolvido, uma vez que o desempenho de um edifício depende da capacidade que o edifício tem de conservar a energia. No entanto, neste caso em concreto a habitação já tinha uma Inércia Forte e com a solução de isolamento pelo exterior mantém essa característica.

O estudo de habitações em Pisos intermédios, poderia ser alargado a esses pisos, pois várias vezes essa “posição” traz mais dificuldades na verificação das exigências regulamentares impostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, José Augusto Baptista de Oliveira; MOTA, Pedro Vasconcelos Teixeira - Projeto de Desempenho Térmico de um Edifício de Habitação. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2020. Projeto de Licenciatura em Engenharia Civil.

DGEG, DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA; ADENE - Manual SCE: Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios. Lisboa, 2021. www.sce.pt.

DGEG, DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA; ADENE - Perguntas e Respostas – Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, na sua atual redação. Lisboa, 2023. www.sce.pt.

DECRETO-LEI nº 101-D/2020. D.R. I Série. 237 (07-12-2020) 7-21.

DESPACHO nº 6476-E/2021. D.R. I Série. 126 (01-07-2021) 330-(30).

MAIA, Eliana Sofia da Costa. Dissertação mestrado: Análise do desempenho térmico de soluções construtivas na reabilitação de edifícios de habitação, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018;

PINA DOS SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís. ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006;

PORTARIA nº138-I/2021. D.R. I Série. 126 (01-07-2021) 128-(12).

REIS, Cristina; OLIVEIRA, Carlos; BRAGA, Paula; SILVA, J.F.; SILVA, L.T. – Occupational Health and Safety: Sustainable Development and the Changes in Organizations. Occupational and Environmental Safety and Health II: Studies in Systems, Decision and Control. Springer Nature Switzerland AG. ISSN. Volume II, 2020, https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_72.

REIS, C.; CARPINTEIRO, E.; SANCHES FERNANDES, L.F.; PAULA, S.; OLIVEIRA, C. - Sustainable Safety measures applied in construction. Arezes PM et al (eds), Occupational and Environmental Safety and Health. Studies in Systems, Decision and Control Springer Nature Switzerland AG (2019). Book ISBN: 978-3-030-14729-7 Book ID: 478838_1_En. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3_14.

ANEXOS

ANEXO I - FICHAS TÉCNICAS

Sistema **weber.therm classic** – Pág 9/16

6. CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES

6.1. Placas de isolamento

weber.therm EPS (poliestireno expandido moldado)				
Marcação CE (EPS - EN 13163 - T1-L1-W1-S1-P3- DS(N)5-BS150-CS(10)100)				
Produto classificado de acordo com a norma EN 13163, disponível em placas planas de 1,0 x 0,5 m, sem encaixe, com espessuras de: <ul style="list-style-type: none"> • 40 mm (15 unidades por embalagem) • 50 mm (12 unidades por embalagem) • 60 mm (10 unidades por embalagem) • 70 mm (8 unidades por embalagem) • 80 mm (7 unidades por embalagem) O fornecimento de espessuras diferentes deverá ser analisado a pedido.				
Propriedades	Norma	Unidade	EPS 100	EPS 150
Massa volúmica (± 10%)		kg/m ³	20	25
Condutibilidade Térmica	EN 12667	W/m°C	0,036	0,034
Resistência à compressão (def. 10%)	EN 826	kPa	100	150
Resistência à flexão	EN 12089	kPa	150	200
Absorção de água por imersão	EN 12087	% Vol.	< 2	< 2
Resistência à difusão do vapor de água	EN 12086	μ	30-70	30-70
Classe de reação ao fogo	EN 13501-1		E	E
Coefficiente de dilatação térmica linear		°C ⁻¹	5-7x10 ⁻⁵	5-7x10 ⁻⁵

6.2. Redes de reforço

REDES DE FIBRA DE VIDRO			
Redes constituídas por fios de fibra de vidro com dupla torção, sujeitos a uma indução de resina que as protege do ataque dos alcalis dos materiais cimentícios. Conferem resistência e estabilidade ao revestimento, evitando o aparecimento de fissuras decorrentes das variações de temperatura ou do movimento das placas de material de isolamento.			
A rede contribui ainda para melhorar a resistência ao choque do revestimento em que está incorporada.			
Características	weber.therm rede normal 50 m ²	weber.therm rede normal 55 m ²	weber.therm rede reforçada
Dimensões dos rolos	1 x 50 m	1,1 x 50 m	1 x 25 m
Dimensões da abertura de malha (mm)	3,7 x 4,3 (±10%)	3,5 x 3,8	6 x 6
Peso total do tecido (g/m ²)	160 (± 5%)	160 (mínimo)	330 (mínimo)
Resistência à tração standard (teia/trama; N/5 cm)	1830/1510 (± 6%)	2200/2200	4000/4500
Alongamento à rotura (%)	2,9	3,8	4,5
Alongamento à rotura após envelhecimento (%)	1,8	3,5	3,5
Espessura (mm)	0,49	0,52	0,9
Resistência química	Boa aos alcalis	Boa aos alcalis	Boa aos alcalis

MOD.FT.106 / 03

6.3. Argamassas de colagem e revestimento

weber.therm pro

UTILIZAÇÕES

- Colagem e revestimento de placas isolantes em sistemas **weber.therm** sobre suportes com absorção.
- Suportes admissíveis: alvenaria em Bloco Térmico Leca®, bloco de betão corrente ou tijolo, betão, reboco de cimento, placas isolantes em sistemas **weber.therm**.

COMPOSIÇÃO

- Cimento, cargas minerais, resinas e aditivos especiais e fibras sintéticas.

RECOMENDAÇÕES

- Temperaturas de aplicação: 5 a 30 °C.
- Respeitar as juntas de dilatação da fachada, utilizando soluções específicas para a sua execução.
- Em zonas enterradas e pontos singulares, utilizar técnicas específicas de execução (consulte-nos).
- Não aplicar sob sol forte ou chuva, sobre suporte gelado, em degelo ou em risco de gelar em 24 horas.

CARACTERÍSTICAS DE UTILIZAÇÃO

- Cada saco de 25 kg deverá ser amassado com 6 a 7 litros de água limpa, devendo a pasta obtida apresentar-se gordurosa e sem grumos; a mistura deve ser feita usando misturador elétrico com velocidade lenta.
- Espessura mínima de aplicação: 2,5 mm (2 camadas).
- Tempo de espera entre camadas: 12 a 24 horas.
- Tempo de espera para revestir: mínimo 3 dias.

Os tempos indicados, obtidos em condições ambientais normalizadas, poderão ser alongados a baixas temperaturas e encurtados a temperaturas mais elevadas.

PRESTAÇÕES (*)

- Massa Volúmica Aparente da pasta: 1400 kg/m³
- Massa volúmica endurecida: 1200 a 1300 kg/m³
- Absorção de água por capilaridade: W2 (< 0,2 kg/(m².min^{1/2}))
- Permeabilidade ao vapor de água (μ): < 20
- Aderência:
 - Sobre betão: > 1,0 N/mm² (FP: B)
 - Sobre placas de lã de rocha: ≥ 0,08 N/mm² (rotura pela placa)

(*) Os resultados foram obtidos em ensaios realizados em laboratório, e podem variar em função das condições de aplicação.



BLOCO TÉRMICO^{pro}ETICS®

FICHA TÉCNICA

ärtebel
SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EM BETÃO

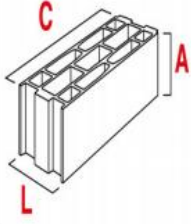
DESCRIÇÃO DO PRODUTO:

Bloco em betão leve de agregados de argila expandida.

O seu comportamento térmico regulamentar, constitui alternativa a soluções de parede dupla, dispensando o recurso a outros materiais subsidiários. Apresenta encaixe macho-fêmea, permitindo a realização de juntas verticais secas.



CARACTERÍSTICAS: GEOMÉTRICAS, MECÂNICAS E FÍSICAS

	CÓDIGO	DIMENSÕES (mm)	PESO (')	CONSUMO	PESO TOTAL	PESO TOTAL C/ REBOCO (**)	RESIST. A COMPRES (L1)	ISOLAM. SONS COND. AÉREA	COEF. TRANSM. TÉRMICA (U) (L2)		REACÇÃO AO FOGO	RESIST. AO FOGO
		C - A - L	kg/Un	Un/m ²	kg/m ²	kg/m ²	N/mm ²	Rw(Db)	simples W/m ² .°C	+ 5cm ETICS W/m ² .°C	Euroclasse	Classe
	BTE 15	500 - 200 - 150	8,4		84	150,0	≥ 2,2	41	1,20	-		
	BTE 20	500 - 200 - 200	14,0	10,0	140	206,5	≥ 2,5	47	1,15	0,46	A1	CF240
	BTE 25	500 - 200 - 250	14,5		145	211,5	≥ 2,5	48	1,07	0,44		
	BTE 30	500 - 200 - 300	16,0		160	226,5	≥ 3,0	49	1,01	0,43		

(*) Os pesos são médios e admitem uma variação de ±5% (**) Considerando reboco de 2 cm no paramento exterior e 1,5 cm no paramento interior
(L1) Lab. Artebel (L2) Lab. ItCons

Produto com marcação

CE
EN NP 771-3

ANEXO II - FOLHAS DE CÁLCULO PARA CUMPRIMENTO DAS EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

Perdas associadas à Envolvente Exterior e em Contacto com o Solo

Paredes Exteriores	Área (m ²)	U (W/(m ² .°C))	U.A (W/°C)
Paredes Exteriores Norte	18.07	0.32	5.78
Paredes Exteriores Oeste	8.31	0.32	2.66
Paredes Exteriores Este	1.92	0.32	0.61
Pilares	4.38	0.40	1.75
Vigas	1.88	0.40	0.75
Caixa de Estores	2.56	0.85	2.18
	37.12	TOTAL	13.74

Coberturas Exteriores	Área (m ²)	U (W/(m ² .°C))	U.A (W/°C)
Cobertura	89.32	0.30	26.80
	89.32	TOTAL	26.80

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/(m ² .°C))	U.A (W/°C)
Verticais:			
Quartos, Sala e Cozinha	13.32	2.30	30.63
Horizontais:			
	13.32	TOTAL	30.63

Pontes térmicas lineares	Comp.	ψ	ψ.B
Ligações entre:	B (m)	(W/m.°C)	(W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos	0.00	0.00	0.00
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	0.00	0.00	0.00

ANEXOS

Fachada com pavimentos intermédios	19.00	0.15	2.85
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	19.00	0.80	15.20
Fachada com varanda	0.00	0.00	0.00
Duas paredes verticais	5.26	0.40	2.10
Fachada com caixa de estore	10.25	0.30	3.08
Fachada com caixilharia	35.98	0.10	3.60
Outras			0.00
	89.49	TOTAL	26.83

Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior

da Fração Autónoma

(W/°C)

TOTAL	97.99
--------------	--------------

Perdas associadas à Envolvente para ENU

Paredes em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	b _{ztu} (-)	b _{ztu} .U.A (W/°C)
Parede para a Lavandaria	4.66	0.33	0.90	1.38
Pilar Caixa de Escadas	0.32	0.40	0.90	0.12
Parede para Caixa de Escadas	5.24	0.32	0.90	1.51
Porta de Entrada	1.80	2.00	0.90	3.24
	12.02		TOTAL	6.25

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	b _{ztu} (-)	b _{ztu} .U.A (W/°C)
Porta de Vidro para Lavandaria	6.91	2.60	0.90	16.17
	6.91		TOTAL	16.17

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $b_{tr}>0,7$)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	b_{ztu} (-)	$b_{ztu} \cdot \psi \cdot B$ (W/°C)
Parede Lavandaria / Pavimento Intremédio	4.40	0.50	0.90	1.98
Parede Lavandaria / Cobertura	4.40	1.00	0.90	3.96
Parede Lavandaria / Parede	5.26	0.50	0.90	2.37
Parede Caixa de Escadas / Cobertura	2.70	1.00	0.90	2.43
Parede Caixa de Escadas / Pavimento Intermédio	2.70	0.50	0.90	1.22
	19.46		TOTAL	11.95

**Henu - Coeficiente de transferência
de calor para ENU**

da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	34.37
--------------	--------------

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		<input type="text" value="89.32"/>	(m ²)
Pé-direito médio		<input type="text" value="2.63"/>	(m)
		=	
Volume interior	(V)	<input type="text" value="234.91"/>	(m ³)

Volume		<input type="text" value="234.91"/>	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		<input type="text" value="0.93"/>	Ver folha do LNEC
		x	
Recuperador de calor? Sim - bve=	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1.00"/>	(1-bve)
		x	
		<input type="text" value="0.34"/>	
		=	
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fração Autónoma	TOTAL	<input type="text" value="74.28"/>	(W/°C)

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Hext	97.99
Hecs	0.00
Henu	34.37
Hadj	0.00
	=
Htr - Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C)	132.36
	+
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação	74.28
	=
H - Coeficiente global de perdas	206.64
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1376.00
	x
	0.024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6824.05
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	3444.30
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3379.74
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	89.32
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m².ano))	37.84
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m2.ano))	44.52
Verifica	O.K.
Nic/Ni =	84.99%

Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²)	<input type="text" value="4"/>	
	x	
Área Útil de Pavimento (m ²)	<input type="text" value="89.32"/>	
	x	
	<input type="text" value="2.928"/>	
	=	
Ganhos internos Totais	<input type="text" value="1046.12"/>	(KWh)

Ganhos Totais na estação de arrefecimento

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados	<input type="text" value="1410.82"/>	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	<input type="text" value="407.32"/>	(KWh)
	+	
Ganhos internos	<input type="text" value="1046.12"/>	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	<input type="text" value="2864.25"/>	(KWh)

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais	2864.25	(kWh)
/		
Perdas Térmicas Totais	1958.52	(kWh)
=		
γ = Ganhos/Perdas	$\gamma =$	1.462
Inércia do edifício	Forte	
(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)	a =	4.2

$\Delta\theta = (25-\theta_{ext,v}) =$	3.237
$\Delta\theta > 1$	$\eta_{ref} = 0.52+0.22 \cdot \ln(\Delta\theta) =$ 0.778
$0 < \Delta\theta \leq 1$	$\eta_{ref} =$ 0.450
$\Delta\theta \leq 0$	$\eta_{ref} =$ 0.300

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η	0.633	
	=	
	0.367	
	x	
Ganhos Térmicos Totais	2864.25	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1051.39	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	11.77	(kWh/(m ² .ano))
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	11.93	(kWh/(m ² .ano))

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η_{ref}	0.778	
	=	
	0.222	
	x	
Ganhos Térmicos Totais de ref ($\dot{q}_{int} \times 2.928 + 0.43 \times 0.2 \times I_{sol,ref}$) x Ap	4810.06	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1065.80	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
	=	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	11.93	(kWh/(m ² .ano))

Verifica	O.K.
Nvc/Nv (%) =	98.65

ANEXO III - ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS, ENERGIA PRIMÁRIA E EQUIPAMENTOS

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	3
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	120.00
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 35°C)	35
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_d)	1782.96

Ntc		
Nic=	37.84	$\eta = 7.9$
Nvc=	11.77	$\eta = 5.4$
Qa=	1782.96	$\eta = 0.89$
Wvm=	0	$\eta = 1.0$
Eren=	1678.00	

$A_p = 89.32$

Nt		
Ni=	44.52	$\eta = 7.9$
Nv=	11.93	$\eta = 5.4$
Qa=	1782.96	$\eta = 0.89$

Se	$\eta > \eta_{ref}$	$\delta v = 0$
Se	$\eta \leq \eta_{ref}$	$\delta v = 1$

$$0.42 \leq 0.85 \quad \delta v = 1$$

Se	$Nic / Ni \leq 0,60$ e $g_{tot} \cdot Fo \cdot Ff \leq 0,15$	$\delta i = 0$
Se	$Nic / Ni > 0,60$ e $g_{tot} \cdot Fo \cdot Ff \leq 0,15$	$\delta i = 1$

$$Nic / Ni = 0.85 > 0.6 \quad \delta i = 1$$

indicador de energia renovável
 $(Eren/A_p \times Fpu) / ((Qa/A_p) \times Fpu/\eta) = 0.84 \geq 0.5$

Ntc=	$\delta i \cdot Nic \cdot Fpu/\eta$	+	$\delta v \cdot Nvc \cdot Fpu/\eta$	+	$Qa/A_p \cdot Fpu/\eta$	+	$Wvm/A_p \cdot Fpu$	-	$Eren \cdot Fpu/A_p$	=	
Ntc =	11.97	+	5.45	+	22.43	+	0.00	-	18.79	=	21.07

Nt=	$Ni \cdot Fpu/n$	+	$Nv \cdot Fpu/n$	+	$Qa/A_p \cdot Fpu/n$	=	
Nt =	14.09	+	5.52	+	22.43	=	42.04

$$R = Ntc / Nt = 0.50 = 50\%$$

Product fiche¹



Manufacturer²

LG Electronics Inc.

Model Number ³ (Outdoor unit / Indoor unit)	Sound power levels ⁴ (Outdoor unit / Indoor unit)	Refrigerant ⁵ (kg)	t-CO ₂ eq	SEER	Q _{CE} ⁶ (kWh)	P _{designc} (kW)
AC09BK UA3 / AC09BK NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	7.0 (A++)	125	2.5
AC12BK UA3 / AC12BK NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	6.6 (A++)	186	3.5
AC18BK UL2 / AC18BK NSK	65 / 60	R32 (1.00)	0.675	7.0 (A++)	250	5.0
AC24BK U24 / AC24B NSK	70 / 65	R32 (1.10)	0.743	6.9 (A++)	335	6.6
DC09RK UL2 / DC09RK NSJ	65 / 60	R32 (0.80)	0.540	7.9 (A++)	111	2.5
DC12RK UL2 / DC12RK NSJ	65 / 60	R32 (0.80)	0.540	7.6 (A++)	161	3.5
DC18RK UL2 / DC18RK NSK	65 / 60	R32 (1.00)	0.675	7.0 (A++)	250	5.0
DC24RK U24 / DC24RK NSK	70 / 65	R32 (1.10)	0.743	6.9 (A++)	335	6.6
PC09SK UA3 / PC09SK NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	7.0 (A++)	125	2.5
PC12SK UA3 / PC12SK NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	6.6 (A++)	186	3.5
PC18SK UL2 / PC18SK NSK	65 / 60	R32 (1.00)	0.675	7.0 (A++)	250	5.0
PC24SK U24 / PC24SK NSK	70 / 65	R32 (1.10)	0.743	6.9 (A++)	335	6.6
S09EG UA3 / S09EG NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	7.0 (A++)	125	2.5
S12EG UA3 / S12EG NSJ	65 / 59	R32 (0.70)	0.473	6.6 (A++)	186	3.5

Model Number ³ (Outdoor unit / Indoor unit)	SCOP		Q _{HE} ⁷ (kWh)		P _{designh} (kW)		The backup ⁸ heating capacity (kW)	
	Average	Warmer	Average	Warmer	Average	Warmer	Average	Warmer
AC09BK UA3 / AC09BK NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0
AC12BK UA3 / AC12BK NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0
AC18BK UL2 / AC18BK NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1270	555	3.9	2.1	0	0
AC24BK U24 / AC24B NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1628	713	5.0	2.7	0	0
DC09RK UL2 / DC09RK NSJ	4.6 (A++)	5.4 (A+++)	852	389	2.8	1.5	0	0
DC12RK UL2 / DC12RK NSJ	4.6 (A++)	5.4 (A+++)	883	389	2.9	1.5	0	0
DC18RK UL2 / DC18RK NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1270	555	3.9	2.1	0	0
DC24RK U24 / DC24RK NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1628	713	5.0	2.7	0	0
PC09SK UA3 / PC09SK NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0
PC12SK UA3 / PC12SK NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0
PC18SK UL2 / PC18SK NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1270	555	3.9	2.1	0	0
PC24SK U24 / PC24SK NSK	4.3 (A+)	5.3 (A+++)	1628	713	5.0	2.7	0	0
S09EG UA3 / S09EG NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0
S12EG UA3 / S12EG NSJ	4.0 (A+)	4.9 (A++)	875	371	2.5	1.3	0	0

ANEXO IV - FOLHAS DE CÁLCULO ZONA CLIMÁTICA V3

DADOS CLIMÁTICOS

Localização: PALMELA Altitude 178 m
 Zona climática: Inverno I1 Verão V3
 Zref: 47 m

Dados climáticos de inverno

Mref 4.7 meses a 0 M 4.7 meses
 Gdref 1045 °C.dia a 1.5 GD 1242 °C.dia
 Gsul 145 kWh/m²/mês

Dados climáticos de verão

text,v ref 22.8 °C a -0.005 text,v 22.1 °C
 Isol kWh/m²
 N 225 NE 365 E 505 SE 495 S 410
 SW 0 W 505 NW 365 HOR 845

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS			Uref (W/m ² .°C)	A m ²	Uref.A (W/°C)	
Paredes exteriores			0.50	37.12	18.56	
Coberturas exteriores			0.40	89.32	35.73	
Pavimentos exteriores			0.35	0.00	0.00	
Envidraçados exteriores Aenv	>	0,2*Ap	2.80	13.32	37.29	
	13.3185	17.86	0.00	0.00	0.00	
Paredes Enterrada ECS			0.50	0.00	0.00	
Pavimento Enterrado ECS			0.50	0.00	0.00	
Pavimento Térreo ECS			0.50	0.00	0.00	
TOTAL				91.58		
Pontes térmicas lineares			Yref (W/m.°C)	B (m)	Yref.B (W/°C)	
Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda			0.50	38.00	19.00	
2 Paredes Verticais			0.40	5.26	2.10	
Fachada com caixilharia e caixa de estore			0.20	46.23	9.25	
TOTAL				30.35		
(Hexts + Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS da Fração Autónoma				(W/°C)	TOTAL	121.93

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Hext	97.99
Hecs	0.00
Henu	34.37
Hadj	0.00
	=
Htr - Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C)	132.36
	+
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação	74.28
	=
H - Coeficiente global de perdas	206.64
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1242.00
	x
	0.024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6159.50
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	2551.78
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3607.72
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	89.32
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m ² .ano))	40.39
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m2.ano))	49.99
Verifica	O.K.
Nic/Ni =	80.80%

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca exterior
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)**

Designação	Parede - N	Pilares - N	Vigas - N	Cx. Estores	Parede - W	Pilares - W	Vigas - W	Cx. Estores	Parede - E	Vigas - E	Cx. Estores	Cobertura
Orientação	N	N	N	N	W	W	W	W	E	E	E	H
Área, A (m ²)	18.07	2.86	1.15	1.37	8.31	1.52	0.56	0.78	1.92	0.17	0.42	89.32
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α	0.32	0.40	0.40	0.85	0.32	0.4	0.4	0.85	0.32	0.4	0.85	0.30
factor F - fachadas ou cob. Vent.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ir (kWh/m ²)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Rse(m ² .°C/W)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de sombreamento - opcional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G. Sol. Envolvente Opaca Ex.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	225	225	225	225	505	505	505	505	505	505	505	845
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
	20.82	4.12	1.66	4.18	21.49	4.91	1.79	5.34	4.96	0.56	2.87	362.28
												434.97

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais	2927.90	(kWh)
Perdas Térmicas Totais	1727.40	(kWh)
γ = Ganhos/Perdas	1.695	
Inércia do edifício	Forte	
(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)		
a =	4.2	

Δθ = (25-θ_{ext,v}) = 2.855

Δθ > 1 η_{ref} = 0.52+0.22*ln(Δq) = 0.751

0 < Δθ ≤ 1 η_{ref} = 0.450

Δθ ≤ 0 η_{ref} = 0.300

Factor de utilização dos ganhos, η	1	
	0.562	
	0.438	
Ganhos Térmicos Totais	2927.90	(kWh)
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1283.02	(kWh/ano)
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	14.36	(kWh/(m ² .ano))
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	13.74	(kWh/(m ² .ano))

Factor de utilização dos ganhos, η _{ref}	1	
	0.751	
	0.249	
Ganhos Térmicos Totais de ref	4925.28	(kWh)
(q _{int} x 2.928 + 0.43 x 0.2 x I s d,ref) x A _p		
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1227.40	(kWh/ano)
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	13.74	(kWh/(m ² .ano))

Não verifica	K.O.
Nvc/Nv (%) =	104.53

ANEXO V - FOLHAS DE CÁLCULO ZONA CLIMÁTICA I3

DADOS CLIMÁTICOS

Localização: Altitude m
 Zona climática: Inverno Verão
 Zref: m

Dados climáticos de inverno

Mref meses a M meses
 Gdref °C.dia a GD °C.dia
 Gsol kWh/m²/mês

Dados climáticos de verão

text,v ref °C a text,v °C
 Isol kWh/m2
 N NE E SE S
 SW W NW HOR

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS			
		Uref (W/m ² .°C)	
Paredes exteriores		0.35	A m ² Uref.A (W/°C) 37.12 12.99
Coberturas exteriores		0.30	89.32 26.80
Pavimentos exteriores		0.30	0.00 0.00
Envidraçados exteriores Aenv	>	0,2*Ap	13.32 29.30
<input type="text" value="13.3185"/>		<input type="text" value="17.86"/>	0.00 0.00
Paredes Enterrada ECS		0.50	0.00 0.00
Pavimento Enterrado ECS		0.50	0.00 0.00
Pavimento Térreo ECS		0.50	0.00 0.00
			TOTAL 69.09
		Yref (W/m.°C)	
Pontes térmicas lineares			B (m) Yref.B (W/°C)
Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda		0.50	38.00 19.00
2 Paredes Verticais		0.40	5.26 2.10
Fachada com caixilharia e caixa de estore		0.20	46.23 9.25
			TOTAL 30.35
(Hexts + Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS da Fração Autónoma			TOTAL 99.44
		(W/°C)	

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Hext	97.99
Hecs	0.00
Henu	34.37
Hadj	0.00
	=
Htr - Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C)	132.36
	+
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação	74.28
	=
H - Coeficiente global de perdas	206.64
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	2063.00
	x
	0.024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	10231.11
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	3937.03
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	6294.08
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	89.32
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m ² .ano))	70.47
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m2.ano))	69.70
	Não verifica
	K.O.
	Nic/Ni =
	101.11%

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais	2884.76	(kWh)
/		
Perdas Térmicas Totais	2417.15	(kWh)
=		
γ = Ganhos/Perdas	$\gamma = 1.193$	
Inércia do edifício	Forte	
(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)		
a =	4.2	

$\Delta\theta = (25 - \theta_{ext,v}) =$	3.995
$\Delta\theta > 1$	$\eta_{ref} = 0.52 + 0.22 \ln(\Delta\theta) = 0.825$
$0 < \Delta\theta \leq 1$	$\eta_{ref} = 0.450$
$\Delta\theta \leq 0$	$\eta_{ref} = 0.300$

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η	0.730	
=		
	0.270	
x		
Ganhos Térmicos Totais	2884.76	(kWh)
=		
Necessidades Brutas de Arrefecimento	777.62	(kWh/ano)
/		
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
=		
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	8.71	(kWh/(m ² .ano))
≤		
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	9.52	(kWh/(m ² .ano))

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η_{ref}	0.825	
=		
	0.175	
x		
Ganhos Térmicos Totais de ref ($q_{int} \times 2.928 + 0.43 \times 0.2 \times I_{s,d,ref} \times A_p$)	4848.47	(kWh)
=		
Necessidades Brutas de Arrefecimento	849.89	(kWh/ano)
/		
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
=		
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	9.52	(kWh/(m ² .ano))

Verifica	O.K.
Nvc/Nv (%) =	91.50

ANEXO VI- FOLHAS DE CÁLCULO DA FRAÇÃO ORIENTADA A SUL

DADOS CLIMÁTICOS

Localização: AMARANTE Altitude 199 m

Zona climática: Inverno I2 Verão V2

Zref: 320 m

Dados climáticos de inverno

Mref 6.7 meses

a 0

M 6.7 meses

Gdref 1570 °C.dia

a 1.6

GD 1376 °C.dia

Gsul 135 kWh/m²/mês

Dados climáticos de verão

text,v ref 21.4 °C

a -0.003

text,v 21.8 °C

Isol kWh/m²

N 220

NE 0

E 490

SE

S 425

SW 0

W 490

NW 0

HOR 785

Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação	Designação	Tipo	Área	Factor de	Factor	Factor de	Fracção	Factor de	Área
	do vão	(S-simples ou	A	orientação	Solar	Obstrução	Envidraçada	Sel. Angular	Efectiva
	envidraçado	D-duplo)	(m ²)	X (-)	do vidro	Fs (-)	Fg (-)	Fw (-)	Ae (m ²)
					g (-)	Fh.Fo.Ff			
S	Janelas S1+S2	D	7.45	1.00	0.75	0.45	0.70	0.90	1.58
E	Janelas E 1	D	2.03	0.56	0.75	0.58	0.70	0.90	0.31
E	Janelas E 2	D	2.09	0.56	0.75	0.58	0.70	0.90	0.32
W	Janelas W	D	1.75	0.56	0.75	0.58	0.70	0.90	0.27
Envidraçado para ENU									
N	Porta de Vidro Lavandaria	D	6.91	0.27	0.45	1	0.49	0.81	0.33
									0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
			13.32						

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

2.82

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona

I2

do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

135

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

6.7

=

Gsol - Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

2548.79

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)				
Hext	97.99				
Hecs	0.00				
Henu	34.37				
Hadj	0.00				
	=				
Htr - Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C)	132.36				
	+				
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação	74.28				
	=				
H - Coeficiente global de perdas	206.64				
	x				
Graus-dias no Local (°C.dia)	1376.00				
	x				
	0.024				
	=				
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6824.05				
	-				
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)	4027.36				
	=				
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	2796.68				
	/				
Área Útil de Pavimento (m2)	89.32				
	=				
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m ² .ano))	31.31				
	≤				
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m2.ano))	44.52				
<table border="1" style="margin: auto;"> <tbody> <tr> <td>Verifica</td> <td>O.K.</td> </tr> <tr> <td>Nic/Ni =</td> <td>70.32%</td> </tr> </tbody> </table>		Verifica	O.K.	Nic/Ni =	70.32%
Verifica	O.K.				
Nic/Ni =	70.32%				

**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca exterior
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)**

Designação	Parede - S	Pilares - S	Vigas - S	Cx. Estores	Parede - E	Pilares - E	Vigas - E	Cx. Estores	Parede - W	Vigas - W	Cx. Estores	Cobertura
Orientação	S	S	S	S	E	E	E	E	W	W	W	H
Área, A (m ²)	18.07	2.86	1.15	1.37	8.31	1.52	0.56	0.78	1.92	0.17	0.42	89.32
U (W/m ² °C)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.32	0.40	0.40	0.85	0.32	0.4	0.4	0.85	0.32	0.4	0.85	0.30
Coefficiente de absorção, α	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
factor F - fachadas ou cob. Vent.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ir (kWh/m ²)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	425	425	425	425	490	490	490	490	490	490	490	785
Rse(m ² .°C/W)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Factor de sombreamento - opcional	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
G. Sol. Envolvente Opaca Ex.	39.32	7.78	3.13	7.90	20.85	4.76	1.74	5.18	4.82	0.54	2.78	336.56

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Designação do envidraçado	Janelas a Norte	Janelas a W 1	Janelas a W 2	Janelas a E		
Tipo de Vidro (D-duplo S-simples)	D	D	D	D		
Orientação	S	E	E	W		
Área, A (m ²)	7.45	2.03	2.09	1.75		13.3186
Fração envidraçada, Fg	0.7	0.7	0.7	0.7		0
Fator de seletividade angular Fw,v	0.75	0.85	0.85	0.85		0
Fração de tempo proteções móveis ativas Fm,v	0.6	0.6	0.6	0.6		0
FS global prot. Móveis e permanentes gt	0.04	0.04	0.04	0.04		0
FS global prot. permanentes gtp	0.75	0.75	0.75	0.75		0
Fator Solar de verão gv	0.25	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00
Área Efetiva As,v	1.30	0.40	0.41	0.34	0.00	0.00
	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0.90	0.88	0.90	0.88		
	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m ²)	425	490	490	490		
	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	496.69	170.66	179.89	147.67	0.00	0.00
						994.90

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais	2769.44	(kWh)
/		
Perdas Térmicas Totais	1958.52	(kWh)
=		
γ = Ganhos/Perdas	$\gamma =$	1.414
Inércia do edifício	Forte	
(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)	a =	4.2

$\Delta\theta = (25-\theta_{ext,v}) =$	3.237
$\Delta\theta > 1$	$\eta_{ref} = 0.52+0.22*\ln(\Delta q) =$ 0.778
$0 < \Delta\theta \leq 1$	$\eta_{ref} =$ 0.450
$\Delta\theta \leq 0$	$\eta_{ref} =$ 0.300

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η	0.649	
=		
	0.351	
x		
Ganhos Térmicos Totais	2769.44	(kWh)
=		
Necessidades Brutas de Arrefecimento	971.20	(kWh/ano)
/		
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
=		
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	10.87	(kWh/(m ² .ano))
≤		
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	11.93	(kWh/(m ² .ano))

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η_{ref}	0.778	
=		
	0.222	
x		
Ganhos Térmicos Totais de ref ($q_{int} \times 2.928 + 0.43 \times 0.2 \times I_{sol,ref}$) x A_p	4810.06	(kWh)
=		
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1065.80	(kWh/ano)
/		
Área Útil de Pavimento (m ²)	89.32	
=		
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	11.93	(kWh/(m ² .ano))

Verifica	O.K.
Nvc/Nv (%) =	91.12