



# **Impacto de soluções passivas e ativas no desempenho energético de um edifício NZEB no norte de Portugal**

**LIZE HELENA DE PAULA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**Outubro de 2021**



# **Impacto de soluções passivas e ativas no desempenho energético de um edifício NZEB no norte de Portugal**

**LIZE HELENA DE PAULA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientado por:

**Sílvia Fernandes (IPB)**

**Jorge Ferreira Vaz (IPB)**

**Eloy Fassi Casagrande Junior (UTFPR)**

*"Conhecendo o mundo, o ser humano encontra a si próprio,  
E conhecendo a si próprio, o mundo se lhe revela."  
Rudolf Steiner*

# Agradecimentos

Esse trabalho representa a conclusão de mais de 5 anos de estudo e dedicação, o início de uma jornada em direção ao auto desenvolvimento e o descobrimento de uma missão de vida: a construção de pontes entre pessoas.

Primeiramente, agradeço imensamente à Professora Sílvia Fernandes por todo o apoio e dedicação durante a realização desse estudo. Ao Professor Eloy Casagrande pelos conhecimentos transmitidos desde o início dos meus estudos e por ser um profissional que me inspira a desenvolver meus conhecimentos em áreas relacionadas à construção sustentável. Ao Professor Jorge Vaz pela orientação e disponibilidade durante a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos e à família que eu construí durante o intercâmbio em Portugal e que foram tão importantes no desenvolvimento desse trabalho: Isabelle Cabello, Flavia Kim, Glenda Brito, Kellen Freitas e Pedro Bobes. Vocês são um ponto de apoio e a amizade de vocês é de extrema importância para mim.

Ao meu namorado, Gabriel Chaves Barboza e aos meus amigos José Alceu Barboza e Débora Barboza, que me inspiram a questionar e buscar o autoconhecimento, agradeço o apoio e parceria durante o período em que estivemos separados fisicamente.

Por fim, agradeço à minha família de sangue, em especial às madrinhas Iria Stoll e Lucimara Luiz, ao padrinho Dirceu Ferreira e à tia Roseli Luiz (*in memoriam*), não existem minhas conquistas, elas são nossas. Aos meus pais Hedi de Paula, Osmail Ferreira de Paula e à minha irmã Cleide de Paula, uma linha de agradecimento não representa o sentimento que temos e o esforço que vocês fizeram para que eu tivesse esse privilégio de concluir a universidade. Espero algum dia poder retribuir e demonstrar minha gratidão com ações, como deveria ser feito.

# Resumo

O consumo de energia em edifícios residenciais ocorre prioritariamente para o aquecimento de águas quentes e climatização (aquecimento e arrefecimento de ambientes). Sendo assim, a utilização de energia é um assunto em grande foco atualmente, pois impacta na emissão de gases de efeito estufa.

Portugal comprometeu-se, no âmbito do Acordo de Paris, a tornar-se um país carbono neutro até 2050 e o plano de ação para atingir tal meta envolve a promoção dos edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEB) e a revisão do sistema de certificação energética nacional, que provocou a alteração da legislação sobre o desempenho térmico de edifícios. Devido a esta mudança, fez-se um estudo sobre a legislação relativa ao desempenho energético de edifícios válida até 31 de dezembro de 2020, o Decreto-Lei 118/2013, e a legislação em vigor após o dia 01 de julho de 2021, o Decreto-Lei 101-D/2020.

Julgou-se interessante desenvolver um estudo de caso para avaliar o impacto de diferentes soluções correntes passivas e ativas (alterações da camada de isolamento térmico, aumento da área de vãos envidraçados, mudanças na inércia térmica, alteração da taxa nominal de renovação interior, mudança dos sistemas técnicos utilizados, entre outros) nas necessidades anuais de aquecimento, arrefecimento e energia primária de um edifício de habitação novo, localizado em uma zona de inverno I3 e zona de verão V2. O estudo visa reunir soluções preferenciais para adoção durante a fase de projeto de um edifício residencial NZEB.

Considerando o estudo feito para adequação do edifício REH para NZEB, a alteração de características simples (o aumento do isolamento dos elementos da envolvente interior, aumento da taxa nominal de renovação interior e maior utilização de sistemas técnicos com uso de energias renováveis) provocou uma redução da emissão anual de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 76%.

Em relação aos estudos efetuados referentes aos sistemas técnicos concluiu-se que há diversos fatores subjetivos a serem considerados e não é possível apontar um pacote de soluções preferencial. Assim, é indispensável a consideração do projetista na escolha das soluções, sendo necessário uma avaliação profissional a respeito dos parâmetros subjetivos como o impacto ambiental, impacto na saúde dos utilizadores, dificuldade na manutenção e instalação da solução, estética, funcionalidade e conforto, visto que todos esses parâmetros subjetivos influenciam na continuidade da vida humana no planeta.

*Termos Chave: Eficiência energética; Edifício de Habitação; NZEB.*

# Abstract

Energy consumption in residential buildings occur primarily for hot water heating and space heating and cooling, so the use of energy is a subject in great focus today, as it impacts the emission of greenhouse gases.

Portugal is committed, under the Paris Agreement, to become carbon neutral by 2050 and the action plan to achieve this target involves the promotion of nearly zero energy buildings (NZEB), as well as the review of the national energy certification system which caused the alteration of the legislation on the thermal performance of buildings. Due to this change, a study was carried out about the legislation on the energy performance of buildings valid until December 31 of 2020, the Decree-Law 118/2013, and the legislation in force after 1<sup>st</sup> of July of 2021, the Decree-Law 101-D/2020.

A case study was developed to assess the impact of different usual passive and active solutions (changes in the thermal insulation layer, increase in the area of windows, changes in thermal inertia, change in the nominal rate of interior renovation, change in the technical systems used, among others) on the annual heating, cooling and primary energy needs of a new residential building located in a winter zone I3 and summer zone V2 of Portugal. The study aims to bring together priority solutions for adoption during the design phase of an NZEB residential building.

Considering the study carried out to adapt the REH building to NZEB, the change in simple characteristics (increased insulation of the elements of the interior environment, increase in the nominal rate of interior renovation and greater use of renewable energies in technical systems) caused an annual reduction of CO<sub>2</sub> emission in approximately 76%.

Regarding the studies carried out regarding technical systems, it was concluded that there are several subjective factors to be considered and it is not possible to point out a preferential package of solutions. Thus, it is essential that the designer considers the choice of solutions, requiring a professional assessment of subjective parameters such as environmental impact, impact on users health, difficulty in maintaining and installing the systems, aesthetics, functionality and comfort, since all these subjective parameters influence the continuity of human life on the planet.

*Key words: Energy efficiency; Residencial Building; NZEB.*

# Índice

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Contexto.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Estrutura da dissertação .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Estado da arte .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Aquecimento global .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Enquadramento legal do desempenho térmico de edifícios até 30 de dezembro de 2020</b>	<b>6</b>
2.2.1. Lei nº 58/2013 .....	7
2.2.2. Decreto-lei nº 118/2013.....	7
2.2.3. Portaria nº 349-A/2013.....	8
2.2.4. Portaria nº 349-B/2013 .....	8
2.2.5. Portaria nº 349-C/2013 .....	10
2.2.6. Despacho 15793-F/2013.....	11
2.2.7. Despacho 15793-H/2013 .....	11
2.2.8. Despacho 15793-I/2013.....	11
2.2.9. Despacho 15793-J/2013 .....	13
2.2.10. Despacho 15793-K/2013.....	13
<b>2.3. Enquadramento legal do desempenho térmico de edifícios a partir de 01 de julho de 2021</b>	<b>14</b>
2.3.1. Decreto-Lei n.º 101-D/2020 .....	14
2.3.2. Portaria nº 138-I/2021 .....	15
2.3.3. Despacho 6476-H/2021 .....	18
2.3.4. Despacho 6476-E/2021 .....	22
<b>2.4. Soluções passivas.....</b>	<b>23</b>
2.4.1. Estratégias bioclimáticas pelo Diagrama de Givoni.....	24
2.4.2. Orientação solar.....	26
2.4.3. Ventilação.....	28
2.4.4. Inércia térmica.....	29
2.4.5. Isolamento térmico .....	30
2.4.6. Vãos envidraçados.....	31
<b>2.5. Soluções ativas.....</b>	<b>33</b>
2.5.1. Energia solar térmica.....	34
2.5.2. Biomassa .....	36
2.5.3. Bomba de calor.....	37

---

<b>2.6. Avaliação econômica.....</b>	<b>38</b>
<b>3. Estudo de caso.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Edifício modelo (REH) .....</b>	<b>39</b>
3.1.1. Envolvente exterior .....	42
3.1.2. Envolvente interior .....	43
3.1.3. Pavimento térreo.....	44
3.1.4. Vãos opacos.....	45
3.1.5. Vãos envidraçados.....	46
3.1.6. Pontes térmicas planas.....	47
3.1.7. Pontes térmicas lineares .....	48
3.1.8. Inércia térmica.....	49
3.1.9. Ventilação.....	49
3.1.10. Sistemas técnicos .....	50
3.1.11. Indicadores energéticos do edifício modelo.....	51
<b>3.2. Edifício NZEB .....</b>	<b>52</b>
3.2.1. Envolvente exterior .....	52
3.2.2. Envolvente interior .....	52
3.2.3. Pavimento térreo.....	53
3.2.4. Vãos opacos.....	54
3.2.5. Vãos envidraçados.....	54
3.2.6. Pontes térmicas planas.....	54
3.2.7. Pontes térmicas lineares .....	55
3.2.8. Inércia térmica.....	55
3.2.9. Ventilação.....	55
3.2.10. Sistemas técnicos .....	56
3.2.11. Indicadores energéticos.....	56
<b>3.3. Experimentos.....</b>	<b>59</b>
3.3.1. Alteração da orientação solar .....	60
3.3.2. Alteração dos vãos envidraçados.....	60
3.3.3. Alterações físicas.....	63
3.3.4. Alteração da localização.....	68
3.3.5. Alteração da ventilação .....	70
3.3.6. Alteração dos sistemas ativos .....	71
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1. Trabalhos futuros .....</b>	<b>82</b>
<b>Referências .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo A Planta, elevações e cortes do edifício modelo .....</b>	<b>86</b>

---

<b>Anexo B</b>	<b>Envolventes e PTLs do edifício modelo .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo C</b>	<b>Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica e massa superficial das soluções adotadas no edifício NZEB e experimentos.....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo D</b>	<b>Dados sobre os vãos opacos e envidraçados .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo E</b>	<b>Folha de cálculo (ITeCons) de indicadores energéticos do edifício modelo de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto) .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo F</b>	<b>Relatório detalhado da simulação do sistema solar térmico no software SCE.ER</b>	<b>91</b>
<b>Anexo G</b>	<b>Folha de cálculo (ITeCons) de indicadores energéticos do edifício modelo de acordo com o HAB (Decreto-Lei nº 101-D/2020 de 07 de dezembro) .....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo H</b>	<b>Relatório dos indicadores energéticos obtidos em todos os experimentos</b>	<b>94</b>
<b>Anexo I</b>	<b>Cálculo dos custos de operação para cada experimento .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo J</b>	<b>Cálculo do investimento .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo K</b>	<b>Cálculo da TIR.....</b>	<b>97</b>

## Lista de figuras

---

Figura 1: Anomalias climáticas na região norte de Portugal, por ano. Fonte: (NOAA, 2021).....	4
Figura 2: Evolução do SCE em Portugal. Fonte: (ADENE, 2021b) .....	6
Figura 3: Organização da legislação sobre o desempenho térmico de edifícios até 30/dez/2020. ....	7
Figura 4: Organização da legislação sobre o desempenho térmico de edifícios após 01/julho/2021.....	14
Figura 5: Exemplo de vão envidraçado com quadrícula inserida no espaço de ar. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021) .....	20
Figura 6: Requisitos Passive House. Fonte: ( <i>Passivhaus Portugal</i> , 2021) .....	24
Figura 7: Carta bioclimática de Givoni. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004) .....	25
Figura 8: Diagrama de Givoni da cidade de Bragança. Fonte: (Marsh, 2021).....	25
Figura 9: Percurso solar no inverno considerando uma fachada orientada a Sul. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004) .....	26
Figura 10: Percurso solar no verão considerando uma fachada orientada a Sul. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004) .....	27
Figura 11: Percurso solar no inverno considerando uma fachada orientada a Este. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004) .....	27
Figura 12: Percurso solar no verão considerando uma fachada orientada a Este. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004) .....	28
Figura 13: Exemplo do perfil horário da temperatura do ar exterior em relação ao ar interior, típico de um ambiente com baixa inércia térmica. Fonte: (de Brito, 2015)...	29
Figura 14: Exemplo do perfil horário da temperatura do ar exterior em relação ao ar interior, típico de um ambiente com alta inércia térmica. Fonte: (de Brito, 2015). ....	29
Figura 15: Termografia de uma janela. Fonte: (Caixiave) .....	32
Figura 16: Transmissão térmica total de várias soluções alternativas de janelas (valor $U_w$ ) para a dimensão de 1m x 1m. Fonte: (Caixiave).....	33
Figura 17: Coletor solar plano. Fonte: (Dias, 2015).....	35
Figura 18: Sistema de circulação natural com termossifão. Fonte: (Dias, 2015).....	35
Figura 19: Sistema solar térmico. Fonte: (Dias, 2015).....	36
Figura 20: Funcionamento de uma bomba de calor. Fonte: (Freitas, Manuel and Ramos, 2014).....	37
Figura 21: Planta do rés de chão (esquerda) e piso 1 (direita) do edifício modelo, sem escala. ....	39
Figura 22: Corte 1 (esquerda) e corte 2 (direita) do edifício modelo, sem escala.....	40

Figura 23: Cores para marcação das envolventes. Fonte: adaptado de (ADENE, 2020). ...	41
Figura 24: Marcação das envolventes no rés de chão. ....	41
Figura 25: Marcação das envolventes no piso 1 (pavimento e teto). ....	42
Figura 26: Marcação das envolventes no corte do edifício. ....	42
Figura 27: Marcação das PTLs no rés de chão (esquerda) e no piso 1 (direita). ....	49
Figura 28: Exemplo de aplicação das grelhas autorreguláveis para ventilação. Fonte: (Renson, 2018). ....	50
Figura 29: Energia produzida pelo sistema solar térmico no edifício modelo. Fonte: (DGEG, 2021) ....	51
Figura 30: Variação de Nic e Nvc para a alteração do pé direito. ....	63
Figura 31: Variação de Nic e Nvc para a alteração da camada de EPS nas paredes. ....	65
Figura 32: Variação de Nic e Nvc para a alteração da camada de EPS na cobertura interior. ....	66
Figura 33: Variação de Nic e Nvc para a alteração da altitude. ....	69
Figura 34: Ilustração do modo de funcionamento e instalação do VMC da Elicent. Fonte: adaptado de (Elicent, 2021). ....	70

## Lista de tabelas

---

Tabela 1: Intervalos de valor <i>RNT</i> para determinação da classe energética. Fonte: (Despacho 15793-J/2013, 2013).	13
Tabela 2: Responsabilidades de demonstração de cumprimento de requisitos por tipo de projeto. Fonte: (Decreto-Lei n.º 101-D/2020, 2020)	15
Tabela 3: Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação em Portugal Continental, Umáx [W/(m <sup>2</sup> .°C)].	16
Tabela 4: Condições fronteira em edifícios de habitação e de comércio e serviços. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	18
Tabela 5: Cores para marcação da envolvente nos termos do DL n.º 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	19
Tabela 6: Coeficiente de transmissão térmica por defeito de portas opacas nos termos do DL n.º 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	19
Tabela 7: Resistência térmica adicional devido ao dispositivo de proteção ativado nos termos do DL n.º 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	20
Tabela 8: Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar nos termos do DL n.º 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	21
Tabela 9: Requisitos de conforto térmico e desempenho energético para edifícios de habitação novos nos termos do DL n.º 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-E/2021, 2021)	23
Tabela 10: Classes de inércia térmica interior. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)	30
Tabela 11: Levantamento dimensional das divisões para o edifício modelo.	40
Tabela 12: Dados para cálculo do btr.	41
Tabela 13: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das paredes externas do edifício modelo REH.	43
Tabela 14: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da parede de separação da sala com a garagem do edifício modelo REH.	43
Tabela 15: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial do pavimento de separação do piso 1 com a garagem do edifício modelo REH.	44
Tabela 16: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da cobertura interior do edifício modelo REH.	44
Tabela 17: Cálculo da resistência térmica e massa superficial do pavimento térreo do edifício modelo REH.	45
Tabela 18: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das portas do edifício modelo REH.	45
Tabela 19: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite <i>Uwdn</i> dos vãos envidraçados.	47

Tabela 20: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial dos pilares do edifício modelo REH. _____	47
Tabela 21: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das caixas de estore do edifício modelo REH. _____	48
Tabela 22: Pontes térmicas lineares do edifício modelo _____	48
Tabela 23: Indicadores energéticos do edifício modelo REH. _____	51
Tabela 24: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da parede de separação da sala com a garagem do edifício NZEB. Fonte: (A autora, 2021) ____	53
Tabela 25: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial do pavimento de separação do piso 1 com a garagem do edifício NZEB. _____	53
Tabela 26: Cálculo da resistência térmica e massa superficial do pavimento térreo do edifício NZEB. _____	53
Tabela 27: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da porta exterior do edifício NZEB. _____	54
Tabela 28: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das caixas de estore do edifício NZEB. _____	55
Tabela 29: Indicadores energéticos do edifício NZEB. _____	57
Tabela 30: Investimento para adequar o edifício modelo REH aos requisitos do DL101-D/2020. _____	58
Tabela 31: Indicadores energéticos e variação dos custos para preparação de AQS e climatização entre o edifício REH e o edifício NZEB. _____	58
Tabela 32: Indicadores energéticos após alteração da orientação solar. _____	60
Tabela 33: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite $U_{wdn}$ dos vãos envidraçados J5 a J8. _____	60
Tabela 34: Aumento da porcentagem de vãos envidraçados nos experimentos H01.02.01 a H01.02.06. _____	61
Tabela 35: Indicadores energéticos para as alterações de características de vãos envidraçados. _____	62
Tabela 36: Indicadores econômicos para as alterações de características de vãos envidraçados. _____	62
Tabela 37: Indicadores energéticos para a alteração do pé direito. _____	63
Tabela 38: Indicadores econômicos para as alterações do pé direito. _____	64
Tabela 39: Indicadores energéticos para a alteração da camada de EPS nas paredes. ____	64
Tabela 40: Indicadores econômicos para as alterações da camada de EPS nas paredes. ____	65
Tabela 41: Indicadores energéticos para a alteração da camada de EPS na cobertura interior. _____	66
Tabela 42: Indicadores econômicos para as alterações da camada de EPS na cobertura interior. _____	67
Tabela 43: Indicadores energéticos para a alteração das cores da envolvente. _____	67

---

Tabela 44: Indicadores energéticos para a alteração da inércia térmica.	68
Tabela 45: Indicadores energéticos para as alterações de localização.	69
Tabela 46: Indicadores energéticos para as alterações de características de ventilação.	71
Tabela 47: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 1.	72
Tabela 48: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 2.	72
Tabela 49: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 3.	73
Tabela 50: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 4.	74
Tabela 51: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 5.	75
Tabela 52: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 6.	76
Tabela 53: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 7.	77
Tabela 54: Cálculo da TIR para comparação entre os experimentos de sistemas técnicos.	78

---

# Lista de abreviações

---

ADEE: Projeto de alimentação e distribuição de energia elétrica

ADENE: Agência Nacional de Energia de Portugal

ARQ: Projeto de Arquitetura

AQS: Água Quente Sanitária

AVAC: Projeto de instalações, equipamentos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado

CE: Certificado Energético

DGEG: Direção Geral de Energia e Geologia

EU: Espaço útil

ENU: Espaço não útil

EPS: Poliestireno Expandido

GEE: Gases de Efeito Estufa

GHG: Greenhouse Gas

GW: Gigawatt

IE: Projeto de instalações eletromecânicas

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (tradução: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

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

LNEC: Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NASA: National Aeronautics and Space Administration (tradução: Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)

N/A: Não aplicável

NZEB: Edifícios com necessidades quase nulas de energia

PCE: Pré Certificado Energético

PNEC: Plano Nacional de Energia e Clima

PQ: Perito Qualificado para a Certificação Energética

PTL: Ponte Térmica Linear

PTP: Ponte Térmica Plana

RAE: Projeto de redes prediais de água e esgotos

RECS: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

REH: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RNC 2050: Roteiro para Neutralidade Carbónica 2050

SAE: Projeto de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos

SCE: Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

SE: Projeto de instalações, equipamentos e sistemas elétricos

SGTC: Sistemas de gestão técnica centralizada

ST: Projeto de sistemas de gestão técnica centralizada

U: Coeficiente de transmissão térmica, em  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change (tradução: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima)

VMC: Ventilação Mecânica Controlada

# 1. Introdução

---

## 1.1. Contexto

O consumo de energia em edifícios residenciais em Portugal corresponde a 16,7% do total nacional com a finalidade de aquecimento de água (22,0%) e aquecimento de ambientes (19,1%). O principal tipo de energia utilizado é a eletricidade (46,4%), seguido da biomassa (18,4%) e gás natural (12,4%) (ICESD, 2020).

O governo português, no âmbito do Acordo de Paris, está comprometido a adotar medidas que incentivem o uso de energias renováveis para climatização (aquecimento e arrefecimento) e produção de águas quentes, além de promover a renovação energética e edifícios com necessidades quase nulas de energia (NZEB). Esses são alguns dos objetivos assumidos pelo país para contribuir com outras nações no combate às mudanças climáticas e limitação da variação da temperatura global em 2°C (RNC 2050).

No mesmo sentido, a partir de 01 de janeiro de 2021, tornou-se obrigatória a construção de edifícios residenciais NZEB e uma nova legislação sobre o desempenho térmico de edifícios entrou em vigor a partir de 01 de julho de 2021. Assim, à luz desta legislação, torna-se necessário entender quais soluções técnicas e construtivas podem ser utilizadas em edifícios residenciais novos visando a redução das suas necessidades energéticas e o aumento do uso de fontes renováveis nos edifícios.

## 1.2. Objetivos

Esta dissertação, portanto, tem como objetivos:

1. Estudar a legislação nacional de forma a entender quais são os requisitos para que um edifício tenha necessidades quase nulas de energia.
2. Avaliar a variação dos indicadores de necessidade de aquecimento, arrefecimento, energia primária e energia renovável em um edifício novo de habitação à luz da legislação regida pelo Decreto-Lei nº 118/2013 (válido até 31 de dezembro de 2020) e pelo Decreto-Lei nº 101-D/2020 (válido a partir de 01 de julho de 2021).
3. Estudar o impacto de diferentes medidas passivas e ativas usuais nas necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício NZEB novo de habitação localizado na cidade de Bragança (zona de inverno I3 e zona de verão V2), de forma a reunir soluções preferenciais para adoção.

### **1.3. Estrutura da dissertação**

O estudo divide-se em quatro capítulos e seus respectivos anexos.

No primeiro capítulo, denominado “Introdução”, é feita uma breve contextualização acerca da temática a ser estudada e o problema que a dissertação pretende responder. Além disso conta com a apresentação dos objetivos do estudo.

No segundo capítulo, denominado “Estado da arte”, é feita uma contextualização específica acerca dos assuntos relevantes ao estudo, nomeadamente a apresentação do tema sobre o aquecimento global e o Acordo de Paris, além de explicar os principais documentos relacionados à legislação portuguesa sobre o desempenho térmico de edifícios. Além disso, explicam-se as soluções passivas e ativas que serão consideradas no estudo.

No terceiro capítulo, denominado “Estudo de caso“, é apresentado o estudo específico realizado na dissertação, bem como sua metodologia e principais resultados.

Por fim, no quarto capítulo, são apresentadas as principais conclusões obtidas no estudo considerando os objetivos definidos inicialmente. Além disso, são listadas algumas sugestões de trabalhos futuros, baseadas nas dificuldades do estudo e possibilidades de expansão e melhor análise do mesmo.

## 2. Estado da arte

---

### 2.1. Aquecimento global

Estamos poluindo a atmosfera a uma alta velocidade e não conseguimos perceber o problema durante nossa rotina diária. Todos os dias lançamos na atmosfera mais de 150 milhões de toneladas de poluição de aquecimento global que aprisiona o calor, como se fosse um esgoto a céu aberto.

Para termos de comparação, a irradiação solar média que atinge o topo da atmosfera é de  $340\text{W/m}^2$ , 29% é refletido de volta para o espaço, 23% é absorvido pela atmosfera e o restante (48%), aproximadamente metade do que chega, é absorvido pela superfície da Terra. No entanto, considerando a irradiação solar absorvida e a irradiação liberada pela Terra o valor chega a aproximadamente  $398\text{W/m}^2$ , ou seja, 117% da radiação solar que chega.

Tal fato ocorre devido aos gases de efeito estufa ( $\text{CO}_2$ , metano  $\text{CH}_4$ , óxido nitroso  $\text{N}_2\text{O}$ , gases fluorados F-Gas e vapor de água) que desempenham um papel fundamental na amplificação da energia solar e retenção de calor (IPCC, 2021).

O setor de energia é responsável por 73% das emissões mundiais de GEE, e é dividido entre as atividades de transporte, produção de eletricidade e aquecimento residencial, edifícios, manufatura e construção, emissões fugitivas e outras queimas de combustível. As atividades que mais emitem gases são eletricidade e aquecimento residencial (30%), transporte (15%) e manufatura e construção (12%).

Os edifícios residenciais são responsáveis por quase 11% das emissões globais de GEE sendo o principal gás emitido nessas atividades o dióxido de carbono. Não há dados referentes à emissão dos outros tipos de gases (*Climate Watch*, 2018). Já em Portugal, os edifícios residenciais foram responsáveis por 3,15% das emissões globais de GEE de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2021).

De acordo com o IPCC, a emissão de gases de efeito estufa e a influência das ações humanas são, com 95% de probabilidade, os responsáveis pela mudança de temperatura observada na superfície terrestre (IPCC, 2021). De fato, as temperaturas da superfície em cada uma das últimas quatro décadas foram sucessivamente mais altas do que em qualquer década anterior a 1850 (IPCC, 2021) e o ano de 2020 foi o mais quente, com um aumento médio de  $1,02^\circ\text{C}$ .

O aumento da temperatura também afeta Portugal. De acordo com as informações da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), agência de administração oceânica e atmosférica dos Estados Unidos, a temperatura também está aumentando, como mostrado na figura abaixo.

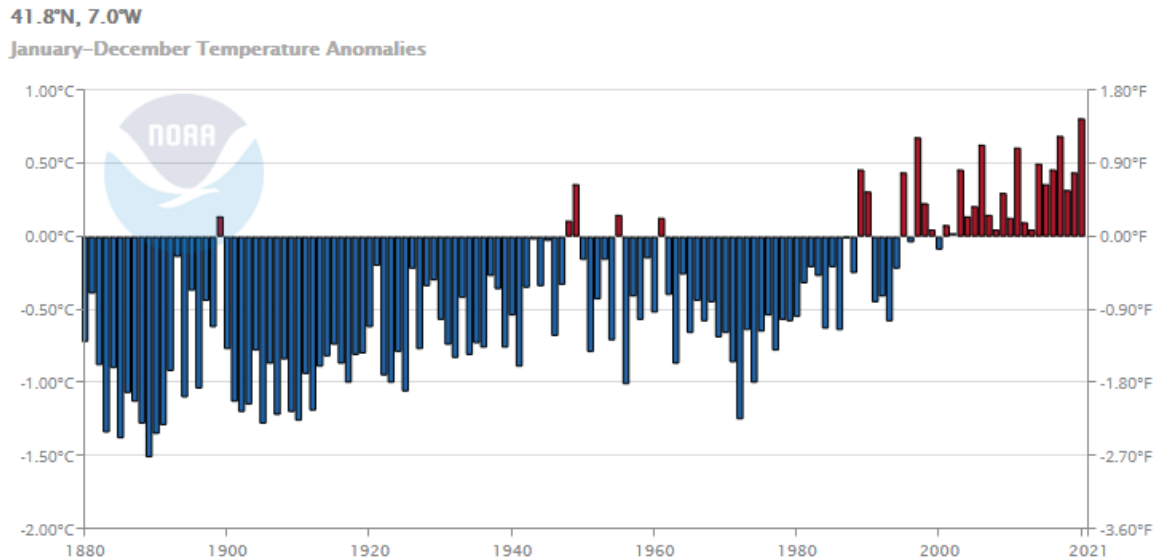


Figura 1: Anomalias climáticas na região norte de Portugal, por ano. Fonte: (NOAA, 2021)

Os dados fornecidos apontam que os 13 anos mais quentes da história da região norte de Portugal ocorreram após o ano 2000, sendo 2020 o ano mais quente da história, com uma anomalia de 0,81°C.

Após análise da anomalia de temperaturas em todo o planeta e estimativa da tendência para os próximos anos, os cientistas do World Weather Attribution concluíram que as mudanças climáticas fazem com que a probabilidade de ocorrência de temperaturas anômalas aumente em diversas partes do mundo; a probabilidade de ocorrência é no mínimo duas vezes maior na Bélgica, no mínimo quatro vezes maior na França, Suíça, Países Baixos e Europa central e no mínimo dez vezes maior em Portugal e Espanha. Os dados climáticos utilizados para comparação são do clima por volta de 1901 (*World Weather Attribution, 2017*).

Em relação às chuvas, a tendência é que a duração da estação chuvosa diminua e a quantidade de precipitação se intensifique no mesmo período, aumentando a probabilidade de situações catastróficas (ANPC, 2019). Portanto, as mudanças climáticas e suas consequências já estão influenciando a vida de todos.

Os governos que formam as partes da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), reúnem-se em conferências anuais desde 1995, as chamadas Conferência das Partes ou COPs. Um acordo de relevância mundial ocorreu na 21ª Conferência das Partes (COP 21) em Paris, onde as partes se comprometeram a fazer esforços para limitar o aquecimento global (*UNFCCC, 2018*). O acordo entrou em vigor em 4 de novembro de 2016 e atualmente 191 das 197 partes da COP (*UNFCCC, 2016*) estão comprometidas com o Acordo de Paris, como ficou conhecido. Sua importância se dá pelo fato de ser a primeira vez em que um acordo reúne todas as nações no combate às mudanças climáticas e adaptação dos seus efeitos.

Os principais propósitos do acordo são:

- Limitar o aquecimento global em, no máximo, 2°C acima dos níveis pré-industriais,

preferencialmente abaixo de 1,5°C.

- Atingir um valor máximo de emissões de GEE o mais rápido possível, considerando que irá demorar mais para países em desenvolvimento (UNFCCC, 2018).

Na ocasião do Acordo de Paris, Portugal assumiu o compromisso de ser um país carbono neutro até 2050 e a estratégia de desenvolvimento a longo prazo com baixas emissões de GEE foi descrita em um documento chamado Roteiro para Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). A meta é reduzir as emissões de GEE de 85% a 90% até 2050, em relação aos valores de emissões em 2005, e realizar a compensação das restantes emissões por meio de sequestro de carbono pelo solo e florestas.

Juntamente com o RNC 2050 outro documento foi criado, este é o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC), o principal instrumento de política energética e climática para o período entre 2021 e 2030 (RNC 2050).

As metas para 2030 são as seguintes (PNEC 2030):

- a) Reduzir entre 45% e 55% as emissões de gases com efeito de estufa, por referência às emissões registadas no ano de 2005;
- b) Incorporar 47% de energia de fontes renováveis no consumo final bruto de energia;
- c) Reduzir 35% do consumo de energia primária com vista a uma melhor eficiência energética.

O documento também define a meta de reduzir em 35% a emissão de GEE no setor residencial, atingir 38% de uso de energia renovável no setor de aquecimento e arrefecimento e atingir 80% de uso de energia renovável para eletricidade (PNEC 2030).

O PNEC detalha que o objetivo de priorizar a eficiência energética é um dos mais importantes para uma economia carbono neutro e assume que a energia que não é produzida é a mais limpa e barata. Dentre os sub-objetivos desse tópico estão (PNEC 2030):

- **Reduzir a intensidade carbónica do parque de edifícios**, pela promoção da construção utilizando técnicas sustentáveis, a exemplo de arquitetura bioclimática, casas passivas e arquitetura modular.
- **Promover a renovação energética e os edifícios NZEB**, pela promoção de uma estratégia de longo prazo para renovar edifícios e diminuir o foco na construção de edifícios novos, aumentar a qualidade do parque habitacional já construído visando o conforto da população e redução da pobreza energética. Além disso, o governo se compromete a atualizar o sistema de certificação energética dos edifícios, disponibilizar uma nova versão do certificado energético e rever os regulamentos de eficiência energética e promover os edifícios com necessidades quase nulas de energia, que possuem um elevado desempenho energético (já em andamento).

Outro objetivo presente no documento é reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do país para fazer uma transição dos combustíveis fósseis para novas formas de produzir e consumir energia. Dentre os sub-objetivos estão (PNEC 2030):

- **Acelerar a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia**
- **Promover o autoconsumo de energia**
- **Promover a utilização eficiente de energias renováveis nos sistemas de aquecimento e arrefecimento**, pelo estímulo ao uso de sistemas de fontes renováveis de energia como os solares térmicos, caldeiras adaptadas a gases renováveis, caldeiras e recuperadores de calor a biomassa e solar fotovoltaico associado a bombas de calor, assim como sistemas híbridos que combinem duas ou mais tecnologias.
- **Fomentar o aproveitamento da biomassa para usos energéticos**, pelo estímulo à criação de um mercado nacional para a biomassa e divulgar informações e sensibilizar a população sobre a prática (PNEC 2030).

## 2.2. Enquadramento legal do desempenho térmico de edifícios até 30 de dezembro de 2020

Portugal possui um Sistema de Certificação Energética (SCE) dos edifícios, sob responsabilidade da Agência Nacional de Energia de Portugal (ADENE), que segue a legislação nacional em vigor no momento do início do processo de licenciamento ou pedido de autorização de edificação junto das entidades competentes. Ao longo dos anos, tal legislação sofreu algumas alterações, que estão descritas na linha do tempo ilustrada na figura abaixo.

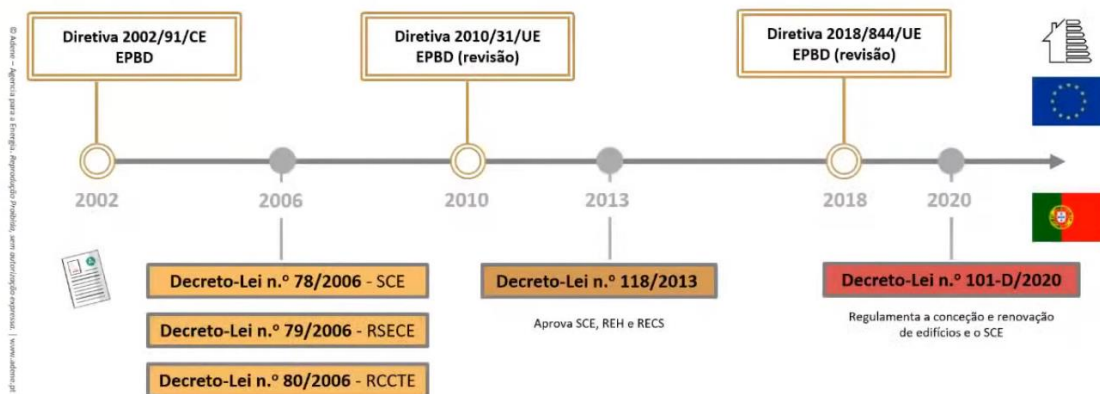


Figura 2: Evolução do SCE em Portugal. Fonte: (ADENE, 2021b)

O presente capítulo visa expor o funcionamento do SCE para edifícios novos de habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) até 30 de dezembro de 2020, expresso no Decreto-Lei n.º 118/2013. A figura abaixo apresenta os documentos relacionados ao REH, mas não exclusivamente, visto que alguns documentos contém informações relevantes tanto para o REH quanto para o RECS.



Figura 3: Organização da legislação sobre o desempenho térmico de edifícios até 30/dez/2020.

### 2.2.1. Lei nº 58/2013

Dizia respeito aos requisitos de acesso, exercício da atividade, qualificações profissionais, competências e deveres do perito qualificado para a certificação energética (PQ). Dentre as competências do PQ estavam a identificação e avaliação de oportunidades de melhoria no desempenho energético de edifícios, registo das mesmas no pré-certificado ou certificado SCE e emissão do pré-certificado ou certificado SCE (Lei no 58/2013, 2013).

Os edifícios novos estavam sujeitos a duas fases no processo de certificação: a obtenção do pré-certificado (PCE), emitido em fase de projeto antes do início da construção, e a obtenção do certificado (CE), emitido em fase de conclusão da obra. São documentos com número próprio, emitido por perito qualificado para a certificação energética de um edifício ou fração, caracterizando-o em termos de desempenho energético (Decreto-Lei n.o 118/2013, 2013).

### 2.2.2. Decreto-lei nº 118/2013

O Decreto-lei nº118/2013 transpõe a diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios e estava em conformidade com as metas dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020. Aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Definia que a gestão do SCE é de responsabilidade da ADENE e que compete à DGEG a fiscalização do SCE. Os proprietários dos edifícios e sistemas técnicos abrangidos pelo SCE deviam obter o pré-certificado energético (PCE) e após conclusão da obra, este convertia-se em certificado energético (CE).

O REH estabelecia requisitos, parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, considerando que os principais pilares para avaliação do desempenho energético são o comportamento térmico e a eficiência de sistemas. Também prezava pela prevenção de patologias, conforto ambiente

e redução das necessidades energéticas, incidindo, para esse efeito, nas características da envolvente opaca e envidraçada, na ventilação e nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento.

Além disso, o Decreto-lei nº118/2013 definia edifícios com necessidades quase nulas de energia como “os que tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades”. Também definiu que os edifícios novos licenciados após 31 de dezembro de 2020 deveriam ter necessidades quase nulas de energia.

A instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária quando havia exposição solar adequada já era obrigatória desde 2006 e continuou obrigatória para o REH. Em alternativa à utilização do sistema solar térmico, poderiam ser considerados outros sistemas de energias renováveis que assegurassem, numa base anual, a obtenção de energia equivalente ao sistema solar térmico. (Decreto-Lei n.º 118/2013, 2013).

### **2.2.3. Portaria nº 349-A/2013**

A Portaria nº349-A/2013 visava “determinar as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamentar as atividades dos técnicos do SCE, estabelecer as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixar as taxas de registo no SCE e, finalmente, estabelecer os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ)” (Portaria n.º 349-A/2013, 2013).

### **2.2.4. Portaria nº 349-B/2013**

A Portaria nº 349-B/2013 foi alterada quatro vezes pelas portarias n.º 379-A/2015, n.º 319/2016, n.º 98/2019 e n.º 297/2019 respetivamente.

A Portaria nº 349-B/2013 definia a metodologia de cálculo para determinar o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ), conforme equação (1), o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_v$ ), conforme equação (2), e o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_t$ ), conforme equação (3).

$$N_i = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p} \quad \text{kWh/m}^2\cdot\text{ano} \quad (1)$$

Onde:

$Q_{tr,i_{ref}}$  = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente de referência na estação de aquecimento (kWh);

$Q_{ve,i}$  = Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento (kWh);

$Q_{gu,i}$  = Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento (kWh);

$A_p$  = Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior (m<sup>2</sup>).

$$N_v = \frac{(1 - n_{v_{ref}}) Q_{g,v_{ref}}}{A_p} \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \quad (2)$$

Onde:

$n_{v_{ref}}$  = Fator de utilização de ganhos de referência;

$Q_{g,v_{ref}}$  = Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento (kWh).

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{n_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{n_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{n_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad \text{kWh}_{EP} / (\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (3)$$

Onde:

$N_i$  = Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/(m<sup>2</sup>.ano));

$N_v$  = Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/(m<sup>2</sup>.ano));

$Q_a$  = Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k (kWh/ano);

$f_{i,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;

$f_{v,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;

$f_{a,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k;

$n_{ref,k}$  = Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, indicados em tabela presente na Portaria 349-B/2013;

$j$  = Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável

$F_{pu,j}$  = Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt – hora de energia primária por kwh (kWh<sub>EP</sub>/kWh)

Além disso, a Portaria nº 349-B/2013 definia os requisitos gerais para os sistemas técnicos e os seguintes sistemas por defeito:

- Para aquecimento, sistema com recurso a eletricidade com eficiência igual a 1.
- Para arrefecimento, sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar e valor de eficiência igual ao limite inferior da classe aplicável indicada na Tabela I.10 da referida portaria.

- Para uso em AQS, sistema com recurso a eletricidade com eficiência igual a 0,95 quando o edifício não dispõe de rede de abastecimento de combustível gasoso.

Definia ainda os valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U$ ) de elementos opacos e vãos envidraçados, de acordo com a zona climática do edifício. Os coeficientes de transmissão térmica máximos para cada elemento estão descritos juntamente com as soluções adotadas no estudo de caso (capítulo 3.1).

Determinava também que nos edifícios de habitação o valor de taxa de renovação horária de ar deveria ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora e ser calculado de acordo com as disposições previstas para o efeito em Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.

Definia também que a relação entre os valores das necessidades nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ) e limite de energia primária ( $N_t$ ) deve ser de 1,0. (Portaria no 349-B/2013, 2013).

Em relação às pontes térmicas lineares (PTL), a portaria nº 349-B/2013 definia coeficientes de transmissão térmica lineares de referência para diferentes tipos de ligação entre elementos da envolvente.

A Portaria nº 379-A/2015 introduziu a exigência de que o coeficiente de transmissão térmica dos elementos que constituem zona de ponte térmica plana ( $U_{PTP}$ ), nomeadamente pilares, vigas e caixas de estore não deveria ser superior a  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Além disso, esta portaria trouxe limites mais apertados no que diz respeito aos  $U_{\text{máximos}}$  da envolvente e, como novidade,  $U_{\text{máximos}}$  para vãos envidraçados

A Portaria nº 98/2019 estabeleceu requisitos para alcançar edifícios com necessidades quase nulas de energia referente às necessidades energéticas e aproveitamento de energia renovável, além de definir que os edifícios novos licenciados entre 31 de dezembro de 2020 e 30 de junho de 2021 deveriam ser NZEB. A definição que a Portaria nº 98/2019 estabeleceu não será utilizada no estudo da presente dissertação devido ao curto período de validade e serão considerados os requisitos e definições da nova legislação, válida a partir de 01 de julho de 2021 e descrita no capítulo 2.3.

### **2.2.5. Portaria nº 349-C/2013**

A Portaria nº 349-C/2013 definia que, para edifícios de habitação, os procedimentos de licenciamento devem ser instruídos com os seguintes elementos:

- Termo de responsabilidade (TR) subscrito pelo autor do projeto de comportamento térmico, quanto ao cumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis;
- Projeto de comportamento térmico elaborado pelo técnico responsável pelo mesmo, onde devem constar evidências das soluções adotadas e os cálculos efetuados e cumprimento do REH;
- Ficha resumo caracterizadora do edifício, de acordo com o modelo intitulado “Ficha n.º 1”, que pode ser consultado na Portaria nº 349-C/2013 ;

- Pré-certificado do SCE, emitido por PQ.

E o requerimento de utilização deveria ser instruído com os seguintes elementos:

- TR do técnico responsável pela direção técnica da obra, indicando que a obra se encontra em conformidade com o projeto aprovado e com normas legais e regulamentares que lhe são aplicáveis;
- TR do técnico responsável pela fiscalização técnica da obra, indicando que a obra se encontra em conformidade com o projeto aprovado e com as normas legais e regulamentares que lhe são aplicáveis;
- Declaração ou outra prova de reconhecimento de capacidade profissional dos técnicos responsáveis mencionados acima, emitida pela respetiva ordem profissional;
- Ficha resumo caracterizadora do edifício, de acordo com o modelo, Ficha n.º 2;
- Certificado SCE, emitido por PQ ('Portaria n.o 349-C/2013', 2013).

#### **2.2.6. Despacho 15793-F/2013**

O Despacho 15793-F/2013 definia zonas climáticas para o país de Portugal, dividindo-as em 3 zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) e 3 zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3). As zonas classificadas como I1 tinham menores necessidades de aquecimento no inverno, enquanto as zonas classificadas como I3 tinham maiores necessidades de aquecimento no inverno. Para o verão, as zonas classificadas como V3 tinham maiores necessidades de arrefecimento, enquanto as zonas classificadas como V1 tinham menores necessidades de arrefecimento (Despacho 15793-F/2013).

#### **2.2.7. Despacho 15793-H/2013**

O Despacho 15793-H/2013 definia as regras de quantificação e contabilização do contributo dos sistemas técnicos utilizados para aproveitamento de fontes de energia renováveis. O despacho n.º 10346/2018, alterou o despacho 15793-H/2013, e determinava que o cálculo de energia produzida pelos sistemas solares térmicos e fotovoltaicos deveriam ser feitos utilizando a versão atualizada do programa SCE.ER da DGEG (*Despacho 10346/2018*, 2018).

#### **2.2.8. Despacho 15793-I/2013**

O despacho 15793-I/2013 apresentava as metodologias de cálculo para determinar o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício (N<sub>ic</sub>), conforme equação (4), necessidades nominais de energia útil para arrefecimento do edifício (N<sub>vc</sub>), conforme equação (5) e necessidades nominais de energia primária de um edifício (N<sub>tc</sub>), conforme equação (6).

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad \text{kWh/m}^2.\text{ano} \quad (4)$$

Onde:

$Q_{tr,i}$  = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios (kWh);

$Q_{ve,i}$  = Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento (kWh);

$Q_{gu,i}$  = Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes (kWh).

$$N_{vc} = \frac{(1 - n_v) Q_{g,v}}{A_p} \quad \text{kWh/m}^2.\text{ano} \quad (5)$$

Onde:

$n_v$  = Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento

$Q_{g,v}$  = Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento (kWh).

$$N_{tc} = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{n_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{n_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{n_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad \text{kWh}_{EP} / (\text{m}^2.\text{ano}) \quad (6)$$

Onde:

$N_{ic}$  = Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k (kWh/(m<sup>2</sup>.ano))

$f_{i,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k

$N_{vc}$  = Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k (kWh/(m<sup>2</sup>.ano))

$f_{v,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k

$Q_a$  = Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k (kWh/ano)

$f_{a,k}$  = Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k

$n_k$  = Eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima.

$j$  = Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável

$p$  = Fontes de origem renovável

$E_{ren,p}$  = Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, (kWh/ano), incluindo apenas energia consumida

$W_{vm}$  = Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, (kWh/ano)

$F_{pu,j}$  e  $F_{pu,p}$  = Fator de conversão de energia útil para energia primária, (kWh<sub>EP</sub>/kWh)

$\delta$  = Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

### 2.2.9. Despacho 15793-J/2013

Determinava que a classe energética de edifícios de habitação era determinada através do rácio de classe energética  $R_{NT}$ :

$$R_{NT} = \frac{Ntc}{Nt} \quad (7)$$

Onde:

Ntc = Valor das necessidades anuais de energia primária (kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano));

Nt = Valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária (kWh<sub>EP</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)).

A escala de classificação energética é dividida em 8 classes relacionadas ao valor de  $R_{NT}$  e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Intervalos de valor  $R_{NT}$  para determinação da classe energética. Fonte: (Despacho 15793-J/2013, 2013).

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

Considerando os limites de Ntc/Nt definidos na legislação, a classe energética para novos edifícios de habitação poderia estar entre B- e A+ (válido até dezembro de 2020).

### 2.2.10. Despacho 15793-K/2013

O despacho 15793-K/2013 definia os parâmetros térmicos e metodologia para cálculo do coeficiente global de transferência de calor (Ht), coeficiente de transmissão térmica superficial (U), coeficiente de transmissão térmica linear ( $\Psi$ ), coeficiente de absorção da radiação solar ( $\alpha$ ), fator de utilização de ganhos ( $\gamma$ ), quantificação da inércia térmica (It), fator solar de vãos envidraçados ( $g_T$ ), fator de obstrução da radiação solar (Fs), fração envidraçada (Fg), fator de correção da seletividade angular dos envidraçados (Fw), coeficiente de redução de perdas (btr) e taxa de renovação do ar ( $R_{ph}$ ).

## 2.3. Enquadramento legal do desempenho térmico de edifícios a partir de 01 de julho de 2021

A atualização do sistema de certificação energética revela a importância dos edifícios NZEB, sendo esta uma das medidas que estão a ser tomadas para atingir a neutralidade carbônica (PNEC 2030). Em 01 de julho de 2021 entrou em vigor a nova legislação sobre o desempenho térmico de edifícios, expresso em uma lei, um decreto-lei, 3 portarias e 4 despachos DGEG (ADENE, 2021a), exemplificado na figura abaixo. Este capítulo visa apresentar as principais mudanças da nova legislação.

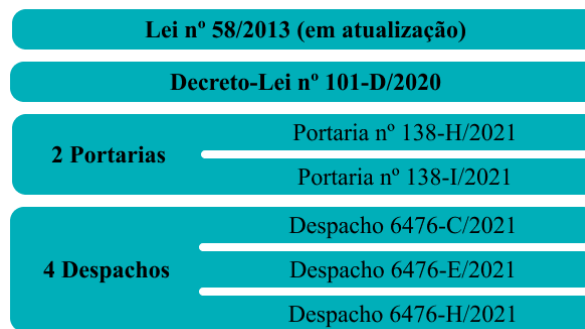


Figura 4: Organização da legislação sobre o desempenho térmico de edifícios após 01/julho/2021.

### 2.3.1. Decreto-Lei n.º 101-D/2020

Transpõe a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, sobre a eficiência energética. Transpõe de forma parcial a Diretiva (UE) 2019/944 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, relativa a regras comuns para o mercado interno da eletricidade e a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia a partir de fontes renováveis. O presente decreto-lei contribui para o cumprimento do Acordo de Paris.

O decreto-lei nº 101-D/2020 retira a obrigação de elaboração de um projeto térmico para a emissão do Pré Certificado Energético (PCE) e Certificado Energético (CE), ficando a cargo dos projetistas de arquitetura e especialidades a demonstração do cumprimento de requisitos de envolvente e sistemas técnicos (conforme detalhado na Tabela 2), respetivamente, bem como a elaboração dos respetivos projetos de especialidades com grau de detalhe que permita ao Perito Qualificado (PQ) a verificação do cumprimento dos requisitos (Decreto-Lei n.º 101-D/2020).

A retirada da obrigação de apresentação do projeto térmico causou descontentamento entre alguns profissionais envolvidos na atividade e, em sessão de esclarecimento sobre a nova legislação, a ADENE defendeu que a retirada da obrigação é benéfica, pois o projeto servia como um agregador da informação que já deveria constar nos diversos projetos de

especialidades. A entidade gestora do SCE também cita o fato de que, no caso das envolventes, o projeto considerado na construção é o de arquitetura; havia um problema de comunicação entre o projeto de térmica e o de arquitetura, fazendo com que importantes detalhes do projeto de térmica não chegassem à obra e ocasionassem problemas. O intuito da retirada da obrigação é fazer com que situações de incumprimento desapareçam, visto que é mais fácil corrigir tais situações em fase de projeto que em obra.

A ADENE também afirma que o cálculo do desempenho térmico do edifício não é de responsabilidade dos arquitetos, visto que cabe ao profissional a definição de soluções construtivas e a adequação à legislação vigente. Cabe ao Perito Qualificado a validação do cumprimento dos requisitos (ADENE, 2021b).

Tabela 2: Responsabilidades de demonstração de cumprimento de requisitos por tipo de projeto.

Fonte: (Decreto-Lei n.o 101-D/2020, 2020)

Cumprimento do requisito de:	Assegurado pelos autores de:
Envolvente opaca e envidraçada	ARQ
Sistemas de ventilação	AVAC
Sistemas de climatização	
Sistemas de preparação de água quente	AVAC, RAE ou SAE
Sistemas de iluminação	SE ou ADEE
Sistemas de produção de energia elétrica	
Infraestruturas de carregamento de veículos elétricos	
Sistema de automatização e controlo do edifício (SACE)	SGTC
Instalações de elevação	ST ou IE

Os novos edifícios de habitação devem cumprir os requisitos de conforto térmico e desempenho energético (que inclui indicadores de energia primária, energia primária renovável, classificação como NZEB e classes de desempenho energético), bem como o cumprimento dos requisitos aplicáveis à envolvente opaca e envidraçada, sistemas de ventilação, climatização, preparação de água quente e produção de energia elétrica, instalações de elevação e infraestruturas de carregamento de veículos elétricos (Decreto-Lei n.o 101-D/2020, 2020).

### 2.3.2. Portaria nº 138-I/2021

Além da mudança nas responsabilidades de cada projeto, em seguida apresenta-se uma lista das mudanças dos principais requisitos para edifícios residenciais.

#### 2.3.2.1. Envolvente opaca

- Alteração dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos da envolvente opaca ( $U_{m\acute{a}x}$ ), expresso na tabela abaixo (Tabela 1 da portaria nº 138-I/2021).

Tabela 3: Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação em Portugal Continental,  $U_{máx}$  [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ].

Fonte: (Portaria no 138-I/2021).

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento		Condição fronteira	I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{2tu} > 0,7$	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{2tu} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{2tu} > 0,7$	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{2tu} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{2tu} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{2tu} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{2tu} > 0,7$	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{2tu} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

- Introdução do cálculo de inércia térmica por espaços (inércia térmica simplificada) para verificação do fator solar máximo admissível de vãos envidraçados com condição fronteira exterior, considerando que:

Um espaço apresenta inércia fraca caso verifique todas as seguintes condições

- “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  $0,14 (m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ”
- “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  $0,14 (m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ”
- “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  $0,14 (m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ”

Um espaço apresenta inércia média ou forte caso não verifique as condições acima.

#### 2.3.2.2. Sistemas de ventilação

- Novo valor mínimo de taxa de renovação horária,  $R_{ph}$ , altera de  $0,4 h^{-1}$  para  $0,5 h^{-1}$
- A instalação de soluções de admissão de ar na fachada de espaços principais deve dispor de uma área livre mínima de  $60 cm^2$ , conforme previsto na Norma EN 16798-1 (grelhas autorreguláveis com um caudal de ar nominal não inferior a  $25 m^3/h$  para  $2 Pa$  ou  $75 m^3/h$  para  $20 Pa$ )

- A admissão de ar novo nos edifícios de habitação devem ser feitos pelos espaços principais (quarto e sala) e a exaustão pelos espaços de serviço (ENU), promovendo um varrimento mais correto e limpo do ar
- O isolamento em condutas deve ser feito preferencialmente pelo exterior (podendo ser pelo interior) e não deve prejudicar a qualidade do ar circulante
- Os sistemas de ventilação com função de climatização devem cumprir cumulativamente os requisitos de ventilação e climatização

#### *2.3.2.3. Sistemas de climatização*

- Os sistemas solares térmicos com área de captação superior a 15 m<sup>2</sup>, devem dispor de monitorização e registo de produção.
- Os sistemas de produção de energia elétrica têm de ser enquadrados por autoconsumo renovável individual ou coletivo ou cogeração.
- Os sistemas de água quente com tubagens instaladas no exterior devem apresentar proteções mecânicas e ultravioleta. Para tubagens enterradas é necessário garantir proteção mecânica estanque, isolamento térmico e barreira de vapor.
- Ficam isentos do cumprimento dos requisitos os sistemas de climatização que provoquem um aumento do consumo de energia.

#### *2.3.2.4. Preparação de AQS*

- Recomenda-se que o sistema solar térmico assegure entre 50% e 70% das necessidades de aquecimento para otimização de seu funcionamento.
- Recomenda-se a priorização de dispositivos que minimizem o consumo de água.
- Quando a distância entre gerador e dispositivo terminal é acima de 15m, é obrigatório instalar rede de recirculação.

#### *2.3.2.5. Veículos elétricos*

- Criação de suporte a uma infraestrutura para carregamento (inclui condutas e caminhos de cabos) para todos os lugares de estacionamento.
- A instalação de infraestrutura de carregamento e pontos de carregamento de veículos devem cumprir as portarias que lhes correspondem.

#### *2.3.2.6. Outras informações relevantes*

- Deve-se prezar pela instalação correta dos sistemas técnicos, de modo a ser realizada por pessoas ou empresas devidamente habilitadas e que assegurem a conformidade com a legislação e regulamentação em vigor.
- Os componentes dos sistemas técnicos devem, de igual modo, cumprir com as normas e legislação em vigor e deve-se prezar para aplicar o especificado no projeto, cumprir as instruções de montagem fornecidas pelos fabricantes e seguir a arte da boa execução.

- A legislação também incentiva as iniciativas promovidas pelas entidades instaladoras, designadamente, a aplicação de soluções inovadoras e o reforço da capacitação técnica e humana das melhores práticas ambientais e sustentáveis.
- A legislação define testes para cada tipo de sistema e a responsabilidade é da empresa instaladora. Os testes devem ser transpostos para um relatório de execução de testes e ser validado pelo dono de obra ou algum técnico que o represente (Portaria no 138-I/2021, 2021; ADENE, 2021b).

### 2.3.3. Despacho 6476-H/2021

O despacho 6476-H/2021 ou Manual SCE apresenta o conceito do coeficiente de redução  $b_{ztu}$ , representado na equação, que vem substituir o que era chamado de  $b_{tr}$  nos termos da legislação antiga.

$$b_{ztu} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (8)$$

Onde:

$\theta_{int}$  = Temperatura interior (°C)

$\theta_{ext}$  = Temperatura ambiente exterior (°C)

$\theta_{enu}$  = Temperatura do espaço interior não útil (°C), seguindo abordagem prevista na norma EN ISO 13789

Caso não seja possível determinar o  $\theta_{enu}$ , a metodologia de cálculo é similar à do  $b_{tr}$ .

A nomenclatura das condições fronteiras e como determiná-las também foi alterada e está representada na Tabela 4 deste documento ou tabela 15 do Manual SCE.

Tabela 4: Condições fronteira em edifícios de habitação e de comércio e serviços.






Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

Condição fronteira	Elementos que separam o espaço interior útil
Exterior	Do ambiente exterior
Interior com $b_{ztu} > 0,7$	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} > 0,7$
	De zonas de circulação comum com $b_{ztu} > 0,7$
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} > 0,7$
Interior com $b_{ztu} \leq 0,7$ <sup>(1)</sup>	De espaços interiores não úteis com $b_{ztu} \leq 0,7$
	De zonas de circulação comum com $b_{ztu} \leq 0,7$
	De edifícios adjacentes
	De frações vizinhas de comércio e serviços com $b_{ztu} \leq 0,7$
Sem trocas térmicas	De frações vizinhas de habitação
Solo	De elementos que contactam com o solo

Também houve mudanças em relação à marcação das envolventes, com a introdução de uma nova cor. O solo, que antes era marcado em verde (envolvente sem requisitos), agora é marcado em ciano. O detalhamento de cores e seus usos estão descritos na Tabela 5 deste documento ou tabela 17 do Manual SCE.

Tabela 5: Cores para marcação da envolvente nos termos do DL n° 101-D/2020.

Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

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

Em relação à envolvente opaca, o manual agora apresenta valores por defeito de transmissão térmica e massa para diferentes composições de paredes, pavimento e cobertura. Além disso, caso não seja possível calcular a transmissão térmica de portas opacas conforme previsto na norma EN ISO 10077-1, dispõe de valores por defeito representados na Tabela 6 (tabela 32 do Manual SCE).

Tabela 6: Coeficiente de transmissão térmica por defeito de portas opacas nos termos do DL n° 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

Tipo de porta	$U_D$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Metal	7,30
Metal, com painéis metálicos com núcleo isolante	4,50
Madeira	2,70
PVC	2,50
Corta-fogo	2,50

O cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial de envolventes envidraçadas não considerando dispositivos de proteção solar ( $U_W$ ) agora possui metodologia de cálculo (a ser consultado no manual) para os vãos envidraçados com quadrícula inserida no espaço de ar, como a representada na figura abaixo (figuras 13 e 14 do Manual SCE).

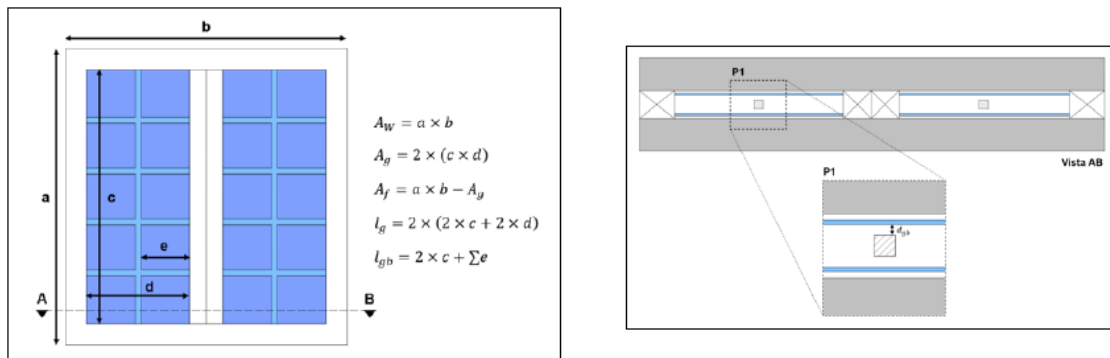


Figura 5: Exemplo de vão envidraçado com quadrícula inserida no espaço de ar. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

Para vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar também deve-se calcular o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados ( $U_{WS}$ ), representado na equação abaixo.

$$U_{WS} = \frac{1}{\frac{1}{U_W} + \Delta R} \quad (9)$$

Onde:

$U_W$  = Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar [W/(m<sup>2</sup>.°C)]

$\Delta R$  = obtido na Tabela 7 (tabela 45 do Manual SCE). Caso o dispositivo de proteção solar, possua uma área de aberturas igual ou superior a 25% da área do dispositivo quando ativado, não deve ser contabilizado o  $\Delta R$ .

Tabela 7: Resistência térmica adicional devido ao dispositivo de proteção ativado nos termos do DL n° 101-D/2020. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

Dispositivo de proteção solar (Fluxo horizontal)		$\Delta R$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]
Cortinas e lonas		0,08
Estore veneziano de lâminas		0,08
Persiana	Réguas de madeira	0,16
	Réguas metálicas	0,12
	Réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19
	Réguas plásticas sem preenchimento de isolante	0,16
Portada	Réguas	0,08
	Opaca de madeira (outras espessuras)	0,16
	Opaca de madeira com 25 a 30 mm de espessura	0,22
	Opaca de plástico com preenchimento de isolante	0,19
	Opaca de plástico sem preenchimento de isolante	0,16
	Opaca metálica	0,12

Assim, o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite ( $U_{WDN}$ ) é obtido de acordo com a equação seguinte.

$$U_{WDN} = \frac{U_W + U_{WS}}{2} \quad (10)$$

O manual também apresenta valores por defeito para coeficientes de transmissão térmica de vãos envidraçados sem caixilho (tabela 46 do manual). Também houve atualização das tabelas que auxiliam a determinação do fator solar com a inclusão de novos dispositivos (portada de lâminas fixas e portada de lâminas reguláveis) e opacidade do dispositivo de proteção, detalhados na tabela abaixo.

Tabela 8: Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e dispositivo de proteção solar nos termos do DL n° 101-D/2020. Fonte: (*Despacho 6476-H/2021*, 2021)

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
<b>Dispositivos de proteção exteriores</b>							
Estore veneziano de lâminas de madeira	Não	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08
Estore veneziano de lâminas metálicas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Lona muito transparente	Não	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,20
Lona opaca	Não	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
Lona pouco transparente	Não	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
Persiana de réguas de madeira	Sim	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
Persiana de réguas metálicas ou plásticas	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Portada de lâminas fixas	Não	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09

Dispositivo de proteção solar	Opaca	$g_{tot,vc}$					
		Vidro simples $g_{,vi} = 0,85$			Vidro duplo $g_{,vi} = 0,75$		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Portada opaca	Sim	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
<b>Dispositivos de proteção interiores</b>							
Cortina ligeiramente transparente	Não	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
Cortina muito transparente	Não	0,70	-	-	0,63	-	-
Cortina opaca	Sim	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
Cortina transparente	Não	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
Estore de lâminas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Persiana	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada de lâminas fixas	Não	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
Portada de lâminas reguláveis	Sim	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
Portada opaca	Sim	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	Não	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Há também novidades na parte de climatização e AQS. A nova legislação agora considera o fator de depreciação em função da idade do sistema (idade  $\leq 1$  ano, 1 ano  $<$  idade  $\leq 10$  anos, 10 anos  $<$  idade  $\leq 20$  anos e idade  $> 20$  anos) conforme tabela 76 do manual SCE.

Também houve uma leve alteração no cálculo das necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_{tc}$ ), que considera um fator de anulação do consumo de energia para aquecimento ( $\delta_i$ ) realçado em verde na equação a seguir.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} = & \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{l,k} \cdot N_{lc}}{\eta_k} \right) \delta_i \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot \delta_v \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} \quad [kWh_{EP} / (m^2 \cdot ano)] \quad (11) \\
 & - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}
 \end{aligned}$$

O fator  $\delta_i$  “é igual a 0 quando a relação  $N_{tc}/N_i$  é menor ou igual a 0,6 e o produto  $g_{tot} \cdot F_0 \cdot F_f$  é menor ou igual a 0,15 em todos os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior, excluindo desta condição os situados no quadrante norte e aqueles em que a soma da sua área por espaço é igual ou inferior a 5% da área de pavimento desse mesmo espaço, tomando um valor igual a 1 nas restantes situações”.

### 2.3.4. Despacho 6476-E/2021

O despacho 6476-E/2021 apresenta os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético e apresenta o novo indicador de energia primária renovável

( $Ren_{Hab}$ ). As alterações referidas, bem como os parâmetros a serem seguidos para que o edifício seja NZEB estão especificadas na Tabela 9 (tabela 1 do despacho 6476-E/2021).

Tabela 9: Requisitos de conforto térmico e desempenho energético para edifícios de habitação novos nos termos do DL n° 101-D/2020. Fonte: (*Despacho 6476-E/2021*, 2021)

Tipo de requisito	Zona climática		
	I1	I2	I3
<b>Conforto térmico</b>			
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 .....	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$		
<b>Desempenho energético</b>			
Classe energética .....	Igual ou superior a A		
Energia primária total .....	$R_{NT} \leq 0,50$		
Energia primária renovável .....	$Ren_{Hab} \geq 0,50$		

## 2.4. Soluções passivas

Dentro das possíveis estratégias para alcançar o estado NZEB em um edifício destaca-se o uso de soluções passivas, como por exemplo a redução do coeficiente de transmissão térmica de paredes, coberturas e pavimentos térreos, otimização de ganhos solares e utilização de vãos envidraçados e vãos opacos com baixo U visando a redução das necessidades energéticas do edifício. Após o esgotamento das possíveis soluções passivas é que se deve analisar a adoção de soluções ativas (por exemplo: uso de sistemas para aquecimento) e adoção de sistemas de reaproveitamento de fontes de energia renovável (Santos, 2017).

Para a priorização das soluções passivas pode ser considerado o percentual de perda de calor pela envolvente, fornecido pelo Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), que demonstra que uma habitação T3 apresenta aproximadamente as seguintes percentagens de perda de calor: 32% através da cobertura, 26% através da ventilação, 23% através de paredes e portas e 19% através de janelas (*Poupa Energia*, 2021), assim, devem ser priorizadas as intervenções que diminuam a perda de calor através desses elementos construtivos.

Outro conceito que pode ajudar na definição de estratégias para atingir um edifício NZEB é o conceito de Passive House. O conceito inicialmente concebido na Alemanha prima pela construção de edifícios com um padrão elevado de desempenho que promove saúde e conforto, eficiência energética, acessibilidade financeira e sustentabilidade e regula-se nos seguintes princípios:

- Adequados níveis de isolamento do envolvente do edifício;
- Janelas e portas Passive House;
- Sistema de ventilação com recuperação de calor;

- Estanquidade ao ar da envolvente do edifício;
- Evitar pontes térmicas na envolvente do edifício.

O conceito de Passive House difere do conceito de NZEB, pois busca minimizar o consumo energético ao invés de equilibrar o balanço energético. Os requisitos para que um edifício seja considerado Passive House estão presentes na figura abaixo. Vale a pena ressaltar que os requisitos para que um edifício seja considerado NZEB estão apresentados na Tabela 9.

<b>Aquecimento</b>	necessidade anuais <15 kWh (m <sup>2</sup> a) ou necessidades em pico <10 W/m <sup>2</sup>
<b>Arrefecimento</b>	necessidade anuais <15 kWh (m <sup>2</sup> a) + necessidades de desumidificação ou necessidades em pico <10 W/m <sup>2</sup>
<b>Energia primária</b>	PE <120 kWh (m <sup>2</sup> a) ou PER <60 kWh (m <sup>2</sup> a)
<b>Estanquidade ao ar</b>	resultado blower door test(n50) < 0,6 rph
<b>Conforto térmico</b>	temperatura entre 20 e 25°C e excesso de temperatura <10% do tempo

Figura 6: Requisitos Passive House. Fonte: (*Passivhaus Portugal, 2021*)

Os requisitos de uma Passive House são mais rigorosos que os requisitos de um NZEB e pode-se dizer que uma Passive House sempre será um NZEB, mas o contrário nem sempre é verdade (*Passivhaus Portugal, 2021*). Sendo assim, é possível utilizar as estratégias de classificação Passive House num edifício NZEB.

No setor de comércio e serviços a obrigatoriedade da construção de edifícios novos com necessidades quase nulas de energia ocorreu a partir de janeiro de 2019 por meio da definição dos requisitos na Portaria n° 42/2019. Para os edifícios de habitação, a obrigatoriedade ocorreu após janeiro de 2021 por meio da definição dos requisitos na Portaria n° 98/2019, válida até junho de 2021 e substituída pela nova legislação sobre o desempenho térmico de edifícios (Decreto-Lei 101-D/2020), válida a partir de 1 de julho de 2021. Os requisitos para que um edifício seja considerado NZEB estão definidos no Despacho 6476-E/2021.

#### 2.4.1. Estratégias bioclimáticas pelo Diagrama de Givoni

Durante a definição das estratégias de aquecimento e arrefecimento para um edifício é necessário estudar as melhores estratégias bioclimáticas para o local onde será construído. Tais estratégias levam em consideração os processos, sistemas e componentes construtivos e são escolhidas a partir do estudo do clima do local, uso do edifício, modo de ocupação e operação.

Na base desse estudo está o diagrama psicrométrico ou carta bioclimática de Baruch Givoni, ilustrada na figura a seguir.

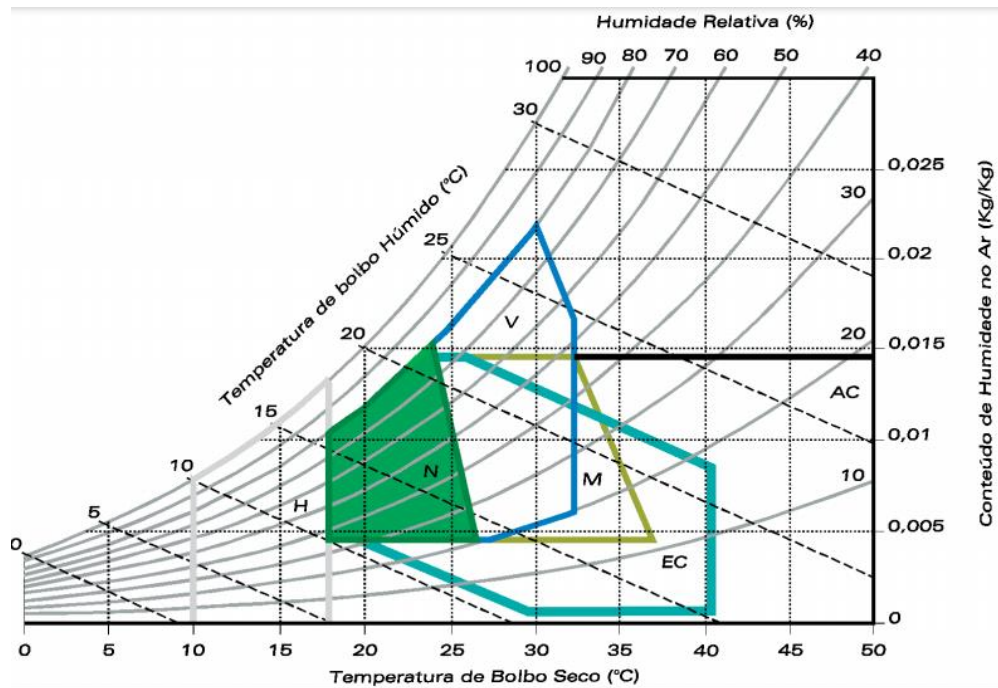


Figura 7: Carta bioclimática de Givoni. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

Após o registo da temperatura e humidade ao decorrer do ano, as ocorrências geralmente tomam forma de uma mancha (quando analisadas as ocorrências diárias) ou de linhas (quando analisadas as ocorrências mensais). Essas ocorrências indicam o tipo de clima local e as estratégias a serem adotadas. A Figura 8 representa o diagrama psicrométrico com os dados climáticos da cidade de Bragança, no norte de Portugal, onde o edifício do estudo de caso está localizado.

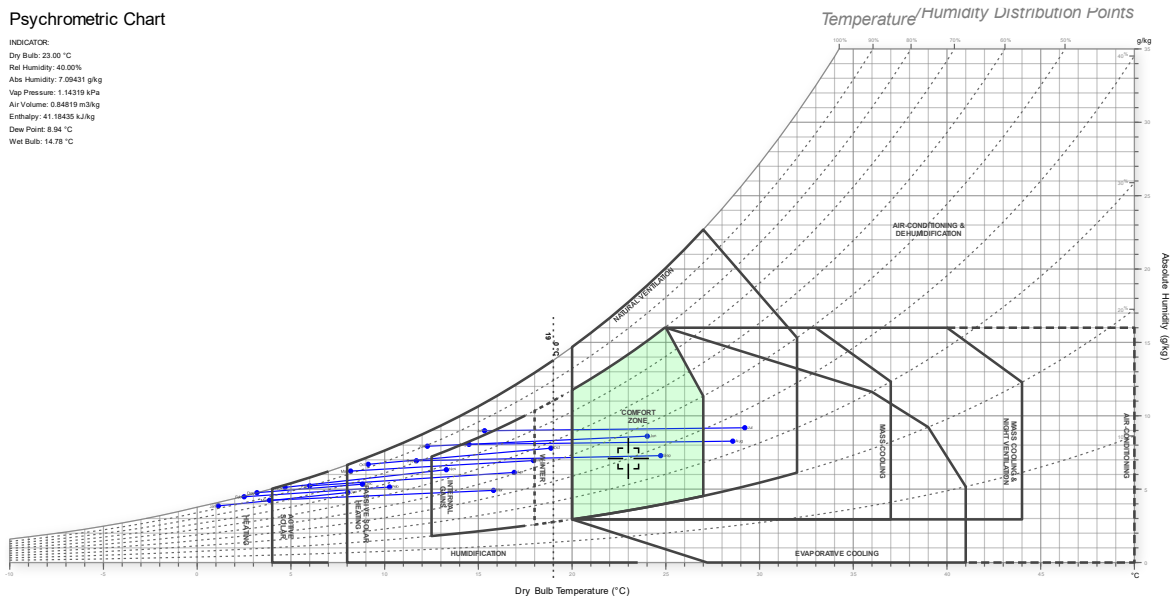


Figura 8: Diagrama de Givoni da cidade de Bragança. Fonte: (Marsh, 2021)

Comparando a Figura 7 e a Figura 8, percebe-se que a habitação está localizada em um local caracterizado por ter inverno agressivo (zona H). Para as estratégias de aquecimento é necessário restringir as perdas de calor por condução por meio da aplicação de materiais

isolantes nos elementos construtivos, restringir as perdas por infiltração do vento por meio da execução de caixilharias com vedação eficiente, proteção dos ventos utilizando vegetação e cuidado na escolha da localização do edifício. Além disso, também é necessário promover os ganhos solares (Gonçalves and Graça, 2004).

#### **2.4.2. Orientação solar**

O estudo da orientação solar visa conhecer o percurso do sol durante o dia e diferentes estações do ano para aproveitar os ganhos solares internos na estação fria e restringi-los quando necessário (estação quente).

Em Portugal, no solstício de inverno (21 de dezembro) o sol nasce a Sudeste e põe-se a Sudoeste e é o dia em que o sol está no ângulo de altura mínimo. Nos equinócios (21 de março e 21 de setembro) o sol nasce a Este e põe-se a Oeste. Já no solstício de verão (21 de junho) o sol nasce a Nordeste e põe-se a Noroeste e é o dia em que o sol atinge seu máximo ângulo de altura. Durante o ano os ângulos de azimute do nascer e por do sol e o ângulo de altura do sol variam de acordo com a latitude do local em análise.

No hemisfério norte, uma fachada orientada a Sul recebe um maior nível de radiação solar durante o ano quando comparada com as outras orientações. No inverno a orientação sul é a que propicia maiores ganhos solares e no verão é necessário minimizar esses ganhos. É possível analisar a trajetória do sol na fachada orientada a sul na Figura 9 e na Figura 10.

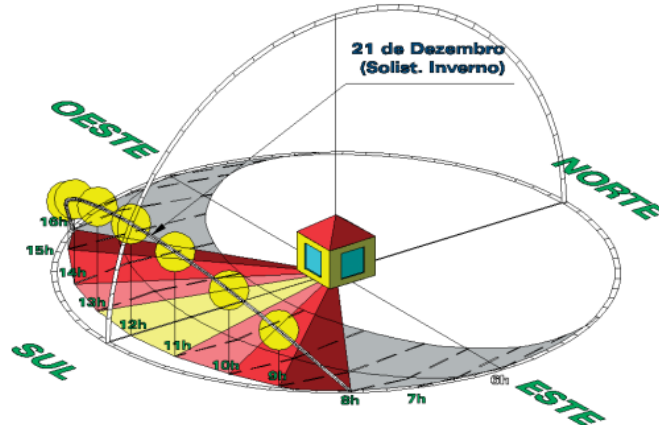


Figura 9: Percurso solar no inverno considerando uma fachada orientada a Sul. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

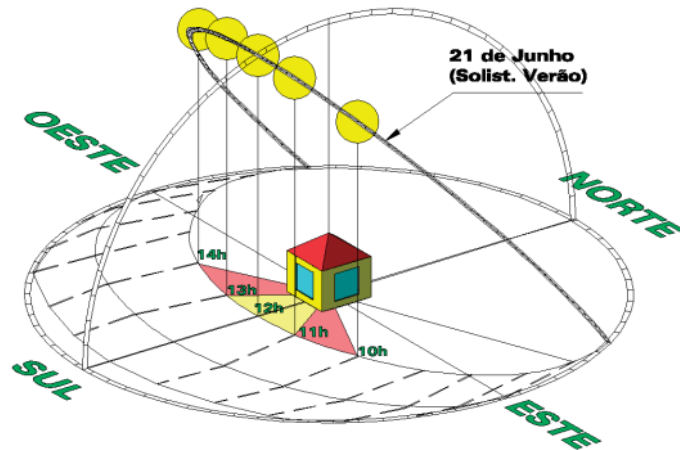


Figura 10: Percurso solar no verão considerando uma fachada orientada a Sul. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

Em fachadas orientadas a Este é necessário considerar que no inverno o sol incide na fachada por poucas horas da manhã e com um pequeno ângulo. Já no verão, a radiação solar ocorre por diversas horas e os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, maximizando assim os ganhos solares, fato indesejável nessa estação. É possível analisar a trajetória do sol na fachada orientada a sul na Figura 11 e na Figura 12.

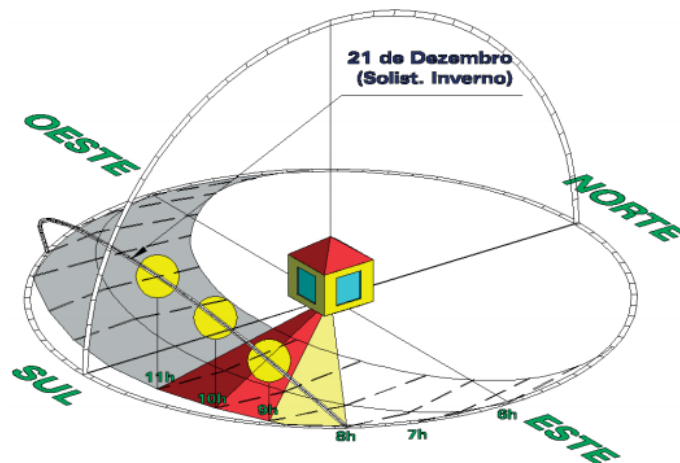


Figura 11: Percurso solar no inverno considerando uma fachada orientada a Este. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

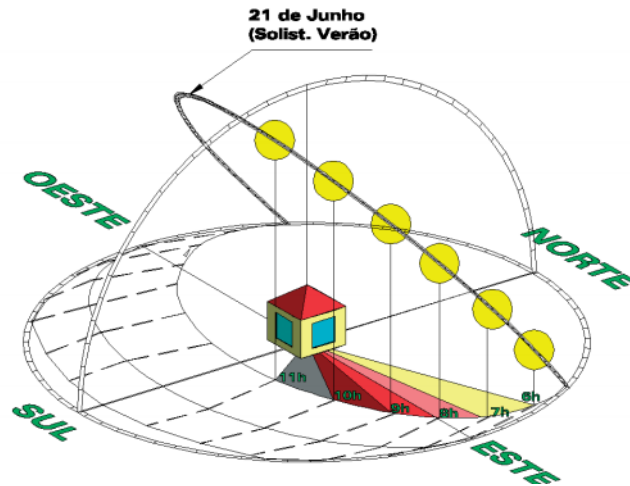


Figura 12: Percurso solar no verão considerando uma fachada orientada a Este. Fonte: (Gonçalves and Graça, 2004)

Considerando uma fachada orientada a Oeste, em comparação à uma fachada simétrica e orientada a Este, os efeitos são similares, mudando apenas o período do dia em que ocorrem. A Este a radiação solar ocorre principalmente pela manhã no inverno e a Oeste ocorre a tarde por poucas horas. No verão, a orientação Oeste é a mais problemática, pois o sol incide desde o meio-dia até o por do sol, sendo necessário um maior cuidado na sua utilização.

A fachada orientada a Norte não recebe nenhuma radiação direta no inverno (apenas a radiação difusa da abóbada celeste) e no Verão recebe uma pequena fração de radiação direta do sol no início da manhã e final da tarde.

Portanto, de acordo com Gonçalves e Graça, é interessante promover os ganhos de radiação solar no inverno por meio da fachada localizada a sul e no verão restringir esses ganhos principalmente nas fachadas a Este e Oeste, podendo ser adotados dispositivos sombreadores. Nas fachadas a Norte, Este e Oeste é desejável que as aberturas dos vãos seja a menor possível considerando também outros requisitos aplicáveis ao edifício (Gonçalves and Graça, 2004).

### 2.4.3. Ventilação

Há 2 tipos de ventilação em um edifício:

1. Ventilação natural, feita por trocas de ar entre o interior e o exterior e impulsionada pela ação do vento e/ou diferença de temperatura.
2. Ventilação forçada por equipamentos mecânicos, feita de forma controlada e regulada.

No inverno é necessário dar atenção às infiltrações de ar que ocorrem pelas frinchas das portas e janelas e que podem ser responsáveis por uma grande parte do arrefecimento no inverno, sendo necessário evitar esse fenômeno por meio da vedação de tais frinchas.

Durante o verão é importante utilizar-se dos princípios de ventilação natural para proporcionar o arrefecimento do ar interior, de igual forma é interessante utilizar tais princípios para controlar a temperatura interna dos edifícios. A vegetação também pode ser planeada de forma a diminuir a incidência de ventos marcantes que provocam desconforto aos habitantes dos edifícios (Vaz *et al.*, 2013).

#### 2.4.4. Inércia térmica

A inércia térmica é um parâmetro energético que leva em conta o atraso e amortecimento da temperatura do ar interior e exterior ao edifício, considerando o perfil diário das temperaturas do ar interior e exterior. A temperatura interna de ambientes com menor inércia térmica fica próxima à temperatura exterior, apresentando maior variação durante o dia e menor conforto térmico para os utilizadores. O contrário é válido para ambientes com maior inércia térmica (de Brito, 2015). As figuras abaixo ilustram o fenômeno.

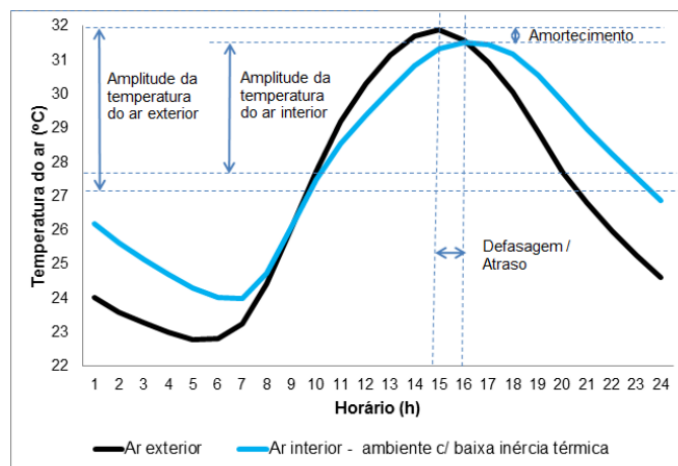


Figura 13: Exemplo do perfil horário da temperatura do ar exterior em relação ao ar interior, típico de um ambiente com baixa inércia térmica. Fonte: (de Brito, 2015).

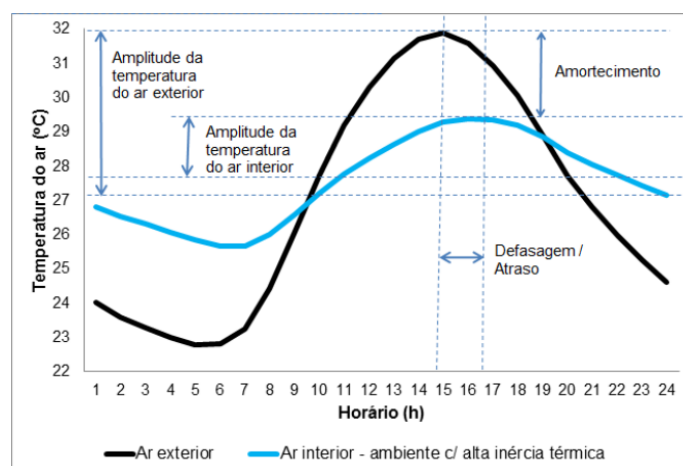


Figura 14: Exemplo do perfil horário da temperatura do ar exterior em relação ao ar interior, típico de um ambiente com alta inércia térmica. Fonte: (de Brito, 2015).

A inércia térmica está associada a elementos constituídos por materiais densos e pesados (com maior massa), a exemplo das lajes em betão armado e paredes em tijolos cerâmicos.

Para que estes elementos contribuam para uma inércia térmica forte o isolamento térmico deve ser colocado pelo exterior (Fernandes, 2020).

De acordo com o Despacho 15793-K/2013 (SCE até 31 de dezembro de 2020) e o Despacho nº 6476-H/2021 (SCE após 01 de julho de 2021), a inércia térmica é calculada da seguinte forma:

$$I_t = \frac{\sum_i Ms_i \cdot r \cdot S_i}{A_p} \quad (12)$$

Onde:

$Ms_i$  = Massa superficial útil do elemento  $i$  (kg/m<sup>2</sup>)

$r$  = Fator de redução da massa superficial útil

$S_i$  = Área da superfície interior do elemento  $i$  (m<sup>2</sup>)

$A_p$  = Área interior útil de pavimento (m<sup>2</sup>)

Como expresso na Tabela 10, um edifício pode ser classificado quanto à inércia térmica em 3 possíveis categorias.

Tabela 10: Classes de inércia térmica interior. Fonte: (Despacho 6476-H/2021, 2021)

Classes de inércia térmica	$I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

#### 2.4.5. Isolamento térmico

O isolamento térmico é outra variável de relevância na conceção de um edifício, pois ajuda a prevenir a transferência de calor por condução entre o interior e exterior. Quanto melhor é o isolamento térmico, menor é o custo agregado ao aquecimento e arrefecimento e, portanto, são menores as necessidades nominais de energia. Um edifício com mau isolamento térmico arrefece rapidamente no inverno e aquece rapidamente do verão (Comini *et al.*, 2008).

##### 2.4.5.1. Paredes

Para obter um baixo valor de transmissão de calor no edifício, recomenda-se que o isolamento seja posicionado de forma a proteger todas as partes estruturais, além de construir as aberturas da envolvente (portas e janelas) de forma a criar uma barreira térmica para reduzir o ganho/perda de calor por esses elementos. Além disso, os elementos externos do edifício, como varandas e terraços, devem ser elementos estruturais separados, estando desconectados dos elementos estruturais protegidos pelo isolamento térmico.

A utilização de isolamento térmico pelo exterior diminui a ocorrência de pontes térmicas, visto que essa solução é praticamente ininterrupta. É extremamente importante reduzir a ocorrência de pontes térmicas para proporcionar maior conforto aos ocupantes e uma melhor conservação do edifício, diminuindo a ocorrência de zonas de condensação e humidade, assim como a formação de bolor nas paredes.

É extremamente difícil atingir o nível de isolamento térmico proporcionado pela utilização de isolantes pelo exterior se comparado com a utilização de isolantes pelo interior ou colocado na caixa de ar (Comini *et al.*, 2008).

#### *2.4.5.2. Cobertura*

A cobertura merece especial atenção no estudo, visto que é tradicionalmente a superfície da envolvente que mais perde calor. No caso de cobertura horizontal, recomenda-se que o isolamento esteja sob a impermeabilização da laje e protegido superiormente por uma proteção pesada. Essa solução é a mais recomendada, pois diminui as variações de temperatura a que o impermeabilizante está sujeito e aumenta assim a sua durabilidade.

Já em coberturas inclinadas com desvão habitável o isolamento deve estar posicionado pelo exterior. Caso o desvão não seja habitável pode-se aplicar o material isolante sobre o pavimento, pois é uma solução mais econômica devido ao fato de necessitar menos material (Comini *et al.*, 2008).

#### *2.4.5.3. Pavimento*

O isolamento dos pavimentos é essencial quando estão em contacto direto com o exterior ou espaços não aquecidos (Comini *et al.*, 2008).

O isolamento pelo interior (posicionado na parte superior do pavimento) não é recomendado devido a redução de inércia térmica, custo elevado e diminuição do espaço útil interior, devendo ser utilizado apenas quando não houver outra alternativa.

No caso de isolamento pelo exterior (posicionado na parte inferior do pavimento), este pode preencher totalmente o espaço entre a base do pavimento e o revestimento exterior ou preencher parcialmente o espaço entre o tecto falso e a face inferior do elemento resistente. Nesse caso as soluções correntes são o reboco armado ou a utilização de um tecto falso com placas metálicas, de madeira ou gesso cartonado suspensas ou fixadas a uma estrutura independente (LNEC, 2006).

#### **2.4.6. Vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados são compostos pelos vidros e caixilhos e o parâmetro a ser analisado é o coeficiente de transmissão térmica do conjunto  $U_w$ , quanto menor seu valor, mais eficiente é o vão envidraçado. Na figura abaixo é demonstrada a termografia de uma janela,

onde pode-se perceber a transmissão térmica do vidro ( $U_g$ ), da caixilharia ( $U_f$ ) e do conjunto inteiro ( $U_w$ ).

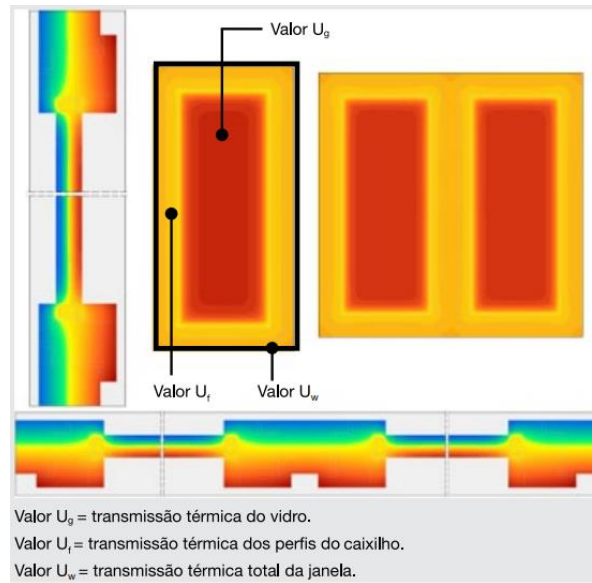


Figura 15: Termografia de uma janela. Fonte: (Caixiave)

As perdas e ganhos de energia podem ocorrer de diversas formas: ganho de energia pela radiação solar, ganhos ou perdas de energia por condução e arrefecimento por ventilação e infiltrações.

Podem utilizar-se vãos com mais de um pano de vidro e, de facto, o valor da resistência térmica do vidro pode dobrar quando utiliza-se vidro duplo. Para vidros triplos e quádruplos o aumento da resistência térmica é cada vez menor e o custo aumenta consideravelmente, além da redução da incidência de radiação solar e luz visível. Para evitar o excesso de panos de vidro em um vão, também são utilizadas películas plásticas com o intuito de diminuir o coeficiente de transmissão térmica e o fator solar do vidro (Sirgado, 2010).

O fator solar é uma medida que quantifica a fração da radiação solar incidente num vão envidraçado que é transmitida de forma direta ou indireta para o ambiente interior (Despacho 6476-H/2021, 2021).

Além disso, podem ser inseridos gases entre os panos de vidro para tornar mais lentas as correntes de convecção no espaço interior e diminuir as perdas de calor. Os gases mais utilizados são o argón e o cripton, encontrados naturalmente na atmosfera, inertes, não tóxicos, não reativos, incolores e sem cheiro. A utilização desses gases não afeta o fator solar e a transmitância visível do vidro.

Em relação à caixilharia, as mais utilizadas são de alumínio, madeira ou PVC. O material mais eficiente no desempenho térmico é o PVC e a comparação entre a utilização de diversos tipos de caixilho está expressa na figura abaixo (Sirgado, 2010).

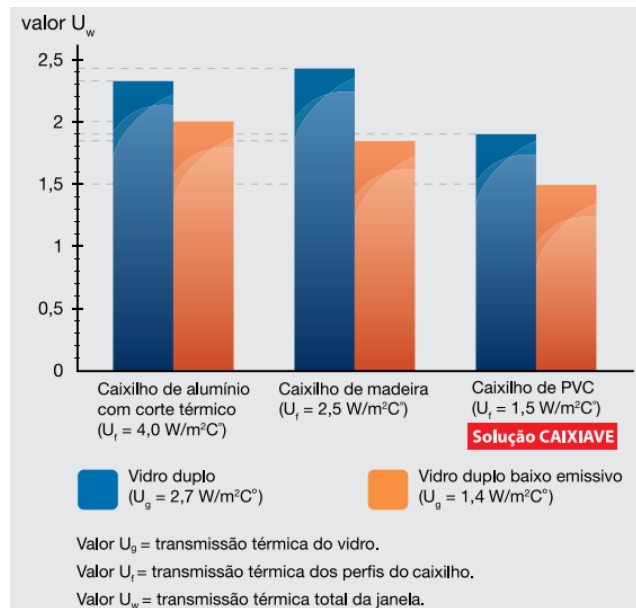


Figura 16: Transmissão térmica total de várias soluções alternativas de janelas (valor  $U_w$ ) para a dimensão de 1m x 1m. Fonte: (Caixiave)

As caixilharias de alumínio devem ter corte térmico para melhorar o desempenho e evitar a condensação no interior do caixilho. O alumínio é leve, forte, durável, não corrosivo e fácil de ser fabricado, sendo fácil conseguir formas especiais para inserção dos vidros e dimensões de janela.

A caixilharia de madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado na construção devido à sua facilidade para moldar e alta disponibilidade na natureza, mas não é mais tão frequente devido à sua fraca durabilidade, alta exigência de manutenção e suscetibilidade de deterioração. Pode ser utilizada em conjunto com o alumínio ou PVC, mas perde sua característica estética.

Por fim, a caixilharia de PVC é bastante versátil, promove alto isolamento térmico, resistência ao impacto e à abrasão. No início de sua utilização possuía o inconveniente da alta dilatação térmica e conseqüente variação dimensional, que já foi resolvido pelos novos métodos de fabrico e atualmente possui estabilidade dimensional, resistência à degradação e não necessita de manutenção periódica. Além disso o PVC é muito resistente à humidade e pode ser fabricado com diversas cores e padrões estéticos.

Os vãos envidraçados também devem ser construídos com estores pelo exterior para promover o sombreamento do cômodo, sendo a solução de sombreamento mais utilizada pelos projetistas (Sirgado, 2010).

## 2.5. Soluções ativas

As soluções ativas englobam a utilização de sistemas técnicos para fazer a climatização e aquecimento de águas quentes, podendo utilizar energia renovável ou não. O PNEC salienta

a adoção das seguintes soluções aplicáveis em edifícios residenciais: biomassa, bombas de calor, solar térmico, solar fotovoltaico e sistemas híbridos, que unem uma ou mais das soluções citadas. (PNEC 2030).

Considerando o exposto no capítulo anterior e os sistemas técnicos a serem descritos na continuação deste capítulo, as medidas utilizadas no estudo de caso serão priorizadas de acordo com o seu potencial de:

- Promoção do conforto térmico, da salubridade dos espaços e qualidade do ar interior;
- Redução das necessidades de energia útil;
- Adoção de sistemas técnicos e respectivos componentes com boa eficiência energética;
- Utilização de sistemas com recurso a fontes de energia renovável (*Despacho 6476-H/2021, 2021*).

Em relação aos sistemas técnicos serão priorizadas as seguintes soluções correntes aplicáveis a edifícios residenciais (PNEC 2030):

- Sistema solar térmico;
- Sistemas à biomassa;
- Bomba de calor;
- Sistemas à gás natural (desempenha um papel importante na transição para um sistema energético de base renovável e funciona como backup do sistema eletroprodutor).

### **2.5.1. Energia solar térmica**

O sistema de energia solar térmica é utilizado principalmente para fazer o aquecimento de Água Quente Sanitária (AQS), mas também pode ser utilizado para aquecer o ambiente interior por meio da circulação da água em serpentinas situadas no piso, parede ou teto ou radiadores. Um coletor solar térmico converte a energia solar em calor e pode ser plano (mais utilizado), parabólico composto (CPC) ou tubo de vácuo.

Os coletores planos, como o ilustrado na Figura 17, podem aquecer água até 60°C e são compostos por placa de absorção (1), revestimento com polímeros para maximizar a absorção de energia (2), isolamento geralmente de poliuretano para maximizar a retenção de calor (3), vidro temperado e de alta performance para permitir a transmissão da luz solar e diminuir as perdas por radiação (4), moldura de alumínio com boa durabilidade e resistência à corrosão (5), tubos de cobre para otimizar a condução de calor (6), conector de ligação ao tanque de armazenamento (7), chapa de fundo geralmente constituída por alumínio (8) e chapa intermediária de alumínio que atua como barreira contra fluxo de ar quente para o segundo isolante (9). Os componentes do coletor plano estão ilustrados na figura abaixo (Dias, 2015).

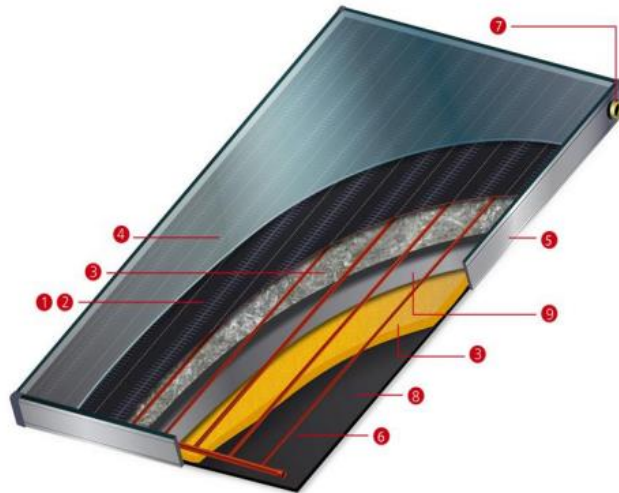


Figura 17: Coletor solar plano. Fonte: (Dias, 2015)

O sistema solar térmico pode funcionar por termossifão ou por circulação forçada com utilização de bombas. O fluido aquecido passa pelo circuito primário e então dentro do depósito aquece a água que será utilizada. Pode-se escolher aquecer diretamente a água que será utilizada, mas não é recomendado devido ao perigo de congelamento do circuito e corrosão, pressão dos coletores ser igual à da rede, entre outros.

O sistema de circulação natural funciona com base na diferença de densidade da água quente e fria e o acumulador deve ser posicionado num patamar superior ao coletor solar, como ilustrado na figura a seguir (Dias, 2015).

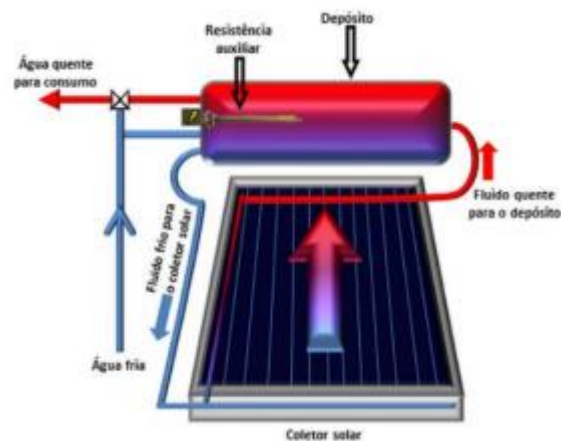


Figura 18: Sistema de circulação natural com termossifão. Fonte: (Dias, 2015)

Em edifícios de habitação de utilização permanente, o sistema de circulação forçada é o mais comum e é composto pelo coletor solar, um circuito primário, bombas circuladoras, circuito secundário, vaso de expansão, apoio e depósito, como ilustrado na Figura 19. A bomba serve para auxiliar o fluido a chegar no depósito, necessitando de energia elétrica. Também é necessário um vaso de expansão no sistema, que atua como elemento de segurança contra as diferenças de pressão do fluido que expande ou contrai dependendo da temperatura.

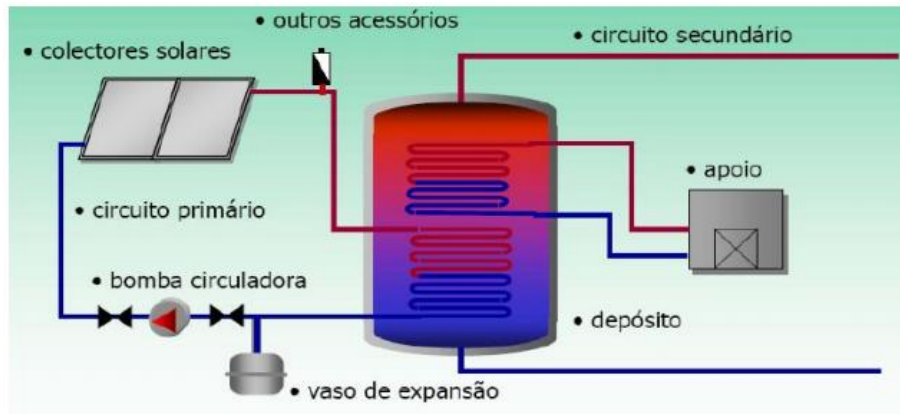


Figura 19: Sistema solar térmico. Fonte: (Dias, 2015)

Geralmente faz-se necessário um apoio para esquentar a água, principalmente em locais com temperaturas baixas ou em estações com pouca radiação solar. O apoio pode ser feito por caldeiras, esquentadores, resistências elétricas ou bomba de calor. A água aquecida fica armazenada no depósito até sua utilização.

Em relação ao depósito de AQS, dá-se atenção principalmente ao depósito de acumulação estratificado devido ao seu isolamento térmico eficiente que reduz as perdas térmicas, longa vida útil e melhor rentabilidade para o sistema de aquecimento solar e biomassa (Dias, 2015).

### 2.5.2. Biomassa

A biomassa é a fração biodegradável de produtos e resíduos das indústrias de agricultura, floresta e outros resíduos urbanos e industriais que podem ser aproveitados energeticamente. A biomassa florestal é comercializada em pellets (pequenos grânulos compridos) ou lenha e empregados para queima em equipamentos específicos (Dias, 2015). Os sistemas a biomassa geralmente são utilizados para fazer aquecimento e/ou preparação de AQS.

As caldeiras a biomassa possuem um queimador para aquecer o ar presente na câmara de combustão. O ar aquecido é direcionado para um permutador situado no topo da câmara de combustão, que transfere o calor do ar aquecido para a água fria proveniente do sistema de distribuição de águas. Após esse processo a água fica quente e pronta para sair da caldeira, para os sistemas de aquecimento e AQS.

Durante o processo de aquecimento de água são liberados gases provenientes da queima do combustível. Em caldeiras comuns os gases devem ser conduzidos para o ar atmosférico de modo a não ficar preso dentro do ambiente interno da habitação. Há também caldeiras de condensação, que também aproveitam esses gases para o aquecimento da água. Antes da extração e liberação no exterior, os gases são conduzidos para outro permutador que transfere calor para a água antes que ela seja levada ao permutador principal. Nesta transferência são originados certos resíduos ácidos que são recolhidos por outra componente da caldeira, projetado para o efeito.

Além da caldeira também pode ser empregue a salamandra a pellets ou lenha, que pode ser facilmente instalada em casa, necessitando apenas de uma conduta vertical para a remoção da fumaça e CO<sub>2</sub> da queima. O calor gerado pela queima do combustível é transferido para a chapa do equipamento e, estando em contato com o ambiente, transfere o calor aquecendo o ar interior.

Outra solução utilizada para a combustão de biomassa são os recuperadores de calor, que funcionam de modo similar às lareiras, sendo seu combustível usual a lenha. Associado ao equipamento pode haver tubos que transportam o calor para outros locais da habitação (Freitas, Manuel and Ramos, 2014).

### 2.5.3. Bomba de calor

As bombas de calor podem ser utilizadas para aquecer, arrefecer ou fornecer AQS a uma habitação. Existem quatro elementos essenciais da bomba de calor: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão, ligados por um sistema de tubos onde circula um fluido refrigerante, que vaporiza ao receber calor e condensa ao perdê-lo.

O fluido quando está no evaporador se encontra no estado líquido e possui baixa pressão. Ao absorver calor, este se vaporiza (estado gasoso) e continua a baixa pressão, sendo encaminhado para o compressor aumenta a pressão e temperatura do vapor. Em seguida, o vapor passa para condensador que transmite o calor para o ambiente fazendo com que o fluido passe para o estado líquido, ainda a alta pressão. Com a ação da válvula de expansão a pressão e a temperatura diminuem. O esquema está ilustrado na figura abaixo.

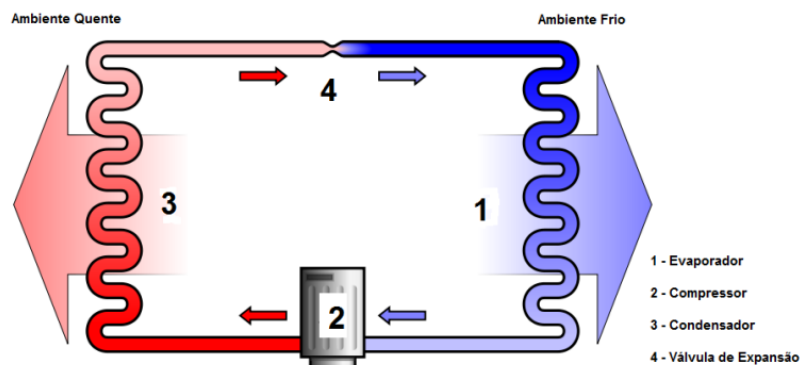


Figura 20: Funcionamento de uma bomba de calor. Fonte: (Freitas, Manuel and Ramos, 2014)

Existem diversos tipos de bombas de calor: geotérmicas com trocas de calor com solo e são mais estáveis, porém não muito utilizada devido à dificuldade de instalação; bombas de calor aerotérmicas que fazem trocas de calor ar-ar, ou as que fazem trocas do tipo ar-água.

Os aparelhos de ar condicionado, apesar de não serem normalmente denominados como bomba de calor, funcionam da mesma forma e são utilizados apenas para climatização. Existem diversos tipos de equipamentos de ar condicionado sendo os mais comuns do tipo split (uma unidade interior com o evaporador e uma unidade exterior com condensador),

multisplit (várias unidades interiores servidas por uma mesma unidade exterior) e sistemas compactos (unidades independentes).

## **2.6. Avaliação econômica**

Um dos diversos métodos utilizados para avaliar o rendimento de um projeto é a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), que representa a taxa de desconto para a qual o valor presente líquido de um projeto é igual a zero. A TIR é expressa em percentagem e é calculada de acordo com a equação abaixo.

$$TIR_{A1:A2} = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1 - d)^t} = 0 \quad (13)$$

Onde:

$Bt$  = Benefícios relevantes (cash-flows positivos, como receitas ou outros proveitos) associados à uma dada alternativa A1, menos os benefícios relevantes para uma alternativa mutuamente exclusiva A2, no período  $t$ .

$Ct$  = Custos relevantes (cash-flows negativos) associados à uma dada alternativa A1, menos os custos relevantes para uma alternativa mutuamente exclusiva A2, no período  $t$ .

$n$  = Número de anos no período de estudo.

$d$  = TIR, expressa em decimal

Um uso recomendado para esse método de avaliação econômica é a decisão de aceitar ou rejeitar um projeto, não sendo recomendado para decisões de qual projeto escolher dentre vários.

A TIR é comparada com a Taxa de Retorno Mínima Aceitável (TRMA) para avaliar a atratividade de um investimento e a comparação é feita de acordo com o exposto a seguir:

- Se  $TIR > TRMA$ , então o investimento é econômico;
- Se  $TIR = TRMA$ , então os benefícios do investimento são iguais aos custos;
- Se  $TIR < TRMA$ , então o investimento não é econômico (Ruegg and Marshall, 1990).

A TRMA é um valor em percentagem acordado entre os economistas. Para esse estudo, utilizar-se-á a taxa de 3,7%. Tal valor origina da taxa usualmente utilizada para estudos de avaliação de eficiência energética para climatização e preparação de AQS em habitações na União Europeia, que varia entre 3,1% e 3,7% (Steinbach and Staniaszek, 2015).

No âmbito da legislação portuguesa, os elementos obrigatórios para a avaliação de um ativo imobiliário estão descritos na Lei nº 153/2015 de 14 de setembro.

### 3. Estudo de caso

#### 3.1. Edifício modelo (REH)

O edifício escolhido para estudo é uma habitação unifamiliar nova, em fase de projeto, localizado no concelho de Bragança, no interior de uma zona urbana, a uma altitude de 674m e orientação de fachada principal a sul (como indicado na Figura 21). A zona climática calculada de acordo com o Despacho 15793-F/2013 é I3,V2 (zona de inverno 3 e zona de verão 2). A moradia é de tipologia T3, com 2 andares e possui 207m<sup>2</sup> de área bruta e 130m<sup>2</sup> de área útil.

As plantas e cortes do edifício modelo podem ser vistos nas figuras abaixo. Os desenhos em escala, bem como as elevações, delimitação de envolventes e marcação de pontes térmicas podem ser encontradas no Anexo A e no Anexo B.

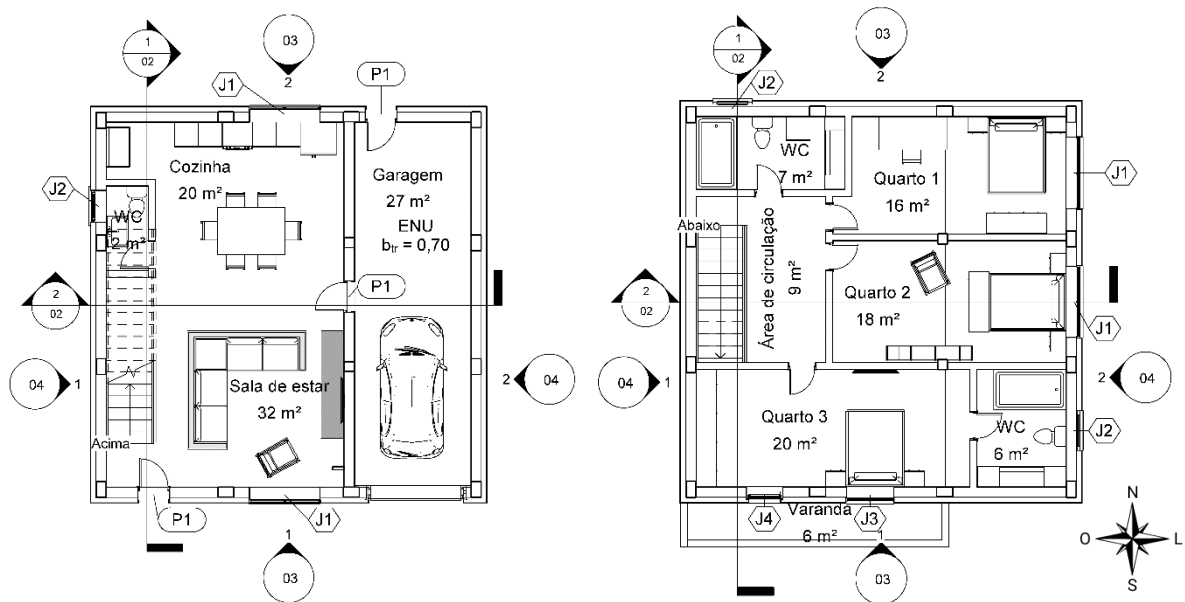


Figura 21: Planta do rés de chão (esquerda) e piso 1 (direita) do edifício modelo, sem escala.

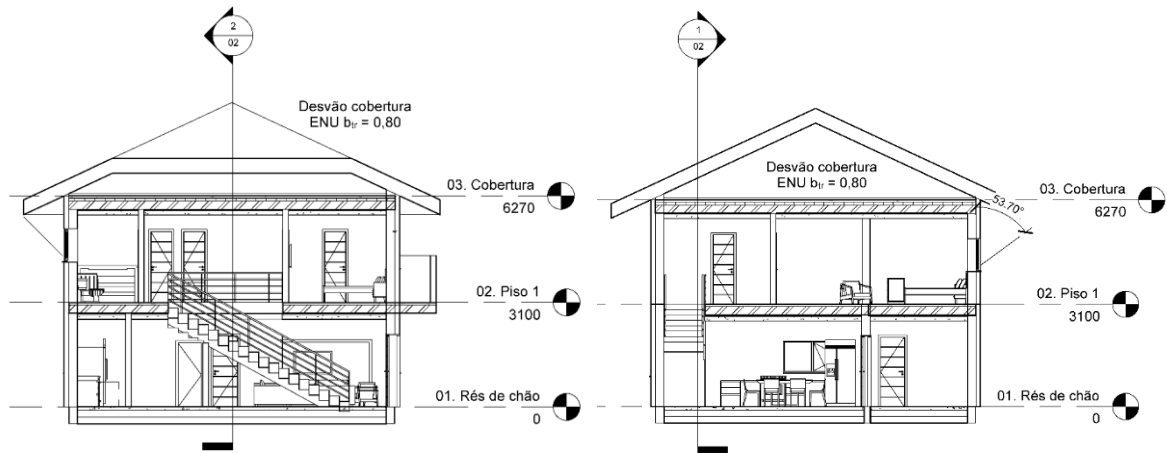


Figura 22: Corte 1 (esquerda) e corte 2 (direita) do edifício modelo, sem escala.

Os dados resumidos referentes às áreas, volume e pé direito de cada espaço útil da habitação estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 11: Levantamento dimensional das divisões para o edifício modelo.

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )
Sala de estar	32,00	2,60	24,62%	83,20
Cozinha	20,00	2,60	15,38%	52,00
WC do RC	2,00	2,60	1,54%	5,20
WC (piso 1)	7,00	2,60	5,38%	18,20
Quarto 1	16,00	2,60	12,31%	41,60
Quarto 2	18,00	2,60	13,85%	46,80
Quarto 3	20,00	2,60	15,38%	52,00
WC (suíte)	6,00	2,60	4,62%	15,60
Área de circulação	9,00	2,60	6,92%	23,40
<b>TOTAL</b>	<b>130,00</b>	<b>2,60</b>	<b>100,00%</b>	<b>338,00</b>

Além disso, a habitação possui 2 espaços não úteis: a garagem e o desvão da cobertura. Os dados utilizados para a determinação (visto que não se calcula) do coeficiente de redução de perdas (btr) são: Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil ( $A_i$ ), somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior ( $A_u$ ), o volume do espaço não útil ( $V_{enu}$ ) e o tipo de ventilação do espaço (f para ENU sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e F para ENU permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas). Para obter o btr foi necessário consultar a tabela 22 do Despacho 15793-K/2013 considerando as seguintes informações:

Tabela 12: Dados para cálculo do btr.

	Garagem	Desvão cobertura
Ai	48,76 m <sup>2</sup>	84,64 m <sup>2</sup>
Au	37,00 m <sup>2</sup>	97,89 m <sup>2</sup>
Ai/Au	1,32	0,86
Venu	61,82 m <sup>3</sup>	50,78 m <sup>3</sup>
Ventilação	f	f
<b>btr</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>

Como a garagem possui  $btr = 0,7$ , os elementos de separação entre o espaço útil e não útil são tratados como envoltente interior com requisitos de interior. Já para o desvão cobertura, que possui  $btr = 0,8$ , os elementos que separam o EU do ENU são tratados com envoltente interior com requisitos de exterior.

Considerando os espaços não úteis e seus respectivos btrs, foram desenhadas as envoltentes em planta e em corte (Figura 24, Figura 25 e Figura 26), utilizando as cores para marcação da envoltente representadas na figura abaixo.

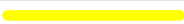
Envoltente exterior		Em planta identificar pavimento (com a respectiva cor)	
Envoltente interior com requisitos de exterior		Em planta identificar cobertura (com a respectiva cor)	
Envoltente interior com requisitos de interior			
Envoltente sem requisitos			

Figura 23: Cores para marcação das envoltentes. Fonte: adaptado de (ADENE, 2020).

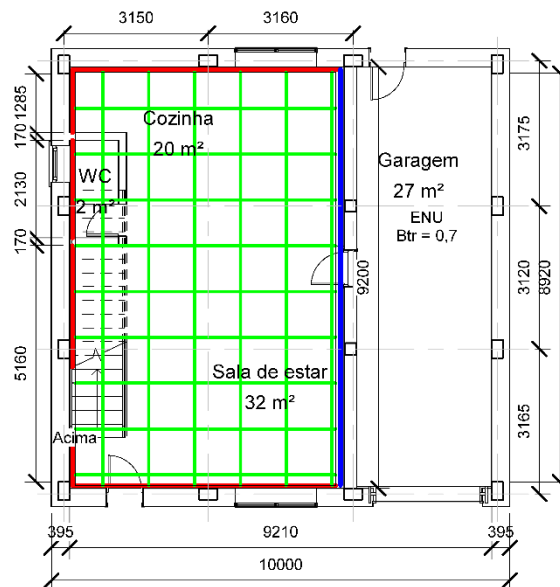


Figura 24: Marcação das envoltentes no rés de chão.

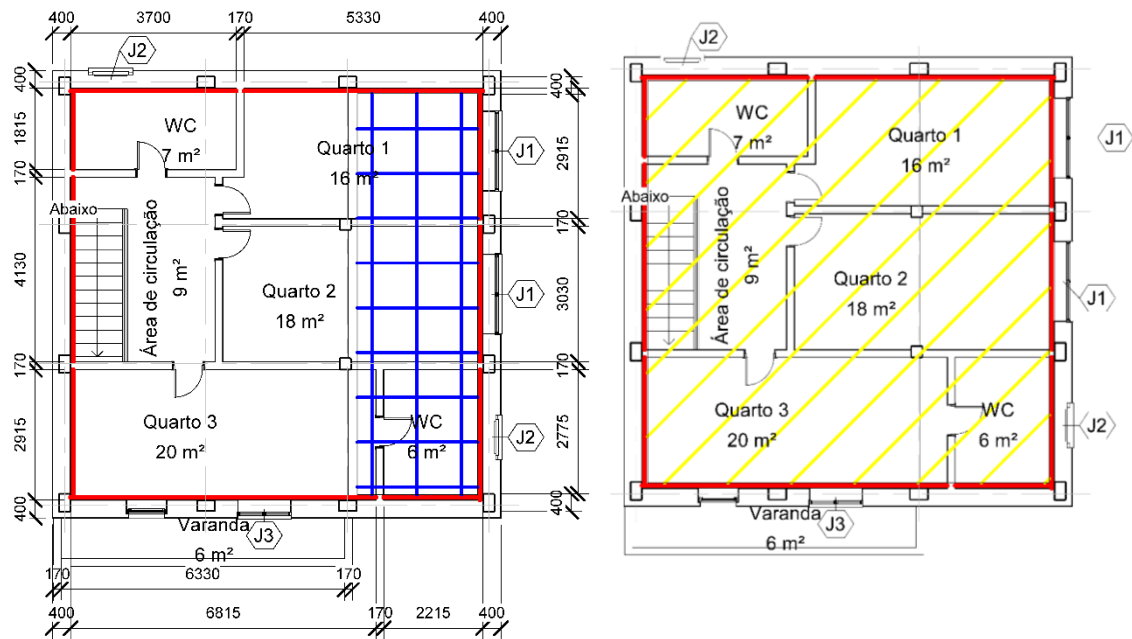
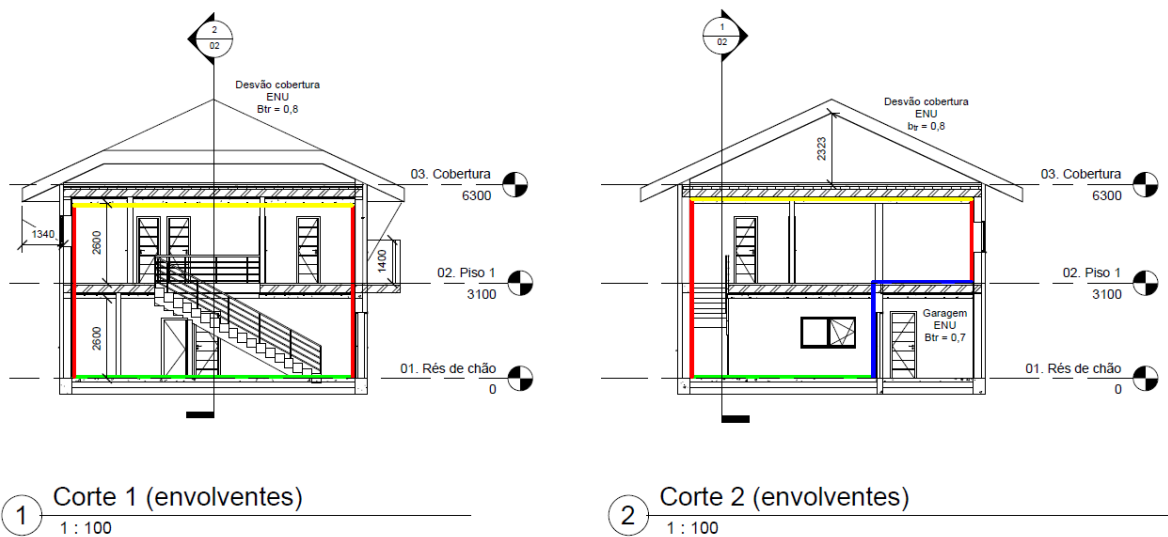


Figura 25: Marcação das envolventes no piso 1 (pavimento e teto).



1 Corte 1 (envolventes)  
1 : 100

2 Corte 2 (envolventes)  
1 : 100

Figura 26: Marcação das envolventes no corte do edifício.

Para cumprir o segundo objetivo do trabalho, os elementos construtivos e sistemas técnicos foram dimensionados de modo a cumprir a legislação REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto) antes da definição dos NZEB. Assim, nessa primeira fase, considera-se que o início do processo de licenciamento de edificação é posterior a 01 de janeiro de 2016 e anterior a 01 de janeiro de 2021. Nos subcapítulos a seguir descrevem-se as soluções adotadas.

### 3.1.1. Envolvente exterior

A composição da parede exterior, coeficiente de transmissão térmica (U) e a massa superficial estão detalhados na Tabela 13.

Tabela 13: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das paredes externas do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,04			
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Bloco cerâmico (tijolo furado)	0,25		0,56	ITE 50	2200,00	550,00
Placa de EPS	0,08	0,037	2,16	ITE 50		
Argamassa especial para isolamento térm	0,01	0,47	0,02	Catalogo CIMPOR		
Rse			0,13			
			<b>R<sub>total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>		<b>Msi (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>588,00</b>
			<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>136,40</b>
			<b>Umáx DL118/2013</b>	<b>0,35</b>		

### 3.1.2. Envolvente interior

A existência dos espaços não úteis no edifício modelo determinou a existência dos seguintes elementos construtivos:

- Parede interior com requisito de interior que separa a sala de estar/cozinha (EU) da garagem (ENU).
- Pavimento interior com requisito de interior que separa o piso 1 (EU) do tecto da garagem (ENU), contactando parcelas da casa de banho da suíte, quarto 1 e quarto 2.
- Cobertura interior com requisitos de exterior, que separa o desvão da cobertura do piso 1.

A composição dos elementos, coeficiente de transmissão térmica (U) e a massa superficial estão detalhados nas tabelas abaixo.

Tabela 14: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da parede de separação da sala com a garagem do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,13			
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Bloco cerâmico (tijolo furado)	0,15		0,39	ITE 50	2200,00	330,00
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Rsi			0,13			
			<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>		<b>Massa total</b>	<b>406,00</b>
			<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>22,24</b>
			<b>Umáx DL118/2013</b>	<b>1,90</b>		

Tabela 15: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial do pavimento de separação do piso 1 com a garagem do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,17			
Pavimento cerâmico	0,01	1,3	0,01	ITE 50	500,00	5,00
Betonilha	0,06	1	0,06	ITE 50	2350,00	141,00
Laje aligeirada	0,25		0,24	ITE 50	1200,00	300,00
Placa de EPS	0,02	0,037	0,54	ITE 50		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,05	ITE 50		
Rsi			0,17			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>1,24</b>		<b>Massa total</b>	<b>446,00</b>
<b>Udes (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,81</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>27,60</b>
<b>Umáx DL118/2013</b>			<b>1,20</b>			

Tabela 16: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da cobertura interior do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,10			
Betonilha	0,06	1	0,06	ITE 50	2350,00	141,00
Placa de EPS	0,10	0,036	2,78	ITE 50		
Laje aligeirada	0,25		0,24	ITE 50		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,05	ITE 50		
Rsi			0,10			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>3,33</b>		<b>Massa total</b>	<b>141,00</b>
<b>Uasc (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,30</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>84,64</b>
<b>Umáx DL118/2013</b>			<b>0,30</b>			

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,17			
Betonilha	0,06	1	0,06	ITE 50	2350,00	141,00
Placa de EPS	0,10	0,036	2,78	ITE 50		
Laje aligeirada	0,25		0,24	ITE 50		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,05	ITE 50		
Rsi			0,17			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>3,47</b>		<b>Massa total</b>	<b>141,00</b>
<b>Udes (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,29</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>84,64</b>
<b>Umáx DL118/2013</b>			<b>0,30</b>			

### 3.1.3. Pavimento térreo

A composição do pavimento térreo, coeficiente de transmissão térmica (U) e a massa superficial estão detalhados na Tabela 17. Além disso, o pavimento térreo conta com isolamento perimetral vertical com extensão D = 1,5m e espessura de isolamento dn = 0,12m.

Tabela 17: Cálculo da resistência térmica e massa superficial do pavimento térreo do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )	
Pavimento cerâmico	0,01	1,3	0,01	ITE 50	500,00	5,00	
Regularização betão leve	0,06	0,5	0,12	ITE 50	750,00	45,00	
Betonilha (armadura < 1%)	0,1	2	0,05	ITE 50	2350,00	235,00	
Membrana flexível com betume	0,024	0,23	0,10	ITE 50	1050,00	25,20	
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>0,28</b>		<b>Massa total</b>	<b>310,20</b>	
						<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>55,20</b>

O coeficiente de transmissão térmica é calculado automaticamente pelo excel de cálculo do ITECONS considerando a metodologia de cálculo presente no Despacho 15793-K/2013 e possui um valor  $U = 0,43$  W/(m<sup>2</sup>.°C).

### 3.1.4. Vãos opacos

O edifício modelo possui uma porta genérica de madeira semi-densa, cor branca, com dimensões 0,80m de largura e 2,10m de altura. Há duas portas no edifício: uma localizada na fachada principal que conecta o espaço exterior à sala de estar (porta que pertence à envolvente exterior) e outra entre a sala de estar e a garagem (porta que pertence à envolvente interior). Mais detalhes são fornecidos na tabela abaixo.

Tabela 18: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das portas do edifício modelo REH.

#### Porta exterior

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
R <sub>si</sub>			0,04			
Madeira semi-densa (branca)	0,05	0,18	0,28	ITE 50	657,50	33,60
R <sub>se</sub>			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>0,45</b>		<b>Massa total</b>	<b>33,60</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>2,20</b>			
<b>Umáx DL118/2013</b>			-			

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
R <sub>si</sub>			0,13			
Madeira semi-densa (branca)	0,035	0,18	0,19	ITE 50	657,50	23,01
R <sub>si</sub>			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>0,45</b>		<b>Massa total</b>	<b>23,01</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>2,20</b>			
<b>Umáx DL118/2013</b>			-			

### 3.1.5. Vãos envidraçados

Todos os vãos envidraçados possuem abertura do tipo oscilo-batente, caixilharia de PVC classe 4 na cor branca e proteção exterior com persiana manual também de PVC branco. Foram adotados vidros duplos correntes (como expresso no item 9 do tópico 7 do despacho 15793-K/2013) compostos por um pano de 4mm e outro pano de 5mm, com um espaçamento de 16mm de ar entre eles. Considerando tais dados, obtém-se os seguintes coeficientes (de acordo com o Despacho 15793-K/2013):

- Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão ( $g_{L,vi}$ ) = 0,75;
- Fator solar global do vão com todos os dispositivos de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados ( $g_{L,T}$ ) = 0,04;
- Fração envidraçada ( $F_g$ ) = 0,65.

O coeficiente de transmissão térmica  $U_w$  das janelas foi calculado de acordo com a EN ISO 10077-1:

$$U_w = \frac{A_f U_f + A_g U_g + l_g \Psi_g}{A_f + A_g} \quad (W/(m^2 \cdot ^\circ C)) \quad (14)$$

Onde:

$U_f$  = Coeficiente de transmissão térmica do caixilho, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$U_g$  = Coeficiente de transmissão térmica do vidro, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$A_f$  = Área do caixilho, em  $m^2$ ;

$A_g$  = Área do vidro, em  $m^2$ ;

$\Psi_g$  = Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro, igual a  $0,06 W/(m \cdot ^\circ C)$  para as janelas utilizadas no edifício modelo REH (com vidros duplos e caixilharia de PVC);

$l_g$  = Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro, em m.

E o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite ( $U_{wdn}$ ) foi calculado de acordo com as fórmulas abaixo:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R} \quad (W/(m^2 \cdot ^\circ C)) \quad (15)$$

$$U_{wdn} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \quad (W/(m^2 \cdot ^\circ C)) \quad (16)$$

Onde:

$U_{ws}$  = Coeficiente de transmissão térmica do vão com dispositivos de proteção solar ou oclusão noturna ativados, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\Delta R$  = Coeficiente que pretende contabilizar a resistência térmica da camada de ar que se forma, entre o dispositivo de proteção solar / oclusão noturna e a janela quando é ativado e

a alteração de resistência térmica do envidraçado interior devida à existência por si só do dispositivo de proteção solar / oclusão noturna. Igual a 0,12 para persianas de régua de plástico sem enchimento de espuma.

Os parâmetros utilizados nos cálculos, bem como o valor de  $U_{wdn}$  estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 19: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite  $U_{wdn}$  dos vãos envidraçados.

ID	C (m)	H (m)	Área de vidro (Ag - m <sup>2</sup> )	Área de caixilho (Af - m <sup>2</sup> )	Ug vidro (W/(m <sup>2</sup> .°C))	Uf caixilho (W/(m <sup>2</sup> .°C))	Ligação vidro janela (Lg - m)	Uw (W/m <sup>2</sup> .°C)	Uws (W/m <sup>2</sup> .°C)	Uwdn (W/m <sup>2</sup> .°C)
J1	1,8	1	1,00	0,80	2,7	1,3	2,84	2,2	1,7	1,9
J2	0,8	1	0,43	0,37	2,7	1,3	2,64	2,2	1,8	2,0
J3	1,2	1,2	0,69	0,75	2,7	1,3	2,64	2,1	1,7	1,9
J4	0,8	2,1	1,04	0,64	2,7	1,3	4,84	2,3	1,8	2,1

### 3.1.6. Pontes térmicas planas

A composição dos elementos que formam pontes térmicas planas, coeficiente de transmissão térmica (U) e a massa superficial estão detalhados nas tabelas abaixo.

Tabela 20: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial dos pilares do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,04			
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Betão armado (% armadura entre 1 e 2%)	0,25	2,3	0,11	ITE 50	2350,00	587,50
Placa de EPS	0,08	0,037	2,16	ITE 50		
Argamassa especial para isolamento térm	0,01	0,47	0,02	Catalogo CIMPOR		
Rse			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>2,48</b>		<b>Massa total</b>	<b>625,50</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,40</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>16,35</b>
<b>Umáx DL118/2013</b>			<b>0,90</b>			

A composição das vigas é a mesma que a dos pilares, mas não são consideradas no cálculo de pontes térmicas planas, pois são embutidas na laje.

Tabela 21: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das caixas de estore do edifício modelo REH.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,13			
Caixa de Estore	0,17	0	0,00	Cypecad		
Placa de EPS	0,04	0,037	1,08	ITE 50		
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Rsi			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>1,36</b>		<b>Massa total</b>	<b>38,00</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,74</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>7,73</b>
<b>Umáx DL118/2013</b>			<b>0,90</b>			

### 3.1.7. Pontes térmicas lineares

As informações relevantes sobre as pontes térmicas lineares (PTL) presentes no edifício modelo estão resumidas na Tabela 22 e ilustradas na Figura 27 (ou no Anexo B).

Tabela 22: Pontes térmicas lineares do edifício modelo

Tipo de ligação entre elementos	Comp. B (m)	$\Psi$ (W/m.°C)
Fachada com pavimentos térreos	21,26	0,70
Fachada com pavimento intermédio	42,35	0,19
Fachada com cobertura	35,66	0,70
Fachada com caixilharia	49,60	0,10
Duas paredes verticais em ângulo saliente	15,60	0,40
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	14,69	0,55
Fachada com varanda	6,12	0,60
Zona da caixa de estores	16,10	0,30

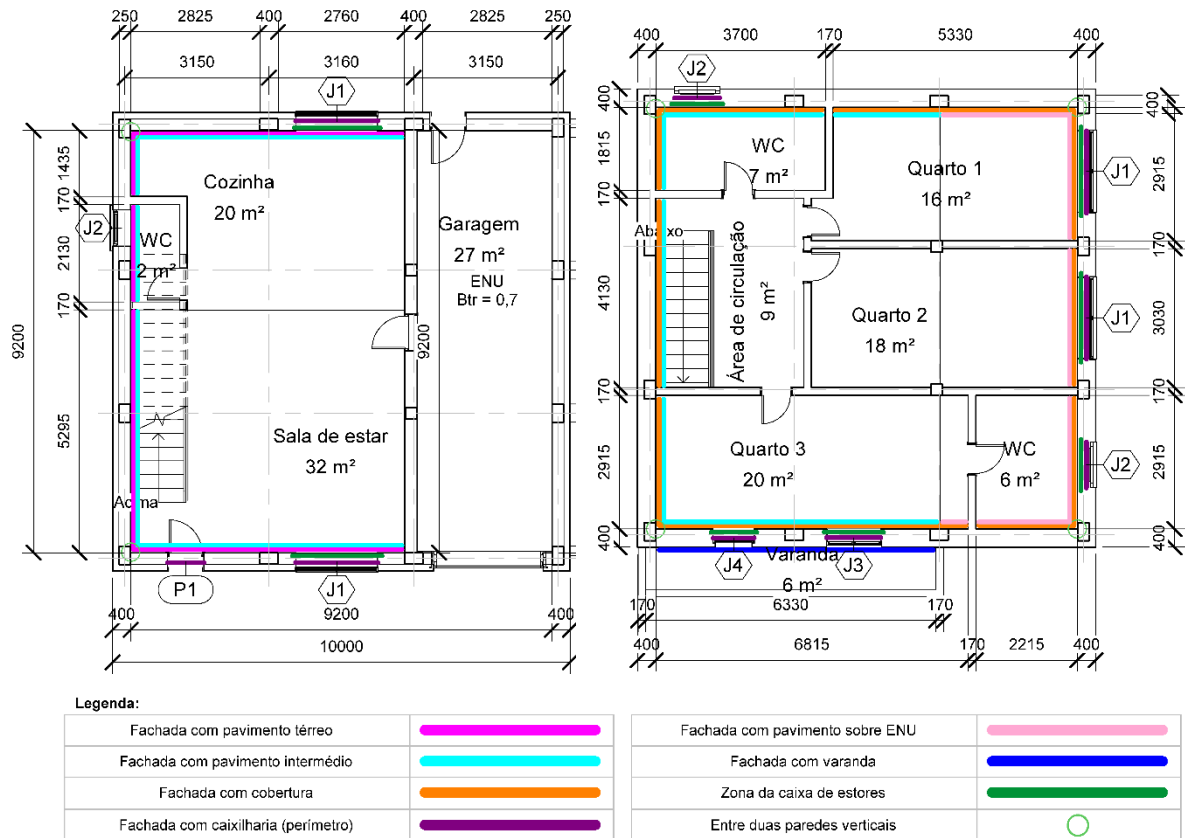


Figura 27: Marcação das PTLs no rés de chão (esquerda) e no piso 1 (direita).

### 3.1.8. Inércia térmica

Considerando as áreas e massas superficiais dos elementos descritas nos subcapítulos anteriores e a metodologia de cálculo descrita no Despacho 15793-K/2013, a inércia térmica do edifício modelo é forte e possui um valor de  $748,56 \text{ kg/m}^2$ . O cálculo está detalhado no Anexo E.

### 3.1.9. Ventilação

Para cumprir os requisitos de taxa nominal horária de renovação interior ( $rph \geq 0,4 \text{ h}^{-1}$ ) fez-se uso de ventilação natural por grelhas de admissão, bem como condutas de exaustão localizadas nas casas de banho.

As grelhas de admissão de ar são autorreguláveis a 10Pa e são posicionadas acima das janelas, conforme ilustrado na figura abaixo. As grelhas são fabricadas pela empresa Renson e são do modelo THM90 EVO. De acordo com o fabricante, o caudal para as grelhas autorreguláveis a 10Pa é de  $48,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e o comprimento útil para contabilização dos caudais = comprimento total menos 87mm.



Figura 28: Exemplo de aplicação das grelhas autorreguláveis para ventilação. Fonte: (Renson, 2018)

As grelhas foram posicionadas na sala de estar, janelas dos quartos 1 e 2 e na porta janela do quarto 3, com um comprimento útil de 5,86m e um caudal de admissão de 284,41m<sup>3</sup>/h. O uso das grelhas autorreguláveis juntamente com as condutas de ventilação natural para exaustão proporcionam um  $R_{ph,i} = 0,44 h^{-1}$  (aquecimento), um  $R_{ph,v} = 0,60 h^{-1}$  (arrefecimento) e o  $R_{ph}$  estimado em condições normais é de  $0,40 h^{-1}$ , o cálculo detalhado está presente no Anexo E.

### 3.1.10. Sistemas técnicos

O sistema técnico adotado para o aquecimento do edifício é o sistema por defeito a eletricidade, que possui um valor de eficiência igual a 1. De igual forma, para o arrefecimento do edifício também foi adotado o sistema por defeito, que corresponde a um sistema de ar condicionado do tipo split ou multi-split com permuta ar-ar e valor de eficiência igual a 3.

Para o uso em AQS foi adotada a utilização de 2 painéis solares térmicos da marca Vaillant, modelo AuroSTEP Plus 250, do tipo coletor plano, de circulação forçada e sistema de drenagem automático do líquido solar. O sistema também conta com apoio de aquecimento de água a gás natural, pois foi considerado que o edifício possui abastecimento de combustível.

A dimensão de cada painel solar térmico é de 1,23m x 2,03m x 0,8m, com área de abertura total de 4,7 m<sup>2</sup> e estão orientados a sul a uma inclinação de 25°. Possui coeficientes de perdas térmicas  $a_1 = 3,76 W/m^2K$  e  $a_2 = 0,012 W/m^2K^2$  e rendimento óptico de 80%.

Também dispõe de um depósito para AQS com capacidade de 250 litros com 600mm de diâmetro e 1540mm de altura, modelo VIH S1 250/4 B. O depósito foi escolhido com base na recomendação do fabricante dos painéis solares e já está incluso no custo. Classe de eficiência energética B, de aço vitrificado, módulo de drenagem com bomba de alta eficiência e serpentina na parte inferior do equipamento.

O cálculo da energia produzida foi feito utilizando o software SCE.ER, versão 1.7.0, publicada em 07 de janeiro de 2020. Os resultados estão descritos na figura abaixo e maiores detalhes estão presentes no relatório gerado pelo software presente no Anexo F.

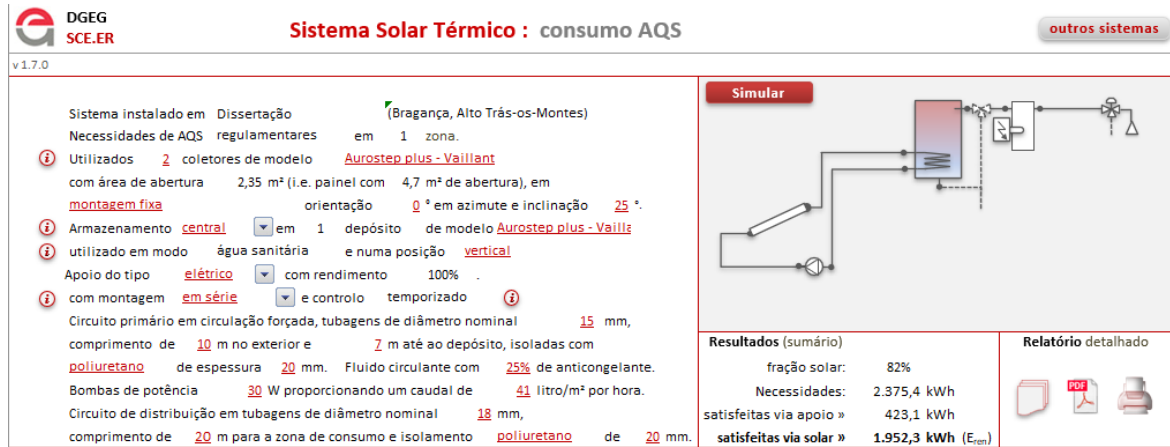


Figura 29: Energia produzida pelo sistema solar térmico no edifício modelo. Fonte: (DGEG, 2021)

### 3.1.11. Indicadores energéticos do edifício modelo

O cálculo dos indicadores energéticos do edifício modelo REH foi feito utilizando a ferramenta de cálculo REH disponibilizada pelo ITECONS, que aplica o Decreto-Lei n° 118/2013. Foi utilizada a versão V3.19, publicada em 25 de janeiro de 2021.

Tabela 23: Indicadores energéticos do edifício modelo REH.

Descrição	Sigla	Valor	Referência	Valor / Referência
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nic	76,02	77,01	0,99
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc	2,99	10,97	0,27
Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc	193,72	222,22	0,87
Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	Qa	2377,29	2377,29	
Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	Eren	1952,00	1341,60	
Eren para produção de AQS (kWh/ano) (para verificação do requisito mínimo)	Eren AQS	1952,00	1341,60	
Taxa nominal horária de renovação interior (h <sup>-1</sup> )	Rph	0,40		
-	% renovável	7,19%		
-	Classe energética	B-		
Emissões de CO2 (tonCO2/ano)	-	3,65		

## 3.2. Edifício NZEB

Os parâmetros utilizados no edifício modelo REH não poderão ser os mesmos para o cálculo do edifício com necessidades quase nulas de energia (que cumpre o Decreto-Lei 101-D/2020) pelos seguintes motivos:

- O coeficiente  $N_{ic}/N_i$  é maior que 0,9;
- O coeficiente  $N_{tc}/N_t$  é maior que 0,5 e a classe energética do edifício é B-;
- O  $R_{ph}$  é menor que  $0,5 h^{-1}$ ;
- A percentagem de energia renovável é menor que 50%.

Assim, o intuito deste capítulo é atingir o NZEB com alterações preferencialmente das soluções passivas e priorizando as soluções mais fáceis de serem executadas em obra.

### 3.2.1. Envolvente exterior

Não serão feitas alterações na envolvente exterior, pois as paredes externas ( $U=0,34 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ) cumprem o requisito  $U_{m\acute{a}x_{DL101-D/2020}}=0,35 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

### 3.2.2. Envolvente interior

Foi adicionado 4cm na camada de isolamento térmico com EPS, totalizando uma espessura de 8cm, pelo exterior (zona de garagem) na parede interior com requisito de interior que separa a sala de estar/cozinha (EU) da garagem (ENU).

No pavimento interior com requisito de interior que separa o piso 1 (EU) do teto da garagem (ENU) a camada de isolamento térmico com EPS de 2cm pelo exterior foi substituída por uma camada de EPS de 6cm. O requisito  $U_{m\acute{a}x_{DL118/2013}}=1,20 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  continua o mesmo  $U_{m\acute{a}x_{DL101-D/2020}}=1,20 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

A cobertura interior não sofreu alterações. A composição dos elementos, coeficiente de transmissão térmica (U) e a massa superficial estão detalhadas nas tabelas abaixo.

Tabela 24: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da parede de separação da sala com a garagem do edifício NZEB. Fonte: (A autora, 2021)

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,13			
Argamassa comum	0,02	1,3	0,02	ITE 50	1900,00	38,00
Bloco cerâmico (tijolo furado)	0,15		0,39	ITE 50	2200,00	330,00
EPS	0,08	0,037	2,16	ITE 50		
Argamassa especial para isolamento térm	0,01	0,47	0,02	Catalogo CIMPOR		
Rsi			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>2,85</b>		<b>Massa total</b>	<b>368,00</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,35</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>22,24</b>
<b>Umáx DL101-D/2020</b>			<b>1,90</b>			

Tabela 25: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial do pavimento de separação do piso 1 com a garagem do edifício NZEB.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,17			
Pavimento cerâmico	0,01	1,3	0,01	ITE 50	500,00	5,00
Betonilha	0,06	1	0,06	ITE 50	2350,00	141,00
Laje aligeirada	0,25		0,24	ITE 50	1200,00	300,00
Placa de EPS	0,06	0,037	1,62	ITE 50		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,05	ITE 50		
Rsi			0,17			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>2,32</b>		<b>Massa total</b>	<b>446,00</b>
<b>Udes (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,43</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>27,60</b>
<b>Umáx DL101-D/2020</b>			<b>1,20</b>			

### 3.2.3. Pavimento térreo

Adicionou-se uma camada de isolamento térmico em EPS de 6cm, conforme descrito no cálculo da Tabela 26. O isolamento perimetral continua igual.

Tabela 26: Cálculo da resistência térmica e massa superficial do pavimento térreo do edifício NZEB.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Pavimento cerâmico	0,01	1,3	0,01	ITE 50	500,00	5,00
Regularização betão leve	0,06	0,5	0,12	ITE 50	750,00	45,00
Betonilha (armadura < 1%)	0,10	2	0,05	ITE 50	2350,00	235,00
EPS	0,06	0,037	1,62	ITE 50		
Membrana flexível com betume	0,024	0,23	0,10	ITE 50		
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>1,90</b>		<b>Massa total</b>	<b>285,00</b>
					<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>55,20</b>

O coeficiente de transmissão térmica é calculado automaticamente pelo excel de cálculo do ITECONS considerando a metodologia de cálculo presente no Despacho 6476-H/2021 e possui um valor  $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

### 3.2.4. Vãos opacos

As portas sofreram alterações de espessura de modo a diminuir o coeficiente de transmissão térmica. Vale relembrar que haviam duas portas distintas: uma localizada na envolvente exterior e outra localizada na envolvente interior. O cálculo do coeficiente de transmissão térmica está descrito na tabela abaixo.

Tabela 27: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial da porta exterior do edifício NZEB.

#### Porta exterior

Constituição da camada	d(m)	$\lambda \text{ (W/m}^\circ\text{C)}$	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,04			
Madeira semi-densa (branca)	0,06	0,18	0,33	ITE 50	657,50	39,45
Rse			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>0,50</b>		<b>Massa total</b>	<b>39,45</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>1,99</b>			
<b>Umáx DL101-D/2020</b>			<b>-</b>			

#### Porta interior

Constituição da camada	d(m)	$\lambda \text{ (W/m}^\circ\text{C)}$	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,13			
Madeira semi-densa (branca)	0,044	0,18	0,24	ITE 50	657,50	28,60
Rsi			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>0,50</b>		<b>Massa total</b>	<b>28,60</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>1,99</b>			
<b>Umáx DL101-D/2020</b>			<b>-</b>			

### 3.2.5. Vãos envidraçados

Não foram feitas alterações nos vãos envidraçados, o cálculo continua igual ao descrito no capítulo 3.1.5. No DL101-D/2020, o coeficiente máximo de transmissão térmica continua  $Umáx_{\text{vãos envidraçados}} = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

### 3.2.6. Pontes térmicas planas

O coeficiente de transmissão térmica dos pilares não foi alterado e continua  $U_{\text{pilar}} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . O requisito também não foi alterado e o  $Umáx_{\text{pilar}} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  nos termos do DL101-D/2020. Como não houve mudanças nas dimensões do edifício modelo, a área de pilares também é igual.

Em relação às caixas de estore, o isolamento térmico em EPS de 4cm foi substituído por uma camada de EPS de 8cm, conforme descrito na Tabela 28. Importa referir que não é possível adicionar mais isolamento sem alterar a espessura da parede, já que a caixa de estore e o EPS possuem juntos 25cm de espessura, a mesma espessura que a alvenaria da parede.

Tabela 28: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica e massa superficial das caixas de estore do edifício NZEB.

Constituição da camada	d(m)	$\lambda$ (W/m°C)	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Referência	Massa volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Rsi			0,13			
Caixa de Estore	0,17	0	0,00	Cypecad		
Placa de EPS	0,08	0,037	2,16	ITE 50		
Argamassa especial para isolamento térm	0,01	0,47	0,02	Catalogo CIMPOR	1500,00	15,00
Rsi			0,13			
<b>R<sub>Total</sub> (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>			<b>2,44</b>		<b>Massa total</b>	<b>15,00</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>			<b>0,41</b>		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b>	<b>7,73</b>
<b>Umáx DL101-D/2020</b>			<b>0,90</b>			

### 3.2.7. Pontes térmicas lineares

Como não houve mudanças nas dimensões do edifício modelo, o comprimento das pontes térmicas lineares continua igual ao exposto na Tabela 22.

### 3.2.8. Inércia térmica

A inércia térmica do edifício continua com um valor de 748,56 kg/m<sup>2</sup>, pertencendo à classe de inércia forte. Alguns valores de massa superficial foram alterados, mas não impactou no resultado final, o cálculo detalhado está no Anexo G.

A inércia térmica de todas as divisões (conceito que não existia do REH) do edifício NZEB é do tipo “Média ou forte”, conforme exposto na Portaria nº138-I/2021.

### 3.2.9. Ventilação

Para cumprir o novo requisito de taxa nominal horária de renovação interior ( $r_{ph} \geq 0,5 h^{-1}$ ), aumentou-se o comprimento útil das grelhas autorreguláveis a 10Pa de 5,85m para 7,68m (foram adicionadas na janela J3 do quarto 3 e na porta exterior), atingindo assim um caudal de admissão de 373,15m<sup>3</sup>/h. As condutas de exaustão continuam as mesmas e as soluções citadas proporcionam um  $R_{ph,i} = 0,54 h^{-1}$  (aquecimento), um  $R_{ph,v} = 0,60 h^{-1}$  (arrefecimento) e o  $R_{ph}$  estimado em condições normais é de  $0,50 h^{-1}$ . A folha de cálculo de ventilação está presente no Anexo G.

### 3.2.10. Sistemas técnicos

Não foram feitas alterações ao sistema solar térmico adotado para AQS e o Eren fornecido pelo sistema continua sendo de 1952kWh/ano, conforme cálculo pelo software SCE.ER e relatório apresentado no Anexo F. De igual forma, não foi alterado o sistema de apoio de aquecimento de água a gás natural.

Para aquecimento e arrefecimento do edifício NZEB foi adotado um sistema Multi-split com trocas ar-ar da marca Vaillant, sistema 4x1 (1 unidade exterior e 4 unidades interiores) e modelo VAM 5-113 W408 / 8 kW.

A potência calorífica nominal do sistema é de 9,5kW, com eficiência sazonal SCOP = 4,0 (classe A+), fornecendo um Eren = 6442,62 kWh/ano. A potência frigorífica nominal do sistema é de 8kW, com eficiência sazonal SEER = 6,1 (classe A++), fornecendo um Eren= 420,51kW, mas não é considerada no cálculo, pois o fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento é igual a zero.

O Eren fornecido pelo sistema de ar condicionado é calculado de acordo com a fórmula abaixo, similar à presente no Despacho nº 6476-H/2021 (Manual SCE).

$$Eren = N_{ic} \cdot \left(1 - \frac{1}{(SCOP - 1)}\right) + N_{vc} \cdot \left(1 - \frac{1}{(SEER - 1)}\right) \quad (17)$$

Onde:

Eren = Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício (kWh/ano);

Qusable = Energia útil para o uso de aquecimento, arrefecimento ou preparação de AQ suprida por sistema split ou multisplit (kWh/ano);

SCOP = Eficiência calorífica sazonal;

SEER = Eficiência frigorífica sazonal.

### 3.2.11. Indicadores energéticos

O cálculo dos indicadores energéticos do edifício NZEB foi feito utilizando a ferramenta de cálculo HAB disponibilizada pelo ITECONS, que aplica o Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 07 de dezembro. Foi utilizada a versão V1.06, publicada em 07 de setembro de 2021.

Tabela 29: Indicadores energéticos do edifício NZEB.

Descrição	Sigla	Valor	Referência	Valor / Referência
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nic	66,08	81,29	0,81
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc	3,98	10,97	0,36
Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	Ntc	44,97	89,46	0,50
Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	Qa	2377,29	2377,29	
Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	Eren	8394,62	0,00	
Eren para produção de AQS (kWh/ano) (para verificação do requisito mínimo)	Eren AQS	1952,00	0,00	
Taxa nominal horária de renovação interior (h <sup>-1</sup> )	Rph	0,50		
-	% renovável	345,48%		
-	Classe energética	A		
Emissões de CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /ano)	-	0,87		

Resumidamente, a adequação do edifício REH ao Decreto-Lei 101-D/2020 foi feita alterando os elementos na seguinte ordem:

1. Aumento do caudal de ventilação proporcionado pelas grelhas autorreguláveis (porque o aumento do rph causa o aumento das necessidades anuais de aquecimento);
2. Reforço do isolamento das caixas de estore, que possuem área total de 7,73m<sup>2</sup>;
3. Aumento da espessura da porta exterior e da porta interior de modo a alcançarem um coeficiente de transmissão térmica próximo de 2 W/(m<sup>2</sup>.°C);
4. Aumento gradual (de 2 em 2 cm) da espessura de isolamento da parede interior (área de 22,24m<sup>2</sup>), pavimento interior (área de 27,60m<sup>2</sup>) e pavimento térreo (área de 55,20m<sup>2</sup>), por possuírem maior coeficiente de transmissão térmica. Fez-se o aumento até que  $Nic \leq 0,9 Nc$ ;
5. Substituição do uso de sistemas técnicos por defeito para aquecimento e arrefecimento pelo uso de ar condicionado multi-split com eficiência > 2,50 (tanto de aquecimento, quanto de arrefecimento) para que seja considerada a contribuição de energia renovável.

O edifício NZEB apresentou uma redução na necessidade nominal anual de energia de aquecimento em 13%, um aumento na necessidade nominal anual de energia de arrefecimento em 33,08% e um aumento expressivo no uso de energia de fontes renováveis de 330%. Também chama a atenção a diferença da necessidade nominal anual de energia primária, que era de 193,72 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano no edifício REH e reduziu para 44,97 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano no edifício HAB.

Além disso, a emissão de CO<sub>2</sub> edifício passou de 3,65tonCO<sub>2</sub>/ano para 0,87tonCO<sub>2</sub>/ano, representando uma redução de 76%. Tal valor ainda pode ser diminuído com o aumento do uso de energia de fontes renováveis e diminuição do uso de gás natural, mas já é uma grande redução que demonstra o quão importantes são os NZEB para contribuir para a meta de redução de emissões de GEE.

Também foi feito um cálculo estimado dos custos para a adequação do edifício modelo REH aos requisitos do DL 101-D/2020, descrito na tabela abaixo. Os itens marcados com fundo cinza possuem um valor estimado com base em pesquisas de mercado. Para o ar condicionado (sistema por defeito) foi considerado um equipamento com menor eficiência e que não contribuísse para o cálculo de Eren.

Tabela 30: Investimento para adequar o edifício modelo REH aos requisitos do DL101-D/2020.

ID melhoria	Δ Investimento				
R01.H01	€ 3.867,39				
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Investimento para adequar o edifício modelo REH ao DL101-D/2020					
		<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
		Isol. caixa de estore (EPS 4cm)	7,73 m <sup>2</sup>	€ 5,72	€ 44,22
		Isol. Pav interior (EPS 2cm)	27,6 m <sup>2</sup>	€ 2,86	€ 78,94
		Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80	€ 3.715,80
		Ar condicionado split (estimativa)	6,00	€ 400,00	€ 2.400,00
		Esquentador a gás natural	1,00	€ 842,90	€ 842,90
		<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
		Isol. caixa de estore (EPS 8cm)	7,73 m <sup>2</sup>	€ 11,44	€ 88,43
		Isol. Pav térreo (EPS 6cm)	55,2 m <sup>2</sup>	€ 8,58	€ 473,62
		Isol. Parede interior (EPS 8cm)	22,24 m <sup>2</sup>	€ 11,44	€ 254,43
		Isol. Pav interior (EPS 6cm)	27,6 m <sup>2</sup>	€ 8,58	€ 236,81
		Porta exterior (estimativa da diferença)			€ 100,00
		Porta interior (estimativa da diferença)			€ 100,00
		Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80	€ 3.715,80
		Ar condicionado multi-split	1,00	€ 5.137,26	€ 5.137,26
		Esquentador a gás natural	1,00	€ 842,90	€ 842,90

Além disso, a partir das necessidades de energia de cada edifício e possuindo as informações dos sistemas técnicos, fez-se um cálculo do custo estimado para produção de energia, detalhado na tabela abaixo.

Tabela 31: Indicadores energéticos e variação dos custos para preparação de AQS e climatização entre o edifício REH e o edifício NZEB.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	Ntc/Nt	Classe en.
Edifício modelo REH	R01	76,02	2,99	18,29	193,72	0,87	B-
Edifício NZEB	H01	66,08	3,98	18,29	44,97	0,50	A

Descrição da solução	ID	Custo aq (anual)	Custo arr (anual)	Custo AQS (anual)	Custo global de en. útil (anual)	Δ custos
Edifício modelo REH	R01	€ 1.680,01	€ -	€ 43,01	€ 1.723,02	
Edifício NZEB	H01	€ 365,08	€ -	€ 43,01	€ 408,09	-76,32%

### **3.3. Experimentos**

Após o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício NZEB, fizeram-se diversas alterações construtivas considerando o exposto no capítulo 2.4 Soluções passivas e 2.5 Soluções ativas, de forma a obter a variação nas necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia produzida para posterior análise.

A organização dos códigos para identificação dos experimentos está detalhada a seguir.

**Hxx.yy.zz**

Onde:

A letra representa qual regulamento o experimento está seguindo, podendo ser:

- R (de REH), seguindo a legislação de desempenho energético DL118/2013 ou
- H (de habitação), seguindo a legislação de desempenho energético DL101-D/2020

“xx” representa um número de 01 a 99, representando a qual edifício se refere a alteração. 01 é o edifício modelo e 02 em diante possíveis alterações construtivas.

“yy” representa o tipo de alteração, podendo ser alteração da orientação solar, isolamento térmico, entre outros.

“zz” representa o ID específico da alteração (por exemplo, a primeira alteração de orientação solar feita)

Para fazer os experimentos, foi feito um trabalho baseado nas seguintes etapas:

1. Cálculo do novo coeficiente ou alteração dos parâmetros necessários;
2. Inserção dos novos valores dos coeficientes no excel de cálculo disponibilizado pelo ITECONS;
3. Anotação dos novos parâmetros térmicos numa folha de cálculo excel (Anexo H);
4. Cálculo da variação dos custos anuais de operação do edifício (detalhado no Anexo I).  
Esse cálculo considera a variação dos indicadores energéticos (Nic e Nvc) e os valores de compra de energia, fornecidos no excel de cálculo do itecons;
5. Cálculo do investimento para aplicar o experimento (detalhado no Anexo J);  
Maioria dos valores de compra dos equipamentos/componentes foram obtidos no site “Gerador de preços”, mantido pela empresa CYPE de software para arquitetura, engenharia e construção. A fonte dos valores dos equipamentos/componentes que não constavam no site está descrita na folha de cálculo do investimento;
6. Cálculo da Taxa Interna de Rentabilidade, TIR (detalhado no Anexo K);  
Feita com a função de cálculo de TIR do excel, que considera a economia anual, investimento e período de estudo;
7. Comparação da TIR com a taxa de desconto de 3,7% para verificação de viabilidade do investimento do ponto de vista econômico;

A taxa de desconto usualmente utilizada em estudos de avaliação de eficiência energética para climatização e preparação de AQS em habitações na União Europeia varia entre 3,1% e 3,7% (Steinbach and Staniaszek, 2015).

8. Compilação dos dados nas tabelas que serão mostradas nas seções a seguir.

Em alguns experimentos não foi feita avaliação econômica (etapas 4 a 7) e maiores detalhes são dados nas seções específicas.

### 3.3.1. Alteração da orientação solar

Para avaliar o impacto da mudança de orientação solar em relação à solução inicial (fachada sul), foi feita a rotação do edifício de 45° em 45°. Não foi considerada a rotação dos painéis que compõem o sistema solar térmico para avaliar apenas o impacto da mudança da orientação solar. Não foi feita a avaliação econômica desse pacote de experimentos, pois não é possível estimar o investimento para as alterações de orientação solar.

Os resultados obtidos estão detalhados na tabela abaixo:

Tabela 32: Indicadores energéticos após alteração da orientação solar.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/ Nt	Δ custos operação (€/ano)	Classe en.
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	€ 0,00	A
Solução base (fachada SE)	H01.01.01	66,00	-0,12%	4,25	6,89%	0,50	-€ 0,45	A
Solução base (fachada E)	H01.01.02	65,80	-0,42%	4,76	19,68%	0,52	-€ 1,54	B
Solução base (fachada NE)	H01.01.03	65,58	-0,75%	4,64	16,51%	0,52	-€ 2,75	B
Solução base (fachada N)	H01.01.04	65,54	-0,81%	4,52	13,62%	0,52	-€ 2,97	B
Solução base (fachada NO)	H01.01.05	65,77	-0,47%	4,12	3,54%	0,50	-€ 1,71	A
Solução base (fachada O)	H01.01.06	66,07	-0,02%	3,98	0,13%	0,50	-€ 0,07	A
Solução base (fachada SO)	H01.01.07	66,19	0,16%	3,76	-5,58%	0,50	€ 0,59	A

### 3.3.2. Alteração dos vãos envidraçados

Os experimentos H01.02.01 a H01.02.06 correspondem a substituições dos vãos envidraçados nas fachadas e ao aumento da área envidraçada em relação à área da envolvente opaca. Para realizar tais experimentos foi necessário definir novas janelas, de ID J5, J6, J7 e J8 e os parâmetros para cálculo, bem como o valor de Uwdn estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 33: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite Uwdn dos vãos envidraçados J5 a J8.

ID	C (m)	H (m)	Área de vidro (Ag - m <sup>2</sup> )	Área de caixilho (Af - m <sup>2</sup> )	Ug vidro (W/(m <sup>2</sup> .°C))	Uf caixilho (W/(m <sup>2</sup> .°C))	Ligação vidro janela (Lg - m)	Uw (W/m <sup>2</sup> .°C)	Uws (W/m <sup>2</sup> .°C)	Uwdn (W/m <sup>2</sup> .°C)
J5	2,0	1,2	1,34	1,06	2,7	1,3	3,32	2,2	1,7	1,9
J6	1	1	0,58	0,42	2,7	1,3	3,04	2,3	1,8	2,0
J7	2,2	2,3	3,57	1,49	2,2	1,3	9,78	2,1	1,7	1,9
J8	1,5	2	2,04	0,96	2,2	1,3	5,8	2,1	1,7	1,9

A janela J5 tem abertura tipo oscilo-batente com 2 folhas e dimensões 2,0m x 1,2m e a janela J6 tem abertura tipo oscilo-batente com 1 folha e dimensões 1,0m x 1,0m. O material da caixilharia e vidros continuaram os mesmos que os da solução base.

A janela J7 tem 2 folhas de batente com abertura para o interior e fixo inferior, dimensões 2,2m x 2,3m e altura do fixo de 0,9m e caixilharia com  $U_{f(caixilho)}=1,3W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ . O vidro foi alterado de forma a atingir o valor de  $U_{wdn(J1)}=1,9W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ , pois a nova janela foi projetada para substituir a janela J1 e avaliar apenas a mudança da área de vão envidraçado na fachada sul.

O vidro utilizado tanto na janela J7 quanto na janela J8 é um vidro duplo de baixa emissividade térmica e isolamento acústico, constituído por vidro exterior laminado acústico 3+3 mm, unidos por um filme incolor de polivinil butiral com câmara de ar de 8mm e vidro interior de baixa emissividade térmica de 4 mm com valor de  $U_{g(vidro)}=2,2W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

A Janela J8 é uma janela fixa de 1,5m x 2,0m e não substitui nenhuma janela. Todas as novas janelas possuem classe de caixilharia 4, classificação CLASSE+ A, persiana exterior de PVC e permeabilidade da caixa de estore baixa.

Tabela 34: Aumento da percentagem de vãos envidraçados nos experimentos H01.02.01 a H01.02.06.

Nome solução	Descrição solução	ID	Área VE solução base (m <sup>2</sup> )	Área VE novo (m <sup>2</sup> )	Área parede (m <sup>2</sup> )	% VE solução base	% VE novo	Δ VE (% de aumento da área)
Solução base (aumento de 3,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	J1 sala de estar --> J5 J3 quarto 3 --> J5	H01.02.01	6,6	8,16	42,56	15,51%	19,17%	3,67%
Solução base (aumento de 2,3% de área de vão envidraçado fachada Este)	J1 quarto 1 e quarto 2 --> J5	H01.02.02	4,4	5,6	51,52	8,54%	10,87%	2,33%
Solução base (aumento de 1,4% de área de vão envidraçado fachada Norte)	J1 cozinha --> J5	H01.02.03	2,6	3,2	42,56	6,11%	7,52%	1,41%
Solução base (aumento de 0,4% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	J2 WC do RC --> J6	H01.02.04	0,8	1	51,52	1,55%	1,94%	0,39%
Solução base (aumento de 7,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	J1 sala de estar --> J7	H01.02.05	6,6	9,86	42,56	15,51%	23,17%	7,66%
Solução base (aumento de 5,8% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	Adição da janela J8 na sala de estar	H01.02.06	0,8	3,8	51,52	1,55%	7,38%	5,82%

A variação dos indicadores energéticos referente às alterações de características dos vãos envidraçados está detalhada abaixo.

Tabela 35: Indicadores energéticos para as alterações de características de vãos envidraçados.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/ Nt	Classe en.
<b>Edifício NZEB</b>	H01	66,08		3,98		0,50	A
Solução base (aumento de 3,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	H01.02.01	66,00	-0,12%	4,16	4,47%	0,50	A
Solução base (aumento de 2,3% de área de vão envidraçado fachada Este)	H01.02.02	65,87	-0,31%	4,21	5,68%	0,50	A
Solução base (aumento de 1,4% de área de vão envidraçado fachada Norte)	H01.02.03	66,03	-0,08%	4,05	1,81%	0,50	A
Solução base (aumento de 0,4% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	H01.02.04	66,69	0,92%	3,86	-2,89%	0,51	B
Solução base (aumento de 7,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	H01.02.05	65,86	-0,33%	4,37	9,83%	0,49	A
Solução base (aumento de 5,8% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	H01.02.06	66,74	0,99%	4,86	22,09%	0,51	B

Os dados e cálculo detalhado da TIR estão descritos nos anexos correspondentes e resumidos na Tabela 36. Estudos feitos pela instituição BRE (Buildings Research Establishment) apontam que o período de estudo ideal para janelas de PVC é de 25 anos, valor adotado para cálculo (BRE, 2007).

Nenhuma das alterações de vão envidraçado mostrou-se atrativa do ponto de vista económico. Não foi possível calcular a TIR para os experimentos H01.02.04 e H01.02.06, pois não proporcionam economia para manutenção do edifício (variação de custos positiva). Já para os demais experimentos a economia proporcionada é muito pequena em relação ao investimento.

Tabela 36: Indicadores económicos para as alterações de características de vãos envidraçados.

Descrição da solução	ID	Δ custos operação (€/ano)		Investimento	Período estudo (anos)	TIR	Viável?	
<b>Edifício NZEB</b>	H01	€	-	€	-	0	-	
Solução base (aumento de 3,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	H01.02.01	€	-0,42	€	204,33	25	-16,04%	Não
Solução base (aumento de 2,3% de área de vão envidraçado fachada Este)	H01.02.02	€	-1,15	€	149,81	25	-10,04%	Não
Solução base (aumento de 1,4% de área de vão envidraçado fachada Norte)	H01.02.03	€	-0,29	€	74,91	25	-13,24%	Não
Solução base (aumento de 0,4% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	H01.02.04	€	3,38	€	32,66	25	N/A	Não
Solução base (aumento de 7,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)	H01.02.05	€	-1,22	€	707,10	25	-16,78%	Não
Solução base (aumento de 5,8% de área de vão envidraçado fachada Oeste)	H01.02.06	€	3,63	€	582,32	25	N/A	Não

### 3.3.3. Alterações físicas

#### 3.3.3.1. Variação da altura do pé direito

Também julgou-se importante avaliar o impacto da variação da altura do pé direito nos indicadores energéticos, caracterizados pelos experimentos H01.03.01 a H01.03.07. Os experimentos H01.03.01 e H01.03.02 correspondem a uma diminuição do pé direito original (de 2,6m) até 2,4m, mínimo permitido pelo Regulamento Geral das Edificações Urbanas (Decreto-Lei nº 650-75).

A partir do pé direito de 2,7m (H01.03.03) o requisito rph ( $rph \geq 0,5$ ) não foi verificado, mas optou-se por continuar fazendo os experimentos seguintes para avaliar a variação dos indicadores de desempenho térmico.

Tabela 37: Indicadores energéticos para a alteração do pé direito.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	$\Delta$ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	$\Delta$ Nvc	Ntc/ Nt	Rph	Classe en.
Solução base (pé direito de 2,4m)	H01.03.01	66,06	-0,03%	4,15	4,22%	0,50	0,54	A
Solução base (pé direito de 2,5m)	H01.03.02	66,07	-0,02%	4,06	2,09%	0,50	0,52	A
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	0,50	A
Solução base (pé direito de 2,7m)	H01.03.03	66,09	0,02%	3,90	-2,06%	0,50	0,48	A
Solução base (pé direito de 2,8m)	H01.03.04	66,10	0,03%	3,82	-4,07%	0,50	0,46	A
Solução base (pé direito de 3,0m)	H01.03.05	67,48	2,11%	3,66	-7,97%	0,51	0,43	B
Solução base (pé direito de 3,2m)	H01.03.06	69,10	4,58%	3,51	-11,71%	0,51	0,41	B
Solução base (pé direito de 3,4m)	H01.03.07	70,73	7,04%	3,37	-15,28%	0,52	0,38	B

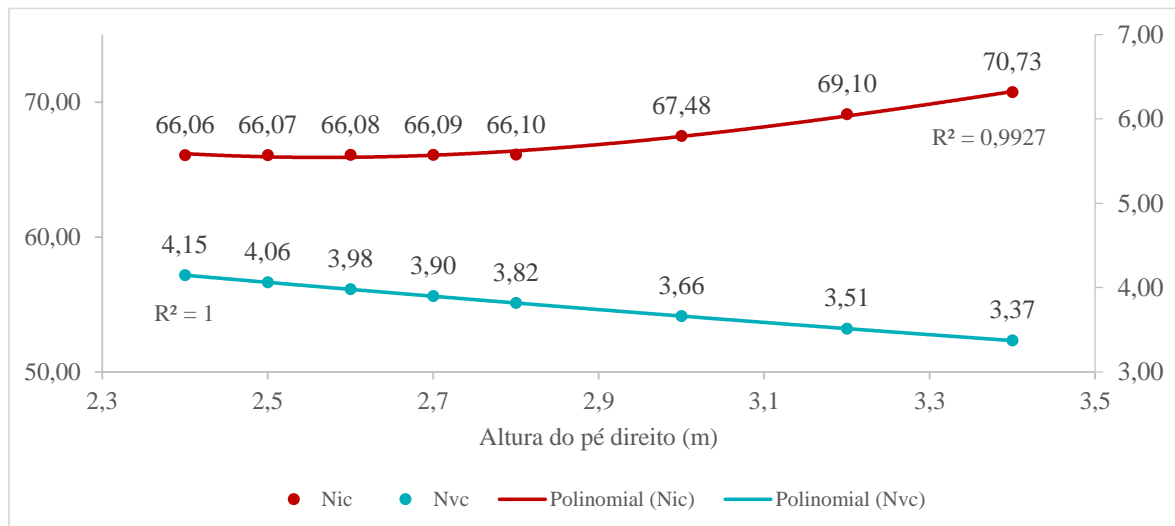


Figura 30: Variação de Nic e Nvc para a alteração do pé direito.

A curva de ajuste tanto para os valores de Nic, quanto para os valores de Nvc, é uma curva polinomial de grau 3. Os valores de ajuste R estão descritos no gráfico da figura acima.

Os dados e cálculo detalhado da TIR estão descritos nos anexos correspondentes e resumidos na Tabela 38. O período de estudo considerado foi de 50 anos, o mesmo que o período de serviço de edifícios (Gomes, Silvestre and de Brito, 2019). Para a alteração da altura do pé direito não foi possível calcular a TIR devido ao fato do investimento e da variação dos

custos serem ambos negativos nos experimentos H01.03.01 e H01.03.02 e serem ambos positivos nos experimentos H01.03.03 a H01.03.07.

Tabela 38: Indicadores econômicos para as alterações do pé direito.

Descrição da solução	ID	Δ custos operação (€/ano)		Investimento	Período estudo (anos)	TIR	Viável?
Solução base (pé direito de 2,4m)	H01.03.01	€ -0,11	€ -2.471,60		50	N/A	Não
Solução base (pé direito de 2,5m)	H01.03.02	€ -0,06	€ -1.235,80		50	N/A	Não
<b>Edifício NZEB</b>	<b>H01</b>	€ -	€ -		0	-	-
Solução base (pé direito de 2,7m)	H01.03.03	€ 0,06	€ 1.235,80		50	N/A	Não
Solução base (pé direito de 2,8m)	H01.03.04	€ 0,10	€ 2.471,60		50	N/A	Não
Solução base (pé direito de 3,0m)	H01.03.05	€ 7,72	€ 4.943,19		50	N/A	Não
Solução base (pé direito de 3,2m)	H01.03.06	€ 16,71	€ 7.414,79		50	N/A	Não
Solução base (pé direito de 3,4m)	H01.03.07	€ 25,70	€ 9.886,39		50	N/A	Não

### 3.3.3.2. Aumento da camada de isolante nas paredes externas

Para avaliar a variação dos parâmetros para o aumento da camada de isolante nas paredes externas, foram feitos testes para o aumento gradual da espessura da camada de EPS de 2 em 2cm. Como a maior espessura de EPS no mercado é de 12cm escolheu-se fazer o teste até 24cm (considerando a ligação de, no máximo, 2 placas de EPS). A variação dos indicadores energéticos está presente na tabela abaixo e o gráfico relativo está apresentado na Figura 31. O cálculo dos coeficientes de transmissão térmica está detalhado no Anexo C.

Tabela 39: Indicadores energéticos para a alteração da camada de EPS nas paredes.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/Nt	Uparede (W/(m <sup>2</sup> .°C))	Classe en.
<b>Edifício NZEB</b>	<b>H01</b>	66,08		3,98		0,50	0,34	A
Solução base (paredes com EPS de 10 cm)	H01.04.01	63,59	-3,76%	4,06	2,06%	0,49	0,29	A
Solução base (paredes com EPS de 12 cm)	H01.04.02	61,64	-6,71%	4,13	3,74%	0,47	0,25	A
Solução base (paredes com EPS de 14 cm)	H01.04.03	60,17	-8,95%	4,18	5,08%	0,46	0,22	A
Solução base (paredes com EPS de 16 cm)	H01.04.04	59,16	-10,47%	4,22	5,98%	0,47	0,20	A
Solução base (paredes com EPS de 18 cm)	H01.04.05	58,22	-11,89%	4,25	6,86%	0,47	0,18	A
Solução base (paredes com EPS de 20 cm)	H01.04.06	57,28	-13,32%	4,29	7,77%	0,46	0,16	A
Solução base (paredes com EPS de 22 cm)	H01.04.07	56,81	-14,03%	4,31	8,22%	0,46	0,15	A
Solução base (paredes com EPS de 24 cm)	H01.04.08	56,33	-14,75%	4,32	8,67%	0,45	0,14	A

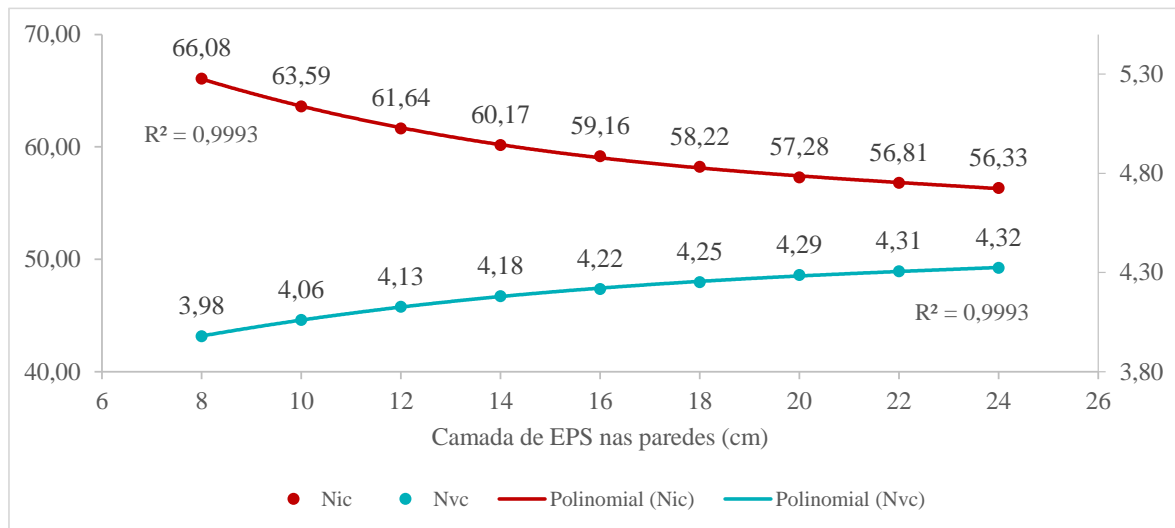


Figura 31: Variação de Nic e Nvc para a alteração da camada de EPS nas paredes.

A curva de ajuste tanto para os valores de Nic, quanto para os valores de Nvc, é uma curva polinomial de grau 3. Os valores de ajuste R estão descritos no gráfico da figura acima.

Os dados e cálculo detalhado da TIR estão descritos nos anexos correspondentes e resumidos na Tabela 40. O período de estudo considerado foi de 50 anos, conforme estudo do ciclo de vida de materiais para isolamento térmico (Gomes, Silvestre and de Brito, 2019). Vê-se que a TIR tende a diminuir à medida que é adicionada mais camada de isolamento térmico.

Tabela 40: Indicadores econômicos para as alterações da camada de EPS nas paredes.

Descrição da solução	ID	Δ custos operação (€/ano)		Investimento	Período estudo (anos)	TIR	Viável?
<b>Edifício NZEB</b>	H01	€ -	€ -	-	0	-	-
<b>Solução base (paredes com EPS de 10 cm)</b>	H01.04.01	€ -13,73	€ 387,13	50	2,53%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 12 cm)</b>	H01.04.02	€ -24,50	€ 774,26	50	1,97%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 14 cm)</b>	H01.04.03	€ -32,66	€ 1.161,39	50	1,43%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 16 cm)</b>	H01.04.04	€ -38,21	€ 1.548,52	50	0,86%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 18 cm)</b>	H01.04.05	€ -43,42	€ 1.935,65	50	0,46%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 20 cm)</b>	H01.04.06	€ -48,63	€ 2.322,78	50	0,18%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 22 cm)</b>	H01.04.07	€ -51,23	€ 2.709,91	50	-0,22%	Não	
<b>Solução base (paredes com EPS de 24 cm)</b>	H01.04.08	€ -53,84	€ 3.097,04	50	-0,54%	Não	

### 3.3.3.3. Aumento da camada de isolante na cobertura interior

Na cobertura interior (pavimento que separa o piso 1 do desvão cobertura) originalmente havia uma camada de EPS de 10cm e foi feito o aumento gradual da espessura da camada de EPS de 2 em 2cm até ao limite de 24cm. A variação dos indicadores energéticos está presente na tabela abaixo e o gráfico relativo está apresentado na Figura 32. O cálculo dos coeficientes de transmissão térmica está detalhado no Anexo C.

Tabela 41: Indicadores energéticos para a alteração da camada de EPS na cobertura interior.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/ Nt	Uasc (W/(m <sup>2</sup> . C))	Udes (W/(m <sup>2</sup> . C))	Classe en.
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	0,30	0,29	A
Solução base (cobertura int com EPS de 12 cm)	H01.04.09	65,08	-1,51%	3,87	-2,76%	0,50	0,26	0,25	A
Solução base (cobertura int com EPS de 14 cm)	H01.04.10	64,34	-2,64%	3,79	-4,85%	0,49	0,23	0,22	A
Solução base (cobertura int com EPS de 16 cm)	H01.04.11	63,59	-3,77%	3,70	-6,91%	0,49	0,20	0,19	A
Solução base (cobertura int com EPS de 18 cm)	H01.04.12	63,09	-4,52%	3,70	-7,06%	0,48	0,18	0,18	A
Solução base (cobertura int com EPS de 20 cm)	H01.04.13	62,59	-5,27%	3,64	-8,44%	0,48	0,16	0,16	A
Solução base (cobertura int com EPS de 22 cm)	H01.04.14	62,35	-5,65%	3,62	-9,12%	0,48	0,15	0,15	A
Solução base (cobertura int com EPS de 24 cm)	H01.04.15	62,10	-6,02%	3,59	-9,80%	0,47	0,14	0,14	A

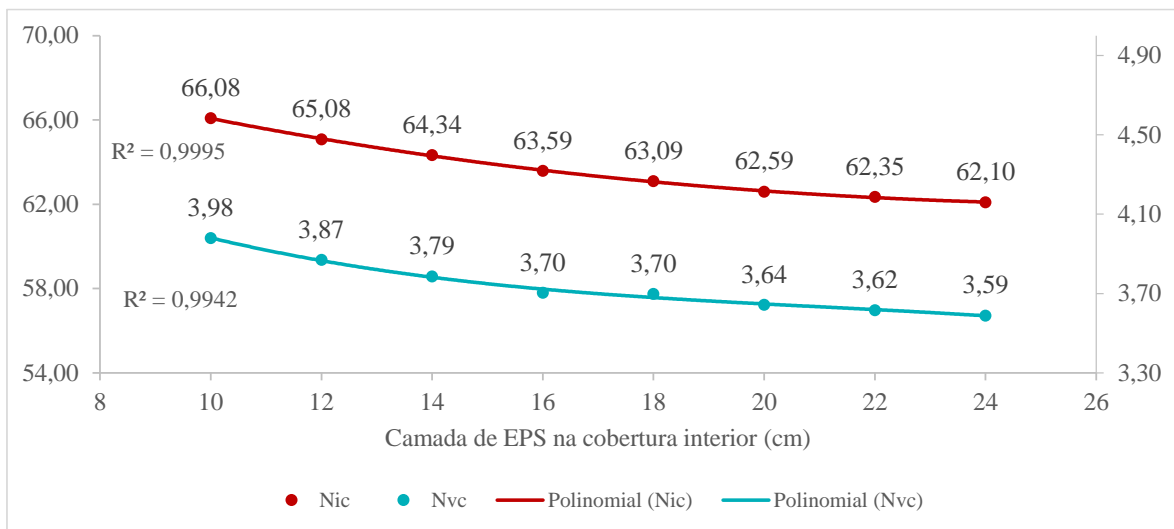


Figura 32: Variação de Nic e Nvc para a alteração da camada de EPS na cobertura interior.

A curva de ajuste tanto para os valores de Nic, quanto para os valores de Nvc, é uma curva polinomial de grau 3. Os valores de ajuste R estão descritos no gráfico da figura acima.

Os dados e cálculo detalhado da TIR estão descritos nos anexos correspondentes e resumidos na Tabela 42. O período de estudo considerado foi de 50 anos, conforme estudo do ciclo de vida de materiais para isolamento térmico (Gomes, Silvestre and de Brito, 2019). Vê-se que a TIR tende a diminuir à medida que é adicionada mais camada de isolamento térmico.

Tabela 42: Indicadores econômicos para as alterações da camada de EPS na cobertura interior.

Descrição da solução	ID	Δ custos operação (€/ano)		Investimento	Período estudo (anos)	TIR	Viável?	
<b>Edifício NZEB</b>	H01	€	-	€	-	0	-	
Solução base (cobertura int com EPS de 12 cm)	H01.04.09	€	-5,50	€	242,07	50	0,51%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 14 cm)	H01.04.10	€	-9,62	€	484,14	50	-0,02%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 16 cm)	H01.04.11	€	-13,75	€	726,21	50	-0,21%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 18 cm)	H01.04.12	€	-16,50	€	968,28	50	-0,61%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 20 cm)	H01.04.13	€	-19,25	€	1.210,35	50	-0,86%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 22 cm)	H01.04.14	€	-20,62	€	1.452,42	50	-1,27%	Não
Solução base (cobertura int com EPS de 24 cm)	H01.04.15	€	-22,00	€	1.694,49	50	-1,58%	Não

### 3.3.3.4. Alteração das cores externas

Outra variação importante a ser avaliada é em relação às cores das envolventes. O edifício original possuía paredes e cobertura de cor clara e tais cores foram alteradas para avaliar a variação dos indicadores energéticos, presentes na tabela abaixo. Vale ressaltar que, apesar da parede possuir maior área, a utilização da cobertura de cores diferentes foi o que influenciou mais na variação dos indicadores energéticos. Não foi feita a avaliação econômica desse pacote de experimentos, pois não é possível estimar o investimento.

Tabela 43: Indicadores energéticos para a alteração das cores da envolvente.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/Nt	Nvc/Nv
<b>Edifício NZEB</b>	H01	66,08		3,98		0,50	0,36
Solução base (parede cor média)	H01.04.16	66,08	0,00%	4,21	5,86%	0,50	0,38
Solução base (parede cor escura)	H01.04.17	66,08	0,00%	4,95	24,35%	0,53	0,45
Solução base (cobertura cor média)	H01.04.18	66,08	0,00%	4,34	9,05%	0,50	0,40
Solução base (cobertura cor escura)	H01.04.19	66,08	0,00%	5,50	38,20%	0,53	0,50

### 3.3.3.5. Mudança na inércia térmica

Para avaliar a influência da inércia térmica no edifício residencial foram feitas algumas alterações na constituição dos elementos. Para atingir a inércia térmica média, as alterações foram as seguintes:

- Substituição do revestimento em pavimento cerâmico em todos os pavimentos por madeira. Assim, o fator de redução da massa superficial útil ( $r_i$ ) passou de 1,00 para 0,50.
- Além da alteração do fator  $r_i$ , no pavimento da envolvente interior, que separa a garagem do piso 1, diminuiu-se a camada de EPS para 1,5cm de modo a manter o mesmo coeficiente de transmissão térmica;

- Além da alteração do fator  $r_i$ , no pavimento térreo, diminuiu-se a camada de regularização para 5,5cm e a camada de EPS para 1,5cm de modo a manter a mesma resistência térmica;
- Utilização de isolamento pelo interior no pavimento térreo, ficando assim o  $M_{si}$  do elemento igual a 58,75kg/m<sup>2</sup>.
- Utilização de paredes de compartimentação em gesso cartonado, ficando assim com  $M_{si}$  do elemento igual a 70,00kg/m<sup>2</sup> e  $r_i$  igual a 0,50.
- Com todas as alterações citadas acima, o novo valor da inércia térmica é de 367,90kg/m<sup>2</sup>.

Para atingir a inércia térmica fraca, as alterações foram as seguintes:

- Todas as alterações feitas para atingir a inércia térmica média;
- Utilização de isolamento térmico pelo interior nas paredes exteriores, fazendo com que a massa superficial das paredes e pilares seja igual a 15,00kg/m<sup>2</sup> ;
- Utilização de revestimento nas paredes externas com pedra calcária muito macia, fazendo com que o fator  $r_i$  passe de 1,00 para 0,50. A camada de isolamento térmico em EPS foi reduzida de forma a manter o coeficiente de transmissão térmica dos elementos;
- Utilização de isolamento térmico pelo interior na parede interior, que separa a sala de estar / cozinha da garagem, fazendo com que a massa superficial seja igual a 38,00kg/m<sup>2</sup> ;
- Na cobertura interior, a camada de betonilha diminuiu para 2 cm para reduzir a massa superficial do elemento (antes 141,00kg/m<sup>2</sup> e agora 47,00kg/m<sup>2</sup>). O coeficiente de transmissão térmica não foi alterado;
- No pavimento térreo, a camada de regularização diminuiu para 2 cm e a camada de betonilha aumentou para 25cm para reduzir a massa superficial do elemento (antes 62,50kg/m<sup>2</sup> e agora 32,50kg/m<sup>2</sup>). A resistência térmica do elemento não foi alterada;
- Com todas as alterações citadas acima, o novo valor da inércia térmica é de 146,63kg/m<sup>2</sup>.

A variação dos indicadores energéticos para esse pacote está descrita na tabela abaixo.

Tabela 44: Indicadores energéticos para a alteração da inércia térmica.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/ Nt	Class e en.	Δ custos operação (€/ano)
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	A	-
Solução base (inércia térm média)	H01.04.20	67,06	1,48%	5,77	45,04%	0,54	B	€ 5,42
Solução base (inércia térm fraca)	H01.04.21	68,84	4,19%	7,44	86,86%	0,56	B	€ 15,28

### 3.3.4. Alteração da localização

A altitude do edifício modelo era de 674m, referente à altitude da Praça da Sé, em Bragança. Para avaliar o impacto da alteração da localização numa mesma zona climática foram feitas alterações na altitude do edifício.

Nos experimentos H01.07.03, H01.07.02 e H01.07.01 a alteração foi de -20m, -40m e -60m respetivamente. Nos experimentos H01.07.04, H01.07.05 e H01.07.06 a alteração foi de +20m, +40m e +60m respetivamente.

Também foram feitos experimentos para uma variação de +100m (H01.07.07) e +200m (H01.07.08). Não foram feitos experimentos para uma variação de -100m (ou 574m) e -200m (ou 474m), pois haveria mudança na zona climática do edifício. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela abaixo e no gráfico da Figura 33. Não foi feita a avaliação econômica desse pacote de experimentos, pois não é possível estimar o investimento.

Tabela 45: Indicadores energéticos para as alterações de localização.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Ntc/Nt	Δ custos operação (€/ano)	Classe en.
Solução base (Altitude 614m)	H01.07.01	61,99	-6,19%	5,14	29,08%	0,51	-€ 22,60	B
Solução base (Altitude 634m)	H01.07.02	63,35	-4,13%	4,72	18,60%	0,49	-€ 15,08	A
Solução base (Altitude 654m)	H01.07.03	64,71	-2,07%	4,33	8,92%	0,50	-€ 7,54	A
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	€ -	A
Solução base (Altitude 694m)	H01.07.04	67,44	2,07%	3,65	-8,19%	0,51	€ 7,55	B
Solução base (Altitude 714m)	H01.07.05	68,80	4,11%	3,35	-15,71%	0,51	€ 15,02	B
Solução base (Altitude 734m)	H01.07.06	70,17	6,19%	3,08	-22,59%	0,52	€ 22,58	B
Solução base (Altitude 774m)	H01.07.07	72,90	10,33%	2,60	-34,68%	0,53	€ 37,70	B
Solução base (Altitude 814m)	H01.07.08	75,63	14,45%	2,20	-44,76%	0,54	€ 52,76	B
Solução base (Altitude 854m)	H01.07.09	78,37	18,60%	1,86	-53,15%	0,55	€ 67,92	B
Solução base (Altitude 894m)	H01.07.10	81,12	22,76%	1,59	-60,17%	0,56	€ 83,09	B

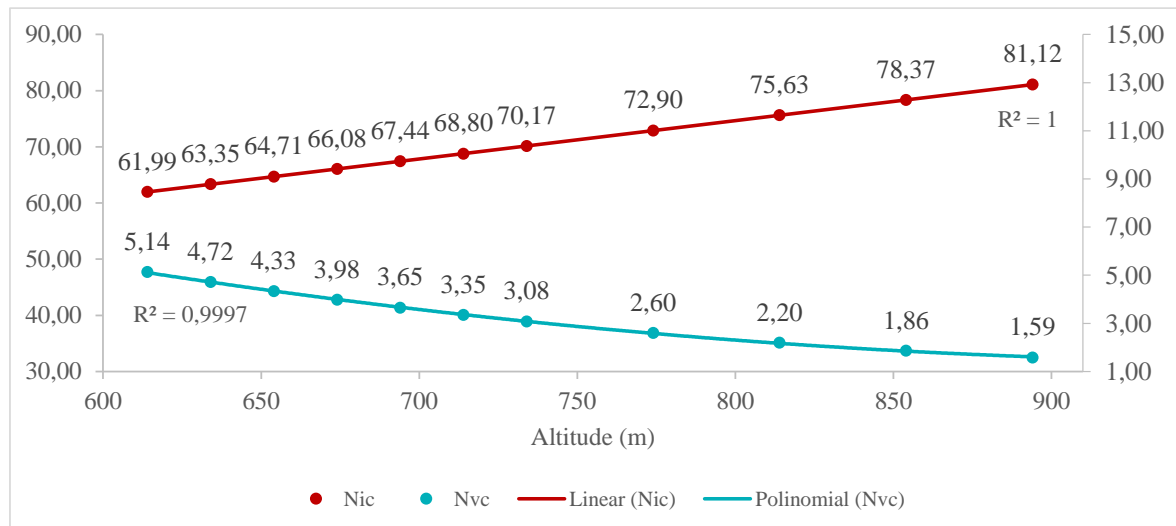


Figura 33: Variação de Nic e Nvc para a alteração da altitude.

A curva de ajuste para os valores de Nic é uma equação linear e para os valores de Nvc é uma curva polinomial de grau 2. Os valores de ajuste R estão descritos no gráfico da figura acima.

### 3.3.5. Alteração da ventilação

O experimento H01.05.01 consiste na substituição das grelhas autorreguláveis de 10Pa por grelhas autorreguláveis de 2Pa do modelo THM90 EVO e caudal para as grelhas autorreguláveis a 2Pa é de 50m<sup>3</sup>/h/m totalizando um caudal de 383,90m<sup>3</sup>/h e um rph de 0,60h<sup>-1</sup>.

O experimento H01.05.02 consiste na adição de mais 2 condutas de ventilação natural semelhantes aos que já existem nas instalações sanitárias e as grelhas de ventilação embutidas nas janelas continuam as mesmas que no edifício modelo. O rph dessa simulação é de 0,53h<sup>-1</sup>.

Para os experimentos H01.05.02 a H01.05.19 foi adotado um sistema de ventilação mecânica controlada (VMC) descentralizado da marca Elicent, modelo REC Duo 100, que fornece um caudal de ventilação máximo de 40m<sup>3</sup>/h por aparelho, além disso, o fabricante informa que o sistema possui uma taxa de recuperação de calor de 90%. Os ventiladores são posicionados na parede conforme ilustrado na figura abaixo.



Figura 34: Ilustração do modo de funcionamento e instalação do VMC da Elicent. Fonte: adaptado de (Elicent, 2021).

Nos experimentos H01.05.02 e H01.05.03 foram adicionados 8 ventiladores do sistema de VMC e manteve-se 1 exaustor do banheiro de modo a atingir o rph de 0,50h<sup>-1</sup>, mínimo exigido pela legislação. O experimento H01.05.03 manteve as mesmas configurações do experimento H01.05.02, com a única diferença de não haver recuperação de calor no sistema. Esse experimento é uma simulação, visto que não há sistema de VMC fornecido pela empresa sem recuperação de calor.

Nos experimentos H01.05.04 e H01.05.05 um novo ventilador foi adicionado, no entanto para o primeiro, foi adicionado um ventilador para admissão de ar (totalizando uma taxa de 200m<sup>3</sup>/h para admissão e 160m<sup>3</sup>/h para exaustão) e no segundo foi adicionado um ventilador para exaustão de ar (totalizando uma taxa de 160m<sup>3</sup>/h para admissão e 200m<sup>3</sup>/h para exaustão). Em ambos experimentos o rph foi de 0,59h<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 46. Não foi feita avaliação econômica para os experimentos, pois todos geram maiores custos de operação.

Tabela 46: Indicadores energéticos para as alterações de características de ventilação.

Descrição da solução	ID	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nic	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Δ Nvc	Rph	Ntc/Nt	Δ custos operação (€/ano)	Investimento	Classe en.
Edifício NZEB	H01	66,08		3,98		0,50	0,50	€ -	€ -	A
Solução base (rph = 0,60 grelha 2Pa)	H01.05.01	70,72	7,02%	3,79	-4,70%	0,60	0,52	€ 25,62	€ 156,86	B
Solução base (rph = 0,53 com mais condutas)	H01.05.02	67,71	2,47%	3,98	0,00%	0,53	0,51	€ 9,01	€ 256,84	B
Solução base (rph = 0,5 com VMC)	H01.05.03	66,26	0,28%	3,99	0,38%	0,49	0,68	€ 1,01	€ 505,72	B
Solução base (rph = 0,5 VMC sem rec calor)	H01.05.04	66,44	0,55%	3,98	0,00%	0,49	0,68	€ 2,01	€ -	B
Solução base (rph = 0,59 com VMC - admissão 200 exaustão 160)	H01.05.05	67,88	2,72%	4,00	0,48%	0,59	0,71	€ 9,93	€ 622,30	B
Solução base (rph = 0,59 com VMC - admissão 160 exaustão 200)	H01.05.06	67,92	2,79%	3,99	0,38%	0,59	0,71	€ 10,18	€ 622,30	B
Solução base (rph = 0,6 com VMC - admissão 200 exaustão 200)	H01.05.07	69,78	5,61%	3,87	-2,79%	0,60	0,74	€ 20,47	€ 867,30	B
Solução base (rph = 0,71 com VMC - admissão 240 exaustão 200)	H01.05.08	72,84	10,23%	3,63	-8,90%	0,71	0,78	€ 37,35	€ 1.112,30	B-
Solução base (rph = 0,71 com VMC - admissão 200 exaustão 240)	H01.05.09	72,84	10,23%	3,63	-8,90%	0,71	0,78	€ 37,35	€ 1.112,30	B-
Solução base (rph = 0,72 com VMC - admissão 240 exaustão 240)	H01.05.10	74,75	13,12%	3,48	-12,52%	0,72	0,82	€ 47,90	€ 1.357,30	B-
Solução base (rph = 0,83 com VMC - admissão 280 exaustão 240)	H01.05.11	77,81	17,75%	3,26	-18,02%	0,83	0,86	€ 64,80	€ 1.602,30	B-
Solução base (rph = 0,83 com VMC - admissão 240 exaustão 280)	H01.05.12	77,85	17,82%	3,26	-18,09%	0,83	0,86	€ 65,05	€ 1.602,30	B-
Solução base (rph = 0,84 com VMC - admissão 280 exaustão 280)	H01.05.13	79,72	20,64%	3,13	-21,26%	0,84	0,90	€ 75,37	€ 1.847,30	B-
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 320 exaustão 280)	H01.05.14	82,78	25,28%	2,94	-26,19%	0,95	0,94	€ 92,28	€ 2.092,30	B-
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 280 exaustão 320)	H01.05.15	82,83	25,35%	2,93	-26,26%	0,95	0,94	€ 92,53	€ 2.092,30	B-
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 320 exaustão 320)	H01.05.16	84,69	28,17%	2,82	-29,10%	0,95	0,98	€ 102,85	€ 2.337,30	B-
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 360 exaustão 320)	H01.05.17	87,76	32,81%	2,65	-33,50%	1,07	1,02	€ 119,78	€ 2.582,30	C
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 320 exaustão 360)	H01.05.18	87,80	32,88%	2,64	-33,58%	1,07	1,02	€ 120,03	€ 2.582,30	C
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 360 exaustão 360)	H01.05.19	89,67	35,70%	2,54	-36,11%	1,07	1,05	€ 130,35	€ 2.827,30	C

### 3.3.6. Alteração dos sistemas ativos

Foram feitos experimentos com 6 diferentes sistemas técnicos, descritos nos subcapítulos a seguir.

#### 3.3.6.1. Solução 1 (S1)

A solução 1 é a que está sendo utilizada no edifício modelo HAB, que possui o sistema solar térmico para preparação de AQS (supre 82% das necessidades), com suporte de um esquentador a gás natural para suprir as restantes 18% das necessidades de AQS.

Para a climatização, o sistema utilizado é o ar condicionado multisplit (ar-ar) da marca Vaillant e foi utilizado um sistema 4x1 (1 unidade exterior e 4 unidades interiores) e outro sistema 2x1 (1 unidade exterior e 2 unidades interiores) de modelo VAM 5-113 W408 / 8 kW.

A potência calorífica nominal do sistema é de 9,5kW, com eficiência sazonal SCOP = 4,0 (classe A+), fornecendo um  $E_{ren,aq}$  = 6442,62 kWh/ano. A potência frigorífica nominal do sistema é de 8kW, com eficiência sazonal SEER = 6,1 (classe A++), fornecendo um

$Eren_{arr} = 420,51 \text{ kWh}$ , mas não é considerada no cálculo, pois o fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento é igual a zero. A energia foi calculada com a equação 139 do Despacho nº 6476-H/2021 – Manual SCE.

A energia para aquecimento de águas sanitárias continua a mesma  $Eren_{AQS} = 1952,00 \text{ kWh/ano}$ . A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 1.

Tabela 47: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 1.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.01 - Solução 1				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80
AQS	Gás Natural	Esquentador a gás natural	0,89	€ 842,90
aq	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	4,00	€ 5.137,26
arr			6,10	
<b>Total</b>				<b>€ 9.695,96</b>
		Valor	Custo anual	
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		66,08	€ 365,08	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		3,98	€ -	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		18,29	€ 43,28	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)		44,97	€ 408,36	
Ntc/Nt		0,50	-	
Classe en		A	-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

### 3.3.6.2. Solução 2 (S2)

Na solução 2 fez-se a substituição do apoio à produção de AQS, na solução 1 era com esquentador a gás natural e na solução 2 é com um termoacumulador a eletricidade. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 2.

Tabela 48: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 2.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.02 - Solução 2 (SST + a/c + termoacumulador elétrico)				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80
AQS	Eletricidade	Termoacumulador elétrico	0,95	€ 321,20
aq	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	4,00	€ 5.137,26
arr			6,10	
<b>Total</b>				<b>€ 9.174,26</b>
		Valor	Custo anual	
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		66,08	€ 365,08	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		3,98	€ -	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)		18,29	€ 80,84	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)		50,39	€ 445,92	
Ntc/Nt		0,43	-	
Classe en		A	-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

### 3.3.6.3. Solução 3 (S3)

Nesse experimento fez-se a substituição do sistema solar térmico e do sistema multisplit por uma bomba de calor que faz todas as funções. O equipamento é da marca Daikin, modelo Altherma 3, com gás R-32 e no valor de investimento já está incluso um depósito de AQS de 200 litros, bem como um depósito de inércia de 26 litros. A climatização dos ambientes internos é feita por 3 ventiloconvectores distribuídos pelos quartos e outros 3 distribuídos pelo rés de chão e área de circulação.

A potência calorífica nominal é de 9kW, com eficiência COP 4,91. A potência frigorífica nominal é de 9kW, com eficiência EER 5,34. O cálculo do fornecimento de energia é feito de acordo com a equação 139 do Despacho nº 6476-H/2021 – Manual SCE e a produção anual de energia para aquecimento  $Eren_{aq}$  é de 6840,64kWh, para AQS  $Eren_{AQS}$  é de 1893,11kWh. A produção anual de energia para arrefecimento  $Eren_{arr}$  é de 420,51kWh, mas não é considerada no cálculo, pois o fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento é igual a zero. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 3.

Tabela 49: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 3.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.03 - Solução 3 (bomba de calor + ventiloconvector)				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Eletricidade	Bomba de calor	4,91	€ 8.302,92
aq				
arr			5,34	
aq	Ventiloconvectores para climatização dos ambientes			€ 3.900,00
arr	(6 un)			
<b>Total</b>				<b>€ 12.202,92</b>
	<b>Valor</b>	<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	297,42	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	82,32	
Ntc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	42,96	€	379,74	
Ntc/Nt	0,46		-	
Classe en	A		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

### 3.3.6.4. Solução 4 (S4)

A solução 4 é semelhante à solução 3, diferindo apenas no uso de pavimento radiante para climatização dos ambientes. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 4.

Tabela 50: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 4.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.04 - Solução 4 (bomba de calor + pav radiante)				
<b>Função</b>	<b>Fonte de energia</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Investimento</b>
AQS	Eletricidade	Bomba de calor	4,91	€ 8.302,92
aq			5,34	
arr				
aq	Pavimento radiante para climatização dos ambientes (área de climatização = 130m <sup>2</sup> / Valor por m <sup>2</sup> = 77,03)			€ 10.013,90
arr				
<b>Total</b>				<b>€ 18.316,82</b>
		<b>Valor</b>	<b>Custo anual</b>	
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	297,42	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	82,32	
Ntc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	42,96	€	379,74	
Ntc/Nt	0,46		-	
Classe en	A		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

### 3.3.6.5. Solução 5 (S5)

Na solução 5 utilizou-se uma caldeira de biomassa para fazer aquecimento e preparação de AQS do edifício. Trata-se de uma caldeira de combustão de pellets da marca Solzaima, modelo SZM a 24 com depósito de pellets de 45kg de capacidade. O equipamento possui uma potência térmica nominal de 24kW, rendimento de 90% e classe energética A+. A distribuição do aquecimento pela residência é feito por meio de 8 radiadores distribuídos pela habitação. Cada radiador é feito de alumínio projetado, possui altura de 425mm e 14 elementos de 80mm de largura.

O cálculo do fornecimento de energia é feito de acordo com a equação 135 do Despacho n° 6476-H/2021 – Manual SCE. A produção anual de energia para aquecimento  $Eren_{aquecimento}$  é de 9544,62kWh e para AQS é de  $Eren_{AQS}$  é de 2641,43kWh. Vale ressaltar que para esse experimento a classe energética da habitação passou de A para A+. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 5.

Tabela 51: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 5.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.05 - Solução 5 (caldeira a biomassa + a/c)				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Biomassa	Caldeira a pellets	0,90	€ 3.299,00
aq				
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito para AQS			€ 713,46
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (8 unidades a 240,93 euros cada)			€ 1.927,44
<b>Total</b>				<b>€ 11.077,16</b>
		Valor	Custo anual	
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	477,23	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	132,09	
Ntc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	€	609,32	
Ntc/Nt	0,00		-	
Classe en	A+		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

### 3.3.6.6. Solução 6 (S6)

A solução 6 utiliza uma caldeira de condensação a gás natural para fazer o preparo de AQS e aquecimento dos ambientes do piso 1 (58,5% da área útil). A caldeira é da marca Ariston, modelo Cares Premium e possui potência nominal de 23,5kW e eficiência de 97,5%. O sistema não produz energia renovável.

A climatização do rés de chão (41,5% da área útil) é feita com a utilização de uma salamandra a lenha de potência nominal de 7,5kW e rendimento de 75% e a produção anual de energia para aquecimento  $Eren_{aq}$  é de 4753,22kWh (calculado de acordo com a equação 132 do manual SCE)

O arrefecimento da habitação é feito pelo mesmo sistema de ar condicionado multisplit citado nas soluções anteriores. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 6.

Tabela 52: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 6.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.06 - Solução 6 (caldeira a gás + a/c + salamandra)				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Gás natural	Caldeira de condensação	0,98	€ 1.600,00
aq				
aq	Biomassa	Salamandra a lenha	0,75	€ 1.542,42
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito de água para climatização e AQS			€ 926,28
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (4 unidades a 240,93 euros cada)			€ 963,72
				<b>Total € 10.169,68</b>
	<b>Valor</b>	<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	704,83	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	219,48	
Ntc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	59,42	€	924,31	
Ntc/Nt	0,49		-	
Classe en	A		-	
OBS: Custo de aquecimento para a salamandra é de €229,27 e para a caldeira é de €475,76				
Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento				

a lenha, é considerado o valor padrão de 0,75 para a eficiência do equipamento, que não contribui para a parcela de energia renovável. Assim

### 3.3.6.7. Solução 7 (S7)

A solução 7 utiliza o sistema solar térmico utilizado na solução 1 para fazer a produção de AQS e supre 82% das necessidades. A mesma caldeira de condensação a gás natural da solução anterior é utilizada para apoio à produção de AQS e para o aquecimento de toda a habitação.

O arrefecimento da habitação é feito pelo mesmo sistema de ar condicionado multisplit citado nas soluções anteriores. A tabela abaixo trás mais detalhes referentes à solução 7 e como é possível perceber, o edifício HAB não cumpre o requisito do DL 101-D/2020 referente ao rácio de Ntc/Nt.

Tabela 53: Investimento, indicadores energéticos e custo para climatização e AQS da solução 7.

<b>ID melhoria</b>				
H01.06.07 - Solução 7 (caldeira a gás + a/c + SST)				
Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Gás natural	Caldeira de condensação	0,98	€ 1.600,00
aq				
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito de água para climatização e AQS			€ 926,28
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (8 unidades a 240,93 euros cada)			€ 1.927,44
				<b>Total € 13.306,78</b>
	Valor	Custo anual		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	792,94	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	43,28	
Ntc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	71,45	€	836,22	
Ntc/Nt	<b>0,59</b>		-	
Classe en	B		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

A solução 7 é uma solução muito comum nas residências transmontanas e, para o edifício NZEB em estudo, já não pode mais ser adotada. Nesse caso, deveria ser adotada uma caldeira com maior eficiência ou aumentar a produção de energia renovável fornecida pelo sistema solar térmico.

### 3.3.6.8. Comparação entre soluções

Para a alteração dos sistemas técnicos julgou-se mais pertinente fazer uma comparação entre todas as soluções possíveis, ao invés de simplesmente comparar as soluções 2 a 5 com a solução 1. Para os experimentos dos capítulos anteriores, a solução base deveria ser utilizada para cumprir os requisitos do DL 101-D/2020, mas para cumprimento dos requisitos de Ntc/Nt e porcentagem de uso de energia renovável há diversas opções no mercado.

Comparou-se as soluções entre si, calculando a diferença entre os investimentos e entre os custos anuais gerados por eles. Foi calculada a TIR utilizando um período de estudo de 20 anos e na tabela abaixo é possível consultar os valores obtidos. Para algumas comparações não foi possível calcular a TIR, pois apresentam variação de investimento e variação de custos positiva ou não apresentam variação de custos.

Os experimentos possuem ID do tipo H01.06.xx, onde xx representa o número da solução (por exemplo, o ID H01.06.01 representa a solução 1). A solução 7 não será comparada por não estar de acordo com o DL 101-D/2020.

Tabela 54: Cálculo da TIR para comparação entre os experimentos de sistemas técnicos.

ID	Em relação a	$\Delta$ inv	$\Delta$ custos anuais	TIR
H01.06.01	H01.06.02	€ 521,70	-€ 37,56	3,76%
H01.06.03	H01.06.01	€ 2.506,96	-€ 28,62	-11,23%
H01.06.04	H01.06.01	€ 8.620,86	-€ 28,62	-18,22%
H01.06.05	H01.06.01	€ 1.381,20	€ 200,96	N/A
H01.06.06	H01.06.01	€ 473,72	€ 515,95	N/A
H01.06.03	H01.06.02	€ 3.028,66	-€ 66,18	-6,85%
H01.06.04	H01.06.02	€ 9.142,56	-€ 66,18	-13,98%
H01.06.05	H01.06.02	€ 1.902,90	€ 163,40	N/A
H01.06.06	H01.06.02	€ 995,42	€ 478,39	N/A
H01.06.04	H01.06.03	€ 6.113,90	€ -	N/A
H01.06.03	H01.06.05	€ 1.125,76	-€ 229,58	19,85%
H01.06.03	H01.06.06	€ 2.033,24	-€ 544,57	26,54%
H01.06.04	H01.06.05	€ 7.239,66	-€ 229,58	-3,99%
H01.06.04	H01.06.06	€ 8.147,14	-€ 544,57	2,94%
H01.06.05	H01.06.06	€ 907,48	-€ 314,99	34,62%

Considerando que, para  $TIR \geq 3,7\%$  um investimento é considerado atrativo, os resultados apontam que:

- Entre as soluções 1 e 2, considerando o ar condicionado para climatização da habitação, convém que o apoio ao sistema solar térmico para produção de AQS seja feito por um esquentador a gás natural ao invés do termoacumulador elétrico;
- Utilizar a bomba de calor com ventiloconvectores (S3) é mais conveniente do que utilizar a caldeira a biomassa para aquecimento e produção de AQS e o ar condicionado para arrefecimento (S5). Vale ressaltar que para a solução 5 o ar condicionado corresponde a 46,7% do investimento, seria utilizado apenas para arrefecimento em aproximadamente 3 meses do ano;
- De igual forma, a utilização da solução 3 mostra-se mais conveniente em relação à solução 6, que utiliza a caldeira de condensação para aquecimento e produção de AQS, salamandra para aquecimento do rés de chão e o ar condicionado para arrefecimento. Para a solução 6 o ar condicionado corresponde a 50,5% do investimento e não é possível retirar este equipamento do experimento, pois trata-se do sistema por defeito para arrefecimento (apesar do ar condicionado utilizado no experimento possuir maior eficiência que o sistema por defeito, ele teria que ser empregado e considerado nos cálculos);
- A utilização da solução 5 aparenta-se mais conveniente que a solução 6;
- A solução 6 utiliza a salamandra a lenha e o custo estimado para aquecimento apenas desse sistema é de €229,27. No concelho de Bragança é muito comum que as famílias possuam aldeias e que, por esse motivo, tenham acesso à lenha sem gastar dinheiro ou gastando muito pouco, assim, para essa situação específica a parcela dos custos poderia ser anulada e a comparação entre as soluções ativas poderia favorecer o uso da salamandra. Como o estudo de caso é mais genérico optou-se por não incluir essa opção nas soluções.
- A solução que utiliza a bomba de calor e pavimentos radiantes (S4) não se mostra conveniente quando comparada com as outras soluções. O pavimento radiante por si só representa 54,7% do investimento, mas esse sistema de climatização promove

maior conforto aos utilizadores devido à forma que o ambiente é aquecido ou arrefecido.

- Algumas pessoas não consideram o ar condicionado um sistema confortável, pois pode afetar a saúde ou simplesmente porque não gostam do barulho ou vento causado.
- Um sistema de aquecimento por salamandra a lenha pode promover um momento em família e conexão que ocorre porque as pessoas gostam de se reunir próximo ao equipamento e/ou pela experiência de ver o fogo. O sentimento de aconchego e conforto que o equipamento pode significar na vida de algumas pessoas não pode ser substituído pelo sentimento que o aquecimento utilizando ar condicionado ou radiadores pode causar.
- Geralmente as famílias não passam o dia todo em casa e os cálculos da legislação consideram que, no inverno, os ambientes internos estarão a 18°C em todas as horas e que, no verão, os ambientes internos estarão a 25°C em todas as horas. Assim, os custos apresentados são uma estimativa, pois o valor real vai depender da forma de uso da habitação.

## 4. Conclusões

---

A mudança na legislação portuguesa sobre o desempenho térmico de edifícios impacta principalmente o procedimento administrativo para a emissão do Pré Certificado Energético e do Certificado Energético, visto que a elaboração de um projeto de térmica não é mais necessária e a demonstração do cumprimento dos requisitos deve ser feita com grau de detalhe suficiente para verificação e estar contida nos diversos projetos de especialidades. Deste modo, torna-se necessário a criação de iniciativas para transferência de conhecimento entre os diferentes especialistas envolvidos no projeto de um edifício.

A metodologia de cálculo e os parâmetros utilizados nos mesmos apresentam poucas variações, sendo de fácil entendimento as mudanças ocorridas. Destaca-se a mudança do rácio máximo  $Nic/Ni$ ; na legislação regida pelo DL 118/2013 o valor máximo de  $Nic/Ni$  era de 0,75 para todas as zonas climáticas. Já na legislação regida pelo DL101-D/2020 o valor máximo de  $Nic/Ni$  depende da zona climática, tornando possível construir um edifício residencial com maiores necessidades de energia de aquecimento em zonas com o inverno mais rigoroso. Tal alteração representa uma mudança no entendimento e definição do conceito de NZEB.

Como visto no procedimento para adequação de um edifício que seria construído antes de 01 de janeiro de 2021 (antes das exigências relacionadas aos NZEB) para um edifício que seria construído após 01 de julho de 2021 vê-se que, para a melhoria do desempenho térmico do edifício estudado é preferível iniciar as alterações dos parâmetros dos componentes com menor impacto no resultado global, por exemplo através do aumento do isolamento dos elementos pertencentes à envolvente interior (coberturas, pavimentos e paredes interiores com requisitos de envolvente interior) e elementos em contato com o terreno (como o caso de pavimentos térreos), pois permitem uma maior margem de melhoria dos coeficientes de transmissão térmica já que os  $U$  máximos permitidos são maiores do que para a envolvente exterior.

A adequação do edifício modelo REH, que seguia o Decreto-Lei 118/2013, ao Decreto-Lei 101-D/2020 demonstrou que o edifício NZEB possui um desempenho energético mais elevado e menor potencial de agressão ao meio ambiente, por reduzir as emissões de GEE em aproximadamente 76% (e de fato, essa redução pode ser ainda maior). Os incentivos para a construção mais verde são de extrema importância para a diminuição da pegada ecológica dos edifícios. Os edifícios NZEB possuem um balanço no consumo e produção de energia e, no futuro, deve-se almejar atingir edifícios positivos, que produzem mais energia que consomem.

Em relação aos experimentos, os resultados obtidos para mudança de orientação da fachada demonstram pouca variação e podem promover confusão caso um profissional que não seja da área os veja. Ao analisar os dados de variação dos indicadores de aquecimento e arrefecimento não é possível concluir qual a melhor orientação da fachada, visto que a variação destes em relação à solução base é muito pequena.

A partir dos dados obtidos em relação às alterações nos vãos envidraçados, percebe-se que quanto maior sua área, maiores são as necessidades de arrefecimento e menores são as necessidades de aquecimento. É possível concluir que fachadas orientadas a este ou sul aproveitam melhor o calor do sol para aquecimento do interior no inverno, mas também causam uma maior relação  $N_{vc}/N_v$  e, se possível, recomenda-se o uso de soluções sazonais (dispositivos de oclusão como persianas ou estores ou palas) para promover o sombreamento nos vãos durante o verão. Assim, a consideração do arquiteto para cada caso é muito importante.

Em relação à coloração das envolventes do edifício, os dados confirmam que a utilização de paredes e cobertura de cor clara são benéficas. Para o edifício estudado, a utilização de paredes de cor clara fez com que as necessidades de arrefecimento diminuíssem aproximadamente 25%; já para a cobertura, a redução foi de aproximadamente 38% em relação ao uso de cores escuras. Vale a pena ressaltar que os rácios apresentam alta variação em percentagem, mas pouca variação numérica e não devem ser generalizados. A utilização de cores claras nas paredes e cobertura em outros edifícios também provocará reduções nas necessidades de arrefecimento, mas não necessariamente desta ordem de grandeza percentual.

Em relação à localização do edifício e conseqüente à sua altitude, destaca-se que, à medida que a altitude aumenta, as necessidades de aquecimento aumentam e as necessidades de arrefecimento diminuem, bem como as respectivas necessidades de referência. No entanto, maioria dos experimentos não cumpriu o requisito de  $N_{tc}/N_t$ .

Os experimentos referentes ao isolamento das envolventes demonstram que é preferível aumentar a espessura dos elementos que têm pouca ou nenhuma camada de isolamento térmico, visto que os gráficos de variação das necessidades de aquecimento e arrefecimento tendem a atingir um patamar e estabilizar à medida que a espessura aumenta. Também os valores da TIR tendem a diminuir à medida que a espessura aumenta indicando que o aumento da camada de isolante térmico é atrativo até certo ponto e não deve ser feito indiscriminadamente. De fato, os coeficientes de transmissão térmica máximos admitidos pelo DL 101-D/2020 correspondem ao valor ótimo definido a partir de estudos econômicos, sociais e ambientais.

Recomenda-se que os sistemas de ventilação mecânica sejam adotados caso as soluções que não consumam energia não sejam suficientes para promover uma taxa de renovação de ar aceitável. É preferível economizar os recursos e matérias primas de forma a evitar a necessidade do consumo de energia para o funcionamento dos sistemas mecânicos e, de fato,

em habitações unifamiliares tal utilização não é necessária visto que uma adequada ventilação natural é suficiente para cumprir os requisitos mínimos de taxa horária de renovação interior.

Em relação aos sistemas técnicos, a avaliação econômica sugere a adoção do sistema solar térmico para preparação de AQS e o emprego de bombas de calor para a climatização. No entanto, a avaliação feita não considera fatores como o período real de tempo que os sistemas serão utilizados (em termos diários e anuais) e obtenção de matéria prima por custos menores. Na zona climática estudada, como as necessidades de arrefecimento são muito baixas, as pessoas tendem a não fazer grandes investimentos nestes sistemas e investem prioritariamente em sistemas de preparação de AQS e aquecimento do ambiente interior. No entanto, para esse estudo o sistema de arrefecimento não poderia ser desconsiderado devido ao exigido na legislação DL101-D/2020. Portanto, a escolha do sistema técnico deve ser feita considerando o caso específico da família que o irá utilizar.

Por fim, após o estudo realizado nota-se que as exigências normativas consideram de forma acurada os parâmetros objetivos, mas o uso de medidas que visam a redução das necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia primária contribuem para um fator de valor incalculável para o ser humano: a vida. A aplicação de tais medidas contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa e uso de recursos naturais (diminuindo assim a pegada ecológica do edifício ao longo do seu ciclo de vida), promove benefícios à biodiversidade, à saúde e conforto dos usuários e é difícil incluir essa avaliação subjetiva nos métodos de avaliação econômica correntes no mercado. Outro fator que não foi considerado é que um edifício mais sustentável tem um maior valor no caso de uma possível venda futura, decorrente da consideração tanto de parâmetros objetivos, quanto de parâmetros subjetivos citados neste trabalho.

## **4.1. Trabalhos futuros**

A pesquisa feita neste trabalho pode ser ampliada com a realização de estudos mais complexos, sugere-se:

- Fazer o estudo do impacto de diferentes soluções com a utilização de simulação dinâmica.
- Fazer o estudo para diferentes sistemas técnicos, buscando sistemas inovadores passíveis de serem utilizados em edifícios residenciais. Também é interessante avaliar a utilização do painel fotovoltaico.
- Estudar as medidas prioritárias de aplicação em edifícios existentes que necessitam de reabilitação energética, estabelecendo uma hierarquia de sistemas/soluções construtivas que apresentem maior benefício no desempenho energético e possibilidade de aplicação.

## Referências

---

ADENE (2020) “Guia SCE-Conceitos e Definições (REH).”

ADENE (2021a) “Revisão regulamentar do SCE - Formação complementar.”

ADENE (2021b) *Sessão de esclarecimentos / Nova legislação do desempenho energético de edifícios - YouTube*. Available at: [https://www.youtube.com/watch?v=fWkq\\_ZO96Zk](https://www.youtube.com/watch?v=fWkq_ZO96Zk) (Accessed: September 27, 2021).

ANPC (2019) *Avaliação nacional de risco | Autoridade Nacional de Protecção Civil*.

APA (2021) *National Inventory Report-Portugal SUBMITTED UNDER THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE AND THE KYOTO PROTOCOL - Portuguese Environment Agency*.

BRE (2007) “Life Cycle Analyses of PVC versus timber window frames,” (235), p. 245.

de Brito, A.C. (2015) *Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo*.

Caixiave (no date) *Guia das Janelas Eficientes Caixiave*.

Climate Watch (2018) *Greenhouse Gas (GHG) Emissions European Union per sector*. Available at: [https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&calculation=CUMULATIVE&end\\_year=2018&gases=all-ghg&regions=EUU&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&calculation=CUMULATIVE&end_year=2018&gases=all-ghg&regions=EUU&start_year=1990) (Accessed: March 15, 2021).

Comini, R. *et al.* (2008) *Eficiência energética nos edifícios residenciais - Manual do Consumidor*.

*Decreto-Lei n.º 101-D/2020 (2020) Diário da República n.º 237/2020, 1º Suplemento, Série I de 2020-12-07*.

*Decreto-Lei n.º 118/2013 (2013) Diário da República*.

*Despacho 6476-E/2021 (2021)*.

*Despacho 6476-H/2021 (2021)*.

*Despacho 10346/2018 (2018)*.

*Despacho 15793-F/2013 (no date)*.

*Despacho 15793-J/2013 (2013)*.

DGEG (2021) “Programa SCE.ER disponibilizado pela DGEG para cálculos regulamentares do SCE relativos ao aproveitamento de energias renováveis, versão v1.7.0 de 07 de janeiro de 2020.” DGEG.

Dias, J.F.R. (2015) *Integração de Energias Renováveis num modelo de Edifício de Balanço Energético Quase Zero ( NZEB )*. Universidade Nova de Lisboa.

Elicent (2021) “Ficha técnica Elicent REC Duo 100.”

Fernandes, S. (2020) “Anotações de aula da matéria Física das Construções.”

Freitas, R.M., Manuel, N. and Ramos, M. (2014) “SISTEMAS TÉRMICOS EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO.”

Gomes, R., Silvestre, J.D. and de Brito, J. (2019) “Environmental Life Cycle Assessment of thermal insulation tiles for flat roofs,” 12(16). doi:10.3390/ma12162595.

Gonçalves, H. and Graça, J.M. (2004) *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*.

ICESD (2020) “Preliminary Results of 2010 Survey on Energy Consumption in Households - 2010,” (1), pp. 1–7. Available at: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdest\\_boui=107694566&DESTAQUESmodo=2%5Cnhttps://hoffice.files.wordpress.com/2011/08/20icesd2010.pdf](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=107694566&DESTAQUESmodo=2%5Cnhttps://hoffice.files.wordpress.com/2011/08/20icesd2010.pdf).

IPCC (2021) “The Physical Science Basis - Summary for Policymakers Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” Available at: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf) (Accessed: October 26, 2021).

*Lei n.º 58/2013* (2013).

LNEC (2006) “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios - ITE 50.”

Marsh, Dr.A.J. (2021) *Psychrometric Chart*. Available at: <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html> (Accessed: July 22, 2021).

NOAA (2021) *Temperature information 41.8 N, 7 W, NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published February 2021*. Available at: [https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/41.8,-7/land\\_ocean/12/12/1880-2021](https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/41.8,-7/land_ocean/12/12/1880-2021) (Accessed: June 11, 2021).

*Passivhaus Portugal* (2021) *Conceito, princípios e requisitos Passive House*. Available at: <http://passivhaus.pt/sobre?m=2> (Accessed: September 11, 2021).

*PNEC 2030* (no date).

*Portaria n.º 138-I/2021* (2021).

*Portaria n.º 349-A/2013* (2013) *Diário da República*.

*Portaria nº 349-B/2013* (2013).

“Portaria n.º 349-C/2013” (2013), (20), pp. 20–39.

*Poupa Energia* (2021) *Isolamentos Térmicos*. Available at: <https://poupaenergia.pt/dicas/isolamentos-termicos/> (Accessed: April 15, 2021).

Renson (2018) “CATÁLOGO INVISIVENT® AIR & INVISIVENT® COMFORT.”

*RNC 2050* (no date).

Ruegg, R.T. and Marshall, H.E. (1990) *Building Economics: Theory and practice*.

Santos, P.A.C. dos (2017) “Metodologias para implementação NZEB: aplicação a edifício unifamiliar novo,” p. 228.

Sirgado, J.F. da C. (2010) *Análise do impacto dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios*. Universidade Técnica de Lisboa.

Steinbach, J. and Staniaszek, D. (2015) “Discount rates in energy system analysis,” *Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Fraunhofer Institute*, (May), pp. 1–20.

*UNFCCC* (2016) *Paris Agreement - Status of Ratification*. Available at: <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification> (Accessed: March 17, 2021).

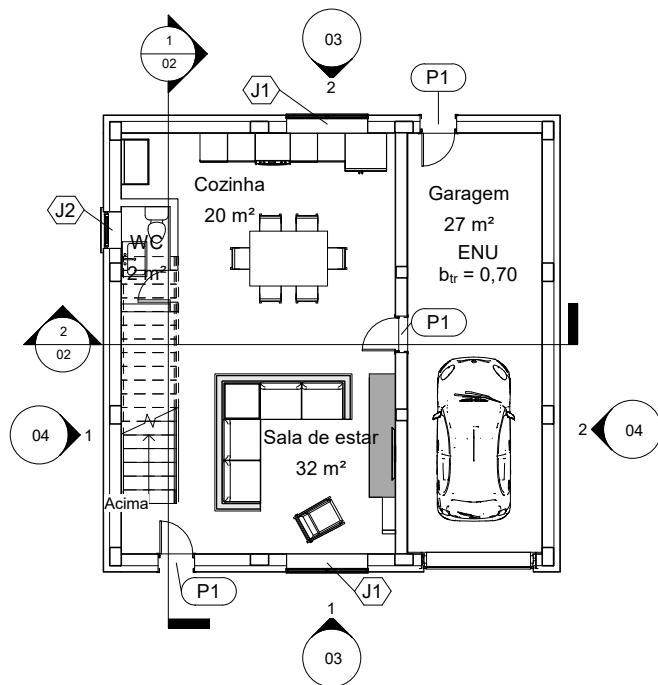
*UNFCCC* (2018) *Key aspects of the Paris Agreement*. Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement> (Accessed: March 17, 2021).

Vaz, A.J.F. *et al.* (2013) *Manual Biourb: Manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva*.

*World Weather Attribution* (2017) *Record June temperatures in western Europe*. Available at: <https://www.worldweatherattribution.org/european-heat-june-2017/> (Accessed: March 13, 2021).

## **Anexo A**

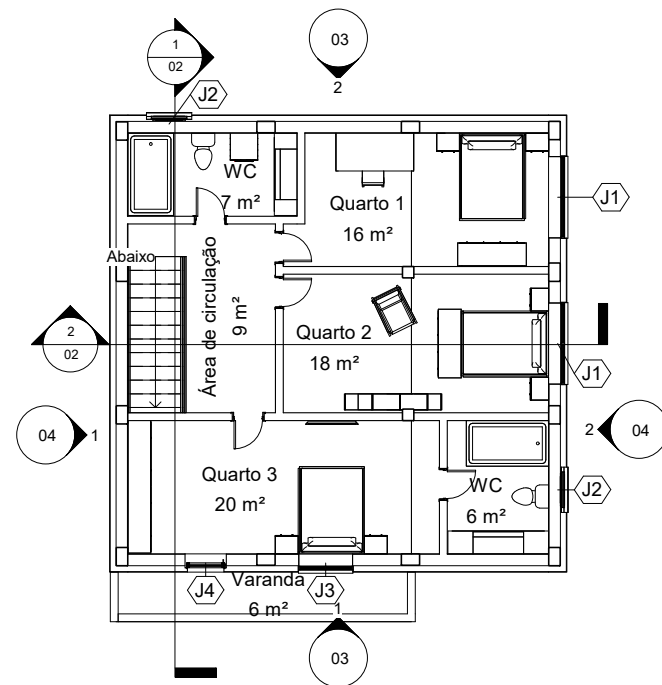
Planta, elevações e cortes do edifício modelo



1

01. Rés de chão

1 : 100



2

02. Piso 1

1 : 100



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

Planta - Rés de chão e 2º piso

Data: 10/11/2021 10:18:48

Folha:

Curso: Mestrado em Engenharia da Construção

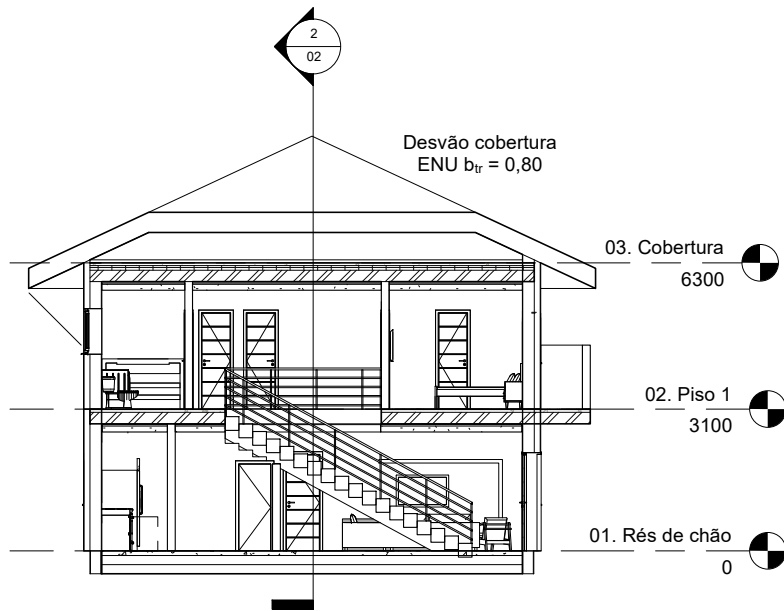
01 / 08

Professores orientadores: Sílvia Fernandes e Jorge Vaz

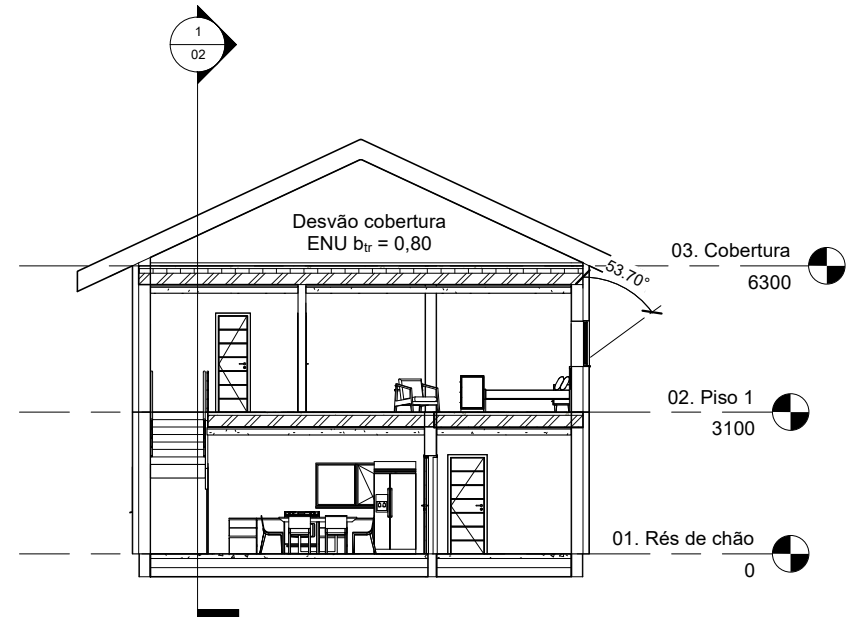
Aluna: Lize de Paula

Escala

1 : 100

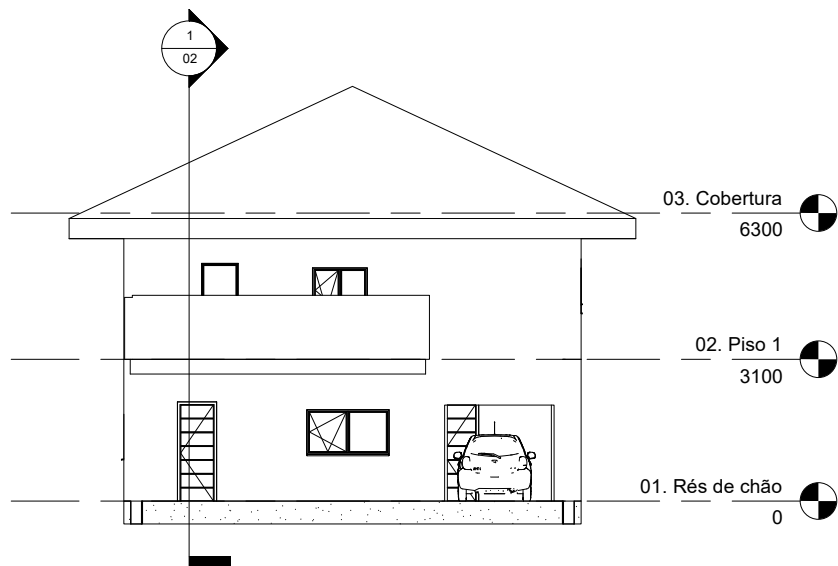


1 Corte 1  
1 : 100

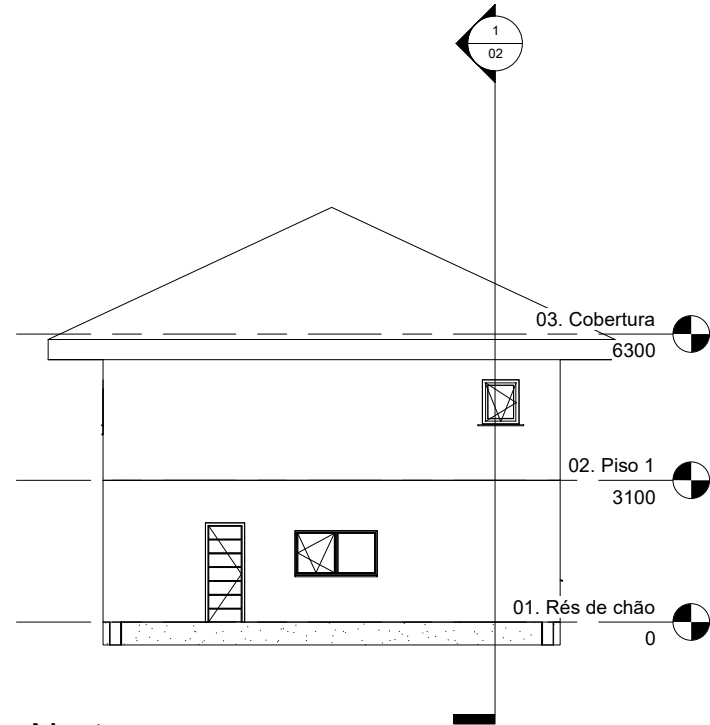


2 Corte 2  
1 : 100

 <b>ipb</b> INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		<b>Instituto Politécnico de Bragança</b>	
Cortes 1 e 2			
Data:	10/11/2021 10:18:50	Folha:	02 / 08
Curso:	Mestrado em Engenharia da Construção		
Professores orientadores:	Silvia Fernandes e Jorge Vaz		
Aluna:	Lize de Paula	Escala:	1 : 100

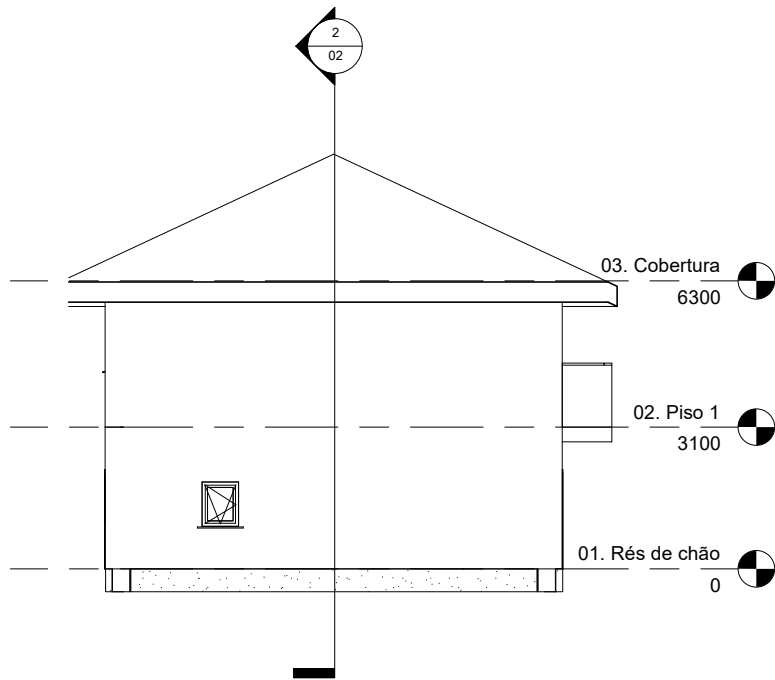


1 Sul  
1 : 100

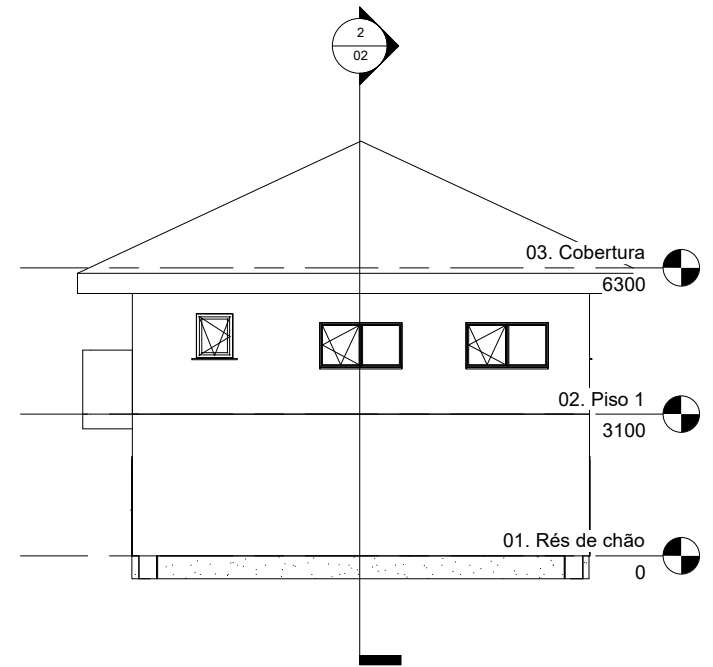


2 Norte  
1 : 100

		<b>Instituto Politécnico de Bragança</b>
<b>Elevações Norte e Sul</b>		
Data:	10/11/2021 10:18:50	Folha:
Curso:	Mestrado em Engenharia da Construção	03 / 08
Professores orientadores:	Silvia Fernandes e Jorge Vaz	
Aluna:	Lize de Paula	Escala: 1 : 100



1 Oeste  
1 : 100

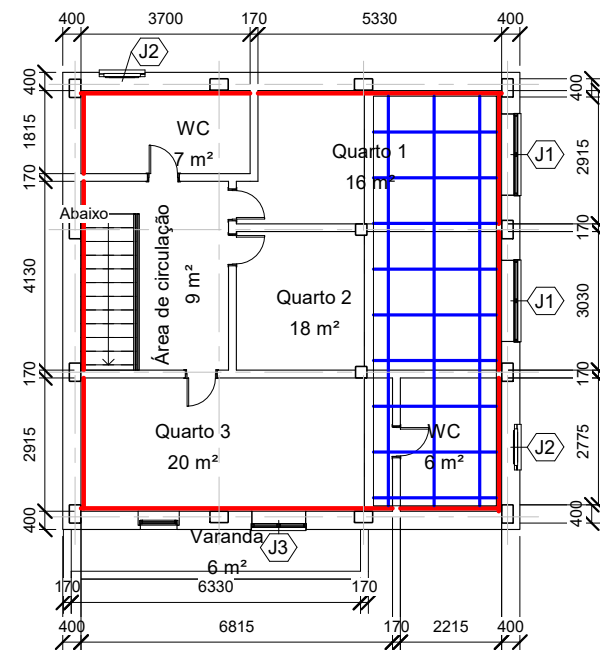
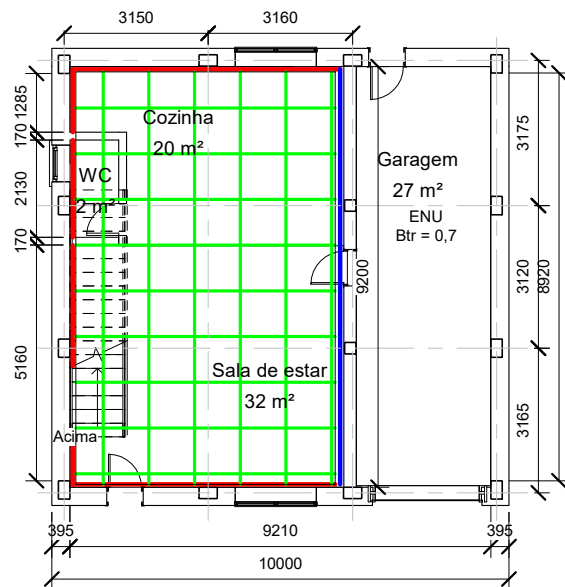


2 Leste  
1 : 100

		<b>Instituto Politécnico de Bragança</b>
<b>Elevações Oeste e Leste</b>		
Data:	10/11/2021 10:18:51	Folha:
Curso:	Mestrado em Engenharia da Construção	04 / 08
Professores orientadores:	Silvia Fernandes e Jorge Vaz	
Aluna:	Lize de Paula	Escala: 1 : 100

## **Anexo B**

Envolventes e PTLs do edifício modelo



Legenda:

Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	

Em planta identificar pavimento (com a respectiva cor)



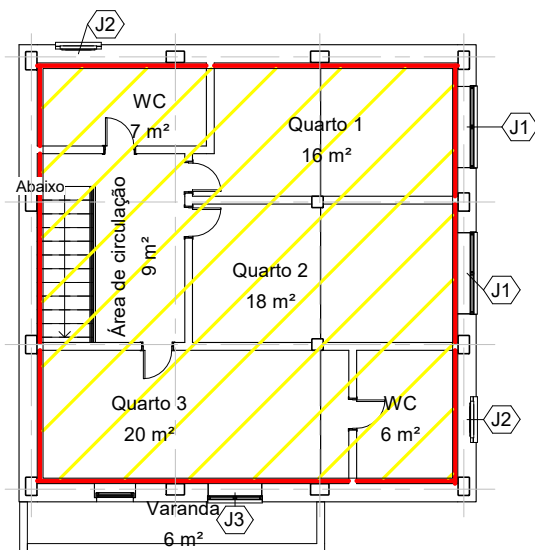
Em planta identificar cobertura (com a respectiva cor)



Instituto Politécnico de Bragança  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Envolventes - vista pavimento

Data: 10/11/2021 10:53:50	Folha: 05 / 08
Curso: Mestrado em Engenharia da Construção	
Professores orientadores: Sílvia Fernandes e Jorge Vaz	
Aluna: Lize de Paula	Escala: 1 : 100

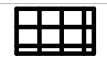


1 02. Piso 1 (env teto)  
1 : 100

Legenda:

Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	

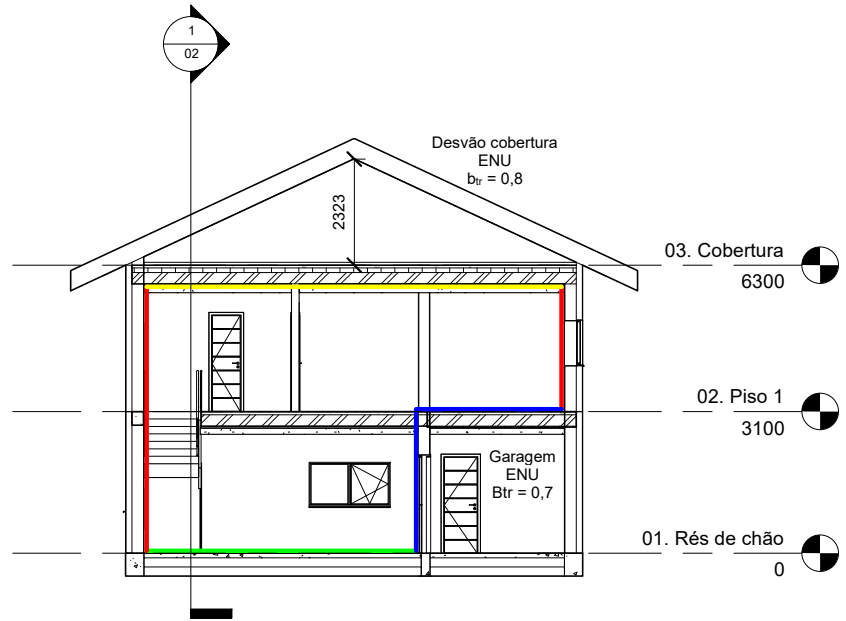
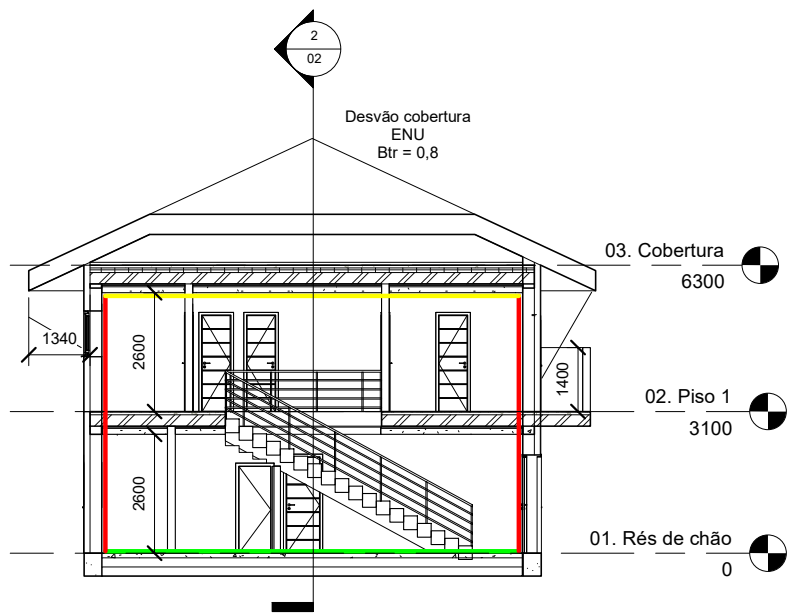
Em planta identificar pavimento (com a respectiva cor)



Em planta identificar cobertura (com a respectiva cor)



 <b>Instituto Politécnico de Bragança</b> <small>Escola Superior de Tecnologia e Gestão</small>	
<b>Envolventes - vista teto</b>	
Data: 10/11/2021 10:53:50	Folha: 06 / 08
Curso: Mestrado em Engenharia da Construção	
Professores orientadores: Silvia Fernandes e Jorge Vaz	
Aluna: Lize de Paula	Escala: 1 : 100



1 Corte 1 (envolventes)  
1 : 100

2 Corte 2 (envolventes)  
1 : 100

Envolvente exterior	
Envolvente interior com requisitos de exterior	
Envolvente interior com requisitos de interior	
Envolvente sem requisitos	

Em planta identificar pavimento (com a respectiva cor)	
Em planta identificar cobertura (com a respectiva cor)	

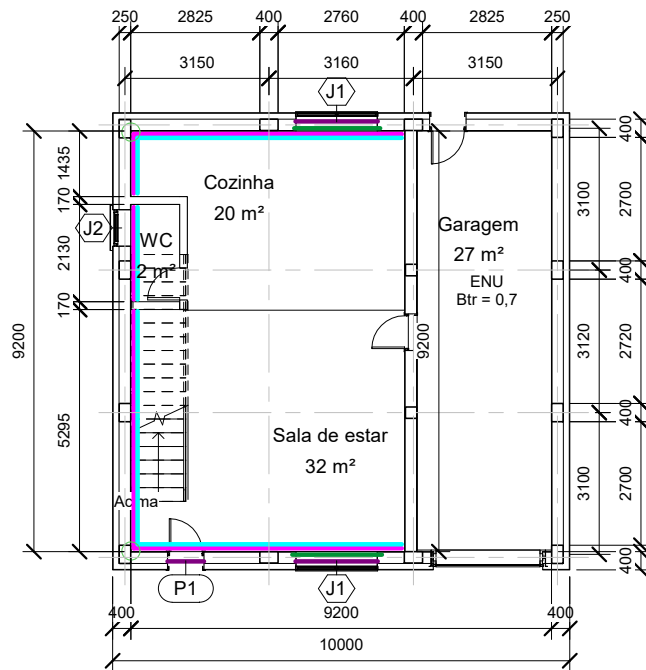


**Instituto Politécnico de Bragança**

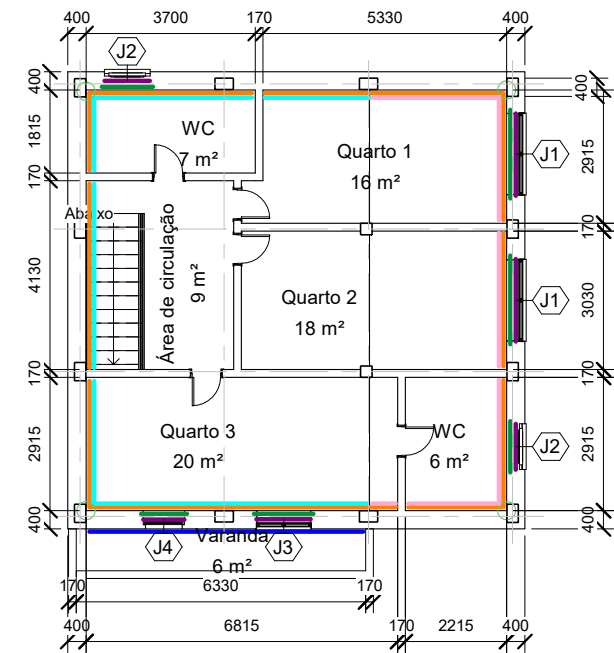
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

**Envolventes - Cortes**

Data:	10/11/2021 10:53:52	Folha:	<b>07 / 08</b>
Curso:	Mestrado em Engenharia da Construção	Escala:	
Professores orientadores:	Silvia Fernandes e Jorge Vaz		
Aluna:	Lize de Paula		



1 01. Rés de chão (PTL)  
1 : 100




2 02. Piso 1 (PTL)  
1 : 100

Legenda:

Fachada com pavimento térreo	
Fachada com pavimento intermédio	
Fachada com cobertura	
Fachada com caixilharia (perímetro)	

Fachada com pavimento sobre ENU	
Fachada com varanda	
Zona da caixa de estores	
Entre duas paredes verticais	



**Instituto Politécnico de Bragança**

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

---

**Pontes térmicas lineares**

Data: 10/11/2021 10:53:53	Folha: 08 / 08
Curso: Mestrado em Engenharia da Construção	
Professores orientadores: Sílvia Fernandes e Jorge Vaz	
Aluna: Lize de Paula	Escala: 1 : 100

## **Anexo C**

**Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica e  
massa superficial das soluções adotadas no edifício  
NZEB e experimentos**

Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica e massa superficial das soluções do edifício NZEB e experimentos

Table with 2 columns: Item, Value. Includes data for 'Dados do projeto' such as 'Área útil', 'Área bruta', 'Volumen', etc.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Each table represents a different building element (e.g., Parede exterior, Placa, Viga, Casa de telhado, etc.) and contains columns for 'Contribuição da camada', 'U (W/m²K)', 'R (m²K/W)', and 'R (m²K/W)'. Each table also includes a 'Materiais' section with a list of components and their properties.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Similar to the first grid, but for a different set of building elements or materials.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Similar to the first grid, but for a different set of building elements or materials.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Similar to the first grid, but for a different set of building elements or materials.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Similar to the first grid, but for a different set of building elements or materials.

Grid of 12 tables for 'Cálculo de U (W/m²K)'. Similar to the first grid, but for a different set of building elements or materials.

Table titled 'Cálculo de verificação (ISO)' with columns for 'Índice/Faixa', 'Verificação', 'C (W/m²K)', and 'Limite máximo (para U) (W/m²K)'. It lists various building elements and their compliance status.

## **Anexo D**

Dados sobre os vãos opacos e envidraçados

Elemento	ID	C (m)	H (m)	Perímetro janela (m)	Área janela (m²)	Num folhas	Comprimento vidro (m)	Altura vidro (m)	Área de vidro (Ag - m²)	Área de caixilho (Af - m²)	Ug vidro (W/(m².°C))	Uf caixilho (W/(m².°C))	Ligação vidro janela (Lg - m)	Uw (W/m2.°C)	Uws (W/m2.°C)	Uwdn (W/m2.°C)	Localização	Orientação	Caixilharia	Modo de abertura	Material	Proteção	Cor
Janela	J1	1,8	1	5,6	1,8	2	0,66	0,76	1,00	0,80	2,7	1,3	2,84	2,2	1,7	1,9	Sala de estar Cozinha Quarto 1 Quarto 2	S N E E	PVC	Oscilo-batente com 2 folhas	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Janela	J2	0,8	1	3,6	0,8	1	0,56	0,76	0,43	0,37	2,7	1,3	2,64	2,2	1,8	2,0	WC do RC WC (piso 1) WC (suíte)	O N E	PVC	Oscilo-batente com 1 folha	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Janela	J3	1,2	1,2	4,8	1,44	2	0,36	0,96	0,69	0,75	2,7	1,3	2,64	2,1	1,7	1,9	Quarto 3	S	PVC	Oscilo-batente com 2 folhas	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Janela	J4	0,8	2,1	5,8	1,68	1	0,56	1,86	1,04	0,64	2,7	1,3	4,84	2,3	1,8	2,1	Varanda	S	PVC	Oscilo-batente com 1 folha	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Porta	P1	0,8	2,1	5,8	1,68												Sala de estar (principal) Sala de estar / garagem	S E	MDF	De abrir	MDF	Nenhuma	Branco
Janela	J5	2,0	1,2	6,4	2,4	2	0,70	0,96	1,34	1,06	2,7	1,3	3,32	2,2	1,7	1,9	Sala de estar (H01.02.01) Cozinha (H01.02.03)	S N E E	PVC	Oscilo-batente com 2 folhas	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Janela	J6	1	1	4	1	1	0,76	0,76	0,58	0,42	2,7	1,3	3,04	2,3	1,8	2,0	WC do RC (H01.02.02)	O N E	PVC	Oscilo-batente com 1 folha	Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm	Persiana exterior manual de PVC branco	Branco
Janela	J7	2,2	2,3	9	5,06				3,57	1,49	2,2	1,3	9,78	2,1	1,7	1,9	Sala de estar	S	PVC	Batente com 2 folhas e inferior fixo	Vidro/câmara/vidro acústico: 4/8/3+3 mm	Persiana exterior manual de PVC	Branco
Janela	J8	1,5	2	7	3	1	1,2	1,7	2,04	0,96	2,2	1,3	5,8	2,1	1,7	1,9	Sala de estar	O	PVC	Fixa com 1 folha	Vidro/câmara/vidro acústico: 4/8/3+3 mm	Persiana exterior manual de PVC	Branco

## **Anexo E**

Folha de cálculo (ITeCons) de indicadores energéticos do edifício modelo de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto)

## Identificação Geográfica

### Identificação Geográfica do Edifício ou Fração Autónoma

Código Postal	5300	-	068	Concelho	Bragança
Artéria					
Aplicável nº de Porta?	<input type="checkbox"/>	Aplicável Alojamento?	<input type="checkbox"/>		
Nº de Porta		Alojamento			

Inserir fotografia

(Tamanho máximo de 150KB, formato jpg)

### Natureza da Emissão

Qual a data de início do processo de licenciamento ou autorização de edificação?	Posterior a 1 de Janeiro de 2016 e anterior a 1 de Janeiro de 2021	Motivo da Emissão do Certificado	Construção nova (com ou sem processo camarário)		
Tipo de Certificado	Pré-Certificado	Contexto de Certificado	Novo	Definição do Enquadramento	Licença de Edificação

## Identificação do Imóvel

### Identificação do Imóvel

Tipo de Imóvel	Edifício	Tipo de Fração	Privado	Ocupado por Entidade Pública	<input type="checkbox"/>
Nome do Empreendimento / Designação Comercial					

### Identificação Registral

Conservatória Omissa?	<input checked="" type="checkbox"/>
-----------------------	-------------------------------------

### Identificação Fiscal

Freguesia	UNIÃO DAS FREGUESIAS DE SÉ, SANTA MARIA E MEIXEDO	Cód. de Freguesia	040257
Nº Artigo Matricial		Fração	

### Identificação Municipal

Aplicável Nº do Processo Municipal?	<input type="checkbox"/>	Data de registo	
Nº do Processo Municipal			

## Características do Imóvel

### Localização geográfica do edifício

Altitude (m)  Altitude normalmente entre 325 e 1487 m

Distância à costa

Edifício situado

### Características do Edifício

Tipo de utilização

Nº total de pisos que constitui o edifício

Possui elevador?

Possui ponto de carregamento para veículo elétrico?

### Características da Fração

Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>)

Pé-direito médio ponderado (m)

ROADMAP

Tipologia

Tipologia fiscal

Inércia Térmica

Nº de pisos da fração

Descrição sucinta	Caract. restantes
	2000

## Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )
Sala de estar	32,00	2,60	24,6	83,20
Cozinha	20,00	2,60	15,4	52,00
WC do RC	2,00	2,60	1,5	5,20
WC (piso 1)	7,00	2,60	5,4	18,20
Quarto 1	16,00	2,60	12,3	41,60
Quarto 2	18,00	2,60	13,8	46,80
Quarto 3	20,00	2,60	15,4	52,00
WC (suíte)	6,00	2,60	4,6	15,60



## Folha de Cálculo REH - ITeCons

Área de circulação	9,00	2,60	6,9	23,40
TOTAL	130,000	2,600	100,0	338,00

## Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Caixas de estore

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples de bloco cerâmico	0,34
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilar de betão armado de 25cm x 40cm	0,40
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Caixa de Estore	0,74

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área a deduzir (Vãos, PTP, ...) (m <sup>2</sup> )	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação	Emissividade	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Norte		39,52	7,64	Clara	Não			0,34	31,88	0,35	0,35
PDE1	Sul		39,52	12,46	Clara	Não			0,34	27,06	0,35	0,35
PDE1	Este		23,92	11,34	Clara	Não			0,34	12,58	0,35	0,35
PDE1	Oeste		47,84	7,04	Clara	Não			0,34	40,80	0,35	0,35
PTPPDE1	Norte	PDE1	3,32		Clara	Não			0,40	3,32	0,35	0,90
PTPPDE1	Sul	PDE1	3,32		Clara	Não			0,40	3,32	0,35	0,90
PTPPDE1	Este	PDE1	4,11		Clara	Não			0,40	4,11	0,35	0,90
PTPPDE1	Oeste	PDE1	5,62		Clara	Não			0,40	5,62	0,35	0,90
PTPPDE2	Norte	PDE1	1,73		Clara	Não			0,74	1,73	0,35	0,90
PTPPDE2	Sul	PDE1	2,54		Clara	Não			0,74	2,54	0,35	0,90
PTPPDE2	Este	PDE1	2,83		Clara	Não			0,74	2,83	0,35	0,90
PTPPDE2	Oeste	PDE1	0,62		Clara	Não			0,74	0,62	0,35	0,90

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	

PTPPDE2	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	31,88	0,00	12,58	0,00	27,06	0,00	40,80	0,00	112,32	0,34	0,35	0,35
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	3,32	0,00	4,11	0,00	3,32	0,00	5,62	0,00	16,35	0,40	0,35	0,90
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	1,73	0,00	2,83	0,00	2,54	0,00	0,62	0,00	7,73	0,74	0,35	0,90

## Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação <sup>(1)</sup>	Emissividade <sup>(1)</sup>	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Vãos Envidraçados Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simple	Caixilharia plástica com vidro duplo	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela de oscilo-batente com 2 folhas. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J1, Dimensões: 1,8m x 1m	Com protecção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco

VE2	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela oscilo-batente com 1 folha, fosco. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J2, dimensões: 0,8m x 1m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco
VE3	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela oscilo-batente com 2 folhas. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5mm (ar entre vidros) ID: J3, dimensões: 1,2m x 1,2m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco
VE4	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela/porta oscilo-batente. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J4, dimensões: 0,8m x 2,1m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	U <sub>wdn</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	g <sub>L,vi</sub>	g <sub>L,T</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>L,Tp</sub>	Classe da Caixilharia	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada Fg	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área (m <sup>2</sup> )	U <sub>máx</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
VE1	1,90	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	7,20	2,20
VE2	2,00	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	2,40	2,20
VE3	1,90	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	1,44	2,20
VE4	2,10	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	1,68	2,20

ID vão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Permeabilidade da Caixa de Estore	Classe SEEP	ID SEEP	g <sub>T</sub> corrigido	Área do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	Área de envidraçados do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	g <sub>Tmax</sub>	Aenv < 5% Apav	Quadrante Norte? (Verificação de Requisitos)
1	Cozinha	VE1	Norte	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,04	20,00	0,00	-	Sim	
2	Sala de estar	VE1	Sul	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	32,00	1,80	0,56	Não	
3	WC do RC	VE2	Oeste	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,03	2,00	0,80	0,21	Não	
4	WC (piso 1)	VE2	Norte	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,04	7,00	0,00	-	Sim	

5	Quarto 1	VE1	Este	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	16,00	1,80	0,56	Não	
6	Quarto 2	VE1	Este	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	18,00	1,80	0,56	Não	
7	Quarto 3	VE3	Sul	1,44	Não	Perm. Baixa	A		0,02	20,00	3,12	0,54	Não	
8	WC (suíte)	VE2	Este	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	6,00	0,80	0,56	Não	
9	Quarto 3	VE4	Sul	1,68	Não	Perm. Baixa	A		0,02	20,00	3,12	0,54	Não	

(continuação)

ID vão	Sombreamento Arrefecimento = Sobreamento Aquecimento?	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO/ARREFECIMENTO				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO				
		Obstrução do Horizonte $\alpha^{\circ}$	Pala horizontal $\alpha^{\circ}$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}^{\circ}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}^{\circ}$	Pala horizontal $\alpha^{\circ}$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}^{\circ}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}^{\circ}$		
1	Sim	45	17,27	0	0					
2	Sim	45	45	0	0					
3	Sim	45	16,95	0	0					
4	Sim	45	59,96	0	0					
5	Sim	45	53,7	0	0					
6	Sim	45	53,7	0	0					
7	Sim	45	53,7	0	0					
8	Sim	45	60,49	0	0					
9	Sim	45	41,39	0	0					

## Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
VOE1	Vão Opaco Exterior Tipo 1	Porta de madeira semi-densa ID: P1, dimensões: 0,8m x 2,1m Localização: Sala de estar	2,20

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Cor	Área (m <sup>2</sup> )	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β <sub>esq</sub>	Pala vertical à direita β <sub>dir</sub>	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
VOE1	Sul	Clara	1,68	33,89	0	0	2,20	0,35	-

Designação do Tipo de Solução	Áreas por orientação (m <sup>2</sup> )								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
VOE1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	0,00	0,00	0,00	1,68	2,20	0,35	-

## Envolvente em contato com o solo

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo λ?	2,0	W/(m.°C)
--	-----	----------

## Pavimentos Térreos

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)
-------------------------------	-----------------	---------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------------

PVT1	Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento térreo	55,20	0,43	0,50
------	---------------------------	------------------	-------	------	------

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	$R_f$ m <sup>2</sup> .°C/W	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn (m)	Extensão de Isol. D (m)
PVT1	0,28	30,40	0,25	Sim	Vertical	0,1	1,5

## Pavimentos Enterrados

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m <sup>2</sup> )	R <sub>f</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Paredes Enterradas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área Total (m <sup>2</sup> )

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m <sup>2</sup> )	R <sub>w</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	R <sub>f</sub> (m <sup>2</sup> .°C/W)	Espessura da parede exposta w (m)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Pontes Térmicas Lineares Exteriores

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B (m)	Cálculo de acordo com?	Ψ calculado (W/m.°C)	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	Ψ (W/m.°C)	Ψ <sub>REF</sub> (W/m.°C)
Fach. com pavimentos térreos	21,26	Valores Tabelados					Exterior	0,70	0,5
Fachada com pavimento intermédio	42,35	Valores Tabelados		Teto falso?		c/ teto falso	Exterior	0,19	0,5
Fachada com cobertura	35,66	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Sob		Exterior	0,70	0,5

## Folha de Cálculo REH - ITeCons



Fachada com caixilharia	49,60	Valores Tabelados		Isol. contacta com a caixilharia?	Contacta		Exterior	0,10	0,2
Duas paredes verticais em ângulo saliente	15,60	Valores Tabelados					Exterior	0,40	0,4
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	14,69	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Sob		Exterior	0,55	0,5
Fachada com varanda	6,12	Valores Tabelados					Exterior	0,60	0,5
Zona da caixa de estores	16,10	Valores Tabelados					Exterior	0,30	0,2
								-	-

(VIII) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m.°C)	Psi referência (w/m.°C)
PTLE1	Fachada com pavimentos térreos	Valores Tabelados	21,26	0,70	0,50
PTLE2	Fachada com pavimento de nível intermédio	Valores Tabelados	42,35	0,19	0,50
PTLE3	Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura	Valores Tabelados	35,66	0,70	0,50
PTLE4	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	Valores Tabelados	49,60	0,10	0,20
PTLE5	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores Tabelados	15,60	0,40	0,40
PTLE6	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sob o pavimento	Valores Tabelados	14,69	0,55	0,50
PTLE7	Fachada com varanda	Valores Tabelados	6,12	0,60	0,50
PTLE8	Zona de caixa de estores	Valores Tabelados	16,10	0,30	0,20

## Envolvente Interior

### Definição da Envolvente Interior

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do btr de acordo com a norma 13789?	b <sub>tr</sub> calculado	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub>	Volume do ENU m <sup>3</sup>	Ventilação	b <sub>tr</sub>
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$50 < V \leq 200$	Fraca	0,70
Desvão cobertura	Não		$0.5 \leq A_i/A_u < 1$	$50 < V \leq 200$	Fraca	0,80
						-

### Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Vão Opaco	Vão Opaco - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples de bloco cerâmico (15 cm)	1,47
VOI1	Vão Opaco - Tipo	Porta interior	2,20

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	btr	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDI1	Garagem		22,24	0,00	0,70	1,47	22,24	0,60	1,90
VOI1	Garagem		1,68	0,00	0,70	2,20	1,68	0,60	-

Designação do Tipo de Solução	btr	Área por btr (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDI1	0,70	22,24	1,47	0,60	1,90
VOI1	0,70	1,68	2,20	0,60	-

## Pavimentos Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento interior de separação do piso 1 com a garagem	0,81

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	btr	Udesc (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Garagem		27,6	0,70	0,81	0,50	1,20

Designação do Tipo de Solução	btr	Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	0,70	27,60	0,81	0,50	1,20

## Coberturas Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Cobertura Interior - Tipo 1	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Folha de Cálculo REH - ITeCons



CBI1	Cobertura Interior - Tipo 1	Pavimento de separação do EU e ENU, com isolamento de XPS de 10cm pelo exterior	0,30

### PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação <sup>(X)</sup>	Emissividade <sup>(X)</sup>	Udescendente (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBI1	Desvão cobertura		84,64	Clara	Não Ventilado	Normal	0,29	0,80	0,30	0,30	0,30

Designação do Tipo de Solução	btr	Área por btr (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBI1	0,80	84,64	0,30	0,30	0,30



## Ventilação

Método de cálculo	Segundo a EN 15242 e Despacho 15793-K
-------------------	---------------------------------------

Efetuar o cálculo no separador "CalculoVentilacao"

Sistema de Ventilação	Não cumpre a norma 1037-1
-----------------------	---------------------------

Arrefecimento noturno com abertura das janelas?	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------

Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
0,40	0,40	0,44	0,60

Descrição da Solução de Ventilação	Caract. restantes
	512

## Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?	<input checked="" type="checkbox"/>
---------------------------	-------------------------------------

O edifício dispõe de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?	<input checked="" type="checkbox"/>
--	-------------------------------------

Tipologia de abastecimento	Gás Natural
----------------------------	-------------

Isolamento térmico na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{C/W}$ ?	<input checked="" type="checkbox"/>
---	-------------------------------------

Obrigatório nos edifícios novos

Possui chuveiros com elevada eficiência hídrica?	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------

Identificação do Sistema	Fonte de Energia	Tipo de Equipamento	Nº de unidades iguais	Marca	Gama	Modelo	Foi possível aceder ao equipamento?	Descrição Específica do Equipamento	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Sistema 1	Solar	Painel Solar Térmico	2	Vaillant	AuroSTEP plus	250		Coletor solar plano, de circulação forçada, com sistema de drenagem automático do líquido solar. Dimensões: 1,23m x 2,03m x 0,8m. Depósito de AQS modelo VIH S1 250/4 B, com capacidade de 250l.	1952,00

O edifício tem exposição solar adequada?	<input checked="" type="checkbox"/>
--	-------------------------------------

Produtividade de referência (kWh/m <sup>2</sup> )	516,00
---	--------



## Balço energético

### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Renovável Ntc NZEB (%)
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	76,02	77,01	7,19
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	2,99	10,97	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,87
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	1952	1342	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1952	1342	<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00		<b>B-</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	193,72	222,22	

### Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	77,01	76,02	0,00
Arrefecimento	3,66	0,00	0,00
AQS	20,55	18,69	80,33

Energia Renovável (%)	15,85	Emissões de CO2 (t/ano)	3,65
-----------------------	-------	-------------------------	------

### Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

#### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MELHORIA

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]  
 Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria  
 Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria  
 Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

		Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )	Aquecimento	! 9,7%	--
	Arrefecimento	X -99,2%	--
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	! 9,7%	--
	Arrefecimento	! 0,0%	--
	AQS	! 0,0%	--

### Dados Climáticos

Graus-dia	2.007		
Zona Climática de Inverno	I3	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	5,5	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	21,5
Duração da estação de aquecimento (meses)	7,3	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0

## Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu;adj	HeCs
38,19	22,88	0,00

PTP (W/°C)	
Hext	Henu;adj
12,26	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
3,70	2,59

PTL (W/°C)	
Hext	Henu;adj
75,56	0,00

Ht (W/°C)
290,45

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	20,31

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu;adj	HeCs
0,00	15,65	23,61

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu;adj
24,74	0,00

Renovação de Ar (W/°C)
Hve
50,96

## Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
213,21

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
0,00	310,26

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
15,31

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
669,71

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
1522,56

## Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?

Justificação para a ausência de Medidas de Melhoria

## Documentos

### Documentos

#### RELATÓRIO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Relatório do perito

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 3 MB, formato pdf

Levantamento

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 2 MB, formato pdf

#### FOLHAS DE CÁLCULO

Folha de cálculo regulamentar

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Folha de cálculo da ventilação

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Relatório SCE.ER

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1 MB, formato pdf

#### OUTROS DOCUMENTOS E FOTOGRAFIAS

Adicionar/Remover

### Notas e Observações

Notas a constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Notas a **não** constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

## INÉRCIA TÉRMICA

### EL1 - Elementos da envolvente exterior

#### Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	31,88	588,00	150,00	1,00	4781,55
PDE1	27,06	588,00	150,00	1,00	4059,15
PDE1	12,58	588,00	150,00	1,00	1887,00
PDE1	40,80	588,00	150,00	1,00	6120,00
PTPPDE1	3,32	625,50	150,00	1,00	497,25
PTPPDE1	3,32	625,50	150,00	1,00	497,25
PTPPDE1	4,11	625,50	150,00	1,00	616,20
PTPPDE1	5,62	625,50	150,00	1,00	842,40
PTPPDE2	1,73	38,00	38,00	1,00	65,66
PTPPDE2	2,54	38,00	38,00	1,00	96,67
PTPPDE2	2,83	38,00	38,00	1,00	107,62
PTPPDE2	0,62	38,00	38,00	1,00	23,71
			0,00		
<b>TOTAL</b>					19594,46

#### Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

### EL1 - Elementos da envolvente interior

#### Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,24	406,00	150,00	1,00	3336,00
VOI1	1,68	33,66	33,66	0,00	0,00
			0,00		
<b>TOTAL</b>					3336,00

#### Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

### INÉRCIA TÉRMICA

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PVI1	27,60	446,00	150,00	1,00	4140,00
			0,00		
<b>TOTAL</b>					4140,00

#### Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	84,64	141,00	141,00	0,50	5967,12
			0,00		
<b>TOTAL</b>					5967,12

#### EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

#### Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

#### EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

## INÉRCIA TÉRMICA

### Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
<b>TOTAL</b>					0,00

### Pavimentos enterrados

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
<b>TOTAL</b>					0,00

### Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PVT1	55,20		150,00	1,00	8280,00
<b>TOTAL</b>					8280,00

## EL3 - Elementos de compartimentação

### Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
WC (RC)	9,40	406,00	300,00	1,00	2820,00
Paredes 2º piso	101,55	406,00	300,00	1,00	30465,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL</b>					33285,00

### Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
Pavimentos	75,70	477,75	300,00	1,00	22710,00



**Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma**

Tipo de edifício	Novo
Concelho	Bragança
Altitude (m)	674
Região	B
Rugosidade	I
Área útil (m <sup>2</sup> )	130,00
Pé direito (m)	2,60
Volume (m <sup>3</sup> )	338,00
Texterior (°C)	5,50
Altitude ref. (m)	680,00
A <sub>ENV</sub> /A <sub>U</sub>	9,8%

Nº de pisos da fracção	2
Velocidade do vento, u10 (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,6 m/s	
Nº fachadas expostas	>=2
Altura do edifício, H <sub>edif</sub> (m)	6,3
Altura da fracção, H <sub>fA</sub> (m)	3,1
Edifícios/obstáculos?	<input type="checkbox"/>
Altura do obstáculo, H <sub>obs</sub> (m)	
Distância ao obstáculo, D <sub>obs</sub> (m)	
Protecção do edifício	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada	<b>Inferior</b>

[ver esquema](#)
**Permeabilidade ao ar da envolvente**
 Foi medido o valor n<sub>50</sub>?

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m <sup>2</sup> )	Classe de permeabilidade ao ar de janelas	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vaos 1	12,72	4	Perm. Baixa

**Aberturas de admissão de ar na envolvente**
 Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas?

Abertura	Tipo de abertura	Área livre (cm <sup>2</sup> ) / Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Designação
Abertura 1	Auto-regulável a 10 Pa	284,41	Grelha de admissão posicionada acima de janelas, modelo THM90 EVO, empresa Renson
Abertura 2			

**Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta**
 Existem condutas de ventilação natural?

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventax?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de condutas semelhantes	Altura da conduta conhecida?	Altura da conduta (m)	Designação
Conduta V_N 1	Exaustão	Sim	Alta	Inclinada (10° a 30°)	3	Não	6,20	
Conduta V_N 2								

**Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado**
 Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)?

**Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)**
 Existem meios híbridos?

**RESULTADOS**

RPH estimada condições nominais (h-1)	0,40
Rph,i (h-1) - Aquecimento	0,44
bve,i (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60
bve,v (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Rph,i REF (h-1)	0,44
Wvm (kWh/ano)	0,00

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

Ver esquema da Ventilação (Método simplificado)

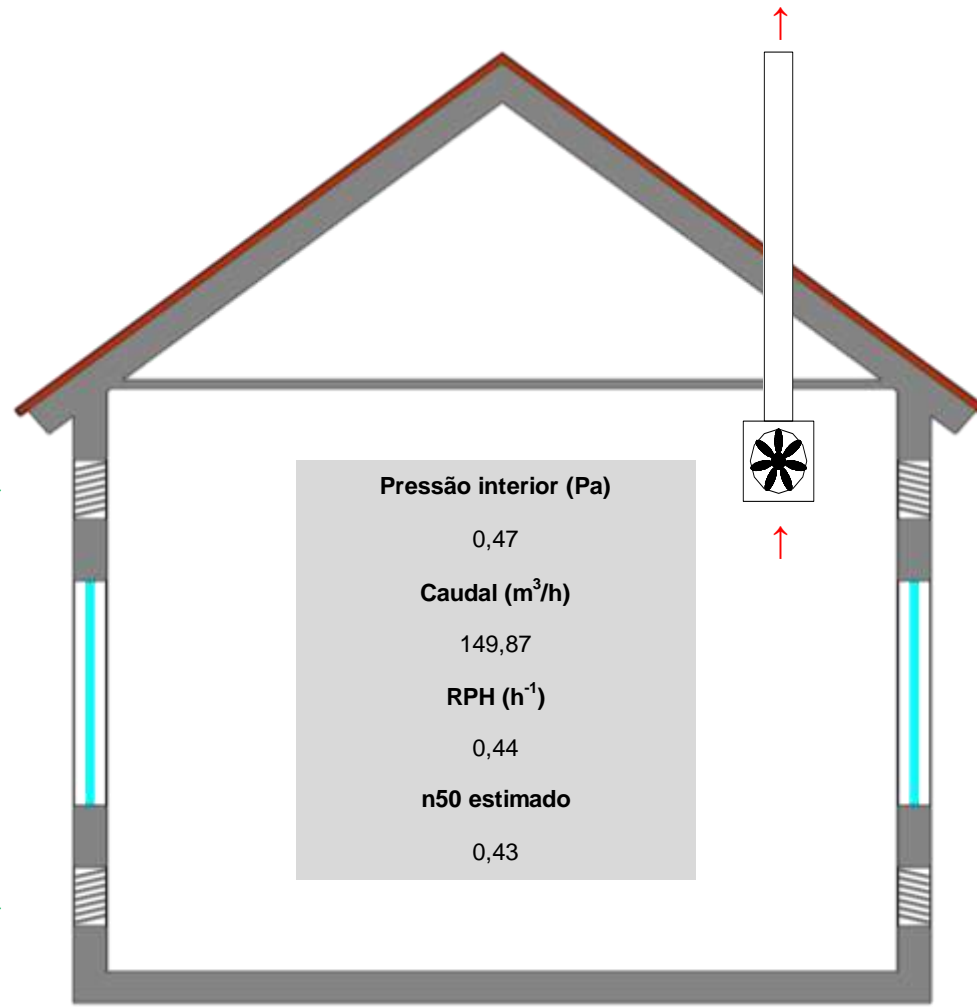
<b>Ventilação Natural</b>	Insuflação (m <sup>3</sup> /h)	0,00
	Extração (m <sup>3</sup> /h)	89,49

Temperatura exterior (°C)	5,50
Velocidade do vento (m/s)	3,60

Cp	0,5	Pressão dinâmica (Pa)	4,02
----	-----	-----------------------	------

Pressão estática (Pa)	3,92		
ΔP (Pa)	7,46	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	71,65

Pressão estática (Pa)	5,27		
ΔP (Pa)	8,82	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	78,22



-5,62	Pressão dinâmica (Pa)	-0,7	Cp
-------	-----------------------	------	----

3,92	Pressão estática (Pa)		
37,67	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	-2,18	ΔP (Pa)

5,27	Pressão estática (Pa)				
22,70	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	-0,82	ΔP (Pa)	-0,7	Cp

## **Anexo F**

Relatório detalhado da simulação do sistema solar  
térmico no software SCE.ER



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico													1/2																																																																																																																		
<b>Sumário</b>																																																																																																																															
Instalação em Dissertação (Bragança) 2 coletores Aurostep plus - Vaillant » painel de 4,70 m <sup>2</sup> (inclinação 25° e azimute 0°) » depósito de 250 l, modelo Aurostep plus - Vaillant																																																																																																																															
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 2.375 kWh - satisfeitas por origem solar <b>1.952 kWh</b> 82% de fração solar - satisfeitas pelo apoio 423 kWh 18%																																																																																																																															
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 34% produtividade: 415 kWh/m <sup>2</sup> perdas: 32%																																																																																																																															
<b>Local e clima</b>																																																																																																																															
NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança					Local: Dissertação					elevação: 674 m		albedo: 20%																																																																																																																			
<i>obstruções do horizonte</i>																																																																																																																															
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S																																																																																																												
altura angular:	.....																																																																																																																														
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W																																																																																																												
altura angular:	.....																																																																																																																														
<b>Configuração do sistema solar</b>																																																																																																																															
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 4,7 m <sup>2</sup> de coletores com inclinação 25° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 250 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.																																																																																																																															
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 15 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 41 l/m <sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																																															
2 coletores Aurostep plus - Vaillant - certificado não disponível de desconhecido, dados inseridos por (válido até 1999-12-31). Área de abertura 2,35 m <sup>2</sup> , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,76 W/m <sup>2</sup> K e a2 = 0,012 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , rendimento óptico = 80%.																																																																																																																															
1 depósito de modelo Aurostep plus - Vaillant, com capacidade 250 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 3,8 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 95°C.																																																																																																																															
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																																																																																																																															
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																																															
<b>Necessidades de energia</b>																																																																																																																															
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																																															
<table border="0"> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: top;"><b>edifício:</b></td> <td colspan="10" style="text-align: center;"><u>Residências</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>T3</u></td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">nº fracções desta tipologia</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">nº ocupantes por fracção</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">consumo diário por ocupante (litros)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">40</td> </tr> </table>															<b>edifício:</b>	<u>Residências</u>										<u>T3</u>		nº fracções desta tipologia										1		nº ocupantes por fracção										4		consumo diário por ocupante (litros)										40																																																																	
<b>edifício:</b>	<u>Residências</u>										<u>T3</u>																																																																																																																				
	nº fracções desta tipologia										1																																																																																																																				
	nº ocupantes por fracção										4																																																																																																																				
	consumo diário por ocupante (litros)										40																																																																																																																				
<table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: top;"><b>temperaturas</b></td> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> <td></td> </tr> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>17</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>17</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pretendida no consumo</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>°C</td> </tr> </table>															<b>temperaturas</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		abastecimento de água	10	11	12	13	15	17	19	19	17	14	12	10	°C		pretendida no consumo	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	°C																																																																					
<b>temperaturas</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																		
	abastecimento de água	10	11	12	13	15	17	19	19	17	14	12	10	°C																																																																																																																	
	pretendida no consumo	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	°C																																																																																																																	
<table border="0"> <tr> <td rowspan="9" style="vertical-align: top;"><b>energia diária</b></td> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> <td></td> </tr> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>7,3</td> <td>7,1</td> <td>6,9</td> <td>6,7</td> <td>6,4</td> <td>5,9</td> <td>5,6</td> <td>5,6</td> <td>5,9</td> <td>6,4</td> <td>6,9</td> <td>7,2</td> <td>kWh</td> </tr> </table>															<b>energia diária</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		segunda-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	terça-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	quarta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	quinta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	sexta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	sábado	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh	domingo	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh
<b>energia diária</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																																																		
	segunda-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	terça-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	quarta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	quinta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	sexta-feira	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	sábado	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	domingo	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	5,9	5,6	5,6	5,9	6,4	6,9	7,2	kWh																																																																																																																	
	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: top;"><b>perfil de consumo</b></td> <td>hora</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>5%</td> <td>5%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>10%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>hora</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>(período nocturno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td></td> </tr> </table>															<b>perfil de consumo</b>	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%		hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6			(período nocturno)	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.																																																							
<b>perfil de consumo</b>	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																		
	(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																																																																		
	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																																																		
	(período nocturno)	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.																																																																																																																		



## Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação

2/2

## Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	horizontal (à superfície)	0,8	1,4	2,4	3,1	3,7	4,9	5,3	4,6	3,1	1,7	0,9	0,6
incidente nos colectores	1,4	2,1	3,2	3,5	3,8	4,7	5,1	4,9	3,8	2,4	1,6	1,2	3,1 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores	1,3	2,0	2,9	3,2	3,3	3,9	4,3	4,5	3,5	2,2	1,4	1,0	2,8 kWh/m <sup>2</sup> .dia

radiação solar global	média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	no topo da atmosfera	4,0	5,5	7,5	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,2	6,2	4,4	3,6
na horizontal (à superfície)	1,7	2,6	4,0	5,2	6,3	7,3	7,3	6,6	4,9	3,0	2,0	1,4	4,4 kWh/m <sup>2</sup> .dia
incidente nos colectores	2,5	3,5	5,0	5,6	6,3	7,1	7,2	7,0	5,8	3,9	2,8	2,0	4,9 kWh/m <sup>2</sup> .dia
absorvida pelos colectores	2,1	3,0	4,3	4,8	5,2	5,7	5,9	6,0	5,0	3,4	2,3	1,7	4,1 kWh/m <sup>2</sup> .dia

## Desempenho energético

temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7
abastecimento de água	10	11	12	13	15	17	19	19	17	14	12	10	14 °C
base do armazenamento	23	30	41	48	54	63	65	67	58	39	27	21	45 °C
topo do armazenamento	32	41	55	62	69	78	80	81	72	52	36	29	57 °C
pretendida no consumo	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49 °C







  

massas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
extraída do armazenamento	159	151	131	118	105	87	83	80	98	136	158	159	122 litros/dia
nota: adicionada	1	9	29	42	55	73	77	80	62	24	2	1	38 litros/dia

balanços de energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	<b>- sistema solar</b>												
nota: radiação solar na horizontal	253	346	589	729	915	1.032	1.061	955	684	444	276	200	7.485 kWh
energia primária (radiação solar incidente)	366	466	722	795	922	1.003	1.049	1.018	811	574	388	297	8.411 kWh
energia solar captada	167	206	308	346	358	394	441	424	344	259	182	135	3.565 kWh
perdas térmicas no circuito primário	2	4	7	8	9	10	9	11	9	5	3	2	79 kWh
perdas térmicas no armazenamento	22	41	81	96	120	140	150	155	124	73	32	17	1.053 kWh
consumos eléctricos parasíticos	5	6	7	7	7	7	6	7	7	7	6	5	77 kWh
energia final (calor de origem solar)	139	171	256	265	299	315	317	319	285	216	150	112	2.842 kWh
<b>- sistema de apoio</b>													
energia primária (eletricidade via SEP)	243	136	75	45	6	0	1	0	7	73	184	289	1.059 kWh
energia final (calor)	97	54	30	18	3	0	1	0	3	29	74	115	423 kWh
<b>- circuito de distribuição</b>													
perdas térmicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 kWh
<b>- fornecimento de água quente</b>													
necessidades (consumo de energia útil)	226	200	214	202	198	178	175	175	178	200	207	222	2.375 kWh
energia de origem solar (útil)	129	145	184	184	196	178	174	175	175	171	134	107	1.952 kWh
energia com origem no apoio (útil)	97	54	30	18	3	0	1	0	3	29	73	115	423 kWh

## Desempenho global do sistema

fracção solar	82% em termos de energia útil	
produtividade	415 kWh/m <sup>2</sup> de colector	
i.e.	32% da produtividade limite dos colectores, 1297 kWh/m <sup>2</sup>	
rendimento - definição física	34% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	26% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	34% da energia solar captada	

(\*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

## **Anexo G**

Folha de cálculo (ITeCons) de indicadores energéticos do edifício modelo de acordo com o HAB (Decreto-Lei nº 101-D/2020 de 07 de dezembro)

## Identificação Geográfica

### Identificação Geográfica do Edifício ou Fração Autónoma

Código Postal	5300	-	068	Concelho	Bragança
Artéria					
Aplicável nº de Porta?	<input type="checkbox"/>	Aplicável Alojamento?	<input type="checkbox"/>		
Nº de Porta		Alojamento			

Inserir fotografia

(Tamanho máximo de 150KB, formato jpg)

### Natureza da Emissão

Qual a data de início do processo de licenciamento ou autorização de edificação?	A partir de 1 de Julho de 2021	Motivo da Emissão do Certificado	Construção nova (com ou sem processo camarário)
Tipo de Certificado	Pré-Certificado	Contexto de Certificado	Novo
		Definição do Enquadramento	Fase de Projeto

## Identificação do Imóvel

### Identificação do Imóvel

Tipo de Imóvel	Edifício	Tipo de Fração	Privado	Ocupado por Entidade Pública	<input type="checkbox"/>	Habitação Social?	<input type="checkbox"/>
Nome do Empreendimento / Designação Comercial							

### Identificação Registral

Conservatória Omissa?	<input checked="" type="checkbox"/>
-----------------------	-------------------------------------

### Identificação Fiscal

Freguesia	UNIÃO DAS FREGUESIAS DE SÉ, SANTA MARIA E MEIXEDO	Cód. de Freguesia	040257
Nº Artigo Matricial		Fração	

### Identificação Municipal

Aplicável Nº do Processo Municipal?	<input type="checkbox"/>	Data de registo	
Nº do Processo Municipal			

## Características do Imóvel

### Localização geográfica do edifício

Altitude (m)  Altitude normalmente entre 325 e 1487 m

Distância à costa

Edifício situado

### Características do Edifício

Tipo de utilização

Nº total de pisos que constitui o edifício

Possui elevador?

Possui ponto de carregamento para veículo elétrico?

### Características da Fração

Área útil de pavimento (m<sup>2</sup>)

Pé-direito médio ponderado (m)

ROADMAP

Tipologia

Tipologia fiscal

Inércia Térmica

Nº de pisos da fração

Descrição sucinta	Caract. restantes
	2000

## Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )	Inércia da Divisão
Sala de estar	32,00	2,60	24,6	83,20	Média ou Forte
Cozinha	20,00	2,60	15,4	52,00	Média ou Forte
WC do RC	2,00	2,60	1,5	5,20	Média ou Forte
WC (piso 1)	7,00	2,60	5,4	18,20	Média ou Forte
Quarto 1	16,00	2,60	12,3	41,60	Média ou Forte
Quarto 2	18,00	2,60	13,8	46,80	Média ou Forte
Quarto 3	20,00	2,60	15,4	52,00	Média ou Forte
WC (suíte)	6,00	2,60	4,6	15,60	Média ou Forte

Área de circulação	9,00	2,60	6,9	23,40	Média ou Forte
TOTAL	130,000	2,600	100,0	338,00	

## Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Caixas de estore

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples de bloco cerâmico	0,34
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilar de betão armado de 25cm x 40cm	0,40
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Caixa de Estore	0,41

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área a deduzir (Vãos, PTP, ...) (m <sup>2</sup> )	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação	Emissividade	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Norte		39,52	7,64	Clara	Não			0,34	31,88	0,35	0,35
PDE1	Sul		39,52	12,46	Clara	Não			0,34	27,06	0,35	0,35
PDE1	Este		23,92	11,34	Clara	Não			0,34	12,58	0,35	0,35
PDE1	Oeste		47,84	7,04	Clara	Não			0,34	40,80	0,35	0,35
PTPPDE1	Norte	PDE1	3,32		Clara	Não			0,40	3,32	0,35	0,90
PTPPDE1	Sul	PDE1	3,32		Clara	Não			0,40	3,32	0,35	0,90
PTPPDE1	Este	PDE1	4,11		Clara	Não			0,40	4,11	0,35	0,90
PTPPDE1	Oeste	PDE1	5,62		Clara	Não			0,40	5,62	0,35	0,90
PTPPDE2	Norte	PDE1	1,73		Clara	Não			0,41	1,73	0,35	0,90
PTPPDE2	Sul	PDE1	2,54		Clara	Não			0,41	2,54	0,35	0,90
PTPPDE2	Este	PDE1	2,83		Clara	Não			0,41	2,83	0,35	0,90
PTPPDE2	Oeste	PDE1	0,62		Clara	Não			0,41	0,62	0,35	0,90

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Pala horizontal α °	Pala vertical à esquerda β <sub>esq</sub> °	Pala vertical à direita β <sub>dir</sub> °	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE1	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	

PTPPDE2	45	0	0	
PTPPDE2	45	0	0	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	31,88	0,00	12,58	0,00	27,06	0,00	40,80	0,00	112,32	0,34	0,35	0,35
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	3,32	0,00	4,11	0,00	3,32	0,00	5,62	0,00	16,35	0,40	0,35	0,90
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	1,73	0,00	2,83	0,00	2,54	0,00	0,62	0,00	7,73	0,41	0,35	0,90

## Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação <sup>(1)</sup>	Emissividade <sup>(1)</sup>	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Vãos Envidraçados Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simple	Caixilharia plástica com vidro duplo	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela de oscilo-batente com 2 folhas. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J1, Dimensões: 1,8m x 1m	Com protecção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco

VE2	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela oscilo-batente com 1 folha, fosco. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J2, dimensões: 0,8m x 1m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco
VE3	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela oscilo-batente com 2 folhas. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5mm (ar entre vidros) ID: J3, dimensões: 1,2m x 1,2m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco
VE4	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Janela/porta oscilo-batente. Vidro/câmara/vidro: 4/16/5 mm (ar entre vidros) ID: J4, dimensões: 0,8m x 2,1m	Com proteção pelo exterior	Persiana exterior manual de PVC branco

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	U <sub>wdn</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	g <sub>L,vi</sub>	g <sub>tot</sub>	FS Global Prot. Perm. C <sub>tot,p</sub>	Classe da Caixilharia 1	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada Fg	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área (m <sup>2</sup> )	U <sub>máx</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
VE1	1,90	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	7,20	2,20
VE2	2,00	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	2,40	2,20
VE3	1,90	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	1,44	2,20
VE4	2,10	0,75	0,04	0,75	4	Duplo	0,65	2,20	1,68	2,20

ID vão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Permeabilidade da Caixa de Estore	Classificação CLASSE+	ID CLASSE+	g <sub>tot</sub> corrigido	Área do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	Área de envidraçados do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	g <sub>tot,máx</sub>	Aenv < 5% Apav	Quadrante Norte? (Verificação de Requisitos)
1	Cozinha	VE1	Norte	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,04	20,00	0,00	-	Sim	
2	Sala de estar	VE1	Sul	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	32,00	1,80	0,56	Não	
3	WC do RC	VE2	Oeste	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,03	2,00	0,80	0,21	Não	
4	WC (piso 1)	VE2	Norte	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,04	7,00	0,00	-	Sim	

5	Quarto 1	VE1	Este	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	16,00	1,80	0,56	Não	
6	Quarto 2	VE1	Este	1,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	18,00	1,80	0,56	Não	
7	Quarto 3	VE3	Sul	1,44	Não	Perm. Baixa	A		0,02	20,00	3,12	0,54	Não	
8	WC (suíte)	VE2	Este	0,80	Não	Perm. Baixa	A		0,02	6,00	0,80	0,56	Não	
9	Quarto 3	VE4	Sul	1,68	Não	Perm. Baixa	A		0,02	20,00	3,12	0,54	Não	

(continuação)

ID vão	Sombreamento Arrefecimento = Sobreamento Aquecimento?	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO/ARREFECIMENTO				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO				
		Obstrução do Horizonte $\alpha^{\circ}$	Pala horizontal $\alpha^{\circ}$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}^{\circ}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}^{\circ}$	Pala horizontal $\alpha^{\circ}$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}^{\circ}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}^{\circ}$		
1	Sim	45	17,27	0	0					
2	Sim	45	45	0	0					
3	Sim	45	16,95	0	0					
4	Sim	45	59,96	0	0					
5	Sim	45	53,7	0	0					
6	Sim	45	53,7	0	0					
7	Sim	45	53,7	0	0					
8	Sim	45	60,49	0	0					
9	Sim	45	41,39	0	0					

## Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Solução por defeito?	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Tipo de porta	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
VOE1	Vão Opaco Exterior Tipo 1	Porta de madeira semi-densa ID: P1, dimensões: 0,8m x 2,1m Localização: Sala de estar	Não	1,99		

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Cor	Área (m <sup>2</sup> )	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β <sub>esq</sub>	Pala vertical à direita β <sub>dir</sub>	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
VOE1	Sul	Clara	1,68	33,89	0	0	1,99	0,35	-

Designação do Tipo de Solução	Áreas por orientação (m <sup>2</sup> )								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
VOE1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68	0,00	0,00	0,00	1,68	1,99	0,35	-

## Envolvente em contato com o solo

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo λ?	2,0	W/(m.°C)
--	-----	----------

## Pavimentos Térreos

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)
-------------------------------	-----------------	---------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------------

PVT1	Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento térreo	55,20	0,24	0,50
------	---------------------------	------------------	-------	------	------

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	$R_f$ m <sup>2</sup> .°C/W	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn (m)	Extensão de Isol. D (m)
PVT1	1,90	30,40	0,25	Sim	Vertical	0,12	1,5

## Pavimentos Enterrados

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação	Profundidade, $Z_{solo}$ (m)	Área ( $m^2$ )	$R_f$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	U ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	URef ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

## Paredes Enterradas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área Total ( $m^2$ )

Designação	Profundidade, $Z_{solo}$ (m)	Área ( $m^2$ )	$R_w$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	$R_f$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	Espessura da parede exposta w (m)	U ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	URef ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

## Pontes Térmicas Lineares Exteriores

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B (m)	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado ( $W/m \cdot ^\circ C$ )	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$ ( $W/m \cdot ^\circ C$ )	$\Psi_{REF}$ ( $W/m \cdot ^\circ C$ )
Fach. com pavimentos térreos	21,26	Valores Tabelados					Exterior	0,70	0,5
Fachada com pavimento intermédio	42,35	Valores Tabelados		Teto falso?		c/ teto falso	Exterior	0,19	0,5
Fachada com cobertura	35,66	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Sob		Exterior	0,70	0,5

Fachada com caixilharia	49,60	Valores Tabelados		Isol. contacta com a caixilharia?	Contacta		Exterior	0,10	0,2
Duas paredes verticais em ângulo saliente	15,60	Valores Tabelados					Exterior	0,40	0,4
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	14,69	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Sob		Exterior	0,55	0,5
Fachada com varanda	6,12	Valores Tabelados					Exterior	0,60	0,5
Zona da caixa de estores	16,10	Valores Tabelados					Exterior	0,30	0,2
								-	-

(VIII) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m. <sup>2</sup> .°C)	Psi referência (w/m. <sup>2</sup> .°C)
PTLE1	Fachada com pavimentos térreos	Valores Tabelados	21,26	0,70	0,50
PTLE2	Fachada com pavimento de nível intermédio	Valores Tabelados	42,35	0,19	0,50
PTLE3	Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura	Valores Tabelados	35,66	0,70	0,50
PTLE4	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	Valores Tabelados	49,60	0,10	0,20
PTLE5	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores Tabelados	15,60	0,40	0,40
PTLE6	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sob o pavimento	Valores Tabelados	14,69	0,55	0,50
PTLE7	Fachada com varanda	Valores Tabelados	6,12	0,60	0,50
PTLE8	Zona de caixa de estores	Valores Tabelados	16,10	0,30	0,20

## Envolvente Interior

### Definição da Envolveinte Interior

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do $b_{z_{tu}}$ de acordo com a norma 13789?	$b_{z_{tu}}$ calculado	$A_i/A_u$	Volume do ENU $m^3$	Ventilação	$b_{z_{tu}}$
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$50 < V \leq 200$	Fraca (f)	0,70
Desvão cobertura	Não		$0.5 \leq A_i/A_u < 1$	$50 < V \leq 200$	Fraca (f)	0,80
						-

### Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Vão Opaco	Vão Opaco - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	Parede interior de divisão da sala (EU) com a garagem (ENU)	0,35
VOI1	Vão Opaco - Tipo	Porta interior	1,99

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	b <sub>zlu</sub>	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PD11	Garagem		22,24	0,00	0,70	0,35	22,24	0,60	1,90
VO11	Garagem		1,68	0,00	0,70	1,99	1,68	0,60	-

Designação do Tipo de Solução	b <sub>zlu</sub>	Área por b <sub>zlu</sub> (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PD11	0,70	22,24	0,35	0,60	1,90

## Pavimentos Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento interior	0,43

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	b <sub>z<sub>tu</sub></sub>	Udesc (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Garagem		27,6	0,70	0,43	0,50	1,20

Designação do Tipo de Solução	b <sub>z<sub>tu</sub></sub>	Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Coberturas Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Cobertura Interior - Tipo 1	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

CBI1	Cobertura Interior - Tipo 1	Pavimento de separação do EU e ENU, com isolamento de XPS de 10cm pelo exterior	0,30

**PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO**

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação (x)	Emissividade (x)	Udescendente (W/m <sup>2</sup> .°C)	b <sub>z<sub>tu</sub></sub>	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBI1	Desvão cobertura		84,64	Clara	Não Ventilado	Normal	0,29	0,80	0,30	0,30	0,30

Designação do Tipo de Solução	b <sub>z<sub>tu</sub></sub>	Área por b <sub>z<sub>tu</sub></sub> (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)



## Ventilação

Método de cálculo	Segundo a EN 15242 e Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)
-------------------	---

Efetuar o cálculo no separador "CalculoVentilacao"

Sistema de Ventilação	Não cumpre a norma 1037-1
-----------------------	---------------------------

Arrefecimento noturno com abertura das janelas?	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------

Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
0,50	0,50	0,54	0,60

Descrição da Solução de Ventilação	Caract. restantes
	512

## Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?	<input checked="" type="checkbox"/>
---------------------------	-------------------------------------

O edifício dispõe de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?	<input checked="" type="checkbox"/>
--	-------------------------------------

Tipologia de abastecimento	Gás Natural
----------------------------	-------------

Isolamento térmico na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{C/W}$ ?	<input checked="" type="checkbox"/>
---	-------------------------------------

Obrigatório nos edifícios novos

Possui chuveiros com elevada eficiência hídrica?	<input type="checkbox"/>
--	--------------------------

Identificação do Sistema	Fonte de Energia	Tipo de Equipamento	Nº de unidades iguais	Marca	Gama	Modelo	Foi possível aceder ao equipamento?	Descrição Específica do Equipamento	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Sistema 1	Solar	Painel Solar Térmico	2	Vaillant	AuroSTEP plus	250		Coletor solar plano, de circulação forçada, com sistema de drenagem automático do líquido solar. Dimensões: 1,23m x 2,03m x 0,8m. Depósito de AQS modelo VIH S1 250/4 B, com capacidade de 250l.	1952,00
Sistema 2	Electricidade	Multi-Split (ar-ar)	6	Vaillant	Multisplit 4x1	VAM 5-113 W408 / 8 kW		Ar condicionado multi-split 4x1. Potência calorífica nominal 9,5kW, SCOP 4 (classe A+)	6442,62
Sistema 3	Electricidade	Multi-Split (ar-ar)	6	Vaillant	Multisplit 4x1	VAM 5-113 W408 / 8 kW		Ar condicionado multi-split 4x1. Potência frigorífica nominal 8kW, SEER 6,1 (classe A++)	
Sistema 4	Gás Natural	Esquentador	1	Junkers	Hydronext 6700i S	WTD12-5 AME		Esquentador a gás natural, eficiência 89%	



## Balço energético

### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Renovável Requisito $Ren_{Hab}$ (%)
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	81,29	345,48
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	10,97	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,50
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	8395	0	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1952	0	<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00		<b>A</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	44,97	89,46	

### Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Valor do Edifício (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Renovável (%)
Aquecimento	23,91	66,08	75,00
Arrefecimento	3,66	0,00	0,00
AQS	20,55	18,69	80,33
<b>Energia Renovável (%)</b>		<b>76,18</b>	
<b>Emissões de CO<sub>2</sub> (t/ano)</b>		<b>0,87</b>	

### Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

#### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MELHORIA

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]  
 Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria  
 Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria  
 Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

		Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )	Aquecimento	✗ -10,3%	-10,3%
	Arrefecimento	✗ -49,7%	-49,7%
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	✗ -29,8%	-29,8%
	Arrefecimento	! 0,0%	0,0%
	AQS	! 0,0%	0,0%

### Dados Climáticos

Graus-dia	2.007		
Zona Climática de Inverno	I3	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	5,5	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	21,5
Duração da estação de aquecimento (meses)	7,3	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0

## Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
38,19	5,45	0,00

PTP (W/°C)	
Hext	Henu;adj
9,71	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
3,34	2,34

PTL (W/°C)	
Hext	Henu;adj
75,56	0,00

Ht (W/°C)
263,46

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	20,31

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
0,00	8,31	13,00

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu;adj
24,74	0,00

Renovação de Ar (W/°C)
Hve
62,50

## Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
202,51

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
0,00	310,26

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
13,85

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
669,71

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
1522,56

## Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?



Solução Inicial	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	66,08	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	3,98	Qa/Ap (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	18,29	Ntc (kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	44,97	Classe Energética	A
	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	81,29	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	10,97	Qa/Ap ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	18,29	Nt (kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	89,46		
Os dados inseridos neste cálculo correspondem à:			Solução Inicial							
Medida de Melhoria	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	66,08	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	3,98	Qa/Ap (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	18,29	Ntc (kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	44,97	Classe Energética	A
	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	81,29	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	10,97	Qa/Ap ref. (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	18,29	Nt (kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	89,46		

Gravar/Editar Simulação

Carregar Simulação



## Documentos

### Documentos

#### RELATÓRIO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Relatório do perito

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 3 MB, formato pdf

Levantamento

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 2 MB, formato pdf

#### FOLHAS DE CÁLCULO

Folha de cálculo regulamentar

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Folha de cálculo da ventilação

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Relatório SCE.ER

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1 MB, formato pdf

#### OUTROS DOCUMENTOS E FOTOGRAFIAS

Adicionar/Remover

### Notas e Observações

Notas a constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Notas a **não** constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

## INÉRCIA TÉRMICA

### EL1 - Elementos da envolvente exterior

#### Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	31,88	588,00	150,00	1,00	4781,55
PDE1	27,06	588,00	150,00	1,00	4059,15
PDE1	12,58	588,00	150,00	1,00	1887,00
PDE1	40,80	588,00	150,00	1,00	6120,00
PTPPDE1	3,32	625,50	150,00	1,00	497,25
PTPPDE1	3,32	625,50	150,00	1,00	497,25
PTPPDE1	4,11	625,50	150,00	1,00	616,20
PTPPDE1	5,62	625,50	150,00	1,00	842,40
PTPPDE2	1,73	38,00	38,00	1,00	65,66
PTPPDE2	2,54	38,00	38,00	1,00	96,67
PTPPDE2	2,83	38,00	38,00	1,00	107,62
PTPPDE2	0,62	38,00	38,00	1,00	23,71
			0,00		
<b>TOTAL</b>					19594,46

#### Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

### EL1 - Elementos da envolvente interior

#### Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	22,24	368,00	150,00	1,00	3336,00
VOI1	1,68	39,45	39,45	0,00	0,00
			0,00		
<b>TOTAL</b>					3336,00

#### Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

### INÉRCIA TÉRMICA

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PVI1	27,60	446,00	150,00	1,00	4140,00
			0,00		
<b>TOTAL</b>					4140,00

#### Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
CBI1	84,64	141,00	141,00	0,50	5967,12
			0,00		
<b>TOTAL</b>					5967,12

#### EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

#### Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

#### EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

### INÉRCIA TÉRMICA

#### Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos enterrados

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos térreos

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PVT1	55,20	285,00	150,00	1,00	8280,00
<b>TOTAL</b>					8280,00

### EL3 - Elementos de compartimentação

#### Paredes de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
WC (RC)	9,40	406,00	300,00	1,00	2820,00
Paredes 2º piso	101,55	406,00	300,00	1,00	30465,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL</b>					33285,00

#### Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
Pavimentos	75,70	477,75	300,00	1,00	22710,00



## Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Novo
Concelho	Bragança
Altitude (m)	674
Região	B
Rugosidade	I
Área útil (m <sup>2</sup> )	130,00
Pé direito (m)	2,60
Volume (m <sup>3</sup> )	338,00
Texterior (°C)	5,50
Altitude ref. (m)	680,00
A <sub>ENV</sub> /A <sub>U</sub>	9,8%

Nº de pisos da fracção	2
Velocidade do vento, u10 (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,6 m/s	
Nº fachadas expostas	>=2
Altura do edifício, H <sub>edif</sub> (m)	6,3
Altura da fracção, H <sub>fA</sub> (m)	3,1
Edifícios/obstáculos?	<input type="checkbox"/>
Altura do obstáculo, H <sub>obs</sub> (m)	
Distância ao obstáculo, D <sub>obs</sub> (m)	
Protecção do edifício	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada	<b>Inferior</b>

[ver esquema](#)

## Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido o valor n<sub>50</sub>?

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m <sup>2</sup> )	Classe de permeabilidade ao ar de janelas Caixilharia 1	Caixilharia 2 ou Vão Ext. ENU	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vaos 1	12,72	4	-	Perm. Baixa

## Aberturas de admissão de ar na envolvente

Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas?

Abertura	Tipo de abertura	Área livre (cm <sup>2</sup> ) / Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Designação
Abertura 1	Auto-regulável a 10 Pa	373,15	Grelha de admissão posicionada acima de janelas, modelo THM90 EVO, empresa Renson
Abertura 2			

## Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Existem condutas de ventilação natural?

Conduta	Tipo de escoamento	Exaustores tipo ventax?	Perda de carga	Tipo de cobertura	Número de condutas semelhantes	Altura da conduta conhecida?	Altura da conduta (m)	Designação
Conduta V_N 1	Exaustão	Sim	Alta	Inclinada (10° a 30°)	3	Não	6,20	
Conduta V_N 2								

## Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)?

Sistema Ventilação Mecânica	Tipo de escoamento	Informação sobre ventilador?	Admissão			Exaustão			Rendimento recuperador de calor (0-100%)	Designação
			Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)	Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)		
Sistema V_M 1										

## RESULTADOS

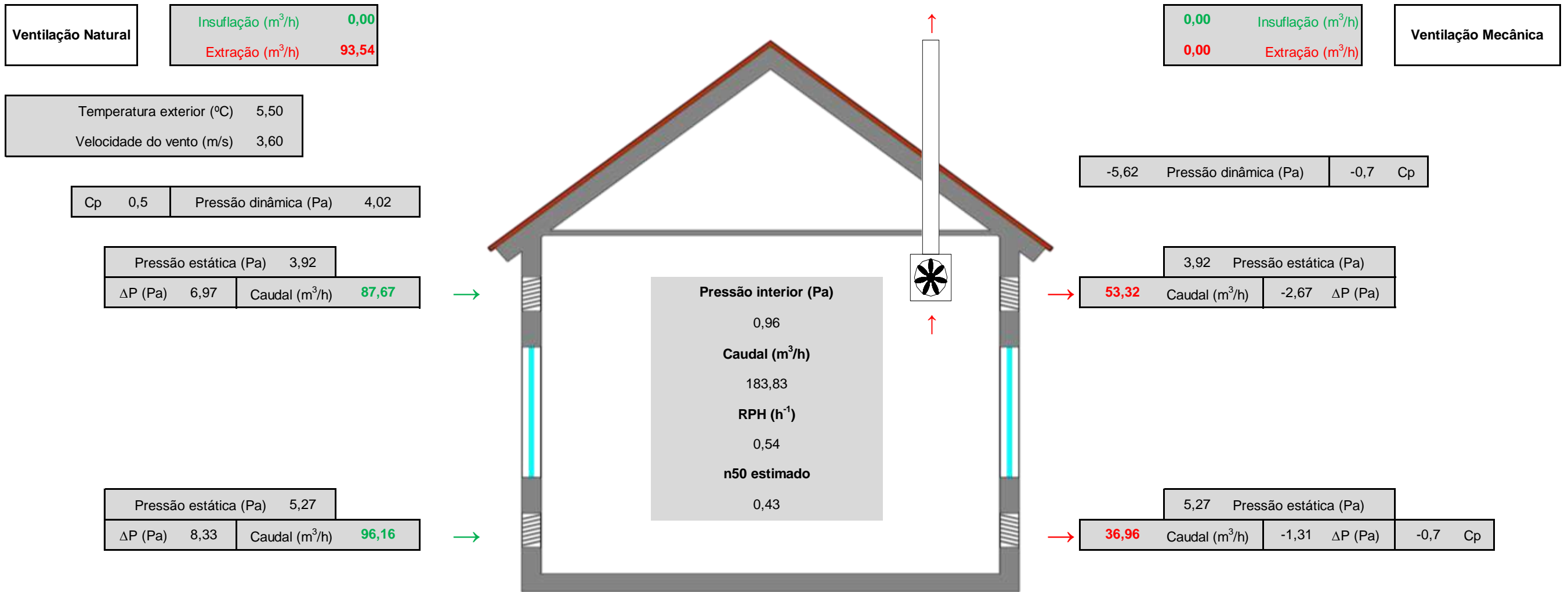
RPH estimada condições nominais (h-1)	0,50
Rph,i (h-1) - Aquecimento	0,54
bve,i (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60
bve,v (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h-1)	0,50
Rph,i REF (h-1)	0,54
Wvm (kWh/ano)	0,00

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

[Ver esquema da Ventilação \(Método simplificado\)](#)

ANEXO - Esquema da ventilação com base no cálculo (Método Simplificado)



# **Anexo H**

## **Anexo H**

Relatório dos indicadores energéticos obtidos em  
todos os experimentos

Descrição da solução	_Amparar co	ID	Nc (kWh/m²/ano)	Δ Nc	Nc (kWh/m²/ano)	Δ Nc	Rph	Qa (kWh/ano)	EREN (kWh/ano)	Δ EREN	EREN ADS (kWh/ano)	Ntc (kWh/m²/ano)	Wvm (kWh/ano)	Qa/Qv (kWh/m²/ano)	Renovavel (%)	Ntc/Nt	Classe Energética	Nc/ref (kWh/m²/ano)	Nw/ref (kWh/m²/ano)	Qa/ref (kWh/m²/ano)	EREN/ref (kWh/ano)	EREN ADS/ref (kWh/ano)	Nc/ref (kWh/m²/ano)	Qa/Qv ref (kWh/m²/ano)	Análise financeira?	Acusto operação (€/ano)	Investimento	Periodo estudo (anos)	TIR	Payback simples		
Edifício modelo REH	delto antes N	R01	76.02		2.99		0.40	2377	1952		1952	193.72	0	18.29	7.15%	0.87	B	77.01	10.97	2377	1342	1342	222.22	18.29	Não	€	-	-	-	-		
Solução base (fachada SE)	- Fi	H01.01.01	66.00	-0.12%	4.25	6.89%	0.50	2377	8387	-0.09%	1952	46.92	0	18.29	345.48%	0.50	A	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	407.91	€	-	-		
Solução base (fachada NE)	- F	H01.01.02	65.80	-0.42%	4.70	19.68%	0.50	2377	8387	-5.84%	1952	46.75	0	18.29	345.48%	0.52	B	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	406.82	€	-	-		
Solução base (fachada NW)	- F	H01.01.03	66.07	-0.75%	4.84	26.53%	0.50	2377	8850	-4.27%	1952	46.44	0.00	18.29	345.48%	0.50	A	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	405.61	€	-	-		
Solução base (fachada N)	- F	H01.01.04	65.54	-0.81%	4.52	13.62%	0.50	2377	8834	-5.23%	1952	46.49	0	18.29	345.48%	0.52	B	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	405.39	€	-	-		
Solução base (fachada NO)	- Fa	H01.01.05	65.77	-0.47%	4.12	3.54%	0.50	2377	8364	-3.36%	1952	44.78	0	18.29	344.23%	0.50	A	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	406.65	€	-	-		
Solução base (fachada O)	- F	H01.01.06	66.07	-0.02%	3.98	0.13%	0.50	2377	8393	-0.02%	1952	44.37	0	18.29	345.48%	0.50	A	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	408.29	€	-	-		
Solução base (fachada SO)	- F	H01.01.07	66.19	0.16%	3.76	-5.58%	0.50	2377	8405	0.12%	1952	45.04	0	18.29	345.91%	0.50	A	81.29	10.97	2377	0	0	89.46	18.29	Não	€	408.95	€	-	-		
Solução base (aumento de 3,7% de área de vidro envidraçada fachada Sul)	ent	H01.02.01	66.00	-0.12%	4.16	4.47%	0.50	2377	8387	-0.09%	1952	44.93	0	18.29	345.17%	0.50	A	82.88	10.97	2377	0	0	90.74	18.29	Sim	€	407.64	€	204,33	25	Erro	Erro
Solução base (aumento de 2,3% de área de vidro envidraçada fachada Este)	mti	H01.02.02	65.87	-0.31%	4.21	5.68%	0.50	2377	8374	-0.24%	1952	44.84	0.00	18.29	344.64%	0.50	A	82.35	10.97	2377	0	0	90.24	18.29	Sim	€	407.21	€	149,81	25	Erro	Erro
Solução base (aumento de 1,4% de área de vidro envidraçada fachada Norte)	nto	H01.02.03	66.03	-0.08%	4.05	1.81%	0.50	2377	8389	-0.06%	1952	44.94	0.00	18.29	345.27%	0.50	A	81.88	10.97	2377	0	0	89.89	18.29	Sim	€	408.07	€	74,91	25	Erro	Erro
Solução base (aumento de 0,4% de área de vidro envidraçada fachada Oeste)	nto	H01.02.04	66.69	0.92%	3.86	-2.89%	0.50	2377	8454	0.71%	1952	45.36	0.00	18.29	347.93%	0.51	B	81.22	10.97	2377	0	0	89.41	18.29	Sim	€	411.74	€	32,66	25	Erro	Erro
Solução base (aumento de 7,7% de área de vidro envidraçada fachada Sul)	ent	H01.02.05	65.86	-0.33%	4.37	9.83%	0.50	2377	8373	-0.26%	1952	44.84	0	18.29	344.60%	0.49	A	84.36	10.97	2377	0	0	91.72	18.29	Sim	€	407.14	€	70,10	25	Erro	Erro
Solução base (aumento de 5,8% de área de vidro envidraçada fachada Oeste)	nto	H01.02.06	66.74	0.99%	4.86	22.05%	0.50	2377	8887	7,05%	1952	47.38	0.00	18.29	369.85%	0.51	B	85.23	10.97	2377	0	0	92.36	18.29	Sim	€	413.99	€	582,32	25	Erro	Erro
Solução base (pé direito de 2,5m)	o p	H01.03.01	66.06	-0.03%	4.15	4,22%	0.54	2377	8393	-0,02%	1952	44,96	0,00	18,29	345,40%	0,50	A	81,27	10,97	2377	0	0	89,45	18,29	Sim	€	408,25	€	2,471,60	50	16,5%	Erro
Solução base (pé direito de 3,0m)	o p	H01.03.02	66.07	0,00%	4,06	2,99%	0,52	2377	8394	-0,01%	1952	44,97	0,00	18,29	345,48%	0,50	A	81,28	10,97	2377	0	0	89,45	18,29	Sim	€	408,25	€	1,225,80	50	33,0%	Erro
Solução base (pé direito de 2,7m)	o p	H01.03.03	66.09	0,02%	3,90	-2,06%	0,48	2377	8396	0,01%	1952	44,98	0,00	18,29	345,52%	0,50	A	81,30	10,97	2377	0	0	89,47	18,29	Sim	€	408,25	€	1,235,80	50	16,5%	Erro
Solução base (pé direito de 2,8m)	o p	H01.03.04	66.10	0,03%	3,82	-4,07%	0,46	2377	8396	0,02%	1952	44,99	0,00	18,29	345,55%	0,50	A	81,31	10,97	2377	0	0	89,47	18,29	Sim	€	408,47	€	2,471,60	50	16,5%	Erro
Solução base (pé direito de 3,0m)	o p	H01.03.05	67.48	3,11%	3,66	-7,97%	0,41	2377	8377	-7,97%	1952	45,85	0,00	18,29	351,09%	0,50	A	81,30	10,97	2377	0	0	91,70	18,29	Sim	€	410,30	€	5,80	25	Erro	Erro
Solução base (pé direito de 3,2m)	o p	H01.03.06	68.00	4,58%	3,51	-11,71%	0,41	2377	8080	-5,51%	1952	45,68	0,00	18,29	347,63%	0,51	B	84,33	10,97	2377	0	0	91,70	18,29	Sim	€	425,07	€	7,743,70	50	3,0%	Erro
Solução base (pé direito de 3,4m)	o p	H01.03.07	70.73	7,04%	3,37	-15,28%	0,38	2377	8848	-5,40%	1952	47,88	0,00	18,29	364,14%	0,52	B	85,97	10,97	2377	0	0	92,90	18,29	Sim	€	434,06	€	9,886,39	50	0,0%	Erro
Solução base (paredes com EPS de 10 cm)	io j	H01.04.01	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 1	io j	H01.04.02	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 2	io j	H01.04.03	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 3	io j	H01.04.04	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 4	io j	H01.04.05	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 5	io j	H01.04.06	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Paredes com EPS de 10 cm + solução 6	io j	H01.04.07	63.59	-3,76%	4,06	2,06%	0,50	2377	8152	-2,89%	1952	43,42	0,00	18,29	335,53%	0,49	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	396,63	€	387,13	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 12 cm)	io j	H01.04.02	61.64	-6,71%	4,13	3,74%	0,50	2377	7962	-5,15%	1952	42,20	0,00	18,29	327,68%	0,47	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	388,86	€	774,26	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 14 cm)	io j	H01.04.03	60.17	-8,95%	4,18	5,08%	0,50	2377	7818	-6,78%	1952	41,28	0,00	18,29	321,76%	0,46	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	375,70	€	1.161,39	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 16 cm)	io j	H01.04.04	59.16	-10,47%	4,22	5,98%	0,50	2377	8179	-2,57%	1952	42,38	0,00	18,29	336,59%	0,47	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	370,15	€	1.548,52	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 18 cm)	io j	H01.04.05	58.27	-11,89%	4,25	6,86%	0,50	2377	8091	-1,89%	1952	41,81	0,00	18,29	332,96%	0,47	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	364,04	€	1.935,65	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 20 cm)	io j	H01.04.06	57.28	-13,32%	4,29	7,77%	0,50	2377	8002	-4,67%	1952	41,33	0,00	18,29	329,34%	0,46	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	359,73	€	2.332,78	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 22 cm)	io j	H01.04.07	56.81	-14,03%	4,31	8,22%	0,50	2377	7959	-5,20%	1952	40,94	0,00	18,29	327,53%	0,46	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	357,13	€	2.709,91	50	Erro	Erro
Solução base (paredes com EPS de 24 cm)	io j	H01.04.08	56.33	-14,75%	4,32	8,67%	0,50	2377	7915	-5,72%	1952	40,66	0,00	18,29	325,72%	0,45	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	354,52	€	3.097,04	50	Erro	Erro
Solução base (cobertura int com EPS de 12 cm)	io b	H01.04.09	65.08	-1,51%	3,87	-7,46%	0,50	2377	8298	-1,16%	1952	44,35	0,00	18,29	341,48%	0,50	A	81,29	10,97	2377	0	0	89,46	18,29	Sim	€	402,86	€	242,07	50	Erro	Erro
Cobertura com EPS de 12 cm + solução 2	om	H01.04.09.02	65.08		3,87		0,50	2377	8298		1952	44,35	0,00	18,29																		

## **Anexo I**

Cálculo dos custos de operação para cada experimento

Dados fixos

Fonte de energia	€/kWh
Electricidade	0,17
Gasóleo	0,096
Gás Natural	0,09
Gás Propano	0,151
Gás Butano	0,151
Biomassa	0,05
Redes Urbanas - Climaespaço (climatização)	0,09
Redes Urbanas - Climaespaço (aq5)	0,09
Renovável Térmica	0
Renovável Eléctrica	0

Solução	Área útil
H01	130 m <sup>2</sup>

Solução inicial	Solução base	Necessidade	Fonte de energia	Fração	Fator de anulação δ	η	N (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N (kWh/ano)	C (€/ano)
H01.Aqu.Ele		Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,08	2147,54	€ 365,08
H01.Arr.Ele	-	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€ -
H01.AQS.Gás	-	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28
H01.AQS.Ren	-	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -

Solução analisada	Solução base	Necessidade	Fonte de energia	Fração	Fator de anulação δ	η	N (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N (kWh/ano)	C (€/ano)	Δ C (€/ano)
H01.01.01	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,00	2144,90	€ 364,63	-€ 0,45
H01.01.01	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,25	90,64	€ -	€ -
H01.01.01	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.01	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.01	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.01	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.02	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	65,80	2138,47	€ 363,54	-€ 1,54
H01.01.02	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,76	101,49	€ -	€ -
H01.01.02	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.02	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.02	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.02	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.03	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	65,58	2131,35	€ 362,33	-€ 2,75
H01.01.03	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,64	98,80	€ -	€ -
H01.01.03	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.03	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.03	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.03	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.04	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	65,54	2130,05	€ 362,11	-€ 2,97
H01.01.04	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,52	96,35	€ -	€ -
H01.01.04	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.04	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.04	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.04	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.05	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	65,77	2137,46	€ 363,37	-€ 1,71
H01.01.05	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,12	87,80	€ -	€ -
H01.01.05	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.05	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.05	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.05	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.06	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,07	2147,11	€ 365,01	-€ 0,07
H01.01.06	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,90	€ -	€ -
H01.01.06	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.06	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.06	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.06	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.01.07	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,19	2151,01	€ 365,67	€ 0,59
H01.01.07	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,76	80,07	€ -	€ -
H01.01.07	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.01.07	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.07	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.01.07	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.02.01	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,00	2145,07	€ 364,66	-€ 0,42
H01.02.01	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,16	88,59	€ -	€ -
H01.02.01	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.02.01	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.01	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.01	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.02.02	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	65,87	2140,78	€ 363,93	-€ 1,15
H01.02.02	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,21	89,61	€ -	€ -
H01.02.02	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.02.02	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.02	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.02	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.02.03	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,03	2145,81	€ 364,79	-€ 0,29
H01.02.03	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,05	86,33	€ -	€ -
H01.02.03	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€ 43,28	€ -
H01.02.03	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.03	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€ -	€ -
H01.02.03	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€ -	€ -
H01.02.04	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,69	2167,39	€ 368,46	€ 3,38
H01.02.04	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,86	82,35	€ -	€ -







H01.05.15	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.05.16	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	84,69	2752,52	€	467,93	€	102,85
H01.05.16	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,82	60,12	€	-	€	-
H01.05.16	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.05.16	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.16	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.16	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.05.17	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	87,76	2852,10	€	484,86	€	119,78
H01.05.17	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,65	56,39	€	-	€	-
H01.05.17	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.05.17	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.17	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.17	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.05.18	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	87,80	2853,60	€	485,11	€	120,03
H01.05.18	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,64	56,33	€	-	€	-
H01.05.18	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.05.18	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.18	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.18	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.05.19	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	89,67	2914,31	€	495,43	€	130,35
H01.05.19	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,54	54,17	€	-	€	-
H01.05.19	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.05.19	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.19	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.05.19	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.06.01	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,08	2147,54	€	365,08	€	-
H01.06.01	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€	-	€	-
H01.06.01	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.06.01	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.01	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.01	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.06.02	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	66,08	2147,54	€	365,08	€	-
H01.06.02	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€	-	€	-
H01.06.02	H01	AQS	Electricidade	18%	1,00	0,90	3,29	475,54	€	80,84	€	-
H01.06.02	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.02	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.02	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.06.03	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,91	66,08	1749,52	€	297,42	-€	67,66
H01.06.03	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	5,34	3,98	96,87	€	-	€	-
H01.06.03	H01	AQS	Electricidade	100%	1,00	4,91	18,29	484,26	€	82,32	€	-
H01.06.03	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.03	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.03	H01	AQS	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.04	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,91	66,08	1749,52	€	297,42	-€	67,66
H01.06.04	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	5,34	3,98	96,87	€	-	€	-
H01.06.04	H01	AQS	Electricidade	100%	1,00	4,91	18,29	484,26	€	82,32	€	-
H01.06.04	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.04	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.04	H01	AQS	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.05	H01	Aquecimento	Biomassa	100%	1,00	0,90	66,08	9544,60	€	477,23	€	-
H01.06.05	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€	-	€	-
H01.06.05	H01	AQS	Biomassa	100%	1,00	0,90	18,29	2641,89	€	132,09	€	-
H01.06.05	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.05	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.05	H01	AQS	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.06	H01	Aquecimento	Gás Natural	60%	1,00	0,98	39,65	5286,24	€	475,76	€	-
H01.06.06	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€	-	€	-
H01.06.06	H01	AQS	Gás Natural	100%	1,00	0,98	18,29	2438,67	€	219,48	€	176,20
H01.06.06	H01	Aquecimento	Biomassa	40%	1,00	0,75	26,43	4581,41	€	229,07	€	-
H01.06.06	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.06	H01	AQS	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.07	H01	Aquecimento	Gás Natural	100%	1,00	0,98	66,08	8810,40	€	792,94	€	-
H01.06.07	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,98	84,80	€	-	€	-
H01.06.07	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.06.07	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.07	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.06.07	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.01	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	61,99	2014,58	€	342,48	-€	22,60
H01.07.01	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	5,14	109,46	€	-	€	-
H01.07.01	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.01	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.01	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.01	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.02	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	63,35	2058,84	€	350,00	-€	15,08
H01.07.02	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,72	100,57	€	-	€	-
H01.07.02	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.02	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.02	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.02	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.03	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	64,71	2103,17	€	357,54	-€	7,54
H01.07.03	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	4,33	92,36	€	-	€	-
H01.07.03	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.03	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.03	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.03	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.04	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	67,44	2191,93	€	372,63	€	7,55
H01.07.04	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,65	77,85	€	-	€	-
H01.07.04	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.04	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.04	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.04	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-

H01.07.05	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	68,80	2235,90	€	380,10	€	15,02
H01.07.05	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,35	71,48	€	-	€	-
H01.07.05	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.05	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.05	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.05	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.06	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	70,17	2280,36	€	387,66	€	22,58
H01.07.06	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	3,08	65,64	€	-	€	-
H01.07.06	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.06	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.06	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.06	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.07	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	72,90	2369,32	€	402,78	€	37,70
H01.07.07	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,60	55,39	€	-	€	-
H01.07.07	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.07	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.07	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.07	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.08	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	75,63	2457,91	€	417,84	€	52,76
H01.07.08	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	2,20	46,84	€	-	€	-
H01.07.08	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.08	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.08	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.08	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.09	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	78,37	2547,06	€	433,00	€	67,92
H01.07.09	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	1,86	39,72	€	-	€	-
H01.07.09	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.09	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.09	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.09	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-
H01.07.10	H01	Aquecimento	Electricidade	100%	1,00	4,00	81,12	2636,30	€	448,17	€	83,09
H01.07.10	H01	Arrefecimento	Electricidade	100%	0,00	6,10	1,59	33,78	€	-	€	-
H01.07.10	H01	AQS	Gás Natural	18%	1,00	0,89	3,29	480,88	€	43,28	€	-
H01.07.10	H01	Aquecimento	Renovável Térmica	0%	1,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.10	H01	Arrefecimento	Renovável Térmica	0%	0,00	1,00	0,00	0,00	€	-	€	-
H01.07.10	H01	AQS	Renovável Térmica	82%	1,00	1,00	15,00	1949,71	€	-	€	-

# **Anexo J**

## **Cálculo do investimento**

**Propostas de melhoria**

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.01	€ 204,33

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 3,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)

Antes	Custo	Agora	Custo
Janela J1	€ 486,97	Janela J5	€ 561,88
Janela J3	€ 432,46	Janela J5	€ 561,88
<b>Total</b>	<b>€ 919,43</b>	<b>Total</b>	<b>€ 1.123,76</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.02	€ 149,81

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 2,3% de área de vão envidraçado fachada Este)

Antes	Custo	Agora	Custo
Janela J1	€ 486,97	Janela J5	€ 561,88
Janela J1	€ 486,97	Janela J5	€ 561,88
<b>Total</b>	<b>€ 973,94</b>	<b>Total</b>	<b>€ 1.123,76</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.03	€ 74,91

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 1,4% de área de vão envidraçado fachada Norte)

Antes	Custo	Agora	Custo
Janela J1	€ 486,97	Janela J5	€ 561,88
<b>Total</b>	<b>€ 486,97</b>	<b>Total</b>	<b>€ 561,88</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.04	€ 32,66

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 0,4% de área de vão envidraçado fachada Oeste)

Antes	Custo	Agora	Custo
Janela J2	€ 273,72	Janela J6	€ 306,39
<b>Total</b>	<b>€ 273,72</b>	<b>Total</b>	<b>€ 306,39</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.05	€ 707,10

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 7,7% de área de vão envidraçado fachada Sul)

Antes	Custo	Agora	Custo
Janela J1	€ 486,97	Janela J7	€ 1.194,07
<b>Total</b>	<b>€ 486,97</b>	<b>Total</b>	<b>€ 1.194,07</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.02.06	€ 582,32

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (aumento de 5,8% de área de vão envidraçado fachada Oeste)

Agora	Custo
Janela J8	€ 582,32
<b>Total</b>	<b>€ 582,32</b>

**Materializados utilizados para cálculo dos custos dos experimentos H01.03**

Custo	Descrição
€ 35,43	Fachada ETICS de tijolo cerâmico (m²)
€ 13,83	Isolamento térmico - EPS de 8cm (m²)
€ 15,69	Argamassa de cimento camada base (m²)
€ 17,65	Argamassa de cimento camada final (m²)
€ 13,19	Parede de compartimentação (m²)
€ 11,22	Tinta exterior (m²)
€ 6,05	Tinta interior (m²)
€ 529,09	Pilares (m³)

ID melhoria	Δ Investimento
H01.03.01	-€ 2.471,60

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (pé direito de 2,4m)

Δ altura (m)	Descrição	C (m)	Δ área	Custo
-0,2	Fachada RC	47,6	-9,52 m²	-€ 950,76
-0,2	Fachada piso 2	38,4	-7,68 m²	-€ 767,00
-0,2	Paredes compartimentação RC	4,25	-0,85 m²	-€ 78,17
-0,2	Paredes compartimentação piso 2	29,11	-5,82 m²	-€ 535,45
-0,2	Pilares	1,33 m³	-0,27 m³	-€ 140,21
	<b>Total</b>			<b>-€ 2.471,60</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.03.02	-€ 1.235,80

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (pé direito de 2,5m)

Δ altura (m)	Descrição	C (m)	Δ área	Custo
-0,1	Fachada RC	47,6	-4,76 m²	-€ 475,38
-0,1	Fachada piso 2	38,4	-3,84 m²	-€ 383,50
-0,1	Paredes compartimentação RC	4,25	-0,43 m²	-€ 39,09
-0,1	Paredes compartimentação piso 2	29,11	-2,91 m²	-€ 267,72
-0,1	Pilares	1,33 m³	-0,13 m³	-€ 70,10
	<b>Total</b>			<b>-€ 1.235,80</b>

ID melhoria	Δ Investimento
H01.03.03	€ 1.235,80

**Descrição da proposta de melhoria**  
Solução base (pé direito de 2,7m)

Δ altura (m)	Descrição	C (m)	Δ área	Custo
0,1	Fachada RC	47,6	4,76 m²	€ 475,38
0,1	Fachada piso 2	38,4	3,84 m²	€ 383,50
0,1	Paredes compartimentação RC	4,25	0,43 m²	€ 39,09
0,1	Paredes compartimentação piso 2	29,11	2,91 m²	€ 267,72
0,1	Pilares	1,33 m³	0,13 m³	€ 70,10

Solução	Investimento
H01.02.01	€ 204,33
H01.02.02	€ 149,81
H01.02.03	€ 74,91
H01.02.04	€ 32,66
H01.02.05	€ 707,10
H01.02.06	€ 582,32
H01.03.01	-€ 2.471,60
H01.03.02	-€ 1.235,80
H01.03.03	€ 1.235,80
H01.03.04	€ 2.471,60
H01.03.05	€ 4.943,19
H01.03.06	€ 7.414,79
H01.03.07	€ 9.886,39
H01.04.01	€ 387,13
H01.04.02	€ 774,26
H01.04.03	€ 1.161,39
H01.04.04	€ 1.548,52
H01.04.05	€ 1.935,65
H01.04.06	€ 2.322,78
H01.04.07	€ 2.709,91
H01.04.08	€ 3.097,04
H01.04.09	€ 242,07
H01.04.10	€ 484,14
H01.04.11	€ 726,21
H01.04.12	€ 968,28
H01.04.13	€ 1.210,35
H01.04.14	€ 1.452,42
H01.04.15	€ 1.694,49
H01.04.20	-€ 2.714,93
H01.04.21	€ 5.279,48
H01.05.01	€ 156,86
H01.05.02	€ 256,84
H01.05.03	€ 505,72
H01.05.05	€ 622,30
H01.05.06	€ 622,30
H01.05.07	€ 867,30
H01.05.08	€ 1.112,30
H01.05.09	€ 1.112,30
H01.05.10	€ 1.357,30
H01.05.11	€ 1.602,30
H01.05.12	€ 1.602,30
H01.05.13	€ 1.847,30
H01.05.14	€ 2.092,30
H01.05.15	€ 2.092,30
H01.05.16	€ 2.337,30
H01.05.17	€ 2.582,30
H01.05.18	€ 2.582,30
H01.05.19	€ 2.827,30
H01.06.01	€ 9.695,96
H01.06.02	€ 9.174,26
H01.06.03	€ 12.202,92
H01.06.04	€ 18.316,82
H01.06.05	€ 11.077,16
H01.06.06	€ 10.169,68
H01.06.07	€ 13.306,78

**Auxiliar custos**

Elemento	Preço final	Caixilharia	Área vidro	Vidro
Janela J1	€ 486,97	€ 433,68	1,00	€ 53,29
Janela J2	€ 273,72	€ 238,80	0,43	€ 34,92
Janela J3	€ 432,46	€ 389,09	0,69	€ 43,37
Janela J4	€ 407,61	€ 353,10	1,04	€ 54,51
Janela J5	€ 561,88	€ 497,75	1,34	€ 64,13
Janela J6	€ 306,39	€ 266,63	0,58	€ 39,76
Janela J7	€ 1.194,07	€ 777,88	3,57	€ 416,19
Janela J8	€ 582,32	€ 336,75	2,04	€ 245,57

Elemento	Preço (€/m²)
EPS 1,5cm	€ 2,00
EPS 2cm	€ 2,86
EPS 3cm	€ 3,50
EPS 4cm	€ 5,72
EPS 5cm	€ 7,15
EPS 6cm	€ 8,58
EPS 7cm	€ 10,01
EPS 7,5cm	€ 10,50
EPS 8cm	€ 11,44
EPS 9cm	€ 12,87
EPS 10cm	€ 14,30
EPS 12cm	€ 17,16

Fonte: Danosa Tabela de preços 2021

Total € 1.235,80

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.03.04	€ 2.471,60			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (pé direito de 2,8m)				
<b>Δ altura (m)</b>	<b>Descrição</b>	<b>C (m)</b>	<b>Δ área</b>	<b>Custo</b>
0,2	Fachada RC	47,6	9,52 m <sup>2</sup>	€ 950,76
0,2	Fachada piso 2	38,4	7,68 m <sup>2</sup>	€ 767,00
0,2	Paredes compartimentação RC	4,25	,85 m <sup>2</sup>	€ 78,17
0,2	Paredes compartimentação piso 2	29,11	5,82 m <sup>2</sup>	€ 535,45
0,2	Pilares	1,33 m <sup>2</sup>	,27 m <sup>3</sup>	€ 140,21
			<b>Total</b>	<b>€ 2.471,60</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.03.05	€ 4.943,19			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (pé direito de 3,0m)				
<b>Δ altura (m)</b>	<b>Descrição</b>	<b>C (m)</b>	<b>Δ área</b>	<b>Custo</b>
0,4	Fachada RC	47,6	19,04 m <sup>2</sup>	€ 1.901,52
0,4	Fachada piso 2	38,4	15,36 m <sup>2</sup>	€ 1.534,00
0,4	Paredes compartimentação RC	4,25	1,7 m <sup>2</sup>	€ 156,35
0,4	Paredes compartimentação piso 2	29,11	11,64 m <sup>2</sup>	€ 1.070,90
0,4	Pilares	1,33 m <sup>2</sup>	,53 m <sup>3</sup>	€ 280,42
			<b>Total</b>	<b>€ 4.943,19</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.03.06	€ 7.414,79			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (pé direito de 3,2m)				
<b>Δ altura (m)</b>	<b>Descrição</b>	<b>C (m)</b>	<b>Δ área</b>	<b>Custo</b>
0,6	Fachada RC	47,6	28,56 m <sup>2</sup>	€ 2.852,29
0,6	Fachada piso 2	38,4	23,04 m <sup>2</sup>	€ 2.301,00
0,6	Paredes compartimentação RC	4,25	2,55 m <sup>2</sup>	€ 234,52
0,6	Paredes compartimentação piso 2	29,11	17,47 m <sup>2</sup>	€ 1.606,35
0,6	Pilares	1,33 m <sup>2</sup>	,8 m <sup>3</sup>	€ 420,63
			<b>Total</b>	<b>€ 7.414,79</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.03.07	€ 9.886,39			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (pé direito de 3,4m)				
<b>Δ altura (m)</b>	<b>Descrição</b>	<b>C (m)</b>	<b>Δ área</b>	<b>Custo</b>
0,8	Fachada RC	47,6	38,08 m <sup>2</sup>	€ 3.803,05
0,8	Fachada piso 2	38,4	30,72 m <sup>2</sup>	€ 3.068,01
0,8	Paredes compartimentação RC	4,25	3,4 m <sup>2</sup>	€ 312,70
0,8	Paredes compartimentação piso 2	29,11	23,29 m <sup>2</sup>	€ 2.141,80
0,8	Pilares	1,33 m <sup>2</sup>	1,06 m <sup>3</sup>	€ 560,84
			<b>Total</b>	<b>€ 9.886,39</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.01	€ 387,13			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (paredes com EPS de 10 cm)				
		<b>Área aplicada</b>		
		135,36 m <sup>2</sup> fonte: excel calc HAB		
	<b>Antes</b>	<b>Custo</b>	<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
	EPS 8cm	€ 1.548,52	EPS 10cm	€ 1.935,65
	<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>	<b>Total</b>	<b>€ 1.935,65</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.02	€ 774,26			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (paredes com EPS de 12 cm)				
		<b>Área aplicada</b>		
		135,36 m <sup>2</sup> fonte: excel calc HAB		
	<b>Antes</b>	<b>Custo</b>	<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
	EPS 8cm	€ 1.548,52	EPS 12cm	€ 2.322,78
	<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>	<b>Total</b>	<b>€ 2.322,78</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.03	€ 1.161,39			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (paredes com EPS de 14 cm)				
		<b>Área aplicada</b>		
		135,36 m <sup>2</sup> fonte: excel calc HAB		
	<b>Antes</b>	<b>Custo</b>	<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
	EPS 8cm	€ 1.548,52	EPS 8cm	€ 1.548,52
	<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>	EPS 6cm	€ 1.161,39
			<b>Total</b>	<b>€ 2.709,91</b>

	<b>Solver</b>	<b>€ 968,28</b>
EPS 8cm	8	€ 968,28
EPS 8cm	8	<b>€ 1.936,56</b>
<b>Total</b>	<b>16</b>	

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.04	€ 1.548,52			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (paredes com EPS de 16 cm)				
		<b>Área aplicada</b>		
		135,36 m <sup>2</sup> fonte: excel calc HAB		
	<b>Antes</b>	<b>Custo</b>	<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
	EPS 8cm	€ 1.548,52	EPS 8cm	€ 1.548,52
	<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>	EPS 8cm	€ 1.548,52
			<b>Total</b>	<b>€ 3.097,04</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.05	€ 1.935,65			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (paredes com EPS de 18 cm)				
		<b>Área aplicada</b>		
		135,36 m <sup>2</sup> fonte: excel calc HAB		
	<b>Antes</b>	<b>Custo</b>	<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
	EPS 8cm	€ 1.548,52	EPS 10cm	€ 1.935,65
	<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>	EPS 8cm	€ 1.548,52
			<b>Total</b>	<b>€ 3.484,17</b>

	<b>€ 1.548,52</b>
EPS 8cm	€ 2.322,78
EPS 12cm	<b>€ 3.871,30</b>
<b>Total</b>	

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.06	€ 2.322,78			

<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 8cm			135,36 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (paredes com EPS de 20 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 8cm	€ 1.548,52		EPS 10cm	€ 1.935,65
<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>		EPS 10cm	€ 1.935,65
			<b>Total</b>	<b>€ 3.871,30</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.07	€ 2.709,91			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 8cm			135,36 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (paredes com EPS de 22 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 8cm	€ 1.548,52		EPS 10cm	€ 1.935,65
<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>		EPS 12cm	€ 2.322,78
			<b>Total</b>	<b>€ 4.258,43</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.08	€ 3.097,04			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 8cm			135,36 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (paredes com EPS de 24 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 8cm	€ 1.548,52		EPS 12cm	€ 2.322,78
<b>Total</b>	<b>€ 1.548,52</b>		EPS 12cm	€ 2.322,78
			<b>Total</b>	<b>€ 4.645,56</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.09	€ 242,07			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 12 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 6cm	€ 726,21
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 6cm	€ 726,21
			<b>Total</b>	<b>€ 1.452,42</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.10	€ 484,14			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 14 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 8cm	€ 968,28
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 6cm	€ 726,21
			<b>Total</b>	<b>€ 1.694,49</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.11	€ 726,21			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 16 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 8cm	€ 968,28
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 8cm	€ 968,28
			<b>Total</b>	<b>€ 1.936,56</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.12	€ 968,28			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 18 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 8cm	€ 968,28
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 10cm	€ 1.210,35
			<b>Total</b>	<b>€ 2.178,63</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.13	€ 1.210,35			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 20 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 10cm	€ 1.210,35
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 10cm	€ 1.210,35
			<b>Total</b>	<b>€ 2.420,70</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.14	€ 1.452,42			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 22 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 10cm	€ 1.210,35
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 12cm	€ 1.452,42
			<b>Total</b>	<b>€ 2.662,77</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.15	€ 1.694,49			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>			<b>Área aplicada</b>	
EPS 10cm			84,64 m <sup>2</sup>	fonte: excel calc HAB
Solução base (cobertura int com EPS de 24 cm)				
<b>Antes</b>	<b>Custo</b>		<b>Agora</b>	<b>Custo</b>
EPS 10cm	€ 1.210,35		EPS 12cm	€ 1.452,42
<b>Total</b>	<b>€ 1.210,35</b>		EPS 12cm	€ 1.452,42
			<b>Total</b>	<b>€ 2.904,84</b>

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.04.20	-€ 2.714,93			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (inércia térm média)				
<b>Antes</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custo (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total</b>	
Pavimento cerâmico	130,90	€ 18,29	€ 2.394,16	

	<b>Solver!</b>	€ 1.210,35
EPS 10cm	10	€ 1.210,35
EPS 10cm	10	€ 1.210,35
EPS 10cm	10	<b>€ 3.631,06</b>
<b>Total</b>	30	

EPS 3cm	€ 296,24
EPS 11cm	#N/D
<b>Total</b>	<b>#N/D</b>
EPS 5cm	€ 605,18
EPS 9cm	€ 1.089,32
<b>Total</b>	<b>€ 1.694,49</b>
EPS 5cm	€ 605,18
EPS 11cm	#N/D
<b>Total</b>	<b>#N/D</b>

EPS 4cm	€ 484,14
EPS 10cm	€ 1.210,35
<b>Total</b>	<b>€ 1.694,49</b>
EPS 7cm	€ 847,25
EPS 7cm	€ 847,25
<b>Total</b>	<b>€ 1.694,49</b>
EPS 6cm	€ 726,21
EPS 10cm	€ 1.210,35
<b>Total</b>	<b>€ 1.936,56</b>

EPS 2cm pav compartimentação	70,75	€	2,86	€	202,35
Parede comp (alvenaria)	110,95	€	13,19	€	1.463,43
Argamassa (parede comp)	110,95	€	33,34	€	3.699,07
<b>Depois</b>	<b>Área (m²)</b>		<b>Custo (€/m²)</b>		<b>Total</b>
Pavimento laminado	130,90	€	15,39	€	2.014,55
EPS 1,5cm pav comp	70,75	€	2,00	€	141,50
Parede comp (drywall)	110,95	€	26,03	€	2.888,03

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.04.21	€	5.279,48			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (inércia térm fraca)					
<b>Antes</b>	<b>Área (m²)</b>		<b>Custo (€/m²)</b>		<b>Total</b>
Pavimento cerâmico	130,90	€	18,29	€	2.394,16
EPS 2cm pav compartimentação	70,75	€	2,86	€	202,35
Parede comp (alvenaria)	110,95	€	13,19	€	1.463,43
Argamassa (parede comp)	110,95	€	33,34	€	3.699,07
EPS pelo exterior - parede ext	169,15	€	11,44	€	1.935,08
EPS pelo exterior - parede int	22,24	€	5,72	€	127,21
<b>Depois</b>	<b>Área (m²)</b>		<b>Custo (€/m²)</b>		<b>Total</b>
Pavimento laminado	130,90	€	15,39	€	2.014,55
EPS 1,5cm pav comp	70,75	€	2,00	€	141,50
Parede comp (drywall)	110,95	€	26,03	€	2.888,03
EPS pelo exterior - parede ext	128,67	€	11,44	€	1.471,98
EPS pelo exterior - parede int	22,24	€	5,72	€	127,21
Pedra revestimento	169,15	€	50,00	€	8.457,50

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.01	€	156,86			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,60 grelha 2Pa)					
<b>Antes</b>	<b>C (m)</b>		<b>Caudal (m³/h)</b>	<b>Custo (€/m)</b>	<b>Total</b>
Grelha auto-regulável a 20Pa	9,70		522,20	€	110,70 € 1.073,79
<b>Agora</b>	<b>C (m)</b>		<b>Caudal (m³/h)</b>	<b>Custo (€/m)</b>	<b>Total</b>
Grelha auto-regulável a 20Pa	11,12		603,65	€	110,70 € 1.230,65
<b>Janela</b>	<b>Localização</b>	<b>C (m)</b>	<b>C útil (m)</b>		
J1	Sala de estar	1,8	1,713		
J1	Quarto 2	1,8	1,713		
J1	Quarto 1	1,8	1,713		
J1	Cocinha	1,8	1,713		
J3	Quarto 3	1,5	1,413		
J4	Quarto 3	0,8	0,713		
J2	WC (pisso 1)	0,8	0,713		
J2	WC RC	0,8	0,713		
J2	WC (suite)	0,8	0,713		
	<b>Total</b>		<b>11,12</b>		
	Grelha auto-regulável a 20Pa (modelo THM90)				
	<b>Caudal (m³/h/m)</b>		54,3		
	<b>Caudal (m³/h)</b>		<b>603,65</b>		

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.02	€	256,84			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,53 com mais condutas)					
<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Exaustor	5,00	€	44,44	€	222,20
Conduta de ventilação	42,50 m	€	9,88	€	419,90

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.03	€	505,72			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,5 com VMC)					
<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Exaustor	1,00	€	44,44	€	44,44
Conduta de ventilação	8,50 m	€	9,88	€	83,98
Elicent REC Duo	8,00	€	245,00	€	1.960,00

Fonte de dados sobre o custo do exaustor Elicent: Loja online Sovattem

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.05	€	622,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,59 com VMC - admissão 200 exaustao 160)					
<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	9,00	€	245,00	€	2.205,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.06	€	622,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,59 com VMC - admissão 160 exaustão 200)					
<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	9,00	€	245,00	€	2.205,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.07	€	867,30			

<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,6 com VMC - admissão 200 exaustão 200)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	10,00	€ 245,00	€ 2.450,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.08	€ 1.112,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,71 com VMC - admissão 240 exaustão 200)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	11,00	€ 245,00	€ 2.695,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.09	€ 1.112,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,71 com VMC - admissão 200 exaustão 240)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	11,00	€ 245,00	€ 2.695,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.10	€ 1.357,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,72 com VMC - admissão 240 exaustão 240)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	12,00	€ 245,00	€ 2.940,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.11	€ 1.602,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,83 com VMC - admissão 280 exaustão 240)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	13,00	€ 245,00	€ 3.185,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.12	€ 1.602,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,83 com VMC - admissão 240 exaustão 280)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	13,00	€ 245,00	€ 3.185,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.13	€ 1.847,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,84 com VMC - admissão 280 exaustão 280)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	14,00	€ 245,00	€ 3.430,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.14	€ 2.092,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 320 exaustão 280)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94
	Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€ 110,70	€ 1.197,44
	<b>Agora</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo</b>	<b>Total</b>
	Elicent REC Duo	15,00	€ 245,00	€ 3.675,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>			
H01.05.15	€ 2.092,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>				
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 280 exaustão 320)				
	<b>Antes</b>	<b>Qtd</b>	<b>Custo un</b>	<b>Total</b>
	Exaustor	3,00	€ 44,44	€ 133,32
	Conduta de ventilação	25,50 m	€ 9,88	€ 251,94

Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	15,00	€	245,00	€	3.675,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.16	€	2.337,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 0,95 com VMC - admissão 320 exaustão 320)					
<b>Antes</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	16,00	€	245,00	€	3.920,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.17	€	2.582,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 360 exaustão 320)					
<b>Antes</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	17,00	€	245,00	€	4.165,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.18	€	2.582,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 320 exaustão 360)					
<b>Antes</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	17,00	€	245,00	€	4.165,00

<b>ID melhoria</b>	<b>Δ Investimento</b>				
H01.05.19	€	2.827,30			
<b>Descrição da proposta de melhoria</b>					
Solução base (rph = 1,07 com VMC - admissão 360 exaustão 360)					
<b>Antes</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo un</b>		<b>Total</b>
Exaustor	3,00	€	44,44	€	133,32
Conduta de ventilação	25,50 m	€	9,88	€	251,94
Grelha auto-regulável a 20Pa	10,82	€	110,70	€	1.197,44
<b>Agora</b>	<b>Qty</b>		<b>Custo</b>		<b>Total</b>
Elicent REC Duo	18,00	€	245,00	€	4.410,00

H01.06.01	€	9.695,96			
<b>ID melhoria</b>					
H01.06.01 - Solução 1					
<b>Função</b>	<b>Fonte de energia</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Eficiência</b>		<b>Investimento</b>
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00		€ 3.715,80
AQS	Gás Natural	Esquentador a gás natural	0,89		€ 842,90
aq	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	4,00		€ 5.137,26
arr			6,10		
<b>Total</b>					<b>€ 9.695,96</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>			
Nic (kWh/m².ano)	66,08	€	365,08		
Nvc (kWh/m².ano)	3,98	€	-		
Qa/Ap (kWh/m².ano)	18,29	€	43,28		
Ntc (kWhep/m².ano)	44,97	€	408,36		
Ntc/Nt	0,50		-		
Classe en	A		-		

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.02	€	9.174,26			
<b>ID melhoria</b>					
H01.06.02 - Solução 2 (SST + a/c + termoacumulador elétrico)					
<b>Função</b>	<b>Fonte de energia</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Eficiência</b>		<b>Investimento</b>
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00		€ 3.715,80
AQS	Eletricidade	Termoacumulador elétrico	0,95		€ 321,20
aq	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	4,00		€ 5.137,26
arr			6,10		
<b>Total</b>					<b>€ 9.174,26</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>			
Nic (kWh/m².ano)	66,08	€	365,08		
Nvc (kWh/m².ano)	3,98	€	-		
Qa/Ap (kWh/m².ano)	18,29	€	80,84		
Ntc (kWhep/m².ano)	50,39	€	445,92		
Ntc/Nt	0,43		-		
Classe en	A		-		

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.03	€	12.202,92			
<b>ID melhoria</b>					
H01.06.03 - Solução 3 (bomba de calor + ventiloconvetor)					
<b>Função</b>	<b>Fonte de energia</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Eficiência</b>		<b>Investimento</b>
AQS	Eletricidade	Bomba de calor	4,91		€ 8.302,92
aq			5,34		
arr					
aq	Ventiloconvectores para climatização dos ambientes				€ 3.900,00
arr	(6 un)				
<b>Total</b>					<b>€ 12.202,92</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>			
Nic (kWh/m².ano)	66,08	€	297,42		
Nvc (kWh/m².ano)	3,98	€	-		
Qa/Ap (kWh/m².ano)	18,29	€	82,32		
Ntc (kWhep/m².ano)	42,96	€	379,74		
Ntc/Nt	0,46		-		
Classe en	A		-		

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.04 € 18.316,82

**ID melhoria**  
H01.06.04 - Solução 4 (bomba de calor + pav radiante)

Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Eletricidade	Bomba de calor	4,91	€ 8.302,92
aq				
arr			5,34	
aq	Pavimento radiante para climatização dos ambientes (área de climatização = 130m <sup>2</sup> / Valor por m <sup>2</sup> = 77,03)			€ 10.013,90
arr				
				<b>Total € 18.316,82</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	297,42	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	82,32	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)	42,96	€	379,74	
Ntc/Nt	0,46		-	
Classe en	A		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.05 € 11.077,16

**ID melhoria**  
H01.06.05 - Solução 5 (caldeira a biomassa + a/c)

Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Biomassa	Caldeira a pellets	0,90	€ 3.299,00
aq				
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito para AQS			€ 713,46
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (8 unidades a 240,93 euros cada)			€ 1.927,44
				<b>Total € 11.077,16</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	477,23	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	132,09	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	€	609,32	
Ntc/Nt	0,00		-	
Classe en	A+		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.06 € 10.169,68

**ID melhoria**  
H01.06.06 - Solução 6 (caldeira a gás + a/c + salamandra)

Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Gás natural	Caldeira de condensação	0,98	€ 1.600,00
aq				
aq	Biomassa	Salamandra a lenha	0,75	€ 1.542,42
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito de água para climatização e AQS			€ 926,28
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (4 unidades a 240,93 euros cada)			€ 963,72
				<b>Total € 10.169,68</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	704,83	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	219,48	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)	58,40	€	924,31	
Ntc/Nt	0,48		-	
Classe en	A		-	

OBS: Custo de aquecimento para a salamandra é de €229,27 e para a caldeira é de €475,76

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

H01.06.07 € 13.306,78

**ID melhoria**  
H01.06.07 - Solução 7 (caldeira a gás + a/c + SST)

Função	Fonte de energia	Equipamento	Eficiência	Investimento
AQS	Gás natural	Caldeira de condensação	0,98	€ 1.600,00
aq				
AQS	Solar	Sistema solar térmico	1,00	€ 3.715,80
arr	Eletricidade	Ar condicionado multi-split	6,10	€ 5.137,26
AQS	Depósito de água para climatização e AQS			€ 926,28
aq	Radiadores para aquecimento dos ambientes (8 unidades a 240,93 euros cada)			€ 1.927,44
				<b>Total € 13.306,78</b>
<b>Valor</b>		<b>Custo anual</b>		
Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	66,08	€	792,94	
Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	3,98	€	-	
Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	18,29	€	43,28	
Ntc (kWhep/m <sup>2</sup> .ano)	71,45	€	836,22	
Ntc/Nt	0,59		-	
Classe en	B		-	

Legenda: AQS: Água quente sanitária / aq: aquecimento / arr: arrefecimento

# **Anexo K**

## **Cálculo da TIR**





