UNIVERSIDADE ABERTA

Diminuição da dependência energética de edifícios pela integração de Materiais de Mudança de Fase - Contributo para a sustentabilidade

Tiago Miguel Albano Flambó

Tese de Doutoramento

Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento

Orientador: Professor Doutor Fernando José Pires Caetano

07 de julho de 2023

Declaração de aceitação de trabalhos por terceiros

O autor permite a utilização da sua obra, mas impossibilita o uso comercial da mesma. É essencial que seja dado o devido crédito ao autor da obra original.

UNIVERSIDADE ABERTA

Diminuição da dependência energética de edifícios pela integração de Materiais de Mudança de Fase - Contributo para a sustentabilidade

Tiago Miguel Albano Flambó

Tese de Doutoramento

Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento

Orientador: Professor Doutor Fernando José Pires Caetano

07 de julho de 2023

Agradecimentos

Mostra-se de extrema importância e elementar justiça destacar a amabilidade que a *Top Informática®*, com o programa *CypeCad®*, na pessoa do seu Diretor Geral, Eng.º Sérgio Oliveira, teve em fornecer uma licença que permitiu o desenrolar desta tese de doutoramento. A qualidade do programa, conjugada com a complementaridade das várias aplicações, foram uma ferramenta absolutamente decisiva.

À Câmara Municipal de Oeiras pelo apoio e incentivo à investigação científica promovida pelas instituições de ensino superior, que em muito contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico de Portugal.

Ao Programa de Cooperação Técnica e Científica da Câmara Municipal de Oeiras, na pessoa da Dra. Sofia Casanova, por todo apoio ao desenvolvimento deste programa, que foi incluído no conteúdo desta tese.

Ao Departamento de Habitação Municipal da Câmara Municipal de Oeiras, na pessoa da sua Diretora, Arquiteta Patrícia Costa, por todo o apoio prestado.

À Universidade Aberta pelo apoio constante apoio dado aos seus estudantes. A promoção e execução deste Doutoramento reforça a aposta, plenamente conseguida, que esta Universidade tem feito nos caminhos do desenvolvimento sustentável.

A todos os docentes e discentes do Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento. Foi uma experiência bastante enriquecedora e desafiante.

Uma palavra de agradecimento muito especial ao Professor Doutor Fernando Caetano, orientador científico deste projeto de Doutoramento, pelo apoio e constante colaboração prestada ao longo de todo o percurso realizado neste ciclo de estudos. Dedicou-me uma atenção inesgotável e um incentivo constante, desde a primeira hora. Sei que arriscámos, espero que tenha valido a pena. Foi um verdadeiro trabalho de equipa.

Aos meus avós, José, António e Maria, que já partiram para o oriente eterno e à minha avó Fernanda cuja vida já a alheou da realidade. Gostaria de ter partilhado este momento convosco. Onde estiverem, sei que estão orgulhosos.

Aos meus pais, Aníbal e Paula, um profundo e sentido agradecimento por terem sempre acreditado em mim e por, ao longo da vida, me terem dado todas as oportunidades para conseguir chegar até aqui. São para mim verdadeiro exemplo de vida. Ao meu irmão, Marcos, pelo companheirismo e incentivo constante. Consubstanciaram o verdadeiro significado da palavra família.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial à minha mulher, Mónica e aos meus filhos Santiago, Matilde e Mafalda. A minha verdadeira fonte de inspiração. Deram-me a força e a sabedoria para nunca desistir. Desculpem o tempo que vos retirei, as brincadeiras que não fizemos, as conversas que ficaram por ter. Vamos recuperar este tempo, que espero não ter sido perdido.

Obrigado a todos os que tornaram possível este objetivo.

Dedico esta tese à Mónica, ao Santiago, à Matilde e à Mafalda.

Se o consegui fazer, devo-o a vós.

UNIVERSIDADE
AbERTA
www.uab.pt

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

STATEMENT OF INTEGRITY

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer outra forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Regulamento Disciplinar da Universidade Aberta, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 215, de 6 de novembro de 2013.

I hereby declare having conducted my thesis with integrity. I confirm that I have not used plagiarism or any form of falsification of results in the process of the thesis elaboration.

I further declare that I have fully acknowledged Disciplinary Regulations of the Universidade Aberta (regulation published in the official journal Diário da República, 2.ª série, N. º 215, de 6 de novembro de 2013).

Universidade Aberta, 07 de julho de 2023

Nome completo/Full name: Tiago Miguel Albano Flambó

Assinatura/Signature: Assinado por: **TIAGO MIGUEL ALBANO FLAMBÓ**
Num. de Identificação: 12808449
Data: 2023.08.06 23:25:41+01'00'

CARTÃO DE CIDADÃO

manuscrita ou digital / handwritten or digital

"Diminuição da dependência energética de edifícios pela integração de materiais de mudança de fase – Contributo para a sustentabilidade"

RESUMO

O desenvolvimento sustentável, como conceito fulcral para a sobrevivência do nosso planeta, engloba um conjunto de fatores dos quais a energia constitui uma parte vital. Esta ideia aparece inclusivamente vertida em diversos Objetivos do Desenvolvimentos Sustentável (ODS), tais como os Objetivos N.º 9, 11, 12 e 13. Os edifícios representam cerca de 50% do fenómeno de poluição ambiental, fruto do consumo energético inerente à sua utilização, que ascende a 41% de toda a energia primária produzida. Estes dados podem ser explicados pelo aumento da população mundial, a pouca reabilitação de edifícios a nível global e o exponencial aumento do consumo energético para suprir necessidades de aquecimento e arrefecimento de edifícios. Neste âmbito, considerou-se importante verificar a viabilidade de novas soluções que permitam criar estabilidade térmica dentro dos edifícios, como é o caso da aplicação de Materiais de Mudança de Fase (Phase Change Materials – PCM) em soluções construtivas. Os PCM apresentam uma comprovada capacidade de armazenamento térmico em comparação com as soluções tradicionais. Contudo, uma das grandes vantagens destes materiais reside na não necessidade de armazenamento de energia elétrica, mas sim o armazenamento da energia térmica do ambiente envolvente. A modelação da aplicação dos materiais num edifício-tipo e num edifício real, permitiu obter diferenças nas temperaturas de pico interiores de até 1 °C, bem como uma redução global de consumos energéticos entre 12% e 23%, para a espessura mínima dos PCM comerciais analisados. A introdução dos PCM permitiu, de igual forma, a redução da amplitude térmica interior, observando-se reduções até 83%. A adoção deste tipo de soluções leva a que seja possível obter reduções de emissões entre os 3,3% e os 33%, no edifício de mais baixa eficiência energética e entre os 2% e os 8%, para o caso de um edifício de maior eficiência energética. O período de retorno do investimento nestes materiais mostrou-se elevando, sendo um desafio ao vetor social da sustentabilidade.

Palavras-chave: Energia, Sustentabilidade, Materiais de Mudança de Fase, Armazenamento de Energia, Consumos Energéticos

"Decreasing energy dependence of buildings through the integration of phase change materials – Contribution to sustainability"

ABSTRACT

Sustainable development, as a key concept for the survival of our planet, includes a set of factors of which energy is a vital part. This idea also appears in several Sustainable Development Objectives (SDO), such as Objectives Nos. 9, 11, 12 and 13. Buildings represent about 50% of the environmental pollution phenomenon, resulting from the energy consumption inherent to its use, which amounts to 41% of all primary energy produced. This can be explained by the increase of the world population, the limited rehabilitation of buildings worldwide and the exponential increase in energy consumption, to meet heating and cooling needs of buildings. In this context it will be important to verify the viability of new solutions that allow thermal stability in buildings, such as the application of Phase Change Materials (PCM) in constructive solutions. PCM have proven thermal storage capacity compared to traditional coating solutions. However, one of the great advantages of these materials lies in the fact that they do not need to store electrical energy, but the storage of thermal energy from the surrounding environment. The application of the materials, in a simulated context, in a model building and in a real building, allowed to obtain differences in interior peak temperatures of up to 1 °C, as well as an overall reduction in energy consumption between 12% and 23%, for the minimum commercial thickness of the PCM used. The introduction of PCM also made it possible to reduce the interior temperature range, with reductions of up to 83% observed. About the environmental sustainability themes, the adoption of this type of solution led to emission reductions between 3.3% and 33%, in the low-efficiency building, and between 2% and 8%, for the most efficient building. The payback period for the investment in these materials need to be increased, representing a challenge to the social vector of sustainability.

Key-words: Energy, Sustainability, Phase Change Materials, Energy Storage, Energy Consumption

Índice

1. Introdução 1

1.1. Justificação para o desenvolvimento deste trabalho 1

1.2. Objetivos do trabalho 4

1.3. Organização 7

2. Enquadramento Teórico 9

2.1. O que são os Materiais de Mudança de Fase (PCM) - Phase Change Materials 9

2.1.1. Características dos PCM 12

2.1.2. Classificação dos Materiais de Mudança de Fase 15

2.2. Estado da Arte 20

2.2.1. Caracterização das propriedades dos PCM em edifícios 20

2.2.2. Aplicação dos Materiais de Mudança de Fase à construção – interesse da comunidade científica 34

2.3. Importância do uso de PCM nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 47

2.3.1. Energia como fator de sustentabilidade – energias renováveis ou redução do consumo energético? 47

2.3.2. A energia como fator crucial do desenvolvimento sustentável no âmbito dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 51

2.3.3. Retrospetiva da eficiência energética em edifícios 55

3. Materiais e Métodos 63

3.1. Seleção e Comparação dos Materiais de Mudança de Fase 63

3.1.1. Micronal® PCM Gypsum Wallboard 67

3.1.2. *Deltacool® - 24* 69

3.2. Definição do edifício-tipo para o caso de estudo 72

3.2.1. Opções de modelação 72

3.2.2. O edifício tipo para este estudo 73

3.3. Aplicação dos PCM escolhidos ao edifício-tipo 93

3.3.1. Energy Plus 94

4. Modelação e Resultados 99

4.1. Modelação do Edifício Tipo 99

4.1.1. Análise Edifício de Baixa Eficiência – Evolução das Temperaturas 99

4.1.2. Análise Edifício Mais Eficiente – Evolução das Temperaturas 118
4.2. Modelação Edifício Real 138
4.2.1. Enquadramento 138
4.2.2. Proposta abordagem ao projeto 140
4.2.3. Análise Geral do Edifício 141
4.2.4. Resumo sistema construtivo do edifício 144
4.2.5. Modelação Edifício Programa Cype®Cad 147
4.2.6. Análise Energética do Edifício 154
4.2.7. Análise de alguns requisitos de desempenho energético dos edifícios (conforto térmico) à luz da nova legislação 159
4.2.8. Escolha do Material de Mudança de Fase (PCM) a aplicar ao edifício 168
4.2.9. Aplicação do Material de Mudança de Fase e sua implicação nos critérios de conforto do edifício 169
4.2.10. Implicação dos materiais de mudança de fase nos critérios de conforto 193
4.2.11. Confluência do estudo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) .. 196
5. Conclusões e Trabalhos Futuros 201
5.1. Conclusões 201
5.2. Trabalhos Futuros 204
Bibliografia 206
Anexo A - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 2 cm espessura *Deltacool®* 225
Anexo B - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 5 cm espessura *Deltacool®* 238
Anexo C - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 2 cm espessura *Micronal®*. 251
Anexo D - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 5 cm espessura *Micronal®* 264
Anexo E - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 2 cm espessura *Deltacool®*..... 277
Anexo F - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 5 cm espessura Deltacool®..... 290
Anexo G - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 2 cm espessura *Micronal®* 303
Anexo H - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 5 cm espessura *Micronal®* 316
Anexo I - Proposta Projeto apresentado no âmbito do Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior 329

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Principais características dos três tipos de materiais de mudança de fase. 19
Tabela 2.2 - Características desejáveis para a utilização de PCM em geral. 22
Tabela 2.3 - Resumo das características resultantes da utilização de argamassas com PCM e sem PCM. 40
Tabela 2.4 - Planos e Orientações Gerais para a Eficiência Energética em Portugal. 61
Tabela 3.1 - Resumo de PCM comerciais com uso potencial em edifícios. 67
Tabela 3.2 - Características físico-químicas do PCM Micronal®. 68
Tabela 3.3 - Características físico-químicas do PCM Deltacool®. 70
Tabela 3.4 -Solução construtiva adotada para a porta exterior. 78
Tabela 3.5 – Solução construtiva adotada para as janelas. 79
Tabela 3.6 – Requisitos dos edifícios de habitação novos. 81
Tabela 3.7 – Desempenho energético dos edifícios de habitação novos. 81
Tabela 3.8 – Desempenho energético e conforto térmico dos edifícios sujeitos a grande renovação. 81
Tabela 3.9 – Solução construtiva adotada para a porta exterior. 84
Tabela 3.10 – Solução construtiva adotada para as janelas. 84
Tabela 3.11- Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "B-", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento 86
Tabela 3.12 – Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "B-", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento 88
Tabela 3.13 - Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "D", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento 90
Tabela 3.14 - Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "D", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento 92
Tabela 4.1 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 2cm. 102
Tabela 4.2 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 5cm. 106
Tabela 4.3 - Comparação das amplitudes térmicas para as espessuras de 2 e 5 cm de PCM Deltacool®. 107
Tabela 4.4 -Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM de 2 e 5 cm. 107

Tabela 4.5 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 2cm. 111
Tabela 4.6 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 5cm. 114
Tabela 4.7 - Comparação das amplitudes térmicas para as espessuras de 2 e 5 cm de PCM Micronal®. 114
Tabela 4.8 - Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM de 2 e 5 cm. 114
Tabela 4.9 - Consumos totais do edifício de baixa eficiência tendo em conta as diferentes soluções. 115
Tabela 4.10 - Consumos de aquecimento e arrefecimento anuais e correlação entre TonCO_2. 116
Tabela 4.11 - Poupança fatura energética sem PCM e com inclusão de PCM. 117
Tabela 4.12 - Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 2 cm. 122
Tabela 4.13 - Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 5 cm. 126
Tabela 4.14 - Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Deltacool® de 2 e 5 cm 126
Tabela 4.15 - Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 2 cm. 130
Tabela 4.16 - Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Micronal® de 5 cm 133
Tabela 4.17 - Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Micronal® de 2 e 5 cm. 133
Tabela 4.18 - Consumos de aquecimento e arrefecimento e correlação entre TonCO_2. 135
Tabela 4.19 - Comparação consumo energético do edifício menos eficiente versus edifício mais eficiente, com e sem aplicação de PCM. 135
Tabela 4.20 - Custo da energia consumida para aquecimento/arrefecimento anual e o valor da poupança energética 137
Tabela 4.21 - Propriedades térmicas dos materiais utilizados na simulação, obtido de CYPE® CAD 153
Tabela 4.22 - Análise dados climáticos exteriores e análise de dados interiores do edifício, obtido de Cype® Cad 155

Tabela 4.23 - Número de horas nas quais a temperatura do ar dos compartimentos da zona se situa fora do intervalo de temperaturas. 156
Tabela 4.24 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação - Portugal Continental..... 159
Tabela 4.25 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de habitação - Portugal Continental..... 160
Tabela 4.26 - Zona climática de inverno. 161
Tabela 4.27 - Zona climática de verão. 162
Tabela 4.28 - Valores de referência para a estação de aquecimento. 163
Tabela 4.29 – Indicação da zona climática de inverno do edifício. 164
Tabela 4.30 - Valores de referência para a estação de arrefecimento..... 164
Tabela 4.31 - Identificação zona climática de verão..... 165
Tabela 4.32 - Coeficientes de transmissão térmica destacados, da envolvente opaca, para a zona climática I1. 166
Tabela 4.33 - Coeficientes de transmissão térmica destacados, dos vãos envidraçados, para a zona climática I1. 166
Tabela 4.34 - Comparação dos coeficientes de transmissão térmica existentes com os definidos pelos critérios de conforto para edifícios novos ou reabilitados..... 167
Tabela 4.35 - Características físico-químicas do PCM Micronal®. 168
Tabela 4.36 - Características físico-químicas do PCM Deltacool®. 168
Tabela 4.37 - Solução testadas para aplicação dos Materiais de Mudança de Fase. 169
Tabela 4.38 - Consumo energético de arrefecimento do edifício com aplicação de 1,5 cm de PCM Micronal®. 182
Tabela 4.39 - Consumo energético de aquecimento do edifício com aplicação de 1,5 cm de PCM Micronal®. 184
Tabela 4.40 - Consumo energético de arrefecimento do edifício com aplicação de 3 cm de PCM Micronal®. 185
Tabela 4.41 - Consumo energético de aquecimento do edifício com aplicação de 3 cm de PCM Micronal®. 187
Tabela 4.42 - Quadro resumo da poupança energética obtido em função das soluções aplicadas no estudo. 190
Tabela 4.43 - Custo investimento em PCM, considerando o tipo Micronal® e uma espessura de 1,5 cm..... 191

Tabela 4.44 - Consumos anuais de aquecimento/arrefecimento, poupança de consumo, poupança TonCO2 e retorno do investimento. 192
Tabela 4.45 - Comparação dos valores dos coeficientes de transmissão térmica para algumas das soluções testadas 195

Índice de figuras

Figura 1.1 - Árvore de questões. 6
Figura 2.1 - Tipos de armazenamento de energia térmica. 10
Figura 2.2 – Curvas-tipo de calor sensível, calor latente e calor específico de um determinado corpo. 11
Figura 2.3 - Mudança de fase do elemento água. 12
Figura 2.4 - Classificação dos Materiais de Mudança de Fase. 15
Figura 2.5 - Classificação tripartida dos materiais de mudança de fase. 15
Figura 2.6 - Relação entre as CDH (cooling degree hours) e a temperatura de fusão de cada PCM, de acordo com cada região. 30
Figura 2.7 - Relação entre as CDH (cooling degree hours) e a densidade do PCM, de acordo com cada região. 31
Figura 2.8 - Exemplo de uma parede de Trombe. 38
Figura 2.9 - Aplicação de PCM em elementos construtivos dos edifícios. 41
Figura 2.10 - Funcionamento de um sistema "free cooling". 43
Figura 2.11 - Análise conceptual da sustentabilidade de um PCM utilizado em edifícios. 44
Figura 2.12 - Alteração legislativa e regulamentar inerente ao novo paradigma da eficiência energética. 62
Figura 3.1 - Análise espacial interessante quanto à tipologia de PCM utilizados à escala global. .. 64
Figura 3.2 - Metodologia para seleção de um PCM. 65
Figura 3.3 - Forma comercial do PCM Micronal® PCM Gypsum Wallboard. 67
Figura 3.4 - Curva de calor específico do Micronal® PCM 23/26. 68
Figura 3.5 - Curva de entalpia de fusão do Micronal® PCM 23/26. 69
Figura 3.6 - Apresentação comercial do PCM Deltacool®. 70
Figura 3.7 - Curva do calor específico do PCM Deltacool®. 70
Figura 3.8 - Curva de entalpia de fusão do PCM Deltacool®. 71
Figura 3.9 – Certificados Emitidos por Classes Energéticas. 74
Figura 3.10 – Visão 2D do edifício-tipo. 75
Figura 3.11 – Visão 3D do edifício-tipo 76
Figura 3.12 – Solução construtiva adotada para a laje térrea. 77
Figura 3.13 – Solução construtiva adotada para as paredes exteriores. 77
Figura 3.14 – Solução construtiva adotada para a cobertura. 79
Figura 3.15 – Desempenho energético do edifício em estudo mais eficiente. 82

Figura 3.16 – Solução construtiva adotada para a laje térrea. 83
Figura 3.17 – Solução construtiva adotada para as paredes exteriores 83
Figura 3.18 – Solução construtiva adotada para a cobertura. 85
Figura 3.19 – Classificação energética do edifício menos eficiente. 85
Figura 3.20 – Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "B-", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento. 87
Figura 3.21 - Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "B-", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento 89
Figura 3.22 - Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "D", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento. 91
Figura 3.23 - Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "D", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento. 92
Figura 3.24 - Layout geral do programa Energy Plus®. 94
Figura 3.25 - A definição dos materiais de construção que constituem o edifício, com enfoque para o PCM DeltaCool®. 95
Figura 3.26 -Definição da curva de entalpia de fusão do PCM Deltacool® 96
Figura 3.27 - Definição dos elementos estruturais do edifício com base nos materiais introduzidos. 96
Figura 3.28 - Funcionalidade do programa que permite efetuar a simulação e a escolha dos "outputs". 97
Figura 3.29 - Definição do edifício-tipo por Zonas. 98
Figura 4.1 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de janeiro. 100
Figura 4.2 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de abril. 100
Figura 4.3 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de agosto. 101
Figura 4.4- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de novembro. 102
Figura 4.5 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de janeiro. 103
Figura 4.6 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de abril. 104

Figura 4.7 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de agosto. 105
Figura 4.8 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de janeiro..... 108
Figura 4.9 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de abril. 108
Figura 4.10 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de agosto. 109
Figura 4.11 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de novembro. 110
Figura 4.12- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de janeiro..... 111
Figura 4.13 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de abril. 112
Figura 4.14 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de agosto. 112
Figura 4.15 - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de novembro. 113
Figura 4.16 - Evolução gráfica nos consumos do edifício relativos ao total de energia e energia por área útil do edifício. 117
Figura 4.17 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de janeiro. 119
Figura 4.18 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de abril. 120
Figura 4.19 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de agosto..... 120
Figura 4.20 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de novembro. 121
Figura 4.21 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de janeiro. 123
Figura 4.22 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de abril. 124

Figura 4.23 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia do mês de agosto. 124
Figura 4.24 - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de novembro. 125
Figura 4.25 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de janeiro. 127
Figura 4.26 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de abril. 128
Figura 4.27 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de agosto. 128
Figura 4.28 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de novembro. 129
Figura 4.29 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de janeiro. 130
Figura 4.30 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de abril. 131
Figura 4.31 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de agosto. 132
Figura 4.32 - Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de novembro. 132
Figura 4.33 - Consumos energéticos para aquecimento e arrefecimento dos 2 edifícios estudados, com introdução de várias espessuras de PCM. 136
Figura 4.34 - Evolução gráfica nos consumos do edifício relativos ao total de energia e energia por área útil do edifício. 137
Figura 4.35 - Fotografia aérea do Bairro Bento Jesus Caraça. 142
Figura 4.36 - Planta de pormenor do Bairro Bento Jesus Caraça com implantação de todos os edifícios. 143
Figura 4.37 - Fachada principal do edifício na Rua Gaspar de Lemos N.º 13. 145
Figura 4.38- Plantas dos Pisos e Alçados (Principal e Tardoz). 146
Figura 4.39 – Cortes 147
Figura 4.40 - Modelação da base arquitetónica do edifício. 148
Figura 4.41 - Modelação de alçado principal e alçado tardoz. 148
Figura 4.42 - Espetro temperatura anual de Oeiras 2021-2022. 154

Figura 4.43 - Espetro de temperaturas interiores e exteriores para a simulação em estudo. 156
Figura 4.44 - Obtenção parâmetros clima com recurso ao Google Earth. 161
Figura 4.45 - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 1,5cm de PCM Micronal®. 170
Figura 4.46 - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução A. 171
Figura 4.47 - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 3 cm de PCM Micronal®. 172
Figura 4.48- Análise temperaturas interiores do edifício para a solução B. 173
Figura 4.49 - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 2 cm de PCM DeltaCool®. 174
Figura 4.50 - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução C. 175
Figura 4.51 - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 4 cm de PCM DeltaCool®. 177
Figura 4.52 - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução D. 178
Figura 4.53 - Análise temperaturas interiores no dia mais frio e no dia mais quente para 2cm de DeltaCool® 179
Figura 4.54 - Análise temperaturas interiores no dia mais frio e no dia mais quente para 4cm de DeltaCool®. 180
Figura 4.55 - Gráfico de temperaturas interiores do edifício, com sistema de climatização, em função das temperaturas exteriores. 181
Figura 4.56 - Consumo energético de arrefecimento no dia mais quente do ano. 183
Figura 4.57 - Consumo energético de aquecimento no dia mais frio do ano. 184
Figura 4.58 - Consumo energético de arrefecimento no dia mais quente do ano. 186
Figura 4.59 - Consumo energético de aquecimento no dia mais frio do ano. 187
Figura 4.60 - Poupança energética para o dia mais frio do ano em estudo. 188
Figura 4.61 - Poupança energética para o dia mais frio do ano em estudo 189
Figura 4.62 - Gráfico representativo das poupanças obtidas para o dia mais quente e dia mais frio, de acordo com as soluções adotadas. 190
Figura 4.63 - Comparação coeficientes transmissão térmica paredes exteriores com diferentes espessuras de PCM. 194
Figura 4.64- Comparação coeficientes transmissão térmica paredes interiores de separação das varandas com diferentes espessuras de PCM. 194

Figura 4.65 - Comparação coeficientes transmissão térmica da laje de piso com diferentes espessuras de PCM. 195
Figura 4.66 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 197

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ADENE – Agência para a Energia

AEA – Agência Europeia do Ambiente

AQS – Águas quentes sanitárias

AVAC - Aquecimento, ventilação e ar condicionado

BIM – Building Information Model

BTO – Building Technologies Office

CDD – Cooling Degree Days

CDH - Cooling Degree Hours

CE – Comissão Europeia

DOE – Department of Energy U.S.

EU – European Union

HDD – Heating Degree Days

HDH - Heating Degree Hours

IDF – Input Data File

IFC - Industry Foundation Classes

NASA – National Aeronautics and Space Administration

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODM – Objetivos Desenvolvimento do Milénio

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PCM – Phase Change Materials

PVC – Policloreto de polivinilo

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

REH - Regulamento dos Edifícios de Habitação

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

TES – Thermal Energy Storage

WNA – World Nuclear Associaton

1. Introdução

1.1. Justificação para o desenvolvimento deste trabalho

É indelével afirmar que o consumo de energia está ligado ao impressionante crescimento económico vivido, principalmente desde o período pós Idade Média até aos dias de hoje. Enquanto por volta do século XV a realização de trabalho era devido sobretudo ao esforço humano e animal, desde a revolução industrial passou a ser baseado no consumo de combustíveis fósseis. É também importante realçar que a energia necessária para suprir as necessidades básicas de um indivíduo no século XV, em nada estão relacionadas com as atuais. Isto significa que os atuais padrões de consumo energia podem estar já a ser demasiado elevados para aquilo que a Terra nos consegue proporcionar. A busca de um caminho alternativo, enquanto acontecimento inevitável, faz com que seja cada vez mais premente falar em sustentabilidade (Rifkin, 2016).

A sustentabilidade enquanto forma de garantir as necessidades das gerações presentes e futuras (geralmente associadas à qualidade de vida), expressando o respeito pela biodiversidade e meio ambiente, está assente em 3 pilares: económico, social e ambiental. Segundo Griggs (2013) os grandes desafios do desenvolvimento sustentável são a "proteção do sistema vital da Terra" e a "redução da pobreza". Diretamente concorrente com estes dois fatores teremos de considerar o crescimento exponencial da população mundial e, não menos importante, o crescimento das necessidades energéticas associadas, que têm levado a uma crise ambiental sem precedentes. No entanto, não restará qualquer dúvida que a energia é o "motor da vida", pelo que se configura como um enorme desafio à sustentabilidade (Souayfane et al., 2016).

O consumo excessivo de energia tem tido reflexo na degradação do meio ambiente, enquanto sistema vital da Terra. As tão famigeradas e sentidas alterações climáticas, têm, no consumo de energia, enquanto principal fator antropogénico, uma das suas mais importantes causas. Segundo Dijkstra et al. (2018) é urgente olhar de forma assertiva para as alterações climáticas, através da implementação de medidas concretas até 2035, com o

intuito de manter o aquecimento global da terra em valores que não excedam os 2 °C até 2100. Decorrente do Acordo de Paris este valor foi atualizado, de formar ainda mais restritiva, para um limite de 1,5 °C até 2050. Este acordo foi ratificado por 195 países (Parlamento Europeu, 2019). Se tal não acontecer, poderemos chegar ao que os autores chamam de ponto de não retorno. Como consequência aparece, de forma natural, o reflexo da importância da energia para o desenvolvimento sustentável, refletindo-se diretamente em diversos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, como por exemplo o "Erradicar a Pobreza", "Energias Renováveis e Acessíveis", "Indústria Inovação e Infraestruturas", "Produção e Consumos Sustentáveis" e "Combate às Alterações Climáticas" (United Nations, 2018)

O Homem sempre procurou encontrar formas de energia para "satisfazer as suas necessidades". No entanto, satisfazer as necessidades de consumo entra em conflito com o objetivo de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, tentando assim reduzir a escalada das alterações climáticas. É por este facto que é importante falar em eficiência energética, muito embora só seja possível falar neste tema traduzindo em números os reais impactos do consumo energético à escala global (Pinheiro, 2009).

A produção de energia primária aumentou 49% nos últimos 20 anos. A utilização dos edifícios é responsável por 41% do consumo de energia em todo o mundo, o que corresponde a 30% do total dos gases com efeito de estufa emitidos (Souayfane et al, 2016). As previsões não são favoráveis na medida em que em 2050 espera-se que a procura por energia nos edifícios aumente em 50%. Olhando para o caso português, e segundo a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), verifica-se que do consumo total de energia final, cerca de 30% (fruto de menores necessidades de aquecimento) refere-se ao consumo no setor dos edifícios.

Os edifícios, nos quais se incluem os habitacionais e os de serviços, consomem energia para vários efeitos, desde os processos de construção, passando pelo suprimento de necessidades de aquecimento e arrefecimento. Esta constatação terá obrigatoriamente que se refletir numa oportunidade de melhoria, incrementando o potencial da eficiência energética nos edifícios. Enquanto nos processos construtivos a sustentabilidade caminha

para o desenvolvimento de edifícios com recurso a impressoras 3D, recorrendo ao complemento com materiais de construção reaproveitados, do ponto de vista do conforto térmico interior terá que ser conseguido à custa de utilização de materiais ainda em teste (Rifkin, 2016).

Tal como é proposto por Kibert (2013) é necessária uma "*High-Performance Building Energy Design Strategy*", que permita cruzar os caminhos da sustentabilidade com o equilíbrio térmico, na qual cabe a otimização da energia solar passiva, maximização da performance térmica do edifício, a maximização do "*day light*", entre muitas outras. Cumulativamente com o lado técnico, é necessário a criação de um capital social capaz de mobilizar as comunidades para a necessidade de mudança. Exemplo disso é o "*movimento cleanweb*", que junta atores de vários quadrantes da sociedade, em prol da criação de aplicações que fomentem a sustentabilidade. Em 2012, num encontro em Nova Iorque, foi apresentada a aplicação "*nycbldgs.com*" com o intuito de monitorizar "os edifícios municipais, classificando-os de acordo com o respetivo consumo energético e emissões de dióxido de carbono" (Rifkin, 2016) (Lamonica, 2012).

Umas das vias mais eficientes de garantir o equilíbrio térmico em edifícios passa por encontrar formas de armazenamento de energia, permitindo assim utilizá-la quando necessário. Dentro das várias formas de armazenamento de energia é necessário optar, no caso dos edifícios, por elementos que detenham elevada capacidade de armazenamento de energia (elevada entalpia), elevada densidade (reflexo dos baixos volumes) e uma adequada condutividade térmica. É o caso da utilização dos Materiais de Mudança de Fase (PCM), aplicados como "massas térmicas", em complemento dos revestimentos tradicionais adotados (Silva, 2015).

De forma resumida, o comportamento dos PCM traduz-se no seguinte: quando a temperatura exterior aumenta, eles absorvem calor através de um processo endotérmico (passando do estado sólido para o estado líquido), sendo que quando a temperatura diminui os PCM libertam calor através de um processo exotérmico (passando do estado líquido ao estado sólido) (Souayfane et al., 2016).

Muito embora se fale, por questões físico-químicas, em transferências de calor, os PCM funcionam em sistemas de arrefecimento e aquecimento, quer de forma ativa, quer de forma passiva. Estes materiais, quando expostos a temperaturas elevadas, de forma continuada ao longo do dia, não alteram o seu estado físico, ajudando assim a equilibrar as temperaturas no interior dos edifícios. No entanto, nem todos os PCM têm as características adequadas para a utilização em todos os edifícios. Por outro lado, as soluções com PCM são baseadas em materiais abundantes, com grande resistência e durabilidade às mudanças de fase. Além de todas as características já referidas importa ainda mencionar que as soluções com PCM contribuem para o arrefecimento/aquecimento de edifícios, sem produção de ruído, ao contrário das soluções que preconizam a utilização de sistemas mecânicos, vulgo ar condicionado. Ainda que o estudo das suas características físicas, químicas e capacidade de armazenamento de energia já exista, muito embora esteja em constante desenvolvimento, estando até consolidado em muitos desses materiais, justifica-se agora o estudo da sua aplicação e viabilidade e verificação do cumprimento de critérios de sustentabilidade, nomeadamente nos domínios do conforto térmico.

Importa referir que falar em PCM não implica obrigatoriamente que esteja devidamente associado o conceito de sustentabilidade. Os PCM têm diversas origens, desde plantas a parafinas (derivados do petróleo bruto). Se as primeiras são claramente sustentáveis, as segundas podem não apresentar os mesmos níveis de sustentabilidade, na medida em que podem levar largos anos a decompor-se no meio ambiente. É esta visão holística que levará a encontrar as melhores soluções, tendo em conta o objetivo da eficiência energética nos edifícios, não deixando de ter presente a verificação dos critérios de sustentabilidade (Mason, 2018).

1.2. Objetivos do trabalho

O trabalho desenvolvido tem como principais objetivos os abaixo enunciados:

a) Perceber e enquadrar a problemática da necessidade de energia, no que concerne ao edificado;
b) Pesquisa de materiais inovadores, como Materiais de Mudança de Fase, que apresentem potencial para uso em edifícios;

c) Estudo da viabilidade e vantagem energética do uso de PCM em edifícios, tendo em vista o controlo térmico de edifícios e, particularmente, a forma como influenciam a eficiência energética dos edifícios;
d) Estudo da sustentabilidade ambiental e económica relacionadas com o ciclo de vida destes materiais;
e) A contribuição potencial que o uso de PCM poderá ter na aplicação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, com consequências diretas no Objetivo 13, mas com ligação a outros Objetivos, desde o 7 ao 12.

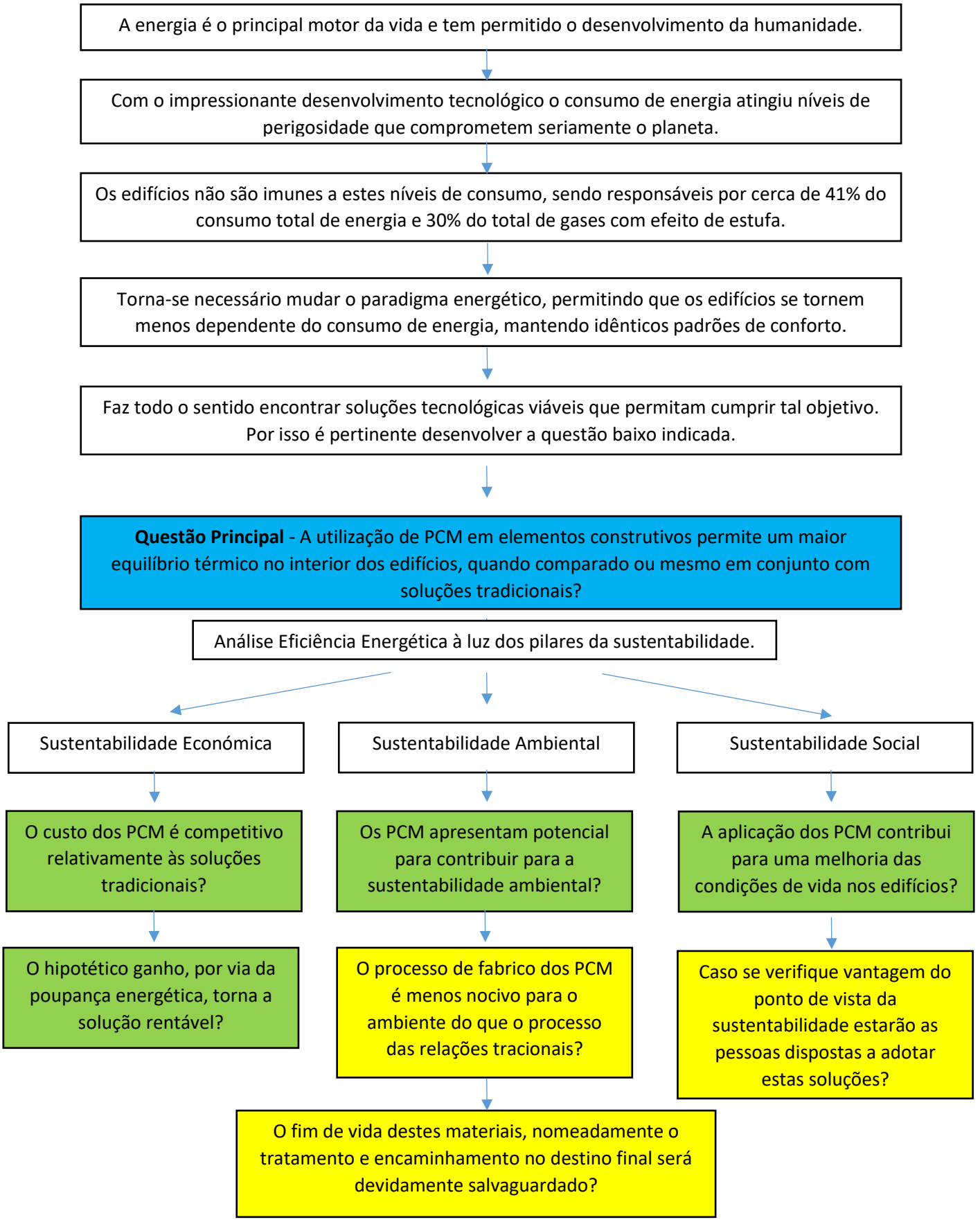
Com base nos objetivos atrás mencionados foi desenvolvida uma árvore de questões que orientam a abordagem que se pretende desenvolver neste trabalho (Figura 1.1).

O desenvolvimento deste projeto teve como pressuposto uma árvore de questões formulada aquando da apresentação do plano de trabalhos inicial. Esta árvore apresenta, de forma sequencial, o conjunto de preocupações com o paradigma energético que levaram à formulação da questão principal.

Da questão principal surge um conjunto de questões enquadradas nos 3 pilares da sustentabilidade, económica, ambiental e social. Na árvore da Figura 1.1. as questões derivadas que se consideram respondidas neste trabalho estão evidenciadas a verde, enquanto as questões derivadas não abordadas encontram-se a amarelo.

Os resultados obtidos, fruto do desenvolvimento relacionado com as problemáticas relacionadas com a análise das temperaturas interiores, critérios de conforto e análise da viabilidade económica, forneceram muita informação que era necessário analisar e colocava novas alternativas/variáveis que seriam interessantes estudar, tornando o volume de dados com uma dimensão considerável. Face a isto a análise da dimensão social, baseada na construção de inquéritos relacionados com a disponibilidade das pessoas em investirem nestas soluções acabou por não ser realizada embora pudesse ser relevante. Será certamente importante a realização deste tipo de estudo na continuidade e desenvolvimento de trabalho futuro.

Figura 1.1 - Árvore de questões.



1.3. Organização

A estrutura deste documento, em 5 capítulos, tendo por base o encadeamento necessário para tornar percetível a forma como os Materiais de Mudança de Fase podem contribuir de forma decisiva para a sustentabilidade, em todas as suas componentes, ambiental, económica e social.

No Capítulo 1 é apresentada a justificação para a elaboração deste trabalho, bem como os objetivos e questões derivadas. São passadas em revista, de forma sintética, algumas das mais importantes referências bibliográficas subordinadas ao tema, dando assim a real perceção acerca da pertinência deste trabalho.

No Capítulo 2 é realizado um enquadramento teórico acerca daquilo que são os PCM, referindo-se o estado da arte. Abordam-se as principais características dos PCM e os motivos do interesse da comunidade científica relativamente a este tipo de soluções e qual a gama de aplicabilidade em vários setores da sociedade. É ainda explorada a importância dos PCM para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), nomeadamente nos aspetos relativos à energia, eficiência energética em edifícios e o uso mais sustentável e racional dos recursos energéticos.

No Capítulo 3 é elaborada a seleção e comparação dos PCM, bem como a definição do edifício-tipo para o desenvolvimento do caso de estudo. O Capítulo 3 corresponde ainda à modelação dos materiais selecionados. Da modelação resulta a análise dos perfis de temperatura resultantes da aplicação dos PCM, bem como a comparação dos perfis de temperatura obtidos por via da utilização de revestimentos tradicionais. São avaliadas algumas das questões ambientais e económicas decorrentes da aplicação destes materiais.

No Capítulo 4, em linha com o estudo feito no Capítulo 3, é apresentada uma replicação do trabalho desenvolvido no âmbito do Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior para estudantes que se encontrassem a realizar doutoramento. A proposta apresentada foi aprovada tendo sido atribuída uma bolsa ao estudante. Este Programa inseriu-se no âmbito da Estratégia Oeiras Ciência e Tecnologia, que tem como objetivo a constituição e projeção de Oeiras

como centro internacional de ciência e inovação, tendo sido apresentado a concurso um projeto cuja base versa o trabalho aqui desenvolvido. Aproveitando o facto de o projeto apresentado ter sido selecionado como um dos projetos vencedores torna-se pertinente fazer aqui a sua apresentação.

No Capítulo 5 serão apresentadas as conclusões deste trabalho de doutoramento propostas de desenvolvimento de trabalho futuro.

2. Enquadramento Teórico

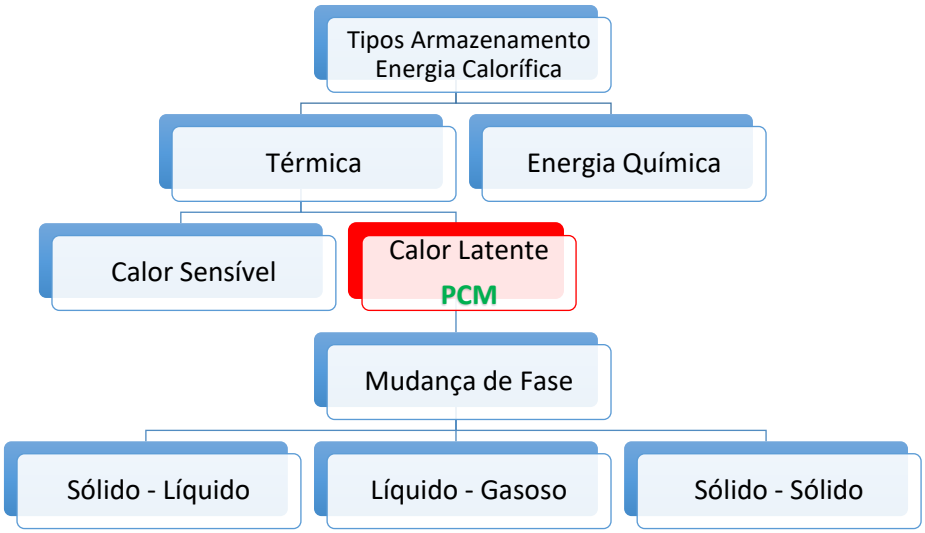
2.1. O que são os Materiais de Mudança de Fase (PCM) - Phase Change Materials

Para definir Materiais de Mudança de Fase, ou "*Phase Change Materials*" (PCM), torna-se necessário enquadrar o tema na sua estrutura "macro". Estes materiais englobam-se num grande grupo que dá pelo nome de armazenamento de energia térmica ou energia calorífica (*Thermal Energy Storage - TES*). A utilização de sistemas que permitam o armazenamento de energia tem uma dupla funcionalidade, com valor acrescentado do ponto de vista da sustentabilidade. Em primeiro lugar permite equilibrar os rácios entre oferta/procura de energia. Por outro lado, através da redução das necessidades de energia, é possível tornar os sistemas mais confiáveis, conseguindo assim aumentar substancialmente os níveis de conservação de energia. De forma simplista, pode afirmar-se que o equilíbrio energético leva a uma redução do consumo de energia (Sharma et al., 2009).

Existem diversas tipologias de armazenamento de energia térmica, sempre em estreita relação com a natureza dos materiais utilizados. Em Sharma et al. (2009) é apresentado um diagrama bastante elucidativo acerca dos diversos tipos de armazenamento de energia (Figura 2.1).

Como é possível verificar pela análise do diagrama, os PCM enquadram-se na tipologia de materiais que permite explorar o armazenamento de energia calorífica através de uma característica bastante interessante, o calor latente. Assim, e por forma a tornar mais percetível a diferença entre as duas formas "térmicas" de armazenamento de energia calorífica, importa explicitar os conceitos de "calor sensível", "calor específico" e "calor latente".

Figura 2.1 *- Tipos de armazenamento de energia térmica.*



Fonte: adaptado de Sharma, Tyagi, Chen & Buddhi (2009)[1]

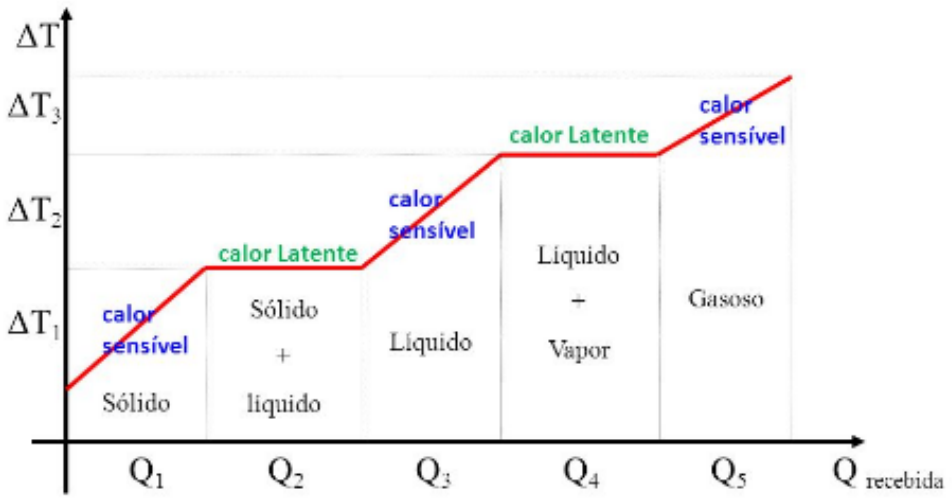
Por calor sensível entende-se a quantidade de calor que um determinado corpo recebe ou transmite, com variações de temperatura, sem alterações do estado físico do mesmo (Almousa et al., 2021 e Stull, 2011). Por calor específico, a quantidade de calor que uma grama de um determinado corpo recebe para que a sua temperatura se modifique em 1° C (Almousa et al., 2021, e Stull, 2011). No que toca ao calor latente pode ser definido como a quantidade de calor recebido ou transmitido durante a mudança de estado de um determinado corpo, sem variação de temperatura (Figura 2.2).

As diferenças entre "calor sensível" e "calor latente" permitem passar, de forma mais percetível, para a definição de Materiais de Mudança de Fase. Segundo Kuznik et al. (2012) os PCM funcionam com um duplo princípio. Quando a temperatura aumenta, os materiais passam do estado sólido para o estado líquido. Sendo uma reação endotérmica o material absorve o calor. Em sentido contrário, quando a temperatura baixa, o material passa do estado líquido para o estado sólido. Sendo uma reação exotérmica, o material liberta o calor. É esta dupla capacidade de armazenamento/libertação de calor que torna

[1] A Mudança de estado sólido-sólido ocorre, por exemplo, quando uma estrutura cristalina, sujeita a diferenças de temperatura (ou pressão), passa diretamente para outra estrutura cristalina, não passando pelo estado líquido ou gasoso.

a utilização deste tipo de materiais tão interessante, com potencial assinalável no setor da construção.

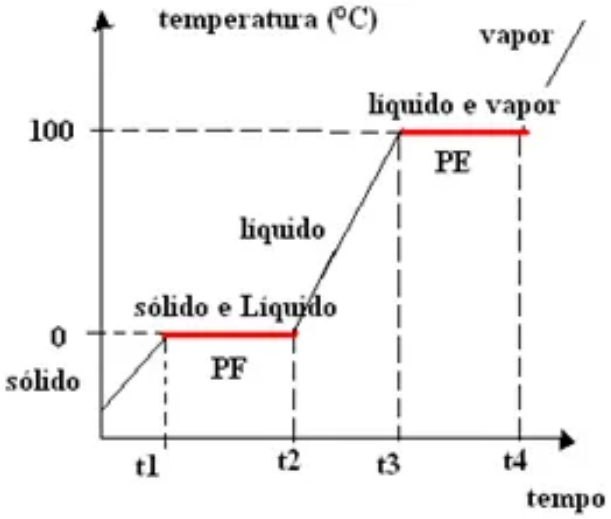
***Figura 2.2** – Curvas-tipo de calor sensível, calor latente e calor específico de um determinado corpo.*



Fonte: Madureira (2017)

Sendo os PCM uma tipologia de materiais que interliga o conceito de calor sensível e calor latente, atente-se como exemplo a simples interpretação da ebulição do material de mudança de fase mais conhecido, a água (Figura 2.3). É possível concluir que desde a temperatura 0 °C até aos 100 °C a água acumula calor, devido ao aumento de temperatura. Neste intervalo encontra-se aquilo que se denomina por calor sensível. Chegado ao ponto de ebulição, muito embora a temperatura se mantenha nos 100 ° C, a acumulação de calor é o fator que permite a mudança de estado, devido à quebra de ligações entre moléculas. Este momento do processo corresponde ao designado por calor latente. Muito embora o exemplo seja muito elucidativo daquilo que são os PCM, as condições nas quais se dá a mudança de fase da água são impraticáveis, quando se equaciona a sua aplicação no setor da construção. Utilizar materiais cuja mudança de fase ocorre aos 100 ° C não se torna interessante para este tipo de aplicações (Martins, 2017).

Figura 2.3 *- Mudança de fase do elemento água.*



Fonte: Fogaça (2023)

2.1.1. Características dos PCM

As características dos PCM são sempre função da sua tipologia sendo, no entanto, possível definir características gerais transversais. As características gerais encontram-se subdivididas, grosso modo, em térmicas, físicas, químicas, cinéticas e requisitos económicos (Fedele et al., 2018).

Dentro das características térmicas é necessário considerar uma temperatura de mudança de fase adequada, sendo ainda necessário considerar que o calor latente por unidade de volume seja elevado (permitindo assim ocupar o mínimo volume possível) e boas qualidades de transferência de calor (Sharma et al., 2009).

Verifica-se ainda que é importante considerar mais algumas características térmicas, tais como elevado calor específico e elevada condutividade térmica. Importa realçar que elevado calor específico e elevado calor latente não implicam, necessariamente, temperaturas de mudança de fase elevadas (Fedele et al., 2018).

A condutividade térmica é uma "propriedade térmica típica de um material homogéneo que é igual à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma

camada de espessura e de área unitárias desse material por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces" (Futureng, 2018).

Os PCM devem conjugar a elevada condutividade térmica e o elevado calor específico, ao contrário dos materiais térmicos normais que têm uma baixa condutividade térmica, evitando assim a entrada de calor/frio para os edifícios. No entanto, a condutividade térmica dos PCM tem sido um verdadeiro desafio para a comunidade científica. O desenvolvimento de estudos para debelar esta vulnerabilidade térmica tem passado pela conjugação com compostos de elevada condutividade térmica, como por exemplo aditivos de carbono e espumas metálicas (Lahmaidi & Baumli, 2020).

Continuando a análise das principais características dos PCM, importa agora abordar as características físicas. Consideram-se como principais características físicas a elevada densidade, o equilíbrio favorável das fases, a existência de pequenas variações de volume, baixas pressões de vapor e a compatibilidade com outros materiais (Al-Faraiji et al., 2022 e Sharma et al., 2009).

A densidade é extremamente importante na medida em que um dos objetivos da utilização dos PCM passa pela ocupação de volumes reduzidos, por forma a que seja possível a sua incorporação em elementos construtivos. Como falamos de isolamento térmico, torna-se interessante apresentar alguns valores de comparação que confirmam o potencial da utilização dos materiais de mudança de fase. Deste modo, destaca-se a lã de vidro (13 kg/m^3), lã de rocha (20-200 kg/m^3), poliestireno expandido - EPS (30 kg/m^3), poliestireno extrudido – XPS (37 kg/m^3) e a cortiça (100-120 kg/m^3) (Augusto et al., 2015).

Tendo como referência a parafina, é possível constatar que a mesma apresenta uma densidade que ronda os 900 kg/m^3 (varia de acordo com a tipologia das parafinas, sendo que no caso indicado na referência a densidade da parafina era de 833,60 kg/m^3 para uma temperatura de fusão de 54 °C) (Almousa et al., 2021).

Após a análise da característica densidade importa abordar uma outra característica de extrema importância: o equilíbrio ou estabilidade da mudança de fase. Este pode ser traduzido, de forma genérica, pelo comportamento do material decorrente dos efeitos criados pelos repetidos ciclos térmicos inerentes à mudança de fase, como por exemplo, a

repetição dos processos de fusão e cristalização. Existe um conjunto alargado de estudos relativos à estabilidade de mudança de fase para PCM de variadas origens (Babar et al., 2020 e Martins ,2017).

Decorrente da continuação das características dos PCM centremo-nos, neste momento, na análise da vertente cinética. Sharma et al. (2009), apresentam como principais características cinéticas o rápido arrefecimento (também conhecido como "super arrefecimento" – "supercooling") e a taxa de cristalização. O fenómeno de "super arrefecimento" ocorre quando o PCM se mantém no estudo líquido quando exposto a uma temperatura inferior à temperatura de cristalização (Shamseddine et al., 2022). Isto quer dizer que, chegados a esta fase, o material já devia ter cristalizado. Este fenómeno é penalizador da utilização de PCM na medida em que retarda a libertação de calor latente. Por outro lado, este fenómeno pode ser debelado através da conjugação de aditivos nos PCM.

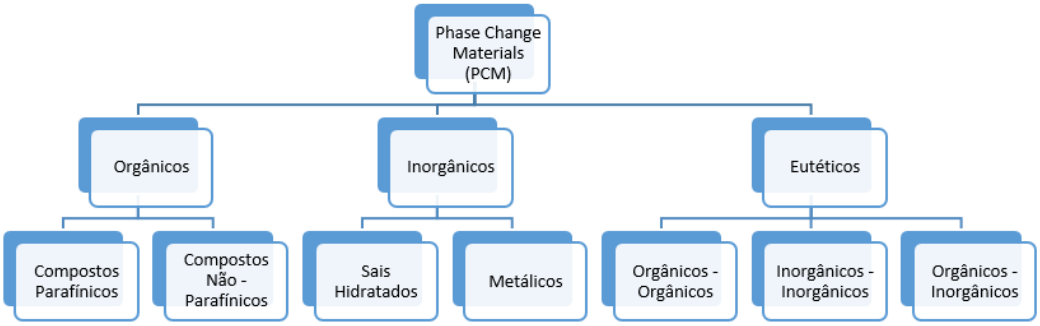
Por último, são de mencionar as propriedades económicas em que importa considerar o fator abundância destes materiais, a sua disponibilidade na natureza e o custo efetivo da sua utilização, adicionado aos ganhos da sua utilização que deverá refletir-se em rentabilidade. Este último ponto é, sem sombra de dúvidas, de especial importância para a verificação dos critérios de sustentabilidade (Sharma et. al, 2009).

A análise económica da viabilidade do uso de PCM não é compatível com formas generalizadas de aplicação destes materiais sendo sempre dependente da análise holística de todas as outras características dos PCM estudadas. A aplicação de uma solução (com determinado tipo de material, espessura, condutividade térmica, ponto de fusão, entre outras) a edifícios geograficamente próximos poderá desvirtuar a análise económica, dado que a solução preconizada não funciona de igual forma nos dois locais testados. Desta forma, torna-se perigoso fazer generalizações do "*payback*" do uso de PCM, devendo estas soluções ser entendidas quase como à exclusiva medida do edifício em estudo (Hou et al., 2023).

2.1.2. Classificação dos Materiais de Mudança de Fase

A literatura dos materiais de mudança de fase, apresenta a sua classificação de acordo com fatores como o tipo de materiais e a tipologia de mudança de fase, subdividindo-se em três grandes grupos, os orgânicos, os inorgânicos e os eutécticos (Figura 2.4). (Sharma et al., 2009).

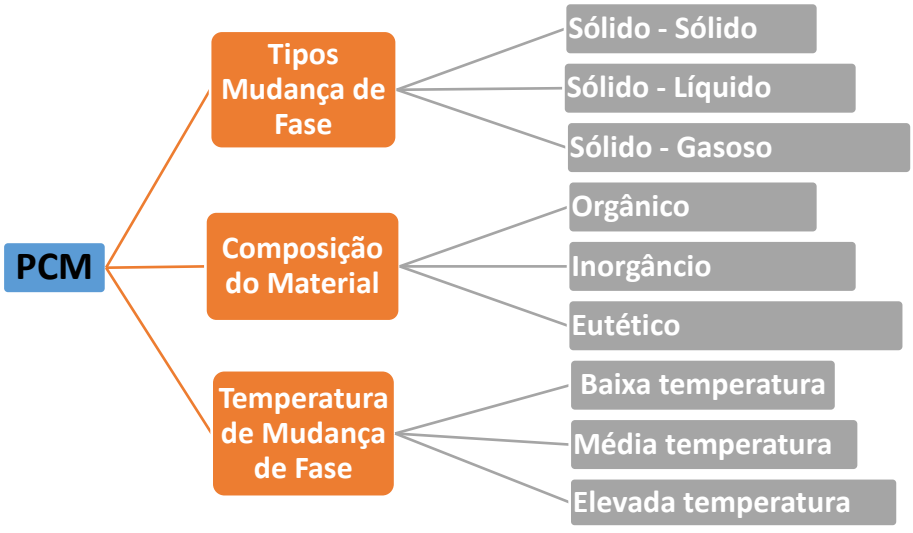
Figura 2.4 *- Classificação dos Materiais de Mudança de Fase.*



Fonte: adaptado de Sharma et al. (2009).

No entanto, estudos mais recentes, tais como o trabalho desenvolvido por Feng et al. (2022), apresentam a classificação dos PCM de forma tripartida (Figura 2.5), contendo a forma de mudança de fase, a composição do material e a temperatura de mudança de fase.

Figura 2.5 *- Classificação tripartida dos materiais de mudança de fase.*



Fonte: Adaptado de Feng et al., 2022.

Os PCM orgânicos são dos mais utilizados em estudos científicos, sendo constituídos sobretudo por compostos parafínicos e não-parafínicos. As parafinas são compostas por misturas de alcanos, ou seja, hidrocarbonetos cujos átomos de carbono são unidos por ligações simples e caracterizam-se por serem de baixa temperatura de operação, que trabalham sobretudo no regime de mudança de fase sólido-sólido (Feng et al.,2022 e Sharma et al., 2021).

Relativamente às parafinas, Sharma et al. (2009) e Feng et al. (2022) resumem as suas características, tendo por base a sua utilização como materiais de mudança de fase. As parafinas são "seguras", "confiáveis", "previsíveis", "poucas variações de volume quando atingem a temperatura de fusão", inertes e estáveis até temperaturas de 500 °C. No entanto, existem algumas desvantagens na utilização de parafinas, tais como a baixa condutividade térmica (em alguns tipos de parafinas) e dificuldades na conjugação (encapsulamento) com outros materiais como o plástico. São extremamente resistentes ao fenómeno de "super arrefecimento".

As parafinas são muito diversificadas, com pontos de fusão e com capacidades de absorção de calor latente muito diversificadas. Sharma et al. (2009) dividem as parafinas em 3 grupos (Grupos I, II e III), de acordo com o seu potencial de uso no âmbito da sustentabilidade energética. Encontram-se parafinas que, de acordo com o número de átomos de carbono, podem apresentar pontos de fusão que variam entre 5,5 °C e 75,9 °C. Quanto maior for o número de átomos de carbono (C_nH_{2n+n}), mais elevada será a temperatura de mudança de fase e o calor latente associado uma vez que a cadeia é mais longa, o que facilita as interações moleculares, e com maior massa (mais "pesada") (Feng et al., 2022).

Os componentes não parafínicos correspondem a todos os outros materiais orgânicos, como por exemplo os ácidos gordos e álcoois. Os álcoois apresentam temperaturas de mudança de fase interessantes para aplicação em edifícios (19-55°C), têm boa estabilidade química e são biodegradáveis. No entanto, são materiais com baixa condutividade térmica, dissolvem-se facilmente em água e têm preços elevados (Feng et al.,2022). Segundo Al Ahmed et al. (2020) os ácidos gordos têm-se mostrado com uma

solução bastante promissora no desenvolvimento de PCM. De forma global apresentam características interessantes, tais como a sua estabilidade química, o elevado calor latente e a não toxicidade/corrosividade. À semelhança de outros materiais orgânicos apresentam como vulnerabilidade, entre outras, a baixa condutividade térmica. Sharma et al. (2009) indicam que apenas alguns deles têm características interessantes, nomeadamente o ponto de fusão. O ácido fórmico apresenta um ponto de fusão de 7,8 °C, o ácido caprílico tem 16,3 °C e a glicerina apresenta uma temperatura de fusão de 17,9 °C. No entanto, os materiais devem ser analisados de forma global, observando o conjunto de todas as suas caraterísticas. A título de exemplo pode afirmar-se que o ácido fórmico, muito embora apresente uma temperatura de fusão interessante e uma elevada capacidade de armazenamento de calor latente, não é um material indicado para aplicação em sistemas de armazenamento de energia térmica por ser um material altamente inflamável e tóxico, facto que dificulta sobremaneira o seu manuseamento.

Os compostos inorgânicos são constituídos por sais, sais hidratados e metais. De forma geral, os materiais inorgânicos apresentam o dobro da entalpia de mudança de fase, por unidade de volume, uma maior condutividade térmica, melhores temperaturas de operação e um custo mais reduzido, quando comparado com os materiais orgânicos (Mohameda et al., 2016).

Por outro lado, e segundo Min et al. (2022) alguns destes materiais apresentam pontos de fusão extremamente elevados e podem estar sujeitos a processos de "rápido arrefecimento", factos que diminuem de forma drástica a capacidade de utilização em serviço, nomeadamente através das limitações decorrentes dos ciclos de mudança de fase (rápido arrefecimento não permite libertar energia em tempo oportuno).

A literatura subordinada a estas temáticas é fértil em diversidade de materiais inorgânicos. Encontram-se diversas opções equilibradas, na medida em que apresentam pontos de fusão próximos da temperatura ambiente (ideal para PCM aplicados ao setor da construção) e valores de entalpia de mudança de fase bastante interessantes. A título de exemplo, tenha-se em consideração o fluoreto de potássio tetrahidratado (ponto de fusão –18 °C e entalpia de mudança de fase de 231 KJ/Kg), o cloreto de cálcio hexahidratado

(ponto de fusão de –29 °C e entalpia de mudança de fase de 196 KJ/Kg) e o nitrato de lítio trihidratado (ponto de fusão de –30 °C e entalpia de mudança de fase de 296 KJ/Kg) (Silva, 2009).

No entanto, existem diversas limitações/desafios dos PCM inorgânicos que importa destacar. Em primeiro lugar é importante ter noção que um dos desafios mais importantes a vencer nesta tipologia de materiais é a alteração de volume resultante da mudança de fase. Existem estudos que mostram que a mudança de volume nos compostos inorgânicos, resultante da mudança de fase, poderá atingir os 10%. Um outro problema dos materiais inorgânicos, mais propriamente os sais, prende-se com o processo, já mencionado, de "rápido arrefecimento" (Min et al., 2022 e Mohameda et al., 2016).

Por fim, e dentro da classificação dos materiais de mudança de fase de acordo com a sua origem, falta abordar os eutécticos. Segundo Mohameda et al. (2016) os materiais eutécticos são constituídos pela mistura de dois ou mais componentes, sendo que não apresentam segregação aquando dos processos de fusão e cristalização. Segundo Gonçalves (2009), e corroborado pela informação extraída de Sharma et al. (2009), é possível verificar que existem misturas de compostos extremamente interessantes, na medida em que apresentam valores de ponto de fusão e calor latente por unidade de massa, próximos dos valores desejados para a sua aplicabilidade em edifícios. Acrescenta-se ainda o facto de não serem corrosivos, tóxicos ou prejudiciais para a saúde. Do ponto de vista económico apresentam custos de aquisição e transporte elevados, ao contrário do constatado para os materiais inorgânicos. A principal desvantagem é a pouca informação disponível sobre estas misturas.

Os PCM podem ainda ser caracterizados pela sua temperatura de mudança de fase. Neste particular, importa referir que ao longo dos anos foram delimitadas diferentes temperaturas de operação com valores bastante disparares. Analisando os valores mais recentes, e de acordo com Huagn et al. (2021), os PCM de baixa temperatura de mudança de fase apresentam valores inferiores a 220 ^{o}C, os de média temperatura de mudança de fase centram-se numa gama de temperaturas entre 220 ^{o}C e 420 ^{o}C e os de elevada

temperatura de mudança de fase cifram-se nos valores superiores a 420 ^{o}C (Feng et al., 2022).

O resumo de todas as características supramencionadas encontra-se sintetizado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 *- Principais características dos três tipos de materiais de mudança de fase.*

	Misturas Orgânicas	**Misturas Inorgânicos**	**Misturas Eutéticas**
Vantagens	Estabilidade química	Reduzida variação de volume na mudança de fase	Elevada capacidade de armazenamento de calor
	Elevada entalpia de fusão	Elevada entalpia de fusão	Elevada entalpia de fusão
	Compatibilidade adequada com outros materiais	Baixo Custo	Temperatura de fusão bem definida
	Diversidade de temperaturas de fusão	Boa condutibilidade térmica	
	Baixa probabilidade de "rápido arrefecimento" / sobrearrefecimento		
Desvantagens	Alteração de volume	Corrosão	Falta de informação disponível sobre misturas
	Inflamabilidade	"Rápido arrefecimento" / sobrearrefecimento	
	Baixa condutividade térmica		

Fonte: Adaptado de Teixeira (2019)

2.2. Estado da Arte

2.2.1. Caracterização das propriedades dos PCM em edifícios

Os materiais de mudança de fase são uma matéria complexa, de vasta aplicação e a sua utilização não é exclusiva em edifícios. Prova disso é o estudo da sua aplicação em determinados contextos desde há algumas décadas. A título de exemplo torna-se muito interessante a consulta do documento "Phase Change Materials Handbook" da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (Hale et al., 1971).

Neste livro são apontadas duas tipologias de aplicação dos PCM, "*Space Applications*" e "*Terrestrial Applications*". Dentro das aplicações terrestres, e já nesta data, era percetível que os materiais de mudança de fase apresentavam um grande potencial no armazenamento de energia solar térmica. "*PCM can be used to store solar energy during day light hours for use during the night period in thermal control or power production. A house was constructed with a large mass of Glauber's salt in the basement. Solar energy collected on the roof was transported via conduction to the basement and stored as latent heat of fusion in the PCM. During night periods and cloudy days, the PCM refroze, supplying heat for thermal control of the house, there by precluding the need for active heating of the house. In the future, such systems could become more common as the cost of power rises and the worry over pollution at power plants increases*" (Hale et al., 1971).

É muito interessante perceber que em 1971 já se detinha a perfeita noção da necessidade de redução do consumo energético, como de poupança ambiental (numa altura em que ainda não se sentiam os efeitos das alterações climáticas), bem como do elevado potencial dos materiais de mudança de fase. No entanto, e dada a vastidão de aplicação destes materiais, será necessário isolar as características, e os valores das mesmas, que tornam interessante a sua aplicação em edifícios.

Uma das soluções mais credíveis para resolver problemas do excessivo consumo energético de edifícios residenciais passa pela utilização dos Materiais de Mudança de Fase. "*On going improvements in building envelope technologies suggest that residences will soon be routinely constructed with low heating and cooling loads. The use of novel building*

materials containing active thermal components (e.g., PCM, sub-venting, radiant barriers, and integrated hydronic systems) would be an ultimate step in achieving significant heating and cooling energy savings from technological building envelope improvements. The key benefit of using PCM is that it affords structures improved thermal storage capabilities with minimal change to the existing building design" (Kośny, 2015).

Segundo Regin et al. (2008), citado também por Bland (2017), existem um conjunto de características que tornam viável a aplicação de PCM em edifícios (Tabela 2.2), como forma de garantir o armazenamento e libertação de energia solar térmica. Segundo os mesmos autores a definição das características deve respeitar três grandes princípios:

- Adequação do material de mudança de fase ao espetro de temperaturas operacionais (quer isto dizer que a escolha do PCM deve ser adequada à utilização tipo em causa – adequação à temperatura local);

- Um "contentor" que possa acomodar o PCM em condições de segurança e utilização adequada;

- Mecanismos (*heat exchangers*) que permitam a troca de calor entre o PCM e a superfície de contacto e vice-versa.

As características destes materiais são normalmente separadas em propriedades físicas, químicas, térmicas e ainda as económicas, sendo sintetizadas por um conjunto alargado de autores, tais como Sivanathan et al. (2020), Martínez et al. (2020) e Madad et al. (2018) - Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Características desejáveis para a utilização de PCM em geral.

Propriedades Físicas	Propriedades Químicas	Propriedades Térmicas	Fator Económico
Baixa variação de densidade durante a mudança de fase	Não-inflamabilidade, não-explosivo, não-venenoso	Elevada condutividade térmica nas fases sólidas e líquidas	Disponibilidade em grandes quantidades
Elevada densidade	Estabilidade química	Elevado calor específico	Baixo preço
Baixa prevalência do fenómeno de "super arrefecimento" ou "arrefecimento rápido"	Compatibilidade com o material "contentor"	Temperatura de mudança de fase adequada de acordo com a utilização	Comercialização fácil e acessível
Baixa pressão de vaporização	Inexistência de decomposição química	Calor latente elevado por unidade de massa	

Fonte: Adaptado de Regin et al. (2008)

A ponderação acerca da adequabilidade dos PCM deverá ter em conta este conjunto alargado de características (e outras que não aparecem aqui mencionadas), sendo importante ressalvar que não deverá ser aplicado o mesmo grau de importância a todas elas. Torna-se necessário desta forma, através da pesquisa de artigos científicos subordinados ao assunto, tentar encontrar um conjunto mais restrito de características, do que o conjunto acima apresentado, que possam ser consideradas como de extrema importância para a caracterização da utilização de PCM em edifícios. Será dada prevalência a artigos científicos que detenham a parte teórica complementada com a parte experimental, consubstanciada com aplicação em modelos à escala real/reduzida, permitindo assim a análise de parâmetros para as características indicadas (Waqas & Din, 2013).

O estudo de soluções com PCM em edifícios está fundado num conjunto de premissas de análise, tais como o tipo de solução (ativa/passiva), a forma do estudo (simulação/real) e tipo/tamanho da instalação (protótipo escala real, protótipo em grande escala e construções de pequenas partes de edifícios para ensaio laboratorial ou "*in situ*") (Faraj et al.,2022).

Muito embora seja interessante alargar o espetro de análise a um conjunto alargado de situações constata-se, que a grande maioria dos estudos de PCM são vocacionados para a problemática do aquecimento e arrefecimento, com aplicação em elementos da envolventes dos edifícios, como por exemplo paredes, tetos, pavimentos, entre outros (Faraj et al., 2022).

Nas últimas décadas a produção de artigos científicos subordinados a estas temáticas conheceu um incremento exponencialmente, com especial enfoque nas técnicas de encapsulamento, o estudo de aplicações ativas/passivas e a avaliação do ciclo de vida dos materiais. Autores como Du et al. (2018) e Navarro et al. (2016) têm realizado um apurado trabalho de síntese relativo à aplicação de PCM em edifícios para diferentes fins. Para apoiar esta análise, foram escolhidos um conjunto de artigos, que vão ser posteriormente sintetizados, e que foram considerados como enquadrantes da análise prática realizada no decurso desta tese.

Mourid et al. (2018) apresenta um teste de solução ativa, com estudo em larga escala, localizado na Faculdade de Ciências Ain-Cnok, em Casablanca. Neste estudo foram recriados dois cubículos à escala, cujos elementos da envolvente eram formados por paredes duplas de tijolo, com recobrimento em argamassa e caixa de ar com espessura de 7 centímetros. Neste teste o PCM foi instalado nas paredes, tendo por base a sua orientação (caso 1 – parede virada a sul - PCM colocado no paramento interno; caso 2 – parede virada a oeste – PCM colocado com afastamento de 1 centímetro do paramento interno). Os resultados mostraram uma diminuição das necessidades energéticas para aquecimento em cerca de 20%, mostrando também o efeito benéfico da colocação do PCM no teto.

Por intermédio de Lee et al (2018) é possível verificar a aplicação de PCM de forma passiva, num estudo em larga escala. Neste estudo foram construídos 2 protótipos à escala, que materializam dois edifícios, nos quais foi aplicado um PCM integrado no isolamento celuloso do interior das paredes. A aplicação deste PCM, de forma passiva, permite concluir que existe uma redução do fluxo de calor médio que atravessa as paredes na ordem dos

25 % (significando que o PCM absorve energia), bem como o retardamento da obtenção da temperatura de pico em cerca de 1,5 horas.

Num outro estudo é possível encontrar a aplicação passiva de um PCM, em larga escala, podendo ser considerado, como princípio, uma derivação da parede de Trombe. Investigou-se o comportamento térmico do modelo por intermédio da colocação de uma parede com PCM atrás de uma janela de vidro (a colocação foi feita pelo interior). O estudo decorreu apenas no período de inverno, no Canadá. Em suma, este estudo prático com utilização de um PCM com temperatura de mudança de fase entre os 18 e 24 °C, permitiu concluir que a radiação solar armazenada durante o dia é libertada para o interior do modelo após um período de 6 a 8 horas, diminuindo as necessidades de consumo energético para aquecimento em cerca de 17% (Guarino et al., 2017).

Diversificando o objeto de análise, através do posicionamento do PCM noutro local da envolvente do edifício, desta feita no telhado, importa discernir sobre o estudo de Li et al. (2020). A solução preconizou um telhado com 2 camadas, separadas por uma caixa de ar com 20 cm. Foram usadas duas camadas de PCM, uma interna e uma externa, com 3 cm de espessura cada. Foram usados PCM com temperaturas de operação diferentes, sendo que a camada externa apresenta uma temperatura de mudança de fase de 31/32°C, enquanto a camada interna tem uma temperatura de mudança de fase na ordem dos 24°C. O edifício de controlo apresenta uma estrutura tradicional. Os testes realizados permitiram concluir que a temperatura máxima interna do modelo diminuiu entre 17 a 19%, aproximadamente. Cumulativamente foi possível retardar o período em que se atinge a temperatura máxima de pico por um período de 30-50 minutos.

Torna-se agora interessante analisar um estudo prático de implementação de PCM em edifícios com vista ao aproveitamento das capacidades "free-cooling" do sistema. O princípio "free-cooling" reside no armazenamento de ar a baixas temperaturas no período da noite, de forma a ser reutilizado durante o dia quando as temperaturas são mais altas. Dado que a utilização destes sistemas faz sentido sobretudo no verão, onde se pretende reduzir as necessidades energéticas do edifício, torna-se necessário a escolha de materiais cujas características respeitem essa gama de temperaturas. Como tal, e para a definição

das características, torna-se necessário entender que para além da capacidade de armazenamento de energia é necessário que os materiais tenham um ponto de fusão que permita a sua maior rentabilização de acordo com as temperaturas ambiente. Tendo em atenção as temperaturas de conforto, foram escolhidos PCM cuja principal característica foi a delimitação do ponto de fusão entre os 19º e 24º C (Stritih & Butala, 2007).

Uma outra importante característica relacionada com a utilização de PCM, e que é abordada neste artigo, centra-se com o volume ocupado. Quanto maior o volume de PCM utilizado mais eficiente se torna a solução, na medida em que se consegue adquirir uma capacidade reforçada de armazenamento de energia. No entanto, o excesso de volume de PCM poderá configurar-se como um obstáculo tendo em conta o preço e o aumento do espaço ocupado. A solução passa pela utilização de sistemas complementares de ventilação (conjugação da solução passiva com a solução ativa), com velocidades definidas, forçando o ar frio a encaminhar-se para o PCM, conseguindo assim rentabilizar a utilização de volumes de PCM mais baixos (Stritih & Butala, 2007).

Os PCM podem ser utilizados, como já referido e evidenciado, de forma passiva, permitindo assim encontrar uma solução equilibrada que permita uma dupla utilização, no verão e no inverno. É neste âmbito que se torna interessante a análise efetuada por Ahmad et al. (2006). A utilização de soluções passivas na construção era realizada à custa de uma elevada inércia térmica nas paredes. Quer isto dizer que as paredes detinham espessuras muito elevadas e baixa condutividade térmica, permitindo assim, manter as temperaturas interiores baixas no verão e temperaturas mais altas no inverno. Naturalmente que um conhecimento que começou por ser empírico evoluiu para um conhecimento fundado na análise matemática, física e química dos materiais. Na atualidade, em que as construções são cada vez mais leves, a opção pelos PCM em paredes permite recuperar a inércia térmica perdida com a diminuição da espessura.

Em Arkar & Medved (2007), é proposta a introdução de um sistema de armazenamento de energia (LHTES - latent heat termal energy storage) para "free-cooling" num edifício, através da sua aplicação num sistema de ventilação mecânica. Para tal procedeu-se ao encapsulamento de PCM (parafinas RT20) em esferas, segundo um rácio

definido. O objetivo passa pela definição do LHTES ideal para aplicação no edifício pré-definido, através da definição da quantidade de PCM a utilizar por área de pavimento.

O edifício-tipo utilizado neste estudo tinha dois pisos e uma área útil de habitação de 191 m^2. Os autores obtiveram um espetro de temperaturas no interior de uma determinada sala desse edifício, que se localiza em Ljubljana (Eslovénia), através de medições efetuadas e de modelação com recurso a um programa de cálculo automático. No que concerne às simulações efetuadas, os autores fizeram afetar os gráficos das temperaturas interiores à taxa de renovação do ar (Arkar & Medved, 2007).

Foram definidos quatro casos de estudo, sendo que três são com utilização de ventilação natural (renovação do ar de forma natural) e um com ventilação forçada (com aplicação para o período diurno e para o período noturno). Para cada um dos casos foram admitidas taxas de renovação do ar. Constatou-se que uma solução de ventilação natural pode fazer com que sejam respeitados os limites de temperatura de conforto definidos. No entanto, conforme os autores indicam, as soluções de ventilação natural que permitam elevadas taxas de renovação do ar podem acarretar riscos de segurança ou, por exemplo, problemas relacionados com o ruído (Arkar & Medved, 2007).

Conclui-se, então, que uma solução de utilização de PCM num sistema de ventilação forçado consegue resultados bastante interessantes no equilíbrio térmico do edifício. Como não poderia deixar de ser, e dado que o intuito deste subcapítulo passa pela escalpelização de características dos PCM relativas aos edifícios, é importante mencionar que os autores chegaram a uma relação entre massa de PCM utilizado no sistema LHTES, relativamente à área de pavimento a arrefecer. Neste caso o valor encontrado é de 6,4 kg/m2. Estas relações são de extrema importância para esta análise na medida em que permitem obter aproximações quanto à quantidade de PCM necessária, por área de pavimento, permitindo rápidas iterações para diferentes tipologias de edifícios (Arkar & Medved, 2007).

Uma outra alternativa, mais económica e mais fácil de colocar em prática, passa pela opção por modelos de escala reduzida, através de sistemas ativos e passivos.

Abbas et al. (2021) apresentam-nos um interessante estudo sobre PCM em edifícios, em escala reduzida. Neste modelo são construídos 2 cubos, replicando uma sala, com dimensão de 0,45m x 0,45m x 0,45m. A envolvente dos modelos é revestida a painel sandwich. Num dos modelos, o cubo teste, é inserido um PCM orgânico, à base de um composto parafínico, em cilindros, no interior do painel sandwich. No interior dos modelos encontra-se um recipiente com gelo, servindo de elemento de refrigeração. Os resultados mostram que as temperaturas, tanto do elemento construtivo propriamente dito, como no interior dos cubos testados, são menores naqueles em que houve colocação de PCM. Por outro lado, observou-se um retardamento da temperatura de pico dentro do modelo em cerca de 1 horas, bem como uma redução de 23,84% na flutuação da temperatura interior (diminuição da amplitude térmica).

Em linha com o anteriormente descrito é possível encontrar um estudo análogo, para a região da Índia, com vista à análise de PCM em climas tropicais. Neste estudo foi analisado o comportamento térmico, em pequena escala, de forma passiva, de um PCM orgânico, o *OM37*. Este PCM tem uma temperatura de mudança de fase de 37°C e foi incorporado, de forma "*micro encapsulada*" nos elementos da envolvente do modelo. Observou-se uma redução da amplitude térmica entre 41 a 59%, um atraso na obtenção da temperatura de pico entre 1 a 2 horas, gerando uma redução dos consumos necessários para arrefecimento na ordem dos 4 $/dia (Rathore & Shukla, 2020).

Ainda no âmbito da análise de soluções passivas, de pequena escala, torna-se importante dar a conhecer o estudo de Berardi & Soudian (2019), o qual tenta minimizar o impacto que a disseminação dos elementos envidraçados (em número e dimensão) têm acarretado para os edifícios. Esta análise teve por base a aplicação de um sistema duplo, com 2 PCM de espetros de temperatura de operação diferentes, em duas camadas distintas, nas paredes e tetos dos modelos testados. Os PCM utilizados foram o *Energain ®* e o *BioPCMTM®.* Com este estudo conclui-se que é possível verificar uma redução de temperatura interior de pico até 6°C e que um sistema com dois PCM diferentes pode dotar o edifício de uma complementaridade interessante os períodos de verão/inverno.

Em Lazaro et al. (2008), encontra-se um estudo prático de aplicação de PCM orgânicos e inorgânicos em dois protótipos, com o intuito de tirar partido da acumulação de energia resultante das baixas temperaturas durante a noite, com vista ao arrefecimento do espaço durante o dia. No protótipo 1, foram utilizadas bolsas de alumínio preenchidas com um PCM inorgânico, enquanto no protótipo 2 foram utilizados painéis de alumínio preenchidos com um PCM orgânico. Na análise prática deste caso foram tidas em conta duas características, a energia armazenada e a condutividade térmica.

O teste destas duas soluções permite extrair uma importante conclusão. Muito embora a solução com PCM inorgânico apresente uma capacidade de armazenamento de energia superior, está implícita uma outra característica que vai permitir sobressair uma das soluções, característica esta relacionada com a temperatura de fusão. A solução com menor capacidade de armazenamento de energia e menor condutividade térmica (protótipo 2) atinge de forma mais rápida o ponto de fusão, fazendo assim com que o processo de ciclo de mudança de fase seja bastante mais rápido do que a solução apresentada no protótipo 1 (Lazaro et al., 2008).

Com base em diversos autores, a grande maioria das investigações subordinadas à utilização de PCM em paredes passa pela utilização conjunta de gesso com granulados de PCM à base de parafinas. Os granulados escolhidos têm uma espessura que varia entre 1 e 3 mm e contêm 35% de parafina. Uma vez mais, a análise destas soluções compostas, atenta em características como a condutividade térmica (neste caso teórica e prática) e a temperatura de fusão. No caso particular deste ensaio foram escolhidos dois tipos de painéis, o primeiro à base de policarbonato e o segundo à base de cloreto de polivinilo (PVC) (Ahmad et al., 2006).

Enquanto o primeiro painel foi incorporado com granulados à base de parafina, o segundo painel foi preenchido com polietileno de glicol (PEG 600). Trata-se de dois materiais com destacado potencial no âmbito da aplicação dos materiais de mudança de fase. À semelhança do exemplo anterior a análise das características teve por base a temperatura de fusão e a condutividade térmica. Não menos importante para este estudo

foram as características geométricas e económicas. Era requisito obter a mínima espessura de painel possível (5 cm) e utilizar materiais economicamente viáveis (Ahmad et al., 2006).

Os painéis de PVC apresentam um melhor comportamento de acordo com os propósitos e, em ambos os casos, não se denotam perdas significativas das características dos PCM, decorrentes dos elevados ciclos de utilização (Ahmad et al., 2006).

Existe uma outra característica que, muito embora não decorra diretamente das características físicas/químicas do PCM, concorre diretamente para a sua escolha, o clima. A informação climatérica de determinada região em estudo é um fator preponderante para a análise subsequente dos PCM. Tal como propõe Shukla et al. (2016) o estudo dos PCM a adotar deverá ser precedida de "simulações energéticas preliminares", com o intuito de nos mostrar o panorama climático aplicado a um determinado edifício. Esta metodologia será também adotada neste trabalho. No caso particular desta tese será utilizado o programa *CypeCad*® e a aplicação *Energy Plus*®, para obtenção do espetro de temperaturas no edifício-tipo, tendo por base a informação climatérica da região escolhida.

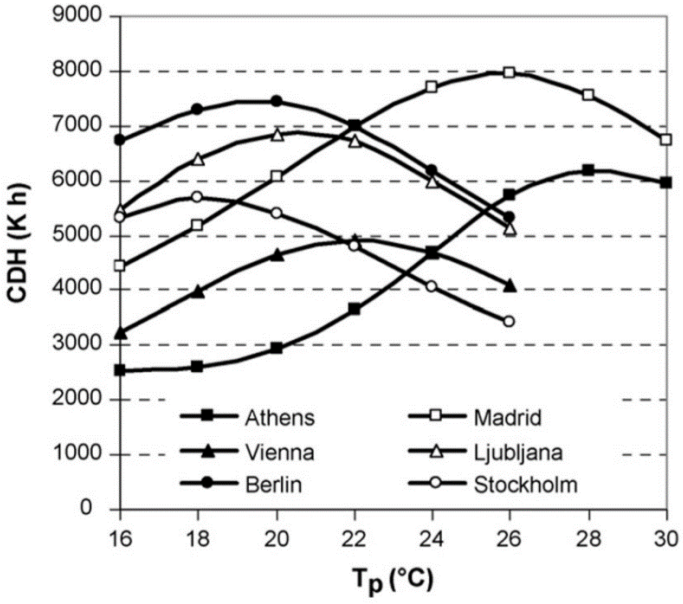
A importância da questão climática e a sua relação com a escolha dos materiais de mudança de fase aparece, mais uma vez, corroborada com a análise efetuada por Medved & Arkar (2008). Neste caso é efetuada uma relação direta entre clima e temperatura de fusão do PCM. Este artigo tem por base a integração de um sistema de armazenamento de energia (*latent heat termal energy storage - LHTES*) num edifício, com o intuito de promover a eficiência energética no edifício através do melhoramento do conforto térmico.

Foram escolhidas 6 cidades europeias com diferentes condições climatéricas. A análise climatérica centrou-se no período de verão, mais propriamente entre os meses de junho a agosto. As cidades foram divididas por latitudes, temperaturas médias e amplitudes térmicas. Um dos objetivos deste artigo prendia-se com o estabelecimento da relação entre a variável "CDH" (*cooling degree hours*) com a temperatura de fusão dos materiais de mudança de fase tentando, desta forma, encontrar a gama de temperatura de fusão ideal para uma climatização mais adequada. As variáveis CDD (*cooling degree days*) ou HDD (*heating degree days*) são muito utilizadas em simulações energéticas. Estas

variáveis representam, por exemplo, e no caso do CDD, a quantidade de energia necessária para arrefecer o edifício, tendo por referências as temperaturas de conforto (National Weather Service, 2019).

Torna-se então possível concluir que, para as cidades com verões mais quentes, é mais compensador a utilização de um PCM com temperatura de fusão mais elevadas, na medida em que abrange um maior número de CDH. Por outro lado, quanto mais alta for a amplitude térmica numa determinada região, mais alta deverá ser a temperatura de fusão do PCM, na medida em que isso se reflete diretamente nos "*cooling degree hours*". Numa mesma análise, e conforme é possível verificar através da Figura 2.6, retirada de Medved & Arkar (2008), o maior potencial dos PCM, numa determinada região, retira-se quando a gama de temperaturas de fusão do material está ± 2 ^{o}C acima da temperatura média (Medved & Arkar, 2008).

Figura 2.6 *- Relação entre as CDH (cooling degree hours) e a temperatura de fusão de cada PCM, de acordo com cada região.*

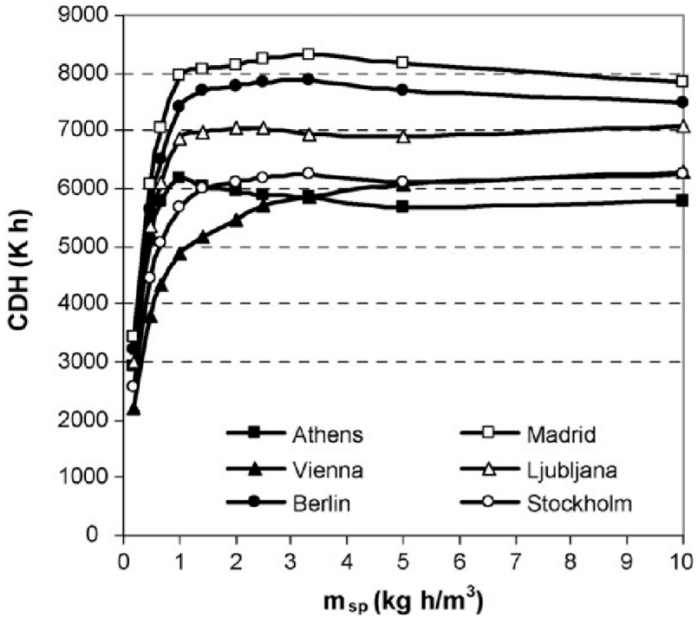


Fonte: Medved & Arkar (2008)

Por outro lado, torna-se relevante abordar uma outra característica, a densidade do PCM utilizado. Conforme é possível constatar existe uma relação entre a densidade de PCM e as CDH. A Figura 2.7 mostra que para uma baixa densidade de PCM, que ronde 1 Kg h/m^3,

é possível fazer face à quase totalidade da percentagem das CDH. O ganho de CDH por aumento de densidade não se torna compensador, na medida em que até uma densidade de 1 Kg h/m^3 é possível chegar a 95% das CDH (Medved & Arkar, 2008).

***Figura 2.7** - Relação entre as CDH (cooling degree hours) e a densidade do PCM, de acordo com cada região.*



Fonte: Medved & Arkar (2008)

Além das características já mencionadas e que, até agora, são maioritariamente constituídas pelo ponto de fusão e pelo calor latente, importa referir que a utilização de PCM não depende apenas de características físico-químicas. Acrescem a estas questões relacionadas com a segurança e estabilidade dos PCM, questões estas que podem inviabilizar a utilização de um determinado material.

Rathod & Banerjee (2013) indicam que tem sido recorrente as referências quanto à importância da análise da estabilidade térmica como característica de extrema importância para a seleção dos materiais de mudança de fase. A estabilidade dos PCM poderá ser analisada segundo dois vetores, a baixa estabilidade térmica dos materiais derivada da exposição a diversos ciclos térmicos e a corrosão entre o PCM e o material que lhe serve de "contentor". Um material de mudança de fase será tanto melhor quanto mais ciclos de mudança de fase suportar, sem que isso altere as suas propriedades físico-químicas (Zalba et al., 2003).

Os materiais de mudança de fase são utilizados de forma isolada (em soluções ativas) ou em complemento de outros materiais de construção (soluções passivas – mais recorrente), factos que tornam necessária a verificação da sua aplicabilidade na vertente da segurança física, como por exemplo a resistência ao fogo. Em McLaggan et al. (2018), verifica-se que os edifícios são um processo multidisciplinar complexo, que envolve várias especialidades. Optar por um material, eficiente do ponto de vista energético, ou eficiente do ponto de vista estrutural/arquitetónico, mas que exponencie um incêndio num edifício, pode acarretar a inadequabilidade da solução.

A resistência ao fogo do material depende diretamente da sua natureza. Enquanto os PCM orgânicos são inflamáveis, os PCM inorgânicos não são. É importante recordar que um dos PCM mais utilizados, as parafinas, pertencem ao grupo dos orgânicos. A parafina é bastante atrativa do ponto de vista da fusão e da condutividade térmica, mas pouco interessante relativamente à resistência ao fogo. Este facto não inviabiliza desde logo a sua utilização, mas implica a realização de estudos que promovam a sua utilização em segurança, através de sistemas de encapsulamento eficientes (Pons et al., 2014).

É possível identificar duas formas de proteger os PCM orgânicos da sua elevada inflamabilidade. Poderá optar-se pela contentorização dos PCM num material não inflamável, que lhe confira proteção ou, em alternativa, optar pela utilização de retardadores da combustão do PCM, como é o caso do identificado em Palacios et al. (2018).

Os chamados retardadores de chama (*flame retardants*), funcionam como inibidores da combustão. A utilização de retardadores poderá ter um efeito nocivo nas características físico-químicas do PCM, alterando-as, fazendo com que o material perca características importantes para o desempenho térmico da solução. Por exemplo, a utilização de hidróxido de magnésio como retardador de chama faz com que a temperatura de fusão do PCM baixe (tendo por base que o PCM utilizado foi uma parafina). Neste caso, o retardador baixa o potencial da parafina trazendo a temperatura de fusão para valores abaixo daquilo que se pode considerar interessante (Palacios et al., 2018).

Importa não olvidar um outro aspeto determinante relacionado com a segurança dos materiais, a corrosão. Sendo que a utilização dos PCM é realizada com base na técnica de encapsulamento, a compatibilidade entre o material e o "contentor" acarreta preocupações adicionais devido aos problemas de corrosão. A corrosividade dos PCM é, em primeira ordem, função do tipo de material. Enquanto os PCM orgânicos, na sua generalidade, não são corrosivos, os materiais inorgânicos podem ser altamente corrosivos.

A corrosão provoca uma redução progressiva da massa do material em causa diminuindo, deste modo, o seu desempenho térmico. Os estudos de Abhat (1983) citados por Vasua et al. (2017), demonstram que dos vários materiais "contentores" testados, o único que resultou com todos os PCM foi o aço inoxidável.

De igual forma, encontram-se mais referências a autores que fizeram testes a materiais "contentores" na tentativa de minimizar a corrosão. Em Porisini (1988), encontram-se testes a uma gama mais variada de materiais "contentores", como por exemplo o aço inoxidável, o carbono, ligas de alumínio e o cobre. Os resultados de Porisini (1988), confirmam o indicado por Abhay (1983), no qual se indica o aço inoxidável como o material mais resistente à corrosão do PCM. Nos artigos citados os PCM testados eram constituídos por sais hidratados (Vasua et al., 2017).

Ao contrário dos estudos sobre corrosão em PCM´s apontados anteriormente, que têm por base materiais inorgânicos, é interessante a análise do fenómeno da corrosão num PCM mais disseminado, a parafina. Em Salgado et al. (2018) realizou um estudo relativo ao efeito da corrosão, por intermédio do contacto entre um PCM comercial (*Micronal®*) com diferentes materiais de encapsulamento. O encapsulamento foi realizado com recurso ao aço macio, alumínio, cobre, latão e aço inoxidável. Os gráficos apresentados pelos autores mostram que os rácios de corrosão e os níveis de massa perdida são menores quando, e corroborando estudos de outros autores, o material de encapsulamento é o aço inoxidável.

2.2.2. Aplicação dos Materiais de Mudança de Fase à construção – interesse da comunidade científica

A energia, enquanto fator determinante para os edifícios, tem sofrido um aumento de procura, sobretudo, pelo aumento da população mundial e rápido crescimento económico. Paralelamente, e umbilicalmente ligado à questão energética, constata-se a existência de uma crise ambiental sem precedentes. O aumento do consumo energético tem levado a um crescimento abrupto das emissões de CO_2 atingindo, segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), um valor de 33,1 Gton CO_2. Dentro deste consumo energético, 75% é realizado com recurso a combustíveis fósseis. (Faraj et al., 2022)

A esperança para o problema energético passa pela capacidade de encontrar novas formas de fornecimento de energia, com fonte essencialmente renovável, bem como a descoberta de novas tecnologias que permitam o seu armazenamento. A leitura de Bland et al. (2017) permite constatar que os PCM podem ter um papel importante a desempenhar nos domínios da eficiência energética. De acordo com os autores, 41% do consumo total de energia ocorre nos edifícios, sendo que estes contribuem anualmente com 30% da emissão de gases com efeito de estufa. Dentro do consumo energético em edifícios cerca de 50% decorre da utilização para aquecimento, ventilação e sistemas de ar condicionado (AVAC) (Faraj et al., 2022).

Uma das formas de diminuir os consumos energéticos passa pela redução da necessidade de consumo energia, através da estabilização das temperaturas no interior dos edifícios. Edifícios termicamente estáveis apresentam menores necessidades de compensação energética, como por exemplo a necessidade utilização de sistemas de ar condicionado.

Existe um conjunto de artigos científicos que aborda a problemática dos PCM em edifícios, sob os mais diversos vetores e aplicações. Estes estudos passam por "classificação de soluções ativas e passivas de PCM", a performance dos sistemas de armazenamento de energia ou o próprio ciclo de vida dos materiais (Faraj et al., 2022).

Como soluções ativas pode considerar-se, entre outras, a colocação de PCM em tetos falsos conjugado com sistemas de ventilação, em painéis fotovoltaicos ou em reservatórios para abastecimento de água. No domínio das soluções passivas considera-se a utilização de PCM impregnados em materiais de construção ou como uma camada do elemento construtivo (como vai ser o caso deste trabalho) (Navarro et al., 2016).

Dentro do conjunto de soluções já elencadas constata-se que a incorporação de PCM em materiais de construção (constituindo-se como sistema passivo) é a mais interessante e amplamente estudada. A conjugação de materiais de construção pode ser uma forma eficiente de aumentar a sua capacidade de armazenamento térmico. Desta forma, a integração de PCM em elementos tais como paredes, pisos, tetos, coberturas, entre muitas outras, é vista como bastante promissora. Dentro da forma de colocação do PCM no elemento construtivo verifica-se que a sua colocação pelo interior é a mais disseminada. Para melhor percecionar a abrangência e importância da utilização de PCM em edifícios enuncia-se, mais abaixo, um conjunto de exemplos práticos de aplicação (Frigione et al., 2019).

Num primeiro exemplo atente-se na aplicação de PCM ao elemento parede. Aqui encontra-se, por sua vez, a referência ao estudo de Memon et al. (2015), onde foram aplicadas parafinas "*macro encapsuladas"* a um agregado de betão leve. Este estudo, além da análise térmica, versou os aspetos económicos e ambientais do PCM proposto, tendo sido aplicado a um edifício residencial em Hong Kong (Akeiber et al., 2016).

Recorde-se que, para evitar problemas decorrentes da transição para a fase sólido-líquido (risco de vazamento do material) ou problemas com a reação dos PCM com materiais circundantes/meio ambiente, sentiu-se a necessidade de recorrer a técnicas de encapsulamento, "*micro encapsulamento*" e "*macro encapsulamento*" (Peng et al., 2020).

O "*micro encapsulamento*" formará uma camada protetora, formando partículas de dimensões entre 1 a 1000 µm. Esta técnica pode ser classificada quanto à origem dos materiais que vão formar a cápsula e quanto à técnica de encapsulamento (Peng et al., 2020).

No entanto, segundo Vérez et al. (2021) e Reyez-Araiza et al. (2021), o tipo mais comum de contenção é o "*macro encapsulamento*". Esta técnica corresponde ao confinamento do PCM numa cápsula de dimensões superiores a 1 centímetro e não requer nenhuma técnica e processo pré-definido, sendo mais económica do que as de "*micro encapsulamento*".

Uma das formas de utilização da técnica de "*macro encapsulamento*" dá-se pela incorporação do PCM nas porosidades dos agregados de betão leve. No caso particular do estudo realizado por Memon et al. (2015) foi utilizado o betão leve à base de agregados de argila expandida, onde a parafina foi *macro encapsulada*. Como ligante foi usada uma resina epóxi e um endurecedor. Para melhorar a condutividade térmica do conjunto foi adicionada grafite.

Naturalmente, a interação entre materiais com propriedades físico-químicas distintas, acarreta desafios acrescidos nos domínios da sua elegibilidade como materiais de mudança de fase com potencial de utilização. Repare-se que a parafina apresenta, por exemplo, uma temperatura de fusão de 22,4 °C e uma temperatura de cristalização de 27 °C. Por outro lado, a parafina *macro encapsulada* nos agregados em causa apresenta uma temperatura de fusão de 25,39 °C e uma temperatura de cristalização de 28,17 °C. Como é possível constatar existe um acréscimo de temperaturas, muito embora de expressão diminuta (Memon et al., 2015).

Daqui que se torne importante a análise de estudos que permitam escolher a técnica mais apropriada, por forma a tirar o melhor partido do PCM, de acordo com o fim a que se destina. Através da leitura de Sharma et al. (2022), e consubstanciando as problemáticas identificadas no parágrafo anterior, é possível perceber os desafios da conjugação de PCM com outros materiais, neste caso o betão. Tanto as soluções de "*micro encapsulamento*" como as soluções de "*macro encapsulamento*" apresentam vantagens e constrangimentos. Por exemplo um PCM "*micro encapsulado*" pode ser misturado diretamente num revestimento (reboco), muito embora apresente limitações ao nível da rigidez, resistência do elemento e risco de vazamento e mistura com o betão, alterando as suas propriedades. Numa solução "*macro encapsulada*" o tamanho do elemento contentor é maior, não é

misturado com outro elemento construtivo, o PCM serve como elemento construtivo apresentando, no entanto, vulnerabilidades na capacidade de transferência de calor, a solidificação nas extremidades do elemento, entre outras.

Além da análise das propriedades e características dos materiais, torna-se necessário validar a sua utilização por intermédio de aplicações práticas em edifícios reais e/ou simulados. Para a experiência de Memon et al. (2015) foram usadas duas salas de teste. A primeira, que corresponde à sala de controlo, usando apenas revestimentos com agregados de betão leve, sem recurso à utilização dos materiais de mudança de fase. A segunda sala, a sala de comparação, são utilizados os agregados de betão leve com os materiais *macro encapsulados*. Os materiais em causa foram aplicados em revestimentos de cobertura.

A análise dos gráficos de temperaturas foi realizada perante duas situações, a primeira, através da medição das temperaturas no centro da sala, sendo que a segunda se refere à medição das temperaturas na superfície do painel de cobertura. Nos dois casos verificaram-se ganhos significativos, fruto da estabilização das temperaturas, comparativamente com as soluções sem PCM, bem como a diminuição significativa da amplitude térmica dentro da sala. No entanto, importa referir que o ganho é mais substancial para temperaturas elevadas do que para temperaturas baixas (Memon et al., 2015).

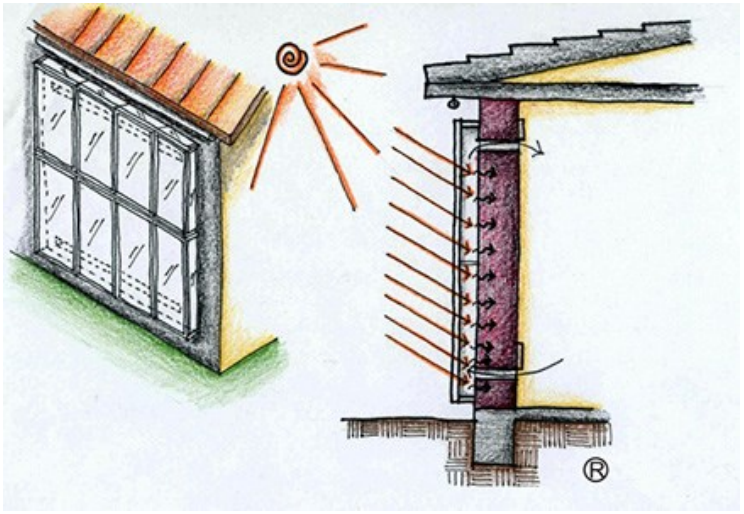
Cumulativamente à análise das temperaturas, realizou-se uma abordagem à sustentabilidade dos PCM, através da análise de fatores tais como o vetor ambiental e o vetor económico. Constata-se que as poupanças energéticas são reais e efetivas, muito embora os custos de investimento nos materiais sejam relativamente elevados, com períodos de retorno do investimento acima do padrão expectável. No que concerne às questões ambientais, os autores concluem que as poupanças energéticas se traduzem em redução dos consumos de CO_2, logo existem ganhos ambientais comprovados (Memon et al., 2015).

Continuando a análise de artigos que versam a aplicação de PCM em edifícios, Garcia & Cabeza (2015) apresentam uma explanação acerca das formas de armazenamento de

energia térmica/calor, o calor sensível, o calor latente e as reações termoquímicas. Os materiais de mudança de fase encaixam-se, como já foi referido, nos materiais que trabalham por aproveitamento do calor latente, ou seja, a capacidade de armazenamento de energia no ponto de fusão, tendo como objetivo a minimização ou rentabilização da utilização de sistemas de climatização (AVAC) para aquecimento/arrefecimento de edifícios.

A utilização de sistemas passivos passa, de forma sucinta, como já referido no subcapítulo anterior, pela utilização de materiais com elevada massa térmica e elevada capacidade de armazenamento de energia em elementos construtivos, como por exemplo em paredes e tetos. Um dos sistemas térmicos passivos mais conhecidos (sem recurso a PCM) são as "*paredes de Trombe*". Estas paredes, conforme ilustrado na Figura 2.8, são compostas por uma camada de envidraçado, uma caixa de ar, aberturas para ventilação (interior e exterior) e uma parede "maciça", constituída por elementos de "betão", "tijolo maciço" ou "pedra". O princípio passa, tal como se pretende com os PCM, pela acumulação de energia térmica, por aproveitamento de energia solar, para utilização ao longo do dia, por forma a que se promova o maior equilíbrio térmico possível (Garcia & Cabeza, 2015).

Figura 2.8 *- Exemplo de uma parede de Trombe.*



Fonte: Projeteee® (2022)

Segundo Garcia & Cabeza (2015), e corroborado por Lee et al. (2015), a aplicação de PCM em paredes de edifícios configura-se como uma solução que converge de forma eficaz para a eficiência energética. Neste âmbito, a aplicação de PCM em soluções passivas

poderá conhecer várias tipologias. Garcia & Cabeza (2015) referem-se, por exemplo, à impregnação de PCM no betão/argamassas, ou até mesmo na utilização de PCM suportado por folhas de grafite expandida, melhorando desta forma a condutividade térmica, a capacidade de armazenamento e a capacidade de distribuição de energia.

Continuando nas soluções passivas torna-se interessante analisar outros artigos científicos que referem a aplicação de PCM em elementos construtivos. É o caso de Desai et al. (2014), através da aplicação de PCM em compósitos de cimento e de Joulin et al. (2014) através da aplicação de PCM em argamassas, na forma encapsulada e não encapsulada.

O primeiro artigo alerta para a importância de uma análise cuidada aquando da conjugação dos diversos tipos de materiais. Um material per si apresenta um determinado tipo de características que poderá não mostrar quando analisado em conjunto com outros materiais. Destaque-se, neste âmbito, a conjugação de PCM com compósitos à base de cimento usados em estruturas de edifícios. Estes compósitos são constituídos por misturas de cimento, com adição de diferentes elementos, constituindo assim materiais com características importantes no dimensionamento de edifícios, tais como a alta resistência à tração. No entanto, a adição de PCM permite reforçar as capacidades do betão do ponto de vista térmico, contribuindo desta forma para o incremento da eficiência energética (Desai et al., 2014).

Como já referido, a mistura de componentes será sempre o fator decisivo para melhor perceber a vantagem da integração dos PCM apresentando as vantagens e inconvenientes já supramencionados. Neste caso a mistura contemplava, além dos materiais do elemento estrutural, parafinas "*micro encapsuladas*" (em diferentes quantidades), tendo sido testadas amostras com 0%, 1%, 3% e 5% de PCM, por unidade de massa (Desai et al., 2014).

Com esta análise constata-se que os ganhos na capacidade térmica e na resistência térmica, têm implicações diretas no funcionamento dos edifícios. É extremamente importante referir que a utilização de PCM nestes compósitos permitiu a redução das "temperaturas de pico" no interior do edifício/compartimento em 1/2 °C. Constatou-se

ainda, e fruto da utilização dos compósitos, a possibilidade de obter um retardamento da "temperatura de pico" por um período de 2 horas (Desai et al., 2014).

Por outro lado, importa referir o contributo de Joulin et al. (2014), através do estudo que releva a importância dos PCM aplicados em argamassas. Este trabalho visa a avaliação das propriedades termofísicas dos materiais de construção, nomeadamente aqueles que servem como revestimento/isolamento, tais como o reboco.

Nesta experiência foram testadas duas amostras, com dimensões preconizadas, na primeira amostra foi aplicado um reboco à base de cimento, na segunda amostra foi aplicada uma argamassa de reboco que incorpora um PCM do tipo *BASF®* (Joulin et al., 2014). Os PCM do tipo BASF® contêm um núcleo de cerca de 5 μm, contendo uma mistura de ceras "*micro encapsuladas*". A temperatura de fusão destes materiais é de aproximadamente 26 °C (BASF, 2018).

Com base nestas duas amostras, foram estudadas caraterísticas físico-químicas, tais como, a condutividade térmica, o calor específico e o calor latente, características basilares dos materiais de mudança de fase.

Sendo o objetivo do estudo mostrar a eficiência da utilização de PCM em argamassas, neste caso através das características físico-químicas, o resultado pode considerar-se como bastante encorajador. Com base em Joulin et al. (2014), é apresentada a Tabela 2.3 com o resumo dos valores relativos às principais características já mencionadas.

Tabela 2.3 *- Resumo das características resultantes da utilização de argamassas com PCM e sem PCM.*

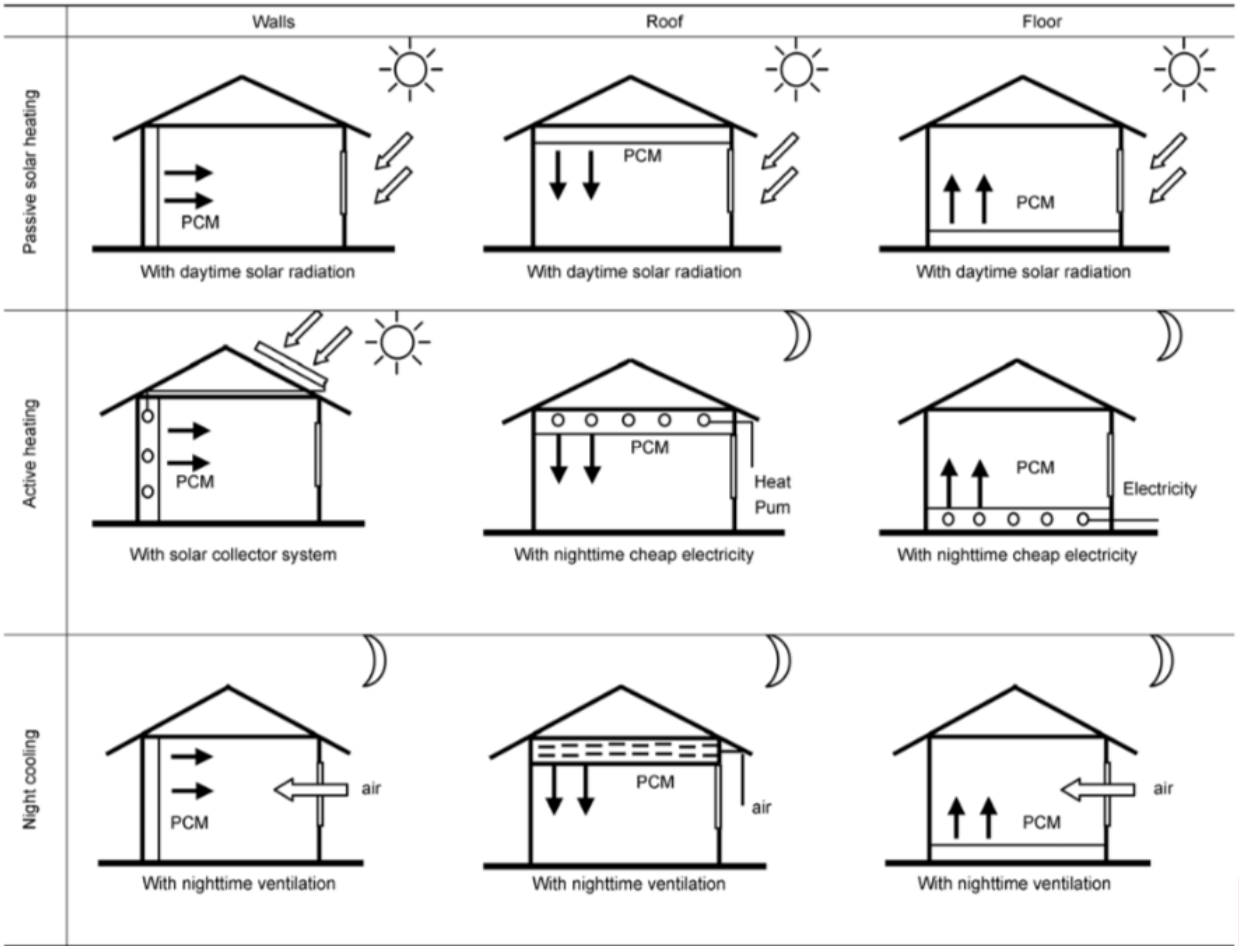
Característica	Argamassa Cimento	Argamassa com PCM (Estado Sólido)	Argamassa com PCM (Estado Líquido)
Condutividade Térmica ($Wm^{-1}\ K^{-1}$)	$0{,}65 \pm 0.02$	$0{,}37 \pm 0{,}01$	-----
Calor Específico ($JKg^{-1}\ K^{-1}$)	925 ± 46	1255 ± 63	1238 ± 62
Calor Latente ($J\ Kg^{-1}$)	-------	19.520 ± 1952	-------

Fonte: adaptado de Joulin et al. (2014).

No que toca à capacidade de armazenamento de calor os dados não deixam, mais uma vez, qualquer margem para dúvidas. As argamassas com a aplicação do PCM têm uma capacidade de armazenamento de calor 41% superior às argamassas de cimento sem PCM (Joulin et al.,2014).

Naturalmente que nem só de soluções passivas se faz a utilização de PCM, sendo de considerar a utilização de soluções ativas que podem ser empregues tanto em construções novas como em reconstruções, caracterizando-se pela utilização de PCM em complemento dos elementos construtivos de base (como por exemplo paredes, tetos e pavimentos), que requer a utilização de um elemento mecânico ou elétrico para a sua operação. A esquematização dos vários tipos de soluções, e os diversos locais de implementação, sintetizadas por intermédio da Figura 2.9, ajuda a melhor percecionar o explicitado.

Figura 2.9 *- Aplicação de PCM em elementos construtivos dos edifícios.*



Fonte: Xin, et al. (2009)

Existem diversos artigos de referência relativos à aplicação prática de soluções ativas de PCM, além dos já mencionados no subcapítulo anterior, bem como acerca da sua comparação com soluções passivas, tais como Gholamibozanjani & Farid (2020), Rucevskis et al. (2019), Garcia & Cabeza (2015), entre outros.

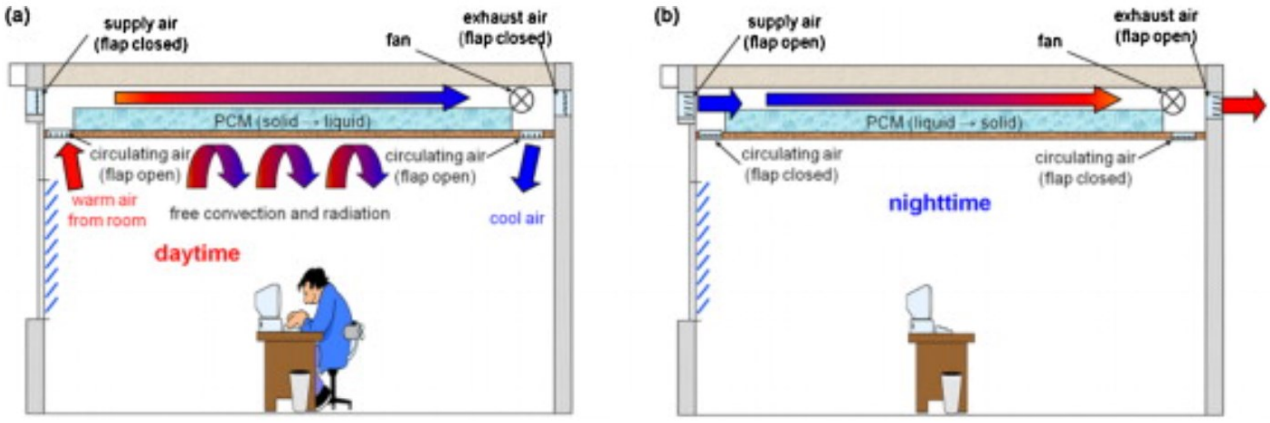
Gholamibozanjani & Farid (2020) apresentam um estudo comparativo de aplicação de PCM numa solução ativa e numa solução passiva. Foram escolhidos dois pequenos edifícios de controlo, iguais, nos quais foram aplicados PCM´s diferentes. Tanto na solução ativa, como na solução passiva, foram incluídos sistemas de aquecimento e refrigeração do ar ambiente, e os PCM foram colocados em sistemas de armazenamento de energia. As soluções divergem no facto de na solução ativa a circulação de ar para o interior/exterior do edifício ser realizada de forma forçada, ao invés da solução passiva na qual a circulação de ar é feita de forma natural.

Os resultados obtidos por intermédio do estudo de Gholamibozanjani & Farid (2020), permitem confirmar que a solução ativa permitiu um incremento de poupança de energia (menos 22% de consumo comparado) e uma subsequente redução dos custos do preço da energia (menos 32% de custos).

Numa perspetiva diferente, Rucevskis et al. (2019), indicam que a aplicação de soluções ativas, como por exemplo através da introdução de sistemas de circulação de água fria em tubos capilares junto ao PCM, pode ajudar a debelar problemas de solidificação do PCM em períodos noturnos. Recorde-se que a deficiente solidificação em períodos noturnos influi de forma importante na capacidade de armazenamento de calor em período noturno, uma vez que o PCM não completa os processos de mudança de estado.

Por fim, é possível encontrar um exemplo de aplicação de PCM em soluções ativas, por intermédio de um sistema "arrefecimento livre" ou "*free cooling*". Esta solução (Figura 2.10), caracteriza-se pela introdução de uma célula de PCM no interior de um compartimento sendo que, a parte superior desta célula permite a circulação de ar e a ventilação nos dois extremos. Associado a este sistema deverá existir um motor para auxílio da ventilação (Garcia & Cabeza, 2015).

***Figura 2.10** - Funcionamento de um sistema "free cooling".*



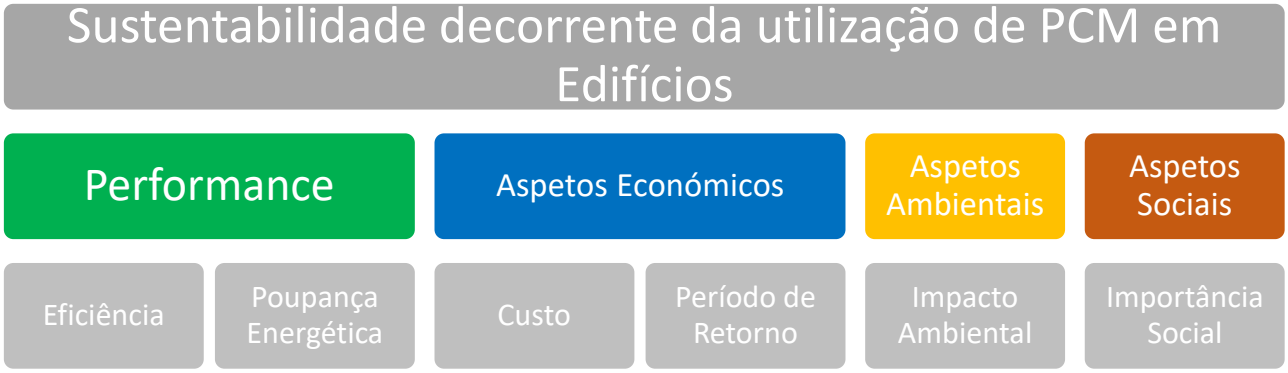
Fonte: Garcia & Cabeza (2015).

Resumidamente, e de acordo com os autores, constata-se que durante o dia o ar quente sobe, passa pela zona de circulação facilitando a mudança de estado dos PCM, de sólido para líquido, com a consequente absorção do calor, transmitindo assim para o interior do compartimento o ar frio (com auxílio do motor de ventilação) (Garcia & Cabeza, 2015).

No período noturno, a passagem do ar interior do compartimento para a zona de circulação de ar (no PCM) já não é permitida. É o ar exterior, frio, que circula pela faixa que contém o PCM, contribuindo assim para a cristalização do material. O ar quente é libertado para o exterior do edifício (caso não exista necessidade de aquecimento interior do compartimento). Desta forma, consegue-se assim o esperado equilíbrio térmico sem grandes oscilações de temperaturas dentro do compartimento, minimizando assim a necessidade de utilização de sistemas AVAC (Garcia & Cabeza, 2015).

Recorde-se, por fim, que a análise da sustentabilidade da aplicação de PCM em edifícios pode ser realizada perante diversos prismas. Aridi & Yehya (2022) apresentam uma divisão dos fatores de análise dos PCM em quatro grandes grupos, a performance, os aspetos económicos, os aspetos ambientais e os aspetos sociais. Esta divisão encontra-se esquematizada através da Figura 2.11.

Figura 2.11 *- Análise conceptual da sustentabilidade de um PCM utilizado em edifícios.*



Fonte: Adaptado de Aridi & Yehya (2022)

A eficiência do uso de PCM em edifícios (enquanto subcapítulo da performance) é um critério muito abrangente, permitindo concluir se vale a pena o investimento nestas tipologias de materiais. A análise da eficiência pode ser medida, de forma global, através da sintetização dos resultados das várias aplicações de PCM realizadas ao longo dos últimos anos. Os dados globais comprovam a eficiência do uso de PCM em edifícios, não se deixando de encontrar resultados menos promissores (Aridi & Yehya, 2022). Araújo et al. (2017) reporta, por intermédio da aplicação de 8 PCM´s num edifício no norte de Portugal, reduções globais no consumo de energia na ordem dos 13%. Em contraponto, é possível encontrar registos de eficiência menos positivos, nos quais se observam perdas de energia superiores a 5%, fruto da interação destes materiais com outros fatores da envolvente (Guo et al., 2021).

Do ponto de vista económico a análise da integração de PCM´s em edifícios baseia-se, sobretudo, em custos do investimento versus o retorno associado. De forma global pode inferir-se que o investimento neste tipo de soluções ainda é bastante avultado, com exceção dos PCM inorgânicos, em particular os sais hidratados (Kuznik et al., 2015) (Ghani et al., 2020). Quanto ao período de retorno do investimento os estudos consultados mostram que os resultados são menos clarividentes, dependendo de um conjunto alargado de fatores, nomeadamente o perfil climático da região onde se aplicam os materiais. Recorde-se o estudo de Souayfane et al. (2015), no qual se observam períodos de retorno do investimento entre 7,8 a 10,5 anos para o clima subártico e polar, enquanto que para

climas continentais o investimento da aplicação de PCM em paredes se mostra inviável, sob este ponto de vista.

No que concerne à análise ambiental importa referir que a medição global da aplicação dos PCM terá de ser mais abrangente do que a eventual redução da emissão de gases com efeito de estufa, por via da redução de consumo energético. Desta forma, Acero et al. (2015) propõe uma análise interessante na qual é medido o impacto ambiental da aplicação de PCM, por categorias, tendo por base o ciclo de vida dos materiais, através do índice "Envinronmental Cost Indicator" (ECI). Através deste índice é medido um conjunto alargado de fatores que incluem o esgotamento de recursos naturais, o desgaste da camada de ozono, a toxicidade dos materiais, a sua acidificação, e outros. Contata-se que os PCM orgânicos, sobretudo os parafínicos, apresentam um ECI mais elevado. No entanto, a utilização de PCM de base natural, como o óleo de coco, leva a um maior consumo de recursos naturais para atingir o mesmo valor de libertação/absorção de energia (100 KJ) (Aridi & Yehya, 2022).

A produção de PCM carece, como não poderia deixar de acontecer, de uma análise social completa. A aceitação social deste tipo de soluções, enquanto contributo para a eficiência energética, será decisiva para a sua disseminação. No entanto, tornar-se-á necessário convencer as sociedades que o investimento na eficiência energética (como em todos os domínios da sustentabilidade) poderá não ter um retorno financeiro direto associado, sendo necessário encontrar novas formas de medição desse retorno, como por exemplo os ganhos geracionais. Por outro lado, o investimento em soluções com PCM impacta, de forma direta, no quotidiano das sociedades. A produção de PCM derivados do petróleo continuará a fomentar elevada empregabilidade neste setor de atividade, e continuará a alavancar a economia dos países que continuam a depender desta fonte de energia, muito embora se apresente como um retrocesso na pesquisa de materiais mais sustentáveis (Aridi & Yehya, 2022).

A pesquisa por materiais mais sustentáveis, de base biológica, encontrará maior correlação com o setor primário da economia, sobretudo a agricultura. Se a base dos PCM depender quase exclusivamente deste setor convergiremos facilmente para uma

sociedade com remunerações mais baixas, menos protegidas socialmente, em que cada vez mais se assiste à substituição da mão-de-obra por maquinaria. Neste âmbito é importante deixar a seguinte reflexão. Se o óleo de coco mostrar potencial para utilização como PCM, qual a implicação social da sua exploração, para estes fins, nos países com índices mais elevados de produção? Nas Filipinas, por exemplo, a indústria do coco representa uma fatia significativa da atividade económica sendo, na sua grande maioria, desenvolvida por agricultores. Que consequências adviriam da substituição destes agricultores por grandes empresas que passariam a dominar o setor? Porventura acarretaria mais desemprego e o consequente aumento dos índices de pobreza (Aridi & Yehya, 2022).

2.3. Importância do uso de PCM nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

2.3.1. Energia como fator de sustentabilidade – energias renováveis ou redução do consumo energético?

A energia, enquanto motor da vida, merece que, de forma definitiva, se inicie uma reflexão estruturada com vista à assunção do conceito de sustentabilidade. A "energia conduz a vida humana, é um fator crucial para o desenvolvimento da humanidade" (Asif & Munner, 2007). Segundo estes autores, o aumento exponencial do consumo energético está relacionado com o "aumento populacional", a "urbanização" e a "modernização". De acordo com Holechek et al. (2022), citando o "*British Petroleum*", e segundo dados de 2021, os combustíveis fósseis representam 83% do consumo total de energia, ao invés dos 12,6% referentes às energias renováveis e 6,3% referentes à energia nuclear. Segundo os mesmos autores para atingir uma meta de consumo zero de energia por via dos combustíveis fósseis em 2050, seria necessário aumentar a produção de energia por fonte renovável entre 6 a 8 vezes.

A quase totalidade das atividades que realizamos no dia-a-dia consome recursos energéticos que se estão a esgotar rapidamente. Segundo a *World Nuclear Association (WNA)*, e tendo por base os dados da *Organização das Nações Unidas (ONU)*, a população mundial crescerá de 7,6 mil milhões em 2017 para 9,8 mil milhões em 2050. Segundo a mesma fonte, a forte urbanização sentida nas últimas décadas equivale ao acréscimo de uma cidade do tamanho de Xangai, de 4 em 4 meses (World Nuclear Association, 2018).

Por outro lado, em países com elevada densidade populacional observa-se uma estreita relação entre aumento do consumo energético, aumento da população e uma melhoria das condições de vida. A título de exemplo, observe-se o caso da Indonésia, cuja população já ultrapassou os 270 milhões, e o nível médio de vida das populações tem aumentado, concorrendo de forma significativa para o aumento da procura energética, acarretando problemas nos domínios da segurança energética. Segundo estes autores pode inferir-se que um crescimento de 1% na densidade populacional, poderá significar um

aumento de 0,77% no consumo de eletricidade e de 0,25 % de aumento no consumo de combustíveis (Muzayanah et al., 2022).

Em Portugal a situação demográfica vai ao encontro do que se verifica em alguns países europeus, tendo conhecido nos últimos anos alguma estabilização, com tendência para o retrocesso. No entanto, a grande alteração populacional em Portugal verificou-se através do êxodo de população do interior para a periferia dos principais centros metropolitanos, Lisboa e Porto. Este facto tem acarretado um crescimento do consumo energético, por via dos hábitos de consumo e tipologia dos mesmos, facto este que constituirá um enorme desafio para o paradigma energético em Portugal (Rocha, 2022).

São analogias de elevado impacto e merecem uma reflexão cuidada. Associado ao desenvolvimento civilizacional está implícito o correspondente aumento do consumo energético. Segundo dados o Banco Mundial de 2021 a percentagem da população mundial sem acesso a eletricidade baixou para os 10%, existindo ainda 759 milhões de pessoas sem qualquer acesso a esta fonte de energia. A região que maior défice apresenta é a África subsariana, com 75% do défice global do planeta (The World Bank, 2021).No entanto, mais consumo significa mais degradação ambiental fruto da poluição do ar e da elevada taxa de emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Só cruzando os caminhos da sustentabilidade será possível encontrar uma solução para esta problemática. A grande questão que se coloca é, como se fará esta transição.

O caminho energético passa indubitavelmente pela sustentabilidade dos recursos. Esta sustentabilidade energética implicará a busca de fontes energéticas alternativas, energias renováveis, bem como a capacidade de encontrar formas que diminuem a dependência energética dos sistemas. Mas, como é natural, falar em sustentabilidade energética pode tornar-se muito vago. Em primeiro lugar, importa efetuar uma abordagem, de forma resumida, pelos caminhos das energias renováveis.

Por energias renováveis, entendem-se os recursos obtidos através de fontes naturais, com recuperação natural e inesgotáveis, tais como o vento, o sol, as ondas, a biomassa e a energia geotérmica. Falar em energias renováveis é mais pertinente do que nunca, numa altura em que tanto se tem falado de alterações climáticas. No entanto, o

clima está em constante modificação desde a criação do planeta, muito embora o ser humano esteja a fazer com que a velocidade desta modificação seja mais elevada do que o normal (Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016).

O conceito de sustentabilidade, aplicado às energias renováveis, exige que a análise seja mais elaborada do que o simples enunciar destas fontes de energia. A "oportunidade" das energias renováveis está diretamente relacionada com fatores tais como a "segurança energética", "o acesso à energia" e o próprio "desenvolvimento económico e social". Por segurança energética, e segundo a *International Energy Agency (IEA)*, entende-se a capacidade de se fornecer energia de forma ininterrupta, e um preço acessível (IEA, 2018 e Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016).

As energias renováveis podem ter um contributo decisivo no campo da segurança energética, na medida em que podem colmatar deficiências de acesso à rede de distribuição de energia em algumas zonas. Estando a fonte geradora de energia no próprio local, fica facilitado o transporte da mesma até zonas onde as redes de distribuição não se encontram tão desenvolvidas (Owusu & Sumadu-Sarkodie, 2016).

Quanto ao fator "desenvolvimento económico e social" é possível encontrar uma relação direta entre o desenvolvimento de uma determinada região e o nível de consumo energético. Existe diversa literatura que aborda as relações causa-efeito entre a energia e o crescimento económico. Recorde-se Belke et al. (2010) onde se encontra um estudo comparativo tendo por base os 25 países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE).

As energias renováveis estão por todo o lado, sendo naturalmente necessária a criação de estruturas que permitam a sua exploração. Conforme referido em Owusu & Asumadu-Sarkodie (2016), o processo de eletrificação de um determinado local difere caso estejamos a falar de zonas urbanas *versus* zonas rurais, ou de zonas desenvolvidas *versus* zonas em vias de desenvolvimento. Será competitivo efetuar malhas ou redes de abastecimento elétrico, com base em energias renováveis, em zonas rurais? Será economicamente viável fazê-lo em zonas de baixa densidade populacional? Estes tipos de questões devem estar na base destas discussões não se pretendendo, no entanto,

desprezar o elevado contributo que as energias renováveis apresentam para a sustentabilidade do planeta.

De facto, nem só de vantagens se fazem as energias renováveis. Vários artigos científicos referem-se às vantagem e desvantagens da utilização de energias renováveis. As energias renováveis apresentam como desvantagem o facto de incluírem mudanças na estética das paisagens naturais, a "intrusão" visual das instalações de apoio, os impactos na fauna e na flora, a poluição sonora inerente à exploração de algumas fontes energéticas (por exemplo o vento) e os elevados custos inerentes aos investimentos neste tipo de soluções (Stigka et al., 2014).

Outra das formas que contribuirá para a sustentabilidade energética aparece por via da redução de consumo (diminuição da dependência). Por sua vez, a redução de consumo tem correlação direta com a eficiência energética e a procura por energia.

Um dos grandes desafios relacionados com a redução de consumo (ou eficiência energética) prende-se com o vetor cultural e da própria perceção da problemática energética. A título de exemplo, constata-se que existe uma tendência redutora para medir a eficiência energética. Tendo em consideração um edifício (de habitação, comércio ou serviços), o conforto interior mede-se por um vasto conjunto de fatores, como por exemplo a temperatura interior, a humidade relativa, a velocidade do ar, os níveis de atividade, a roupa que vestimos, os padrões de comportamentais dentro da habitação, entre muitos outros. No entanto, habituamo-nos a medir conforto térmico como função da eficiência energética dos elementos construtivos ou de um sistema de aquecimento de águas quentes sanitárias/sistemas de ventilação (Sorrell, 2015).

Por outro lado, a noção de eficiência energética e eventual redução de consumos pode ser enviesada pela tipologia de análise realizada. Recorde-se novamente Sorrell (2015), que enuncia o exemplo de utilização uma bomba de calor elétrica comparada com uma caldeira a gás. A bomba de calor elétrica é, eventualmente, mais eficiente do ponto de vista da operação do que a caldeira a gás. No entanto, e olhando de forma holística, pode ser menos eficiente ao nível da fonte energética, como por exemplo se for tido em

conta qual o combustível que dá origem à fonte de energia elétrica (qual o recurso consumido para a produção da energia elétrica?).

A medição da eficiência energética é uma atividade complexa. Medir redução de consumo ou redução de necessidades envolve sempre variáveis difíceis de controlar, medidas em modelos com especificações distintas e limites especiais/temporais difíceis de delimitar. Com efeito, torna-se necessário estar atento a modelos enganadores, cuja história de sucesso de eficiência energética poderá ser duvidosa.

2.3.2. A energia como fator crucial do desenvolvimento sustentável no âmbito dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O primeiro marco no caminho da sustentabilidade global foi dado pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, através do Relatório de Brundtland, "O Nosso Futuro Comum".

O Relatório de Brundtland dedica o seu capítulo 7, "Energy: Choises for Environment and Development", à energia. Os objetivos gerais do relatório, nas questões relacionadas com a energia, visavam a aproximação das necessidades energéticas dos países em desenvolvimento aos países desenvolvidos, "a adoção de medidas que visem a conservação e a eficiência energética", "cuidados com a saúde pública e os riscos inerentes às fontes energéticas" e "proteção da biosfera e prevenção de formas mais localizadas de poluição". (Oliveira, 2003)

Em 1987 era já claro que o forte consumo energético traria dissabores futuros, nomeadamente através de fenómenos decorrentes do efeito de estufa, poluição atmosférica, acidificação do meio ambiente, risco de acidentes nucleares, trazendo ao de cima aquilo que hoje conhecemos como consequências das alterações climáticas (Oliveira, 2003).

Este relatório ressalva ainda a ideia da necessidade de alterar o paradigma do consumo energético sem influenciar o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) das nações. No período compreendido entre a década de 70 e 90 do século passado quanto

maior era o PIB maior era o consumo energético. Valores mais recentes mostram que a relação entre o PIB e a energia tem vindo a diminuir (Oliveira, 2003).

Depois de Brundtland aparece outro marco importante para o desenvolvimento sustentável, a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Desta Conferência surge a Agenda 21, que estabelece uma abordagem às questões relativas ao ambiente e ao desenvolvimento sustentável, fazendo mais uma vez menção ao setor da energia.

No capítulo 4 da Agenda 21, "Mudança nos Padrões de Consumo", é reconhecida a insustentabilidade dos níveis de produção e consumo, às quais não está alheio o setor energético. A Agenda 21, através de programas de pesquisa, tenta indicar um novo caminho aos governos, e este caminho passa pela desanexação do crescimento económico ao elevado consumo de energia. É possível crescer consumindo menos energia. Neste documento aparece, simultaneamente, a ideia de que os governos, em consonância com a indústria, devem promover a redução do consumo energético e a utilização de fontes de energia renováveis. No capítulo 5, "Dinâmica Demográfica e Sustentabilidade", demonstra-se que as tendências de aumento demográfico se repercutem diretamente no nosso planeta, mais precisamente no "uso da terra", "uso da água", "qualidade do ar" e "energia". No capítulo 6, "Proteção e Promoção das Condições de Saúde Humana", vemos igualmente reflexos do setor energético, nomeadamente o malefício para a saúde decorrente da produção de algumas formas de energia. Poder-se-á, em mais capítulos, encontrar referência ao setor energético (United Nations, 2018).

Continuando a análise dos grandes marcos do desenvolvimento sustentável, no ano de 2000 os dirigentes mundiais reuniram-se na Cimeira do Milénio, onde reafirmaram o cuidado com todas as pessoas do mundo, principalmente com as mais vulneráveis. Curiosamente, os Objetivos do Desenvolvimento do Milénio (ODM) nada referem em relação às questões energéticas. No entanto, se fosse necessário enquadrar o setor energético nestes objetivos caberiam no Objetivo N.º 7 – "Garantir a Sustentabilidade Ambiental" e no Objetivo N.º 8 – "Criar uma Parceria Global para o Desenvolvimento" (United Nations, 2018).

Antes de se atingirem os famigerados Objetivos do Desenvolvimento Sustentável a comunidade internacional promoveu alguns avanços na sensibilização para a importância da mudança paradigmática do setor energético.

Em 2011, foi criada pela Organização das Nações Unidas a iniciativa "Sustainable Energy for All". Este programa, com alcance até 2030, visa assegurar o acesso universal à energia, duplicar a taxa de melhoria da eficiência energética e duplicar a utilização de energias com fontes renováveis. O ano de 2012, por resolução da Assembleia Geral da ONU, foi considerado o "*International Year of Sustainable Energy for All*". Além desta iniciativa a Conferência Rio+20, em 2012, voltou a reconhecer o papel crítico do setor energético no processo de desenvolvimento sustentável (United Nations, 2018).

Num processo iniciado em 2013 e que culminou em 2015, no âmbito da Assembleia Geral das Nações Unidas, foram criados os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Este esforço envolveu cerca de 70 países, sendo que a 1 de janeiro de 2016 entra em vigor uma resolução da ONU que dá pelo nome de "Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 do Desenvolvimento Sustentável". Este novo documento é composto por 17 objetivos (GTA-ODS, 2014).

Dos 17 ODS, são vários aqueles com confluência direta nas temáticas da energia. No entanto, o 7º ODS "Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos", trata os assuntos mais do setor energético. Para obter energia para todos, para garantir um acesso universal, torna-se necessário motivar e incentivar a eficiência energética.

A pobreza não se mede unicamente em função dos recursos financeiros disponíveis. Acrescem, com reconhecida unanimidade, os níveis de energia disponíveis, na medida em que estes se relacionam diretamente com o bem-estar. Se a energia é tão premente, será necessário o seu uso com a devida parcimónia, o que nos conduz diretamente ao conceito de eficiência. Neste contexto, é necessário desafiar a cultura, motivando a mudança necessária. "A especificidade cultural e contextual da relação entre o consumo de energia e a pobreza desafia o conhecimento tradicional de transição energética: a transição, por parte dos agregados familiares, de um tipo de combustível para outro" (Goozee, 2017).

Muito embora se evidencie uma crescente consciencialização relativa a estas temáticas, os países continuam excessivamente dependentes da energia, nomeadamente de combustíveis fósseis. Por outro lado, a necessidade de ter um fornecimento contínuo e ininterrupto poderá ser um forte condicionante à utilização de energias renováveis, principalmente em países com parco desenvolvimento económico e social.

Conforme já foi mencionado, a adoção de energia renováveis apresenta limitações que não devem ser olvidadas. Neste âmbito, atentemos ao exemplo descrito em Patt (2016), no qual é criado um cenário energético hipotético na Suíça. Imagine-se, por hipótese, que a Suíça opta por deixar de importar energia, passando assim a ser autónoma. A energia, que antes era proveniente dos combustíveis fósseis, passava a ter a sua origem em fontes renováveis. Por outro lado, a capacidade instalada de sistemas que permitiam a produção de energia através de fontes renováveis seria tal que poderia até exceder os limites ambientais definidos. Conforme enunciado pelo autor, talvez os telhados não fossem suficientes para tamanha necessidade de painéis fotovoltaicos. Isto faz com que a sustentabilidade energética passe, de forma gradual, pela redução de consumos ao invés da produção dos mesmos níveis energéticos, mas, desta feita, com recurso a fontes renováveis (Patt, 2016).

Existem diversas áreas de aplicação para a redução de consumos energéticos. Neste trabalho o estudo da redução de consumo de energia em edifícios por intermédio da alteração da sua eficiência energética, tem por base a necessidade de adaptação de edifícios em sistemas menos dependentes de energia.

No entanto, não é consensual que a eficiência energética seja sinónimo de redução de consumos. Ao contrário do que aparentemente poderíamos ser levados a crer, a eficiência energética não concorre diretamente para a redução dos consumos. A baixa de consumo de energia poderá provocar uma baixa de preços que motive o aumento do consumo, fazendo assim com que o efeito seja precisamente o contrário (Herring, 2006).

Em Herring (2006), é-nos apresentada uma situação, não diretamente relacionada com edifícios, mas que auxilia a consolidar o atrás mencionado. No setor da aviação almejam-se aeronaves cada vez mais eficientes. No entanto, aeronaves mais económicas

motivarão um número maior de viagens. O saldo final será positivo? A eficiência energética trará sempre, lato senso, um saldo positivo, desde que acompanhada de medidas de mitigação e controlo da tentação do aumento do consumo por via de mais eficiência.

2.3.3. Retrospetiva da eficiência energética em edifícios

O desenvolvimento social, conjugado com a evolução tecnológica que tem sido vivenciada ao longo das últimas décadas nas mais diferentes áreas do conhecimento, traz à ribalta um conceito fulcral para a perceção das temáticas abordadas neste estudo, nomeadamente relacionadas com a proteção ambiental, e que é o conceito de edifício eficiente.

Assim, um edifício eficiente, embora sendo um conceito em constante evolução e sujeito a diferentes perceções, é aquele que está intimamente ligado com a utilização de matérias primas (materiais de construção) mais eficientes do ponto de vista energético, correspondendo a uma melhor otimização de todos os recursos envolvidos para a sua utilização e ainda aquele que procura minimizar o impacto da sua utilização no meio ambiente uma vez que leva à obtenção de melhor isolamento e menores consumos energéticos que, naturalmente, têm repercussões ambientais. De forma mais resumida, um edifício eficiente é aquele que consome menos recursos energéticos traduzindo-se na melhoria de critérios de conforto e de sustentabilidade.

A eficiência energética é um assunto da atualidade devido ao exponencial aumento do consumo energético. Este consumo, conforme já aqui referido anteriormente, baseia-se sobretudo no aumento populacional e aumento do parque edificado, tendo como principal consequência o aumento das emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

Muito embora a eficiência energética seja um assunto da ordem do dia, urge continuar a falar neste tema, principalmente numa altura em que são sentidas com grande intensidade as alterações climáticas. Não é possível desligar a evolução energética dos

eventos sociais. Isto faz com que o consumo energético, bem como as suas consequências, seja um fator quase exclusivamente antropogénico (Harputlugil, 2017).

O período que marca de forma indelével o uso de energia é assinalado com a Revolução Industrial. Antes da revolução industrial a eficiência dos edifícios era conseguida com recurso ao design, ou seja, atendendo apenas a questões arquitetónicas. O enfoque estava na localização dos edifícios, a sua orientação espacial, a envolvente com a paisagem, sombreamento, entre muitos outros critérios. Estes critérios podem, desta forma, considerar-se como passivos. Após a revolução industrial o panorama energético mudou de forma drástica. Com a construção em massa, bem como o início da utilização de energia elétrica, o design passou a atender, de forma mais acentuada, a soluções ativas (Harputlugil, 2017).

Quando se estudam os assuntos relacionados com os paradigmas energéticos existe a tendência a referir a Revolução Industrial, que ocorreu no século XIX, como o principal marco de mudança. De facto, talvez esta abordagem seja redutora. O mundo tem estado em constantes revoluções industriais. Por este facto, é mais abrangente considerar as três revoluções industriais que fazem parte da história. A Primeira Revolução Industrial é marcada, como sabemos, pelo aparecimento da energia elétrica, em alternativa ao carvão, e a produção em massa. Seguidamente, entre o século XIX e a década de 70 do século XX, aparece a segunda Revolução Industrial. Esta revolução é marcada principalmente pelo aparecimento do carro. A Terceira Revolução Industrial é, e continua a ser marcada pelo desenvolvimento tecnológico, alavancado pela impressionante capacidade da internet. No entanto, a Terceira Revolução também não deixa de ser marcada pela crise do petróleo, nomeadamente a partir de meados da década de 70 do século XX. Sendo este combustível fóssil uma das grandes fontes energéticas, a sua crise de preços levou a um repensar da sua utilização por intermédio de processos de racionalização e eficiência. Não restam dúvidas que o denominador comum destas revoluções foi, e é, o fator energia (Cazadero, 1995).

"Um olhar mais atento à Primeira e à Segunda Revolução Industrial permite-nos perceber que os aumentos em produtividade e crescimento foram possibilitados em

grande parte pelo fator energético". Cumulativamente a esta constatação, o autor alerta-nos ainda para a ideia que um indivíduo se dedica a procurar a utilização do capital, neste caso energético, em seu próprio proveito, sem olhar aos benefícios ou implicações que poderá ter na sociedade (Rifkin, 2016).

É devido a esta utilização de capital energético em proveito próprio, com o conhecido desrespeito social, que há a necessidade de se abordar os assuntos relacionados com a eficiência energética.

Por eficiência energética entende-se a "utilização racional da energia garantindo o mesmo ou maior quantidade de produção de bens e serviços" (Carvalho, 2013). A eficiência energética visa promover a redução do consumo energético, do lado da procura. Isto que dizer que edifícios mais eficientes têm menos necessidades energéticas. Isto é importante referir, na medida em que a adoção de fontes de energias alternativas não promove, por si só, a redução de consumo, apenas torna o consumo mais "limpo". Naturalmente que a concretização da eficiência energética permite, não só a redução do consumo energético, bem como a defesa ambiental devido à redução da emissão de gases com efeito de estufa.

Muito embora a redução de consumo seja o principal objetivo da eficiência energética, o mesmo não acontece de forma passiva, sem recurso a medidas que promovam essa mesma redução. Isto faz com que seja importante discernir entre eficiência energética e poupança energética. Enquanto a poupança energética é a simples redução de consumo, a eficiência energética visa uma otimização do consumo sem que isso se traduza numa redução da atividade em causa.

A importância da eficiência energética é atualmente reconhecida, de forma unânime, como um problema à escala planetária. Devido a este facto as grandes organizações políticas internacionais fazem questão de reconhecer formalmente a importância do assunto através de orientações estratégicas para os estados-membros. A União Europeia, por intermédio do Parlamento Europeu, apresentou em 2010 o documento COM (2010) – 639, "Energia 2020 – Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura".

Atente-se no resumo do documento, presente no site da União Europeia, para perceber o lugar da eficiência no contexto da energia. "Realização de uma Europa energeticamente eficiente. A ligação existente entre o crescimento económico e o aumento do consumo de energia deve ser quebrada. Os edifícios e os transportes podem desempenhar um papel de destaque, ao passo que autoridades públicas devem liderar dando o exemplo." Por outro lado, este documento reconhece os edifícios como um dos fatores primordiais no caminho da eficiência (EUR-Lex, 2010).

Ainda no domínio europeu é importante referir três documentos enquadrantes, diretamente relacionados estas temáticas. A Diretiva 2006/32/CE "relativa à eficiência energética na utilização final de energia e aos serviços energéticos", O "Plano de ação para a eficiência energética" de 2007 e a Diretiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu relativa ao desempenho energético dos edifícios.

A Diretiva 2006/32/CE é de extrema importância na medida em que produz um primeiro enquadramento acerca dos objetivos da eficiência. Do ponto de vista prático este documento tem nos seus anexos a identificação dos principais pontos a debelar. No Anexo III são identificadas as medidas elegíveis para a melhoria da eficiência energética. Como não poderia deixar de ser, fatores como aquecimento/arrefecimento, isolamento e refrigeração estão salientados como medidas de extrema relevância. Geralmente estas medidas encontram-se muito do lado do utilizador/consumidor, pelo que a sua implementação poderá trazer sempre o desafio da necessidade de investimento. Para complemento destas medidas a Diretiva 2006/32/CE apresenta ainda as "medidas transetoriais" e "medidas horizontais". Enquanto as primeiras podem passar pela formação, as segundas são medidas que tendem a estar do lado dos impostos, ou seja, implementação de benefícios fiscais que sejam motivadores de práticas mais eficientes (UE, 2010).

A Diretiva 2010/31/EU enuncia o objetivo redução do consumo energético em 20% até 2020. Por outro lado, constata-se que os edifícios consomem cerca de 40% da energia da União Europeia. No entanto, são apresentadas algumas ações prioritárias deste plano por forma a consubstanciar a eficiência energética, com potencial aplicação em edifícios.

Em primeiro lugar encontra-se a "rotulagem de aparelhos e equipamentos e normas mínimas de desempenho energético". A enorme quantidade de aparelhos e equipamentos que compõem os edifícios, conjugado com a sua baixa eficiência, são um dos responsáveis pelos elevados níveis de consumo das habitações (UE, 2010).

Naturalmente que uma diretiva de cariz europeu não pode almejar a definir critérios restritivos e acima de tudo igualitários. As necessidades energéticas são função de vários fatores, mas são condicionadas de forma significativa pelas condições climáticas de cada país. Isto faz com que seja da inteira responsabilidade dos vários países o estabelecimento das suas próprias regras, na medida em que cumpram o estabelecido ao nível dos grandes objetivos estratégicos previamente definidos pela União. Sendo a eficiência energética um fim a atingir, não deverá colocar em causa critérios como a "acessibilidade", a "segurança" e a "utilização prevista do edifício" (UE, 2010).

Na Diretiva 2010/31/EU encontra-se ainda a referência às oportunidades da eficiência energética. Embora o documento seja de 2010, hoje deparamo-nos com um tipo de mercado, talvez pouco controlado e regulado, mas de grande importância para a eficiência energética, o da reabilitação de edifícios. São obras pouco controladas, na sua grande maioria sem projetos associados (no caso das pequenas reabilitações), cujo padrão ou requisito de eficiência energética obedece apenas à vontade/poder de compra do dono de obra, salvando-se os casos em que o proprietário já esteja sensibilizado para o efeito (UE, 2010).

A eficiência energética de um edifício, fração ou habitação deverá traduzir-se, conforme consta na Diretiva 2010/31/EU, num certificado que está na posse do proprietário. Além de ser como um bilhete de identidade energético da habitação, este certificado promove a indicação de medidas que, quando implementadas, concorrem para a melhoria da eficiência energética da habitação. Conjuntamente com as medidas é ainda referido o nível de investimento. Isto que dizer que o proprietário, mesmo sem possuir conhecimentos técnicos aprofundados sobre estas matérias, saberá sempre onde e como deverá investir (UE, 2010).

Por fim, e como não poderia deixar de ser, a Diretiva 2010/31 aborda a importância do Estado, como exemplo para a sociedade. Os edifícios públicos e sobretudo aqueles que têm grande afluência de público devem dar o exemplo mostrando, de forma efetiva, preocupações com a eficiência energética. Apela-se, desta forma, à atuação pedagógica do Estado, enquanto importante fomentador deste tipo de ações.

Depois de uma breve passagem pela regulamentação europeia, importa agora efetuar a transposição para a realidade nacional. Consultando o "Barómetro da Eficiência Energética em Portugal – Enquadramento Legislativo" – Portal da Eficiência Energética, encontra-se uma súmula dos normativos em vigor (Tabela 2.4), que nos devem servir de referência (Portal da Eficiência Energética, 2010).

Destaca-se primeiro, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética. Este plano, realizado com base na Diretiva N.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu, é um documento abrangente, que aborda várias áreas relevantes para a eficiência energética. Essas áreas encontram-se divididas em dois grandes grupos, as tecnologias e os comportamentos. Dentro das tecnologias aparece a subdivisão em transportes, residencial e serviços, indústria e Estado. No que toca aos comportamentos, subdivide-se nos comportamentos propriamente ditos (atuação da população perante as problemáticas da energia), a fiscalidade e incentivos e financiamento. Este plano contempla ainda uma súmula de um conjunto de medidas, com o desenvolvimento do respetivo cenário, para um período temporal até ao ano de 2015 (Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, 2008).

Tabela 2.4 - Planos e Orientações Gerais para a Eficiência Energética em Portugal.

Designação	Referência	Resumo
Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética	Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008, de 20 de maio.	"Aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015 (2008-2015), que integra as políticas e medidas de eficiência energética a desenvolver, que se publica em anexo à presente resolução."
Fundo de Eficiência Energética	Decreto-Lei nº 50/2010, de 20 de maio	"Cria o Fundo de Eficiência Energética (FEE) previsto no Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética."
Fundo de Eficiência Energética – Regulamento de Gestão	Portaria nº 26/2011, de 10 de janeiro	
Fundo de Eficiência Energética – Regulamento da Estrutura de Gestão	Portaria nº 1316/2010, de 28 de dezembro	
Requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia	Decreto-Lei n.º 12/2011, de 24 de janeiro	
ECO.AP - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública	Resolução do Conselho de Ministros nº 2/2011, de 12 de janeiro	"Lança o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública — ECO.AP que visa criar condições para o desenvolvimento de uma política de eficiência energética na Administração Pública, designadamente nos seus serviços, edifícios e equipamentos, de forma a alcançar um aumento da eficiência energética de 20 % até 2020."
Eficiência energética	Decreto-Lei nº 319/2009, de 3 de novembro	

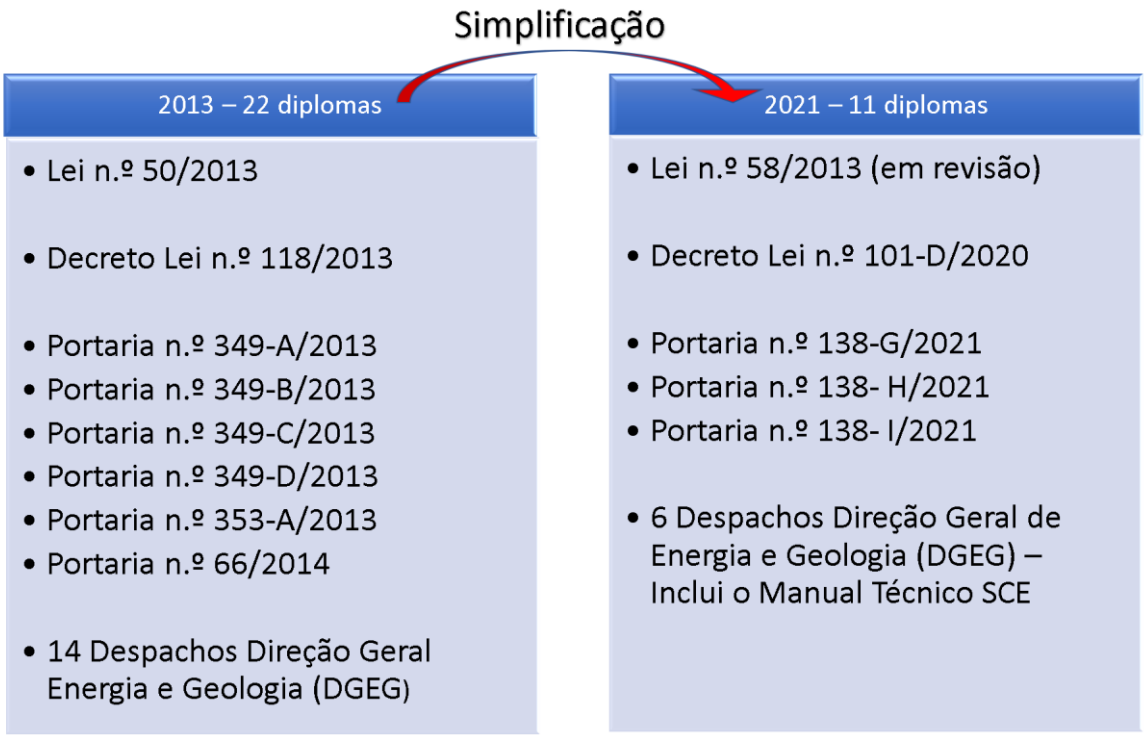
Fonte: obtido de http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/nacional.html

Existe, no entanto, regulamentação específica para a certificação energética de edifícios, tanto habitacionais como de serviços. O Decreto-Lei N.º 118/2013 de 20 de agosto "aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos

edifícios". (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto do Ministério da Economia e do Emprego, 2013)

Fruto da revisão regulamentar e da execução de novas diretivas europeias, a Diretiva 2010/31/UE é substituída pela Diretiva 2018/844/UE, enquanto o Decreto-Lei N.º 118/2013 é substituído pelo Decreto-Lei 101-D/2020. No entanto, a lei enquadrante N.º 58/2013 (acesso à profissão de perito qualificado para certificação energética) mantém-se, muito embora se encontre em revisão. A evolução do enquadramento legislativo e normativo tende para uma simplificação e condensação num número inferior de documentos, conforme sintetizado na Figura 2.12.

Figura 2.12 *- Alteração legislativa e regulamentar inerente ao novo paradigma da eficiência energética.*



3. Materiais e Métodos

3.1. Seleção e Comparação dos Materiais de Mudança de Fase

O interesse da comunidade científica por PCM iniciou-se, de forma mais mensurável, em 2009, através da publicação de artigos científicos. É interessante também constatar que é a partir de 2009 que o interesse por PCM em edifícios aumenta exponencialmente. Este aumento é facilmente explicado pelo incremento das preocupações ambientais, cumulativamente com as preocupações económicas/financeiras que assolaram todo o mundo, nomeadamente a partir da crise dos mercados financeiros pós 2010 (Cui et al., 2017).

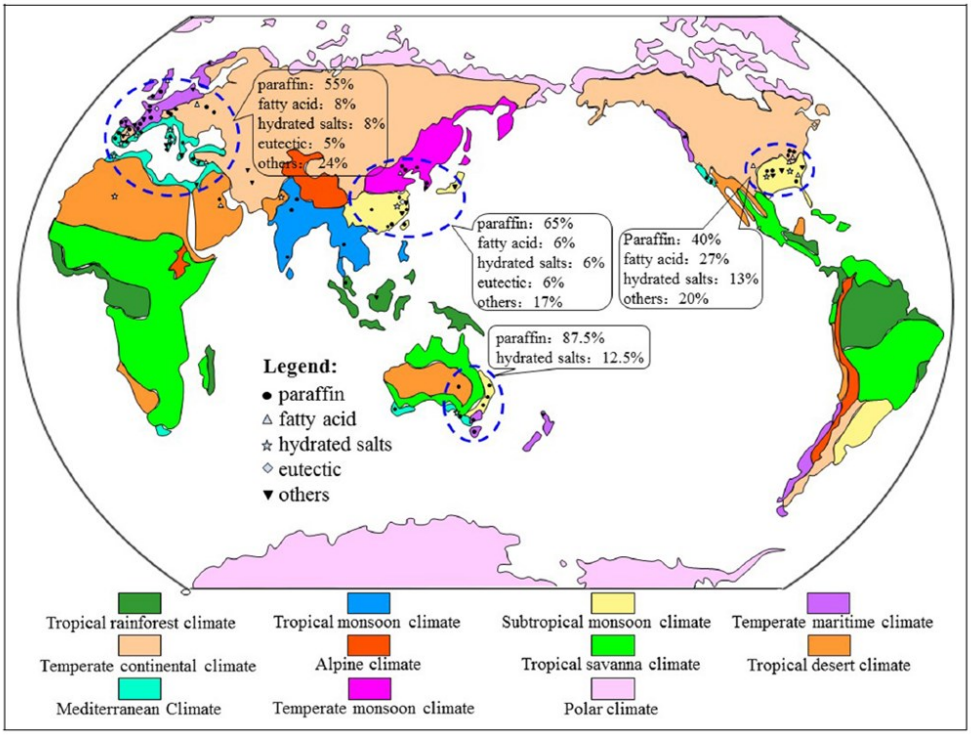
No mesmo artigo, constata-se que o interesse da comunidade internacional pelos PCM ainda não é global. No entanto, é importante mencionar que o país com mais investigação produzida (artigos publicados) é a China, seguido dos Estados Unidos da América e de Itália. Portugal aparece no 6º lugar. Quanto à tipologia de artigos constata-se que a grande maioria das publicações efetuadas se relaciona com a parte experimental e simulação dos PCM (Cui et al., 2017).

Importa agora tentar verificar quais as tipologias de PCM mais utilizados no setor da construção. Em Cui et al. (2017), encontra-se uma análise espacial interessante quanto à tipologia de PCM utilizados à escala global. Esta sintetização, ilustrada pela Figura 3.1, em forma de "mapa mundo", apresenta a aplicação de alguns tipos de PCM de acordo com a caracterização climatérica de determinada região. Por um lado, constata-se que a aplicação de PCM se centra em países da Europa (zona mediterrânea e Europa Central) com clima mediterrâneo e clima marítimo temperado[2], Ásia (China) com clima caracterizado por monções subtropicais[3], América do Norte (zona mais a sul) com clima caracterizado

[2] Clima que se caracteriza pela existência de quatro estações definidas, sem estação seca, inverno e verão com temperaturas amenas e amplitudes térmicas anuais baixas. Precipitação ao longo de todo o ano.
[3] Clima associado a grande pluviosidade fruto da variação de temperaturas do ar, em relação à terra e ao mar.

também por monções subtropicais e na Austrália com clima temperado marítimo e clima de monções subtropicais.

***Figura 3.1** - Análise espacial interessante quanto à tipologia de PCM utilizados à escala global.*

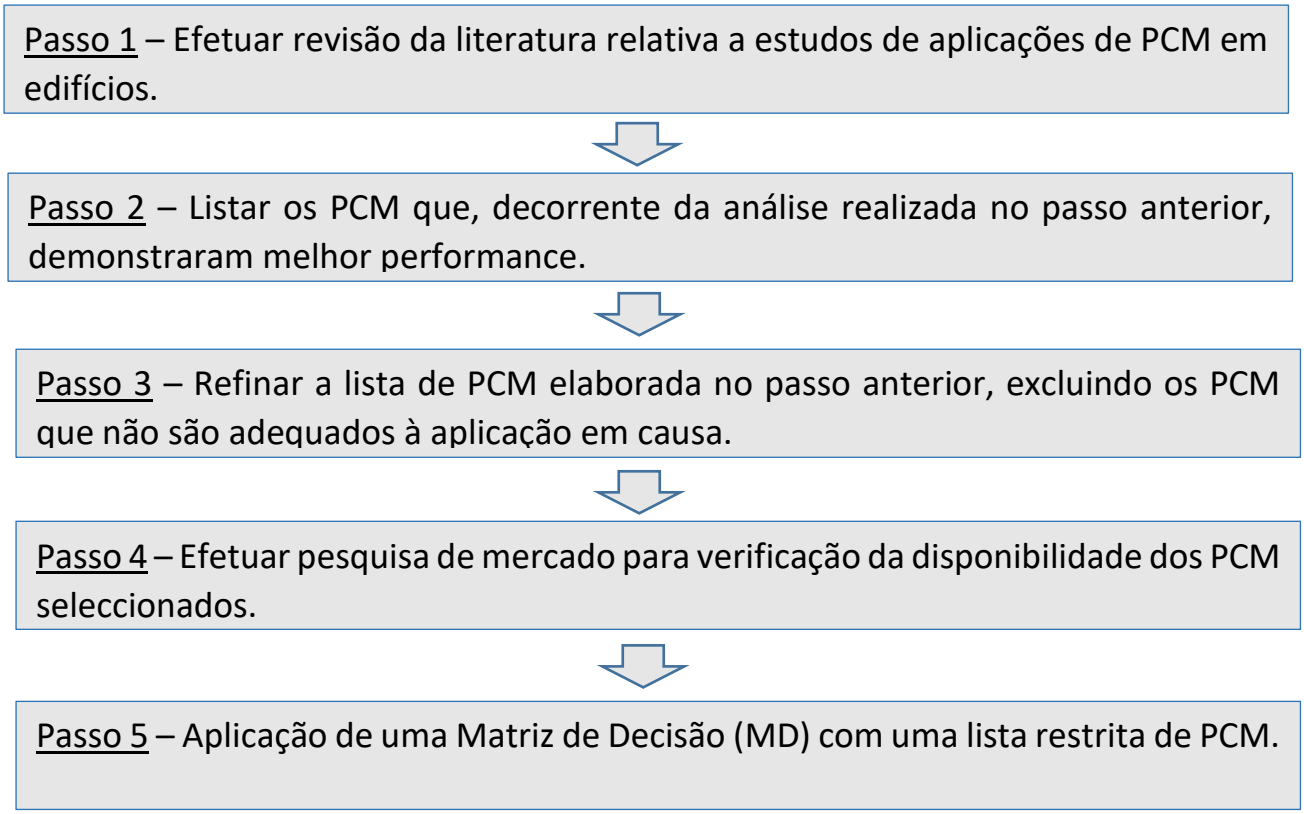


Fonte: Cui et al. (2017)

Quanto à tipologia dos PCM, e atentando à Figura 3.1, o material de mudança de fase mais vezes aplicado é à base de parafinas, seguido dos ácidos gordos, sais hidratados e materiais eutécticos. A utilização média de parafinas é de 62%, pelo que se configura como um padrão representativo.

A escolha dos PCM mais adequados para qualquer aplicação resulta de uma análise abrangente, em muito suportada pela verificação das suas características, conforme já abordado no Capítulo 2, mas que deverá resultar de um processo (Figura 3.2) que se inicia com a revisão da literatura e terminará com a aplicação de uma matriz de decisão que reflita os vários cenários em análise.

Figura 3.2 - Metodologia para seleção de um PCM.



Fonte: Adaptado de Al-Yasiri & Szabó (2021)

No primeiro passo é realizada uma revisão da literatura para verificação de estudos que tenham refletido a aplicação de PCM no setor da construção, tendo por base a metodologia de aplicação pretendida. No caso deste estudo em particular efetuou-se uma revisão da literatura tendo por base a aplicação de PCM em elementos construtivos de edifícios, tais como paredes, tetos, entre outros (Al-Yasiri & Szabó, 2021).

Numa segunda fase é elaborada uma lista dos PCM com mais potencial, decorrente da análise efetuada no passo anterior. Nesta lista já aparecerá o conjunto das principais características dos materiais selecionados, bem como a sua classificação e tipologia (Al-Yasiri & Szabó, 2021).

Nem todos os PCM identificados no passo anterior reúnem as condições necessárias para fazer parte de uma lista mais restrita de PCM, sendo possível enunciar um conjunto de fatores de exclusão que vão permitir encurtar a lista inicial de análise. Destaca-se a

utilização de PCM em elementos compostos (o que dificulta a segregação das características do material alvo), a utilização de PCM ensaiados em laboratório (por não se encontrarem disponíveis no mercado), utilização de PCM com características que possam colocar em risco a infraestrutura ou os seus ocupantes, como a inflamabilidade ou elevada instabilidade química ou até mesmo a existência de fenómenos de histerese severa (que resulta em diferenças significativas entre as temperaturas de fusão e as temperaturas de cristalização) (Al-Yasiri & Szabó, 2021 e Nicolalde et al., 2022).

Seguidamente realiza-se uma verificação de mercado relativa à disponibilidade dos PCM anteriormente identificados. A opção por soluções de PCM comerciais facilita a aplicação em contexto real, muito embora possam ocorrer dificuldades na obtenção de alguns dados, por razões de política comercial.

Por fim, e após a análise anteriormente explanada, procede-se à aplicação de uma matriz de decisão, por forma a selecionar o PCM com o mais elevado potencial de aplicação ao estudo em causa. Nesta matriz estarão identificadas as características dos materiais consideradas mais importantes, características estas que são afetadas por um fator, o peso do critério (Al-Yasiri & Szabó, 2021).

No caso particular da matriz, a sua aplicação foi realizada de forma empírica, por intermédio da seleção de um conjunto de critérios que possibilitassem uma escolha assertiva dos materiais. Desta forma, os critérios com ponderação mais significativa foram a disponibilidade do produto no mercado (com a consequente disponibilização de características físicas e químicas – de grande importância para a modelação) e a gama de temperatura de fusão. Além destes, com peso mais reduzido, foi considerada a análise da entalpia de fusão, a espessura e a segurança do material. Após aplicados todos os critérios, e após análise dos vários materiais identificados na Tabela 3.1, foram selecionados o *Micronal® PCM Gypsum Wallboard* e o *Deltacool® - 24*.

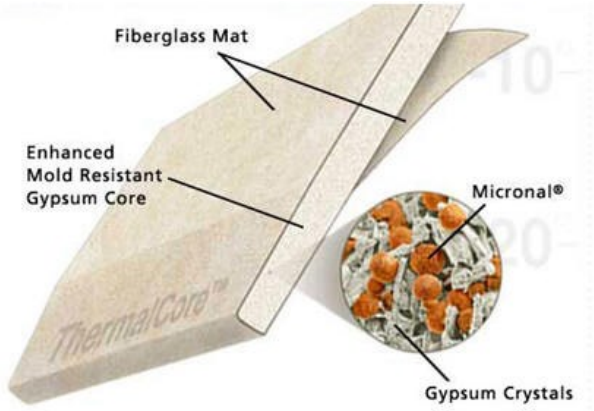
Tabela 3.1 - Resumo de PCM comerciais com uso potencial em edifícios.

Fabricante	Produto	Temp. Fusão (°C)/ Cristalização (°C)	Calor Latente (KJ/Jkg)	Condutividade Térmica λ (W/m.K)	Tipo PCM	Referência
BASF	**Micronal DS 5007**	**23/n.a**	**28,7**	**0,134**	**Orgânico (Parafina)**	**Sá (2015)**
RGEES	PCM-HS22P	23/22	185	0,54/1,09	Inorgânico (Sal Hidratado)	Kalnæs, S. E., & Jelle, B. P. (2015)
Entropy Solutions Inc.	PureTemp 23	23/n.a	203		Orgânico (Base Vegetal)	www.pcm-ral.org
Salca	Thermusol HD26	26/n.a			Inorgânico (Sal)	http://www.salcabv.nl/
Climator Sweden AB	ClimSel C21	21/n.a		0,5/0,7	Inorgânico (Sulfato de Sódio)	www.climator.com
Phase Change Material Products Limited	S23	23/n.a	170	0,54	Inorgânico (Sal Hidratado)	Kalnæs, S. E., & Jelle, B. P. (2015)
PCM Energy P. Ltd	Latest 25T	24/26	175	1	Inorgânico (Sal)	www.cmenergy.com
Cosella-Dörken	**DeltaCool 24**	**22/28**	**158**	**0,56/1,12**	**Inorgânico (Sal Hidratado)**	**www.sustainableinsteel.eu**
Rubitherm Technologies GmbH	SP 22 E	22	180	0,6	Componentes Inorgânicos	Kalnæs, S. E., & Jelle, B. P. (2015)
Bio-PCM	M51Q25	25	210	0,15 (até 2,5)	Material Biológico (?)	Kurdi A. et al. (2021)
DEVAN (MC series)	MC-24	24	162,4			Kurdi A. et al. (2021)
Infinite Business Solutions	InfiniteRTM	23	200	0,54	Inorgânico (Sal Hidratado)	www.infiniterpcm.com

3.1.1. Micronal® PCM Gypsum Wallboard

Existe alguma variedade de PCM passíveis de escolha, sendo um deles o *Micronal® PCM Gypsum Wallboard*. Este tipo de PCM aparece sob a forma *"macro-encapsulada"* em placas de gesso cartonado. Esta solução apresenta como principal vantagem a reduzida espessura e a facilidade de aplicação em contexto de reabilitação de edifícios. Por outro lado, e sendo uma solução comercial, está devidamente documentada e os seus dados técnicos são de fácil acesso (Sá,2015). A forma de apresentação comercial do PCM *Micronal® PCM Gypsum Wallboard* encontra-se ilustrada na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Forma comercial do PCM Micronal® PCM Gypsum Wallboard.



Fonte: National Gypsum (2011)

Para revestimento da placa de *Micronal® PCM Gypsum*, optou-se pela utilização de uma argamassa à base de PCM, a *Weber® Mur Maxit*. Importa agora elencar as principais características dos PCM escolhidos, para posterior modelação no programa Energy Plus. [Sá (2015), Oliveira (2012)].

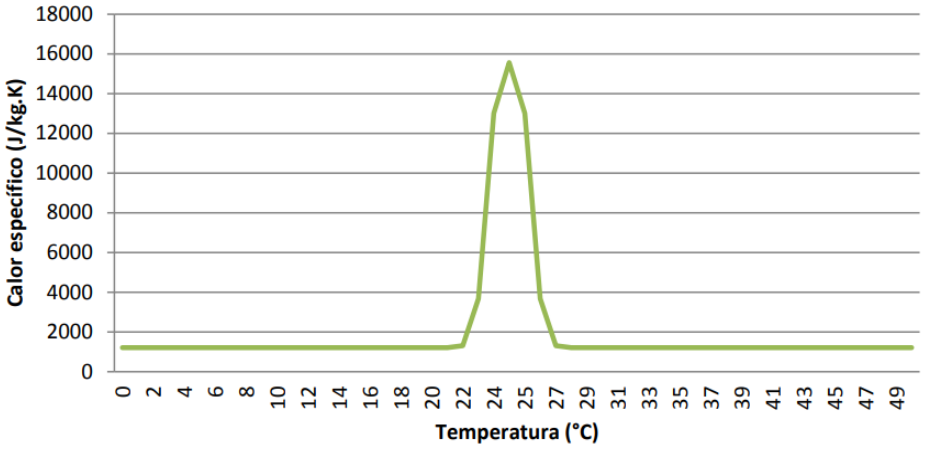
As características deste PCM, explicitadas na Tabela 3.2, Figura 3.4 e Figura 3.5., são as típicas de um material parafínico, a baixa condutividade térmica, uma temperatura de fusão de cerca de 26 ºC e uma elevada entalpia de fusão. O PCM está incorporado em placas de 1,5 cm de espessura (Sá, 2015).

Tabela 3.2 *- Características físico-químicas do PCM Micronal®.*

Características do PCM Micronal ®	
Espessura (mm)	15
Densidade (kg/m3)	766,7
Temperatura Fusão (°C)	23-26
Capacidade Calor Latente (KJ/Kg)	28,7
Capacidade Calor Especifico (kJ/Kg.K)	1,2
Condutividade Térmica - λ (W/m.K)	0,134

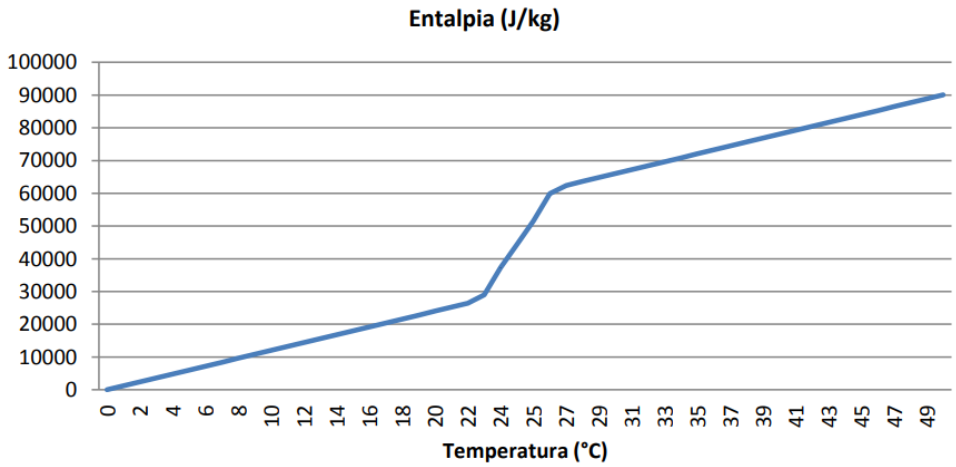
Fonte: Sá (2015)

Figura 3.4 *- Curva de calor específico do Micronal® PCM 23/26.*



Fonte: Oliveira D. d., 2012

Figura 3.5 - Curva de entalpia de fusão do Micronal® PCM 23/26.



Fonte: Oliveira D. d., 2012

3.1.2. *Deltacool® - 24*

Foi escolhido um outro PCM para modelação e testagem de temperaturas interiores/consumos, o sistema *Deltacool®* - 24. O sistema *Deltacool®*, da empresa *Dorken®*, é constituído por sais hidratados encapsulados, utilizados em soluções passivas e ativas, como por exemplo para colocação em paredes e tetos de edifícios (Mehling & Cabeza, 2008).

Este sal hidratado tem temperaturas de fusão na gama dos 22-28 ^{o}C e temperaturas de cristalização de 22 ^{o}C. Apresenta valores de condutividade térmica superiores aos do PCM apresentado anteriormente, no entanto, o custo de investimento é superior. O PCM deste sistema aparece sob várias formas, nomeadamente em embalagens de diversos tamanhos, como por exemplo 30cm x 15cm (Mehling & Cabeza, 2008). A forma de apresentação comercial do PCM *Deltacool®* encontra-se ilustrada por intermédio da Figura 3.6.

Figura 3.6 *- Apresentação comercial do PCM Deltacool®.*

Fonte: Dorken®

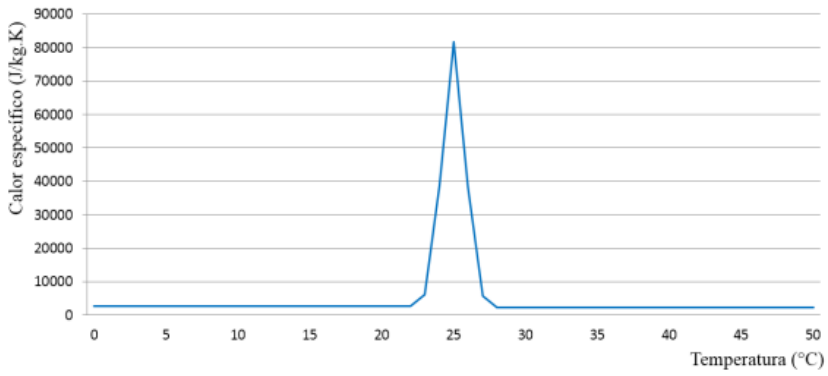
O PCM *Deltacool®* - 24 apresenta as características indicadas na Tabela 3.3 e nas Figuras 3.7 e 3.8:

Tabela 3.3 *- Características físico-químicas do PCM Deltacool®.*

Características do PCM Delta ®-Cool 24	
Temperatura Fusão (°C)	22-28
Temperatura de Cristalização (°C)	22
Capacidade Calor Latente (KJ/Kg)	158
Capacidade Calor Especifico (kJ/Kg.K)	2,7
Condutividade Térmica - λ (W/m.K)	1,12(liq) /0,56 (sol)

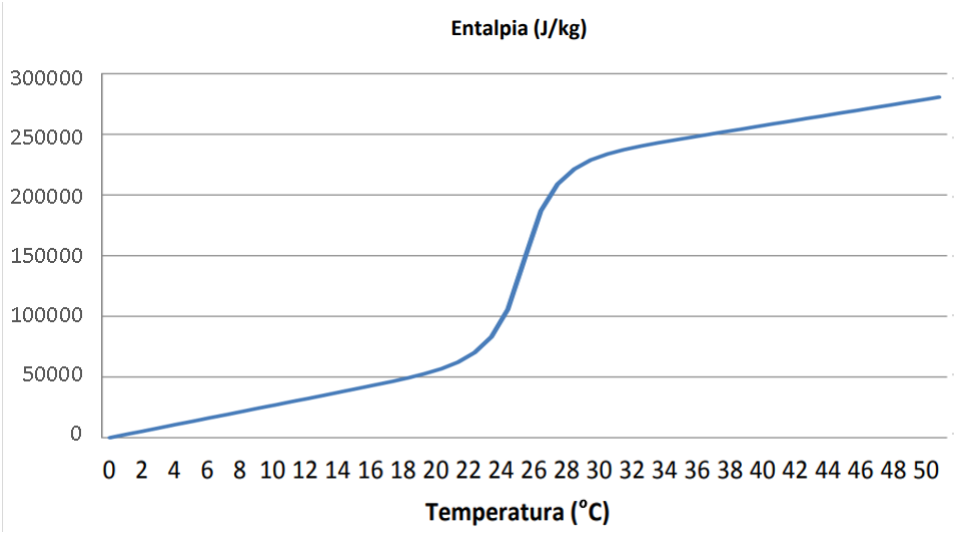
Fonte: Sá (2015)

Figura 3.7 *- Curva do calor específico do PCM Deltacool®.*



Fonte: Sá (2015)

***Figura 3.8** - Curva de entalpia de fusão do PCM Deltacool®.*



Fonte: Sá (2015)

3.2. Definição do edifício-tipo para o caso de estudo

3.2.1. Opções de modelação

Uma parte significativa deste estudo prende-se com a modelação computacional do edifício-tipo, edifício este que servirá de base para a aplicação de revestimentos com materiais de mudança de fase.

A escolha do programa teria que recair, obrigatoriamente, por um software que permitisse desenhar a solução delineada, definir a solução estrutural e definir ainda a solução construtiva, mais propriamente o revestimento de toda a envolvente do edifício, bem como o seu interior. A escolha recaiu sobre o programa *Cype® Software* para Engenharia e Construção que, através da sua estrutura modelar e complementar, preenche os requisitos necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Mostra-se de extrema importância e elementar justiça destacar a amabilidade que a *Top Informática®*, na pessoa do seu Diretor Geral, Eng.º Sérgio Oliveira, teve em disponibilizar uma licença que permitiu o desenrolar de toda a parte prática desta tese de doutoramento.

O *Cype®* é uma "biblioteca de software" que está vocacionada para o "dimensionamento de edifícios correntes". "Pertence à nova família de *software* de conceito BIM (*Building Information Model*), permitindo a realização de projeto de todas as especialidades de engenharia de forma integrada e com informação partilhada" (CYPE,2019).

A biblioteca do *Cype®* contempla diversos programas que funcionam como módulos. Estes programas são o *Cype®Cad* (cálculo estrutural), *Cype® 3D*, *Elementos de Contenção*, *Tecnologia Open BIM* e ainda capacidades que permitem análises nas componentes térmica, acústica, AVAC, entre outras. Importa referir que o BIM se encontra em franco desenvolvimento e afirmação, constituindo-se como uma ferramenta de extrema importância no panorama da engenharia civil e arquitetura.

"Mediante a tecnologia Open BIM é possível implantar um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e multiutilizador que permite o desenvolvimento de

projetos de forma aberta, coordenada e simultânea entre os distintos técnicos ou agentes intervenientes. Nesse fluxo de trabalho, proposto pela *Cype® Ingenieros*, o projeto executa-se de forma iterativa mediante a execução progressiva dos seus diferentes aspetos ou componentes" (CYPE, 2019).

O BIM é um conceito transformador com aplicabilidade nas áreas da arquitetura, engenharia e construção, baseado em mecanismos de partilha de informação entre todos os intervenientes, durante as diversas fases do ciclo de um edifício. O BIM materializa-se usualmente num modelo digital tridimensional, acessível através de software, que contém dados sobre as suas características geométricas, propriedades e atributos. Daí advêm várias vantagens para as fases de conceção, projeto e construção, em que são criados novos desafios nas formas de relação entre intervenientes e nas trocas de informação. A introdução do BIM na conceção e Gestão de Projetos e Obras, permite ganhos de eficiência estimados em 5% com a redução de custos com erros de projeto e aproximadamente entre 20% a 30% no tempo de execução com equipas especializadas, segundo os dados estimados pela União Europeia (CYPE, 2019).

3.2.2. O edifício tipo para este estudo

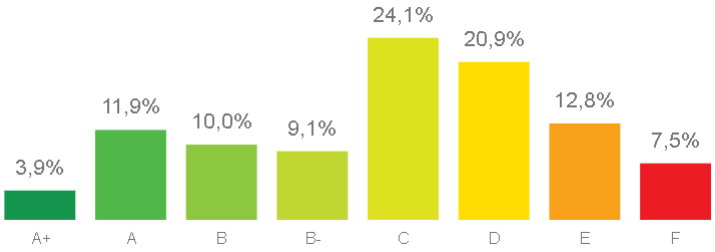
3.2.2.1. Edifício-Tipo com duas opções energéticas

A primeira abordagem para a modelação computacional deste edifício teve por base a conceção de um edifício eficiente. Com o desenvolvimento do trabalho, e com a análise do panorama energético dos edifícios em Portugal, facilmente se percebeu que a tipologia dos edifícios no nosso país corresponde maioritariamente a uma gama de baixa eficiência, conforme análise das estatísticas da Agência para a Energia (ADENE) referentes a 2018.

Como é possível verificar pela Figura 3.9, 65 % das habitações, de acordo com os certificados realizados no período 2014-2023, apresentam uma classificação desde "C" até "F". Importa referir ainda que desde 2014 já foram realizados mais de 1 milhão e 800 mil

certificados energéticos, distribuídos por todos os distritos do país (Agência para a Energia, 2023).

***Figura 3.9** – Certificados Emitidos por Classes Energéticas.*



Fonte: SCE (2023)

Estes dados estão em linha com notícias recentes que dão conta do elevado nível de pobreza energética que Portugal apresenta. Segundo uma notícia recente do jornal "Observador", datada de fevereiro de 2019, e referindo-se a dados do "Eurostat", Portugal é o 4º país da Europa com maior nível de pobreza energética. De acordo com a informação divulgada, estes dados devem-se aos baixos rendimentos e à existência de edifícios ineficientes, sem isolamento e com janelas simples (Ferreira, 2019).

Decorrente desta análise optou-se pela modelação do edifício-tipo em consonância com o supracitado, um edifício mais eficiente (B-) e outro menos eficiente (D), mais representativo daquilo que é o parque habitacional em Portugal. Esta diferenciação permitirá, de igual forma, ter uma perceção mais realista acerca do impacto das medidas de eficiência energética, por via da introdução dos materiais de mudança de fase, conseguindo uma análise mais condizente com a realidade em Portugal.

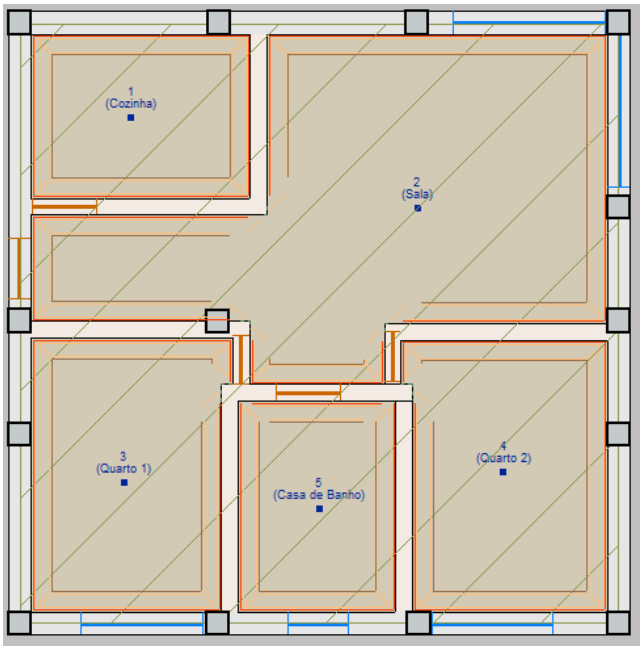
3.2.2.2. Modelo Geométrico

O foco deste programa de trabalhos prende-se com a aplicação de materiais de mudança de fase em edifícios pretendendo-se melhorar a sua eficiência energética. Para cumprir este desiderato, e no que à conceção dos edifícios diz respeito, importa ressalvar que não existiram preocupações com requisitos estéticos, funcionais e arquitetónicos. A conceção deste edifício teve por base a utilização de uma tipologia de edifício corrente, um T2, com áreas reduzidas (aproximadamente 58 m^2) e respeitando uma compartimentação interior tradicional.

A parte de conceção arquitetónica do edifício foi realizada através da aplicação IFC Builder® do *Cype®Cad*. O desenho do edifício define-se por uma estrutura quadrangular, sem complexidade em termos de geometria. O edifício apresenta um comprimento/largura de 7,65/7,57 metros, perfazendo uma área de aproximadamente 57,65m^2, com um pé direito de 3 metros.

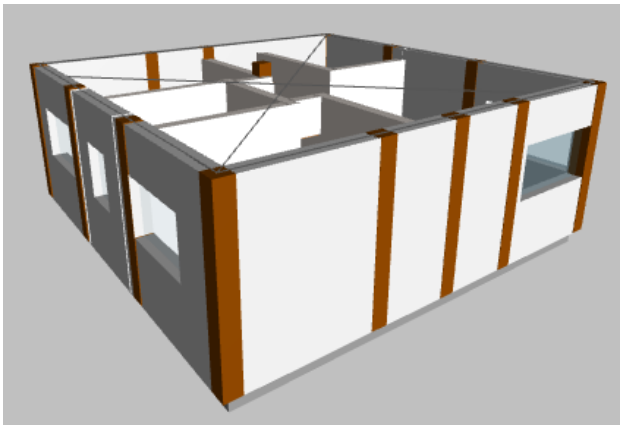
No que toca à sua composição interna o edifício é composto por uma cozinha, uma sala, uma casa de banho, e dois quartos. A porta de acesso para exterior faz parte de um pequeno hall de entrada que serve de antecâmara para a sala. O edifício-tipo conta ainda com cinco janelas, duas na sala, uma em cada quarto e uma na casa de banho. No que toca à orientação os quartos estão voltados a sudeste, a cozinha a noroeste e a sala a nordeste. A solução do edifício encontra-se esquematizada através das Figuras 3.10 e 3.11.

Figura 3.10 *– Visão 2D do edifício-tipo.*



Fonte: Cype®Cad

***Figura 3.11** – Visão 3D do edifício-tipo*



Fonte: Cype®Cad

3.2.2.3. Opções Construtivas e Certificado Energético

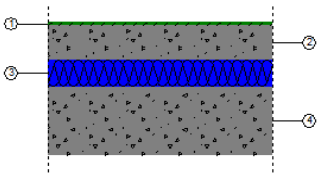
3.2.2.3.1. Modelação do edifício mais eficiente

Após a modelação conceptual do edifício torna-se necessário dar-lhe corpo, atribuindo-lhe materiais de construção, o que posteriormente dará origem a um certificado energético. Conforme mencionado no subcapítulo anterior, e por base o panorama energético nacional, optou-se pela modelação de dois edifícios, um edifício de categoria (B-) e um outro, menos eficiente, de categoria (D). Ambos os edifícios foram modelados com recurso à aplicação *CypeTherm®* REH do programa *CypeCad®*.

Começar-se-á por explicitar as opções construtivas relativas ao edifício de categoria "B-". Estas opções construtivas referem-se a toda a envolvente, nomeadamente pavimentos, fachadas, paredes interiores, coberturas, vão opacos (portas e janelas).

No caso do pavimento em contacto com o terreno foi escolhida uma laje térrea ventilada, com uma espessura de 39 cm. A laje é constituída por uma caixa-de-ar, uma camada de base em betão estrutural, isolamento térmico, uma betonilha para regularização que, por sua vez, permite a aplicação de um pavimento cerâmico. O objetivo, como é natural, é a obtenção do coeficiente de transmissão térmica mais baixo. A Figura 3.12 ilustra a opção tomada para esta laje.

Figura 3.12 *– Solução construtiva adotada para a laje térrea.*



Listagem de camadas:

1 -	Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1 cm
2 -	Betonilha	10 cm
3 -	Poliestireno extrudido (XPS)	8 cm
4 -	Betão estrutural com areia do rio e sem areia leve	20 cm

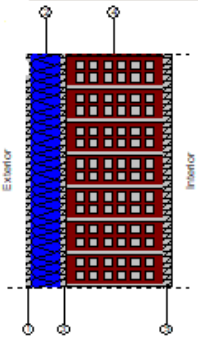
Características

Transmitância térmica, U: 0.270 W/(m²·ºC)
Espessura total 39 cm
Comprimento característico, B': 3.95 m
Resistência térmica da laje, Rf: 2.43 (m²·ºC)/W
Protecção contra o vento: Protegida
Superfície de aberturas de ventilação por metro de muro perimetral, ε: 0.002 m²/m
Coeficiente de transmissão térmica das paredes da caixa de ar localizada acima do nível do terreno, U_w: 1.70 W/(m·ºC)
Condutibilidade térmica, λ: 2.00 W/(m·ºC)
Altura média da face superior da laje acima do nível do terreno, h: 0 m
Profundidade média da caixa de ar abaixo do nível do terreno, z: 0.50 m

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

As paredes exteriores (Figura 3.13) são constituídas por um pano de alvenaria de tijolo cerâmico, revestido com uma camada de isolamento térmico em poliestireno extrudido, com o respetivo reboco interior e exterior à base de argamassas tradicionais. A espessura total da parede é de 37 cm.

Figura 3.13 *– Solução construtiva adotada para as paredes exteriores.*



Listagem de camadas:

1 -	Argamassa	1 cm
2 -	Poliestireno extrudido (XPS)	8 cm
3 -	Argamassa	1 cm
4 -	Tijolo cerâmico furado (25 cm)	25 cm
5 -	Reboco tradicional	2 cm

Características

Transmitância térmica, U: 0.340 W/(m²·ºC)
Espessura total 37 cm

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

Seguidamente efetuou-se a definição de portas e janelas (Tabela 3.4. e Tabela 3.5). Estes elementos respondem a uma série de fatores que, devido à sua especificidade, é importante mencionar. No caso das portas importa explanar o conceito de absortividade ou absorvância. Segundo Peralta (2006) a absortividade é o "quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre a mesma". Quanto maior for a absorvância de uma porta maior será a radiação absorvida que, por sua vez, implicará maior transmissão de calor para o interior da habitação.

Tabela 3.4 *-Solução construtiva adotada para a porta exterior.*

Porta Entrada	
Características	Transmitância térmica, U: 1.700 W/(m²·ºC)
	Absortividade, α_s: 0.600 (cor média)

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

No que respeita às janelas importa, mais uma vez, elaborar uma breve explicitação de conceitos que facilitam o entendimento dos fatores característicos de um vão envidraçado. Os envidraçados, como todos os restantes corpos, estão sujeitos a fenómenos de transferência de calor. As transferências de energia entre corpos (que neste caso poderá ser representado pelo vão envidraçado e o interior do edifício) dão-se enquanto não for atingido o equilíbrio térmico. Desde logo importa atentar ao fator solar do envidraçado. Por fator solar entende-se a "fração de energia solar que efetivamente atravessa o envidraçado e é transmitida para o interior do edifício". Outro conceito de extrema relevância, e transversal ao desenvolvimento neste estudo, é o coeficiente de transmissão térmica. No caso dos vãos envidraçados o coeficiente de transmissão térmica "quantifica o fluxo de calor que atravessa o envidraçado", "provocado pela diferença de temperaturas entre as zonas que separa" (Faustino, 2012).

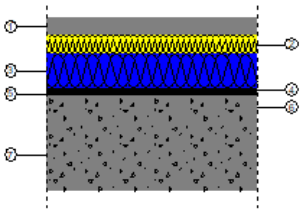
Tabela 3.5 *– Solução construtiva adotada para as janelas.*

Janela Sala	
Características	Transmitância térmica, U: 1.267 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.350 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.400
Janela Quarto 1	
Características	Transmitância térmica, U: 1.267 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.350 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.400
Janela Quarto 2	
Características	Transmitância térmica, U: 1.267 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.350 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.400
Janela IS	
Características	Transmitância térmica, U: 1.267 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.350 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.400

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

Neste edifício optou-se por uma cobertura de tipologia plana (Figura 3.14) constituída por uma base em betão armado, uma betonilha de regularização, telas de impermeabilização sobrepostas à base de betume asfáltico, uma camada de isolamento térmico em poliestireno extrudido, uma cama de lã de rocha e uma camada final constituída por seixo. Esta cobertura é não acessível e apresenta uma espessura de 49 cm.

Figura 3.14 *– Solução construtiva adotada para a cobertura.*



Listagem de camadas:

1 -	Seixo	5 cm
2 -	Lã de rocha (MW)	5 cm
3 -	Poliestireno extrudido (XPS)	10 cm
4 -	Membranas flexíveis impregnadas com betume	1 cm
5 -	Membranas flexíveis impregnadas com betume	1 cm
6 -	Betonilha	7 cm
7 -	Betão estrutural com areia do rio e sem areia leve	20 cm

Características: Transmitância térmica, U: 0.225 W/(m²·°C)
Espessura total 49 cm

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

Seguidamente é apresentada a classificação energética do edifício. Conforme informação prestada no site da ADENE (Agência para a Energia), mais precisamente através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), a "certificação energética de edifícios permite disponibilizar ao consumidor informação sobre o desempenho energético dos edifícios, que inclui a redução de custos com a utilização de energia, a melhoraria do conforto térmico e o acesso a financiamento e benefícios fiscais" (SCE, 2019).

A Certificação Energética foi introduzida em Portugal em 2007 por transposição da Diretiva 2002/91/CE para a legislação nacional (Decreto de Lei N.º 78/2006 e Decreto de Lei N.º 79/2006). Com o Decreto de Lei N.º 80/2006, que aprova o "Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)", torna-se percetível o significado da letra "R", como símbolo da classificação energética.

"A classificação energética para os edifícios ou frações de edifícios é definida através do quociente entre as necessidades nominais globais anuais de energia primária (Ntc) e o respetivo valor máximo regulamentar (Nt), designado por razão $R = N_{tc}/N_t$" (Borges, 2009).

As necessidades nominais globais anuais de energia primária (Nt), calculadas por fórmula construída para o efeito, têm por base as necessidades do edifício/fração para aquecimento, necessidades para arrefecimento e necessidades para sistemas de aquecimento de águas sanitárias (AQS). São ainda fatores de ponderação da fórmula, os fatores de conversão de energia e as eficiências nominais dos equipamentos utilizados. Quanto ao valor máximo regulamentar (Nt) é uma fórmula que tem por base as necessidades máximas de aquecimento, as necessidades máximas de arrefecimento e as necessidades de AQS, tendo por base os fatores climáticos, a área do pavimento, o consumo médio diário e os dias de consumo (Borges, 2009).

Com base na fórmula anterior torna-se possível calcular o "R". Importa referir que o "R" configura-se como um valor máximo/mínimo, de acordo com a tipologia de edifício. Para edifícios novos (Tabela 3.6 e Tabela 3.7) a classificação mínima exigida é de "A". Para os edifícios existentes, sujeitos a grandes renovações (Tabela 3.8), a classificação deverá

ser igual ou superior a "C" (Despacho n.º 6476-E/2021 - Direção Geral de Energia e Geologia).

Tabela 3.6 *– Requisitos dos edifícios de habitação novos.*

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

Fonte: Despacho n.º 6476-E/2021 – Direção Geral de Energia e Geologia

Tabela 3.7 *– Desempenho energético dos edifícios de habitação novos.*

Tipo de requisito	Zona climática		
	I1	I2	I3
Desempenho energético			
Classe energética	Igual ou superior a A		
Energia primária total	$R_{NT} \leq 0,50$		
Energia primária renovável	$Ren_{Hab} \geq 0,50$		

Fonte: Despacho n.º 6476-E/2021 – Direção Geral de Energia e Geologia

Tabela 3.8 *– Desempenho energético e conforto térmico dos edifícios sujeitos a grande renovação.*

Tipo de requisito	Ano de construção (A)		
	A < 1960	1960 ≤ A ≤ 1990	1990 < A
Conforto térmico			
Necessidades de aquecimento	Não aplicável	$N_{ic}/N_i \leq 1,25$	$N_{ic}/N_i \leq 1,15$
Necessidades de arrefecimento	Não aplicável	$N_{vc}/N_v \leq 1,25$	$N_{vc}/N_v \leq 1,15$
Desempenho energético			
Classe energética	Igual ou superior a C		
Energia primária total	$R_{NT} \leq 1,50$		
Energia primária renovável	$Ren_{Hab} \geq 0,50$ (1)		

Fonte: Despacho n.º 6476-E/2021 – Direção Geral de Energia e Geologia

O programa de cálculo automático utilizado neste trabalho permite verificar o desempenho energético do edifício, tendo permitido confirmar que a solução modelada corresponde à classe energética "B-" (Figura 3.15).

Figura 3.15 *– Desempenho energético do edifício em estudo mais eficiente.*

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	$R_{Nt} \geq 2,51$

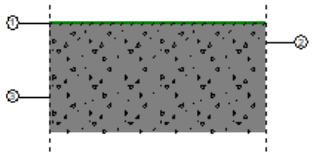
Fonte: Cype®Cad

3.2.2.3.2. Modelação do edifício menos eficiente

Seguidamente dar-se-ão a conhecer as opções construtivas relativas ao edifício menos eficiente, de categoria "D". À semelhança do preconizado na opção anterior as opções construtivas referem-se a toda a envolvente do edifício, nomeadamente pavimentos, fachadas, paredes interiores, coberturas, vão opacos (portas e janelas).

No caso do pavimento em contacto com o terreno foi escolhida uma laje térrea ventilada, com uma espessura de 31 cm. Neste caso, e ao contrário da solução anterior, a laje é constituída por uma caixa-de-ar, uma camada de base em betão estrutural, uma betonilha para regularização que, por sua vez, permite a aplicação de um pavimento cerâmico. Para esta versão do edifício não foi considerada a adoção de qualquer solução de isolamento térmico, conforme preconizado na solução anterior. A Figura 3.16 ilustra a opção tomada para a laje térrea.

Figura 3.16 *– Solução construtiva adotada para a laje térrea.*



Listagem de camadas:

1 -	Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1 cm
2 -	Betonilha	10 cm
3 -	Betão normal	20 cm

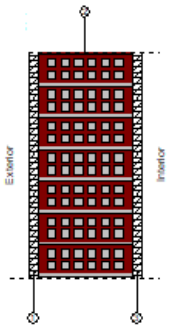
Características

Transmitância térmica, U: 0.699 W/(m²·°C)
Espessura total 31 cm
Comprimento característico, B': 3.95 m
Resistência térmica da laje, Rf: 0.20 (m²·°C)/W
Protecção contra o vento: Protegida
Superfície de aberturas de ventilação por metro de muro perimetral, ε: 0.002 m²/m
Coeficiente de transmissão térmica das paredes da caixa de ar localizada acima do nível do terreno, U_w: 1.70 W/(m·°C)
Condutibilidade térmica, λ: 2.00 W/(m·°C)
Altura média da face superior da laje acima do nível do terreno, h: 0 m
Profundidade média da caixa de ar abaixo do nível do terreno, z: 0.50 m

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

As paredes exteriores são constituídas por um pano de alvenaria de tijolo cerâmico, sem isolamento térmico, com o respetivo reboco interior e exterior à base de argamassas tradicionais. A espessura total da parede é de 30 cm. Como é possível verificar pela análise do descritivo das características da parede ilustrado na Figura 3.17, a mesma apresenta um coeficiente de transmissão térmica muito superior à do edifício de tipologia energética "B-", o que naturalmente facilitará as trocas térmicas entre o exterior/interior do edifício, prejudicando assim o seu desempenho térmico.

Figura 3.17 *– Solução construtiva adotada para as paredes exteriores*



Listagem de camadas:

1 -	Estuque tradicional	3 cm
2 -	Tijolo cerâmico furado (25 cm)	25 cm
3 -	Estuque tradicional	3 cm

Características Transmitância térmica, U: 1.170 W/(m²·°C)
Espessura total 30 cm

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

Seguidamente efetuou-se a definição de portas e janelas. Atente-se à explicação dos critérios efetuada para o edifício anterior, na medida em que a análise, para este caso, será idêntica. A porta exterior escolhida as características indicadas através da Tabela 3.9.

Tabela 3.9 *– Solução construtiva adotada para a porta exterior.*

Porta Entrada	
Características	Transmitância térmica, U: 4.000 W/(m²·°C) Absortividade, α_s: 0.600 (cor média)

Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

As características dos vãos envidraçados encontram-se ilustrados através da Tabela 3.10.

Tabela 3.10 *– Solução construtiva adotada para as janelas.*

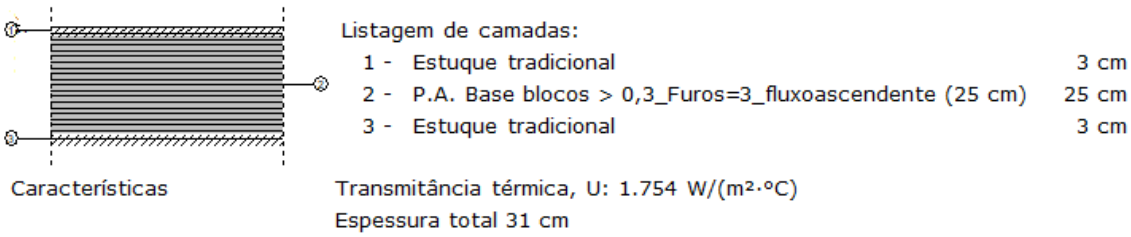
Janela Sala	
Características	Transmitância térmica, U: 5.520 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.880 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.300
Janela Quarto 1	
Características	Transmitância térmica, U: 5.520 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.880 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.300
Janela Quarto 2	
Características	Transmitância térmica, U: 5.520 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.880 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.300
Janela IS	
Características	Transmitância térmica, U: 5.520 W/(m²·°C) Factor solar, g: 0.880 Factor de redução, Fr: 1.000 Fracção opaca, Ff: 0.300

Fonte: Cype®Cad – CYPETHERM REH

Neste edifício optou-se por uma cobertura de tipologia plana, constituída por uma laje de vigotas pré-esforçadas, muito embora não se tenha optado por aplicar qualquer

material de isolamento térmico/acústico. Esta cobertura é não acessível e apresenta uma espessura de 31 cm. O coeficiente de transmissão térmica desta cobertura é cerca de 8 vezes superior ao da cobertura definida para o edifício anterior (Figura 3.18).

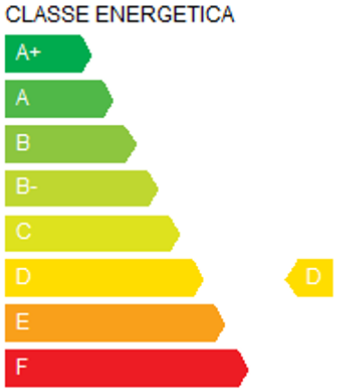
Figura 3.18 *– Solução construtiva adotada para a cobertura.*



Fonte: Cype®Cad – CypeTherm® REH

Neste caso, e tendo por base o mesmo mecanismo de cálculo usado para o edifício mais eficiente, confirma-se que a solução modelada apresenta um desempenho energético com classificação "D" (Figura 3.19).

Figura 3.19 *– Classificação energética do edifício menos eficiente.*



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	$R_{Nt} \geq 2,51$

Fonte: Cype®Cad

3.2.2.4. Temperaturas interiores do Edifício e Necessidades de Consumo

Neste subcapítulo são apresentadas as temperaturas no interior dos dois edifícios, com classificação energética "B-" e "D". A metodologia de apresentação dos dados das temperaturas, para cada um dos dois edifícios, é apoiada com a ilustração de duas tabelas

e dois gráficos. As tabelas representam as temperaturas interiores (máximas e mínimas), as temperaturas exteriores (máximas e mínimas) e as humidades relativas. Os gráficos representam o espetro de temperaturas interior do edifício em contraste com o espetro da temperatura ambiente. Nesta primeira abordagem considera-se que os edifícios não dispõem de qualquer dispositivo auxiliar de climatização.

4.2.2.4.1 Edifício Classificação Energética "B-"

A constatação da importância da eficiência energética torna-se, desde logo, percetível através da simples análise das amplitudes térmicas no interior do edifício (Tabela 3.11), quando comparado com as amplitudes térmicas da temperatura ambiente. Para uma temperatura exterior mínima de 4,6 °C e uma temperatura exterior máxima de 18,8 °C, no mês de janeiro, correspondem respetivamente as temperaturas interiores de 13,7 °C e 20,1 °C. É possível observar que a amplitude térmica no exterior do edifício é de 14,2 °C enquanto no interior do edifício é de 6,4 °C (menos de metade). Para o mês mais quente do ano poderá ser replicada uma análise análoga. Em agosto observou-se uma temperatura exterior mínima de 13,1 °C e uma temperatura exterior máxima de 32,0 °C. A estas temperaturas corresponde respetivamente, no interior do edifício, 22,6 °C e 26,1 °C. A amplitude térmica no exterior do edifício é de 18,9 °C, enquanto a amplitude no interior do edifício é de 3,5 °C (cerca de 5 vezes menos).

***Tabela 3.11**- Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "B-", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*

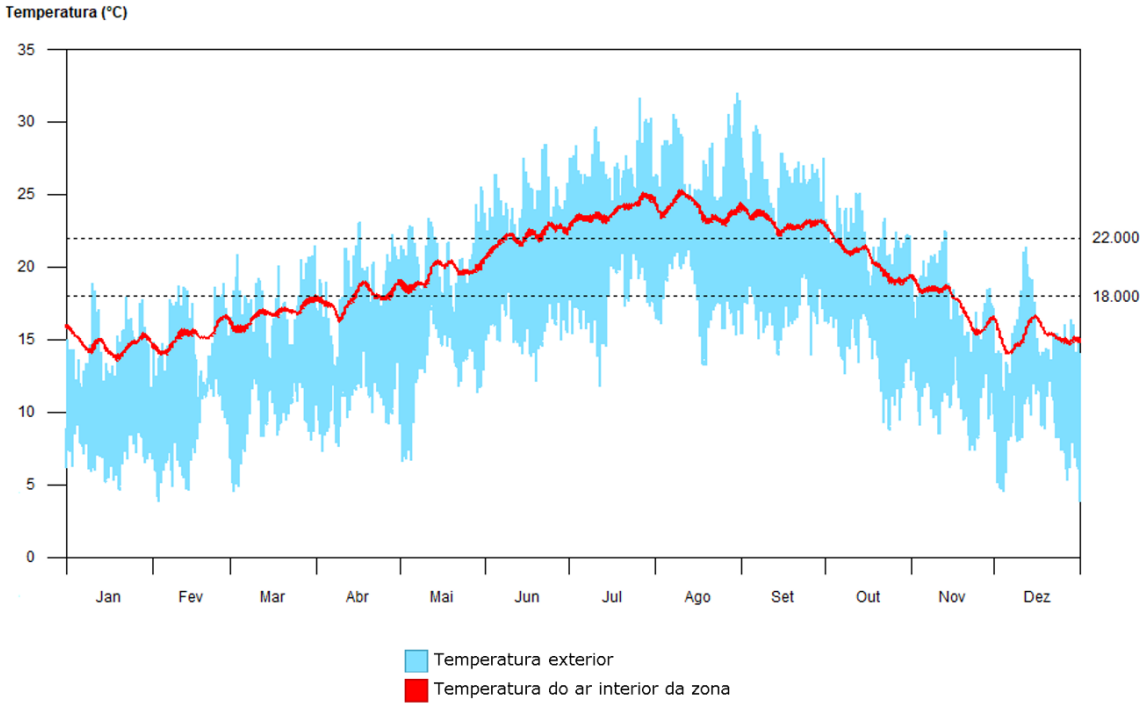
Resultados													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura exterior mínima	°C	4.6	3.7	4.5	7.2	6.5	12	11.7	13.1	13.8	8.7	7.3	3.8
Temperatura exterior máxima	°C	18.8	18.9	21.4	23.1	25.5	28.4	31.6	32	29.7	25	22.5	21.3
Humidade relativa exterior média	%	84	82	78	76	75	74	73	74	77	81	83	85
Temperatura operativa interior mínima	°C	13.7	14	15.6	16.3	18.3	20.6	22.6	22.9	22.2	18.9	15.5	14
Temperatura operativa interior máxima	°C	20.1	19.4	20.1	20.7	21.7	23.9	26.1	26.5	26.2	25.3	22.9	19.6
Temperatura média do ar interior	°C	16.1	16.6	17.8	18.7	20.1	22.6	24.4	24.6	24.2	21.8	18.8	16.3
Humidade relativa interior média	%	60	61	59	59	61	63	64	64	65	64	62	65

Fonte: Cype®Cad

Na Figura 3.20 apresenta-se a representação gráfica das temperaturas interiores, máximas e mínimas (a vermelho) e as temperaturas exteriores máximas e mínimas (azul) do edifício. Encontram-se, de igual forma, representadas as linhas horizontais de

temperaturas máximas (22 °C) e mínimas (18 °C), consideradas como temperaturas de conforto.

Figura 3.20 *– Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "B-", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*



Fonte: Cype®Cad

Segundo dados da ADENE, cerca de 22% de toda a energia utilizada nas habitações é devida à climatização (ADENE - AGÊNCIA PARA A ENERGIA, 2016). Para simular tal impacto tornou-se necessário, conforme já referido, restringir as temperaturas interiores de conforto entre um valor mínimo e um máximo, respetivamente 18 °C e 22 °C. Dado este pressuposto, e de forma a perceber qual o valor de energia consumido em climatização, procedeu-se a nova análise de temperaturas após a colocação de um sistema de climatização no edifício.

Entenda-se, desta forma, que a energia consumida para aquecimento / arrefecimento se refere ao consumo energético necessário para elevar/baixar as temperaturas no interior do edifício para próximo dos valores de referência estabelecidos.

Na análise anterior, sem climatização, é notória a importância da eficiência energética por via da baixa amplitude térmica interior. Neste caso, e através do recurso a climatização, será possível observar uma diminuição ainda mais acentuada da amplitude térmica. Naturalmente que esta redução da amplitude térmica não contribui de forma efetiva para a sustentabilidade, na medida em que ocorre por intermédio do consumo adicional de energia. Para além disso, é uma redução de amplitude térmica "forçada", não sendo permitido ao edifício "ultrapassar" as temperaturas mínimas e máximas de conforto.

Para uma temperatura exterior mínima de 4,6 °C e uma temperatura exterior máxima de 18,8 °C, no mês de janeiro, correspondem respetivamente as temperaturas interiores de 17,6 °C e 20,4 °C. É possível observar que a amplitude térmica no exterior do edifício é de 14,2 °C enquanto no interior do edifício é de 2,8 °C (cerca de um terço da solução sem climatização). Para o mês mais quente do ano poderá ser replicada uma análise análoga. Em agosto observou-se uma temperatura exterior mínima de 13,1 °C e uma temperatura exterior máxima de 32,0 °C. A estas temperaturas corresponde respetivamente, no interior do edifício, 21,5 °C e 22,6 °C. A amplitude térmica no exterior do edifício é de 18,9 °C, enquanto a amplitude no interior do edifício é de 1,1 °C (cerca de 3 vezes menos quando comparado com a solução sem climatização). Estes dados encontram-se sistematizados através da Tabela 3.12.

Tabela 3.12 *– Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "B-", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*

Resultados														
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Temperatura exterior mínima	°C	4.6	3.7	4.5	7.2	6.5	12	11.7	13.1	13.8	8.7	7.3	3.8	
Temperatura exterior máxima	°C	18.8	18.9	21.4	23.1	25.5	28.4	31.6	32	29.7	25	22.5	21.3	
Humidade relativa exterior média	%	84	82	78	76	75	74	73	74	77	81	83	85	
Temperatura operativa interior mínima	°C	17.6	17.7	17.7	17.8	18.3	20.6	21.7	21.5	21.2	18.8	17.7	17.6	
Temperatura operativa interior máxima	°C	20.4	20.3	20.3	20.7	21.7	22.3	22.5	22.6	22.7	22.6	22.3	20.9	
Temperatura média do ar interior	°C	18.2	18.3	18.5	18.9	20.1	21.8	22	22	22	21.2	19.2	18.3	
Humidade relativa interior média	%	52	54	57	58	61	62	62	63	64	64	61	58	
Necessidade de aquecimento	kWh	201.64	121.51	50.27	15.04	-	-	-	-	-	-	46.17	172.5	607.12
Necessidade de arrefecimento	kWh	-	-	-	-	-	79.55	227.78	228.62	173.6	29.53	3.32	-	742.4

Fonte: Cype®Cad

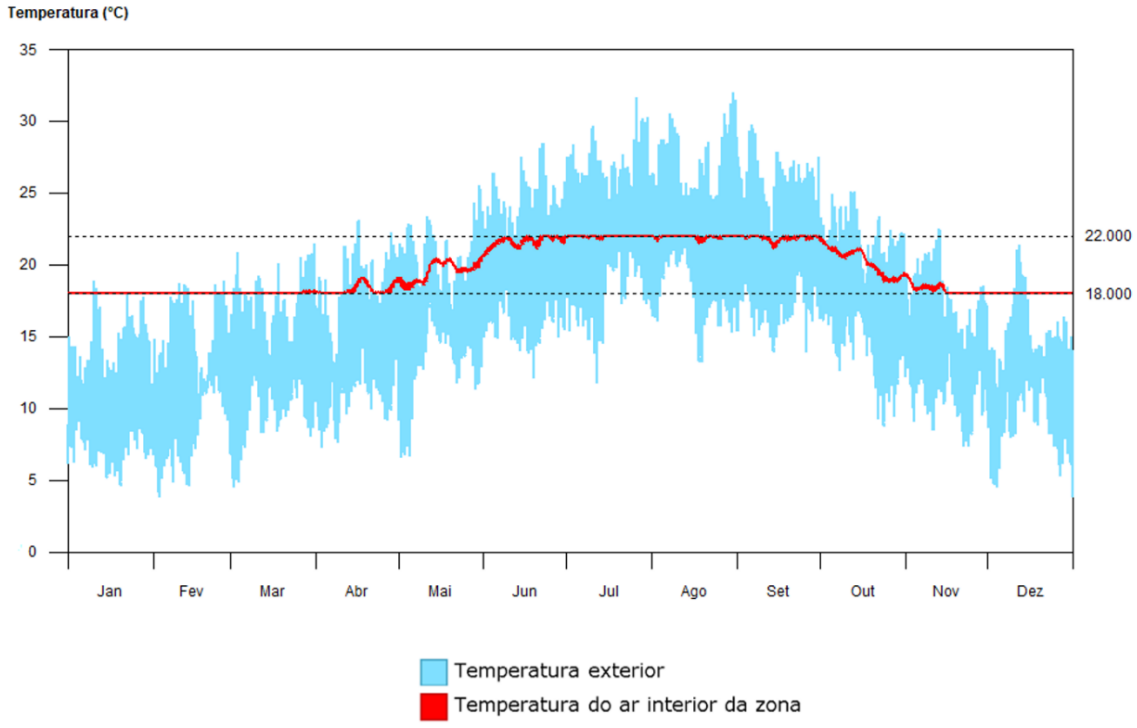
No entanto, e dado que a sustentabilidade é um dos pontos orientadores desta tese, será sempre importante atentar aos custos associados à necessidade de energia do edifício. Naturalmente que no inverno existirá um incremento de necessidade de energia

para aquecimento, ao invés do verão em que haverá um incremento de necessidade de energia para arrefecimento. No total, o edifício mais eficiente apresenta uma necessidade energética de aquecimento e arrefecimento de 1349,52 kWh. O custo da energia foi baseado na consulta dos tarifários da EDP em janeiro de 2022. O preço do kWh é de 0,1490[4].

No total, os custos relativos às necessidades energéticas, apenas para aquecimento e arrefecimento, representam um gasto anual de aproximadamente 201 €.

Na Figura 3.21 encontra-se a representação gráfica das temperaturas interiores, máximas e mínimas (a vermelho) e as temperaturas exteriores máximas e mínimas (azul), do edifício. O gráfico traduz a limitação da temperatura às temperaturas de conforto.

Figura 3.21 *- Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "B-", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento*



Fonte: Cype®Cad

[4] Disponível em https://helpcenter.edp.pt/media/2743/tarifarios-novos-precos-eletricidade-verde_10012022.pdf

3.2.2.4.2 Edifício Classificação Energética "D"

Após a análise dos fatores temperatura e amplitude térmica para o edifício mais eficiente, efetuar-se-á agora uma análise semelhante para o edifício com comportamento térmico inferior, inferindo o impacto e importância da eficiência energética.

Para uma temperatura exterior mínima de 4,6 °C e uma temperatura exterior máxima de 18,8 °C, no mês de janeiro, correspondem respetivamente as temperaturas interiores de 11,4°C e 18°C. É possível observar que a amplitude térmica no exterior do edifício é de 14,2 °C, enquanto no interior do edifício é de 6,6°C (menos de metade). Muito embora a amplitude térmica interior deste edifício, para o mês de janeiro, seja semelhante à do edifício mais eficiente (6,4°C), é importante ressalvar que as temperaturas interiores máximas e mínimas baixam cerca de 2 graus, facto que acarretará necessariamente mais desconforto.

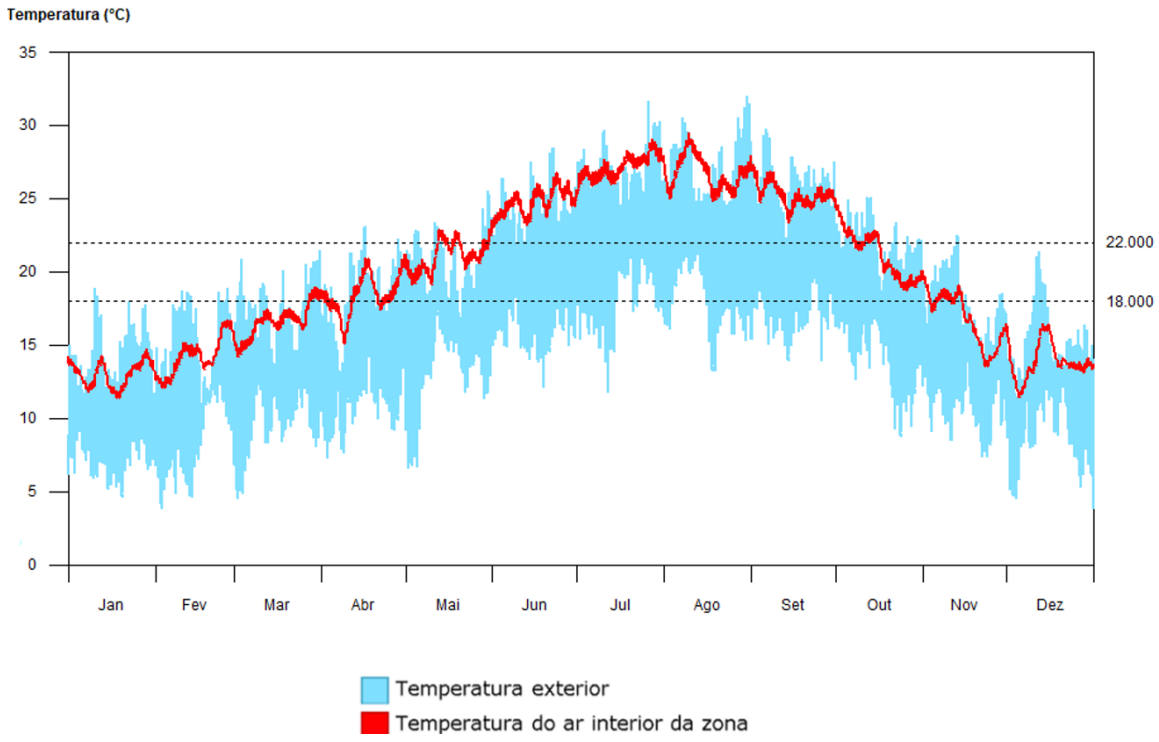
Para o mês mais quente do ano foi realizada uma análise análoga. Em agosto observou-se uma temperatura exterior mínima de 13,1 °C e uma temperatura exterior máxima de 32,0 °C. A estas temperaturas corresponde respetivamente, no interior do edifício, 24,8°C e 30,8°C. A amplitude térmica no exterior do edifício é de 18,9 °C, enquanto a amplitude no interior do edifício é de 6°C. Recorde-se que a amplitude térmica no interior do edifício mais eficiente era de 3,5 °C, pelo que o edifício menos eficiente apresenta cerca do dobro da amplitude térmica. Estes valores encontram-se sistematizados por intermédio da Tabela 3.13. e Figura 3.22.

Tabela 3.13 *- Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "D", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*

Resultados		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura exterior mínima	°C	4.6	3.7	4.5	7.2	6.5	12	11.7	13.1	13.8	8.7	7.3	3.8
Temperatura exterior máxima	°C	18.8	18.9	21.4	23.1	25.5	28.4	31.6	32	29.7	25	22.5	21.3
Humidade relativa exterior média	%	84	82	78	76	75	74	73	74	77	81	83	85
Temperatura operativa interior mínima	°C	11.4	12	14.1	15.1	19.1	23	25.3	24.8	23.3	18.6	13.5	11.4
Temperatura operativa interior máxima	°C	18	19.1	21.1	22.6	24.9	28.1	30.3	30.8	29.4	27	22.9	19.1
Temperatura média do ar interior	°C	14.3	15.5	17.7	19.3	21.7	25.2	27.7	27.5	26.4	22.4	18.1	14.9
Humidade relativa interior média	%	67	65	60	56	55	54	53	54	57	61	65	71

Fonte: Cype®Cad

Figura 3.22 *- Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "D", sem recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*



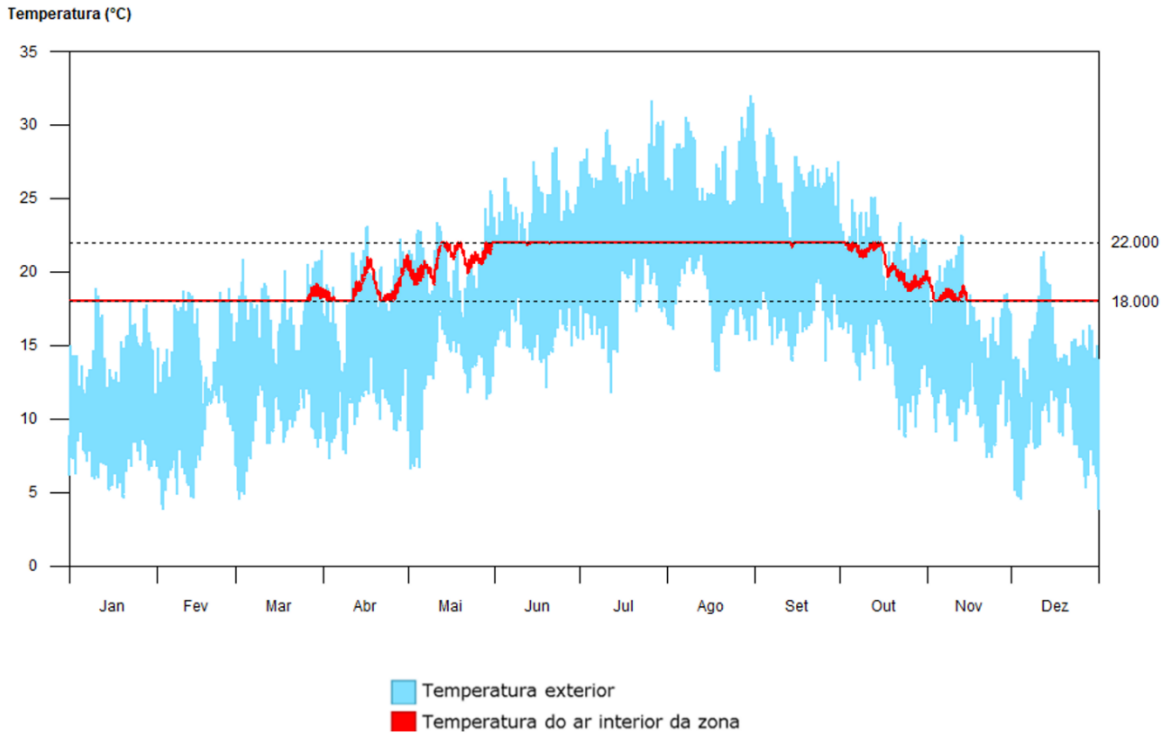
Fonte: Cype®Cad

À semelhança do racional efetuado anteriormente, neste caso será apresentado o espetro de temperaturas interiores tendo por base o recurso a um sistema de climatização, mantendo assim as temperaturas interiores próximas das temperaturas de conforto pré-estabelecidas. Se para o edifício com classe energética "B-"a utilização de climatização para diminuição de amplitudes térmicas já era nocivo para a sustentabilidade, neste caso, e de forma intuitiva, os valores apresentados serão substancialmente mais elevados.

Para uma temperatura exterior mínima de 4,6 °C e uma temperatura exterior máxima de 18,8 °C, no mês de janeiro, correspondem respetivamente as temperaturas interiores de 17 °C e 19,6 °C. É possível observar que a amplitude térmica no exterior do edifício é de 14,2 °C enquanto no interior do edifício é de 2,6 °C. Em agosto observou-se uma temperatura exterior mínima de 13,1 °C e uma temperatura máxima de 32,0 °C. A estas temperaturas corresponde respetivamente, no interior do edifício, 22°C e 23,6 °C. A amplitude térmica no exterior do edifício é de 18,9 °C, enquanto a amplitude no interior do edifício é de 1,6 °C. Também neste caso a amplitude térmica é superior, quando comparado com o edifício mais eficiente com climatização, sendo que a diferença é de

0,5°C. Estes valores encontram-se traduzidos graficamente através da Figura 3.23 e esquematizados na Tabela 3.14.

Figura 3.23 *- Gráfico de temperaturas no interior Edifício com classificação "D", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*



Fonte: Cype®Cad

Tabela 3.14 *- Análise de temperaturas e humidades no Edifício com classificação "D", com recurso a meios de aquecimento ou arrefecimento.*

Resultados														
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Temperatura exterior mínima	°C	4.6	3.7	4.5	7.2	6.5	12	11.7	13.1	13.8	8.7	7.3	3.8	
Temperatura exterior máxima	°C	18.8	18.9	21.4	23.1	25.5	28.4	31.6	32	29.7	25	22.5	21.3	
Humidade relativa exterior média	%	84	82	78	76	75	74	73	74	77	81	83	85	
Temperatura operativa interior mínima	°C	17	17	17.2	17.4	19	21.8	22.3	22	21.6	18.6	17.2	16.9	
Temperatura operativa interior máxima	°C	19.6	20.2	21.3	22.3	22.7	23.2	23.5	23.6	23.3	23	22.4	20.6	
Temperatura média do ar interior	°C	18	18.1	18.6	19.5	21.3	22	22	22	22	21.4	19.1	18.1	
Humidade relativa interior média	%	53	55	56	56	55	52	50	51	52	60	61	58	
Necessidade de aquecimento	kWh	567.26	331.84	116.52	29.95	-	-	-	-	-	-	148.93	482.89	1677.39
Necessidade de arrefecimento	kWh	-	-	-	3.96	78.92	499.94	873.87	818.76	613.89	116.91	2.36	-	3008.6

Fonte: Cype®Cad

À semelhança da análise efetuada para o edifício com classificação energética superior, efetuou-se novamente a análise dos custos associados à climatização do edifício. A análise dos dados permite concluir que será necessária cerca de 3 vezes mais energia para aproximar as temperaturas interiores do edifício às temperaturas de conforto definidas.

Dado que a eficiência energética dos edifícios traduz, entre outros fatores, o nível de isolamento da envolvente (envidraçada e opaca), e dado que este edifício apresenta uma classificação energética inferior, em 2 níveis, constata-se que os resultados relativos às necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento estão em linha com o explicitado. No total este edifício apresenta uma necessidade energética de aquecimento e arrefecimento de 4685,99kWh. No total, os custos relativos às necessidades energéticas, tendo por base o preço do kWh de 0,1490 € (conforme já apresentado para o edifício anterior), representam um gasto anual de aproximadamente 698 € (mais de 3 vezes superior ao edifício com classificação energética "B-").

De seguida, proceder-se-á à análise por intermédio da introdução de materiais de mudança de fase, na tentativa de medir as implicações que os mesmos apresentam na demanda pela sustentabilidade.

3.3. Aplicação dos PCM escolhidos ao edifício-tipo

Após a modelação geral do edifício tornou-se necessário efetuar a introdução dos materiais de mudança de fase no modelo. A modelação de PCM exige a introdução de um leque alargado de variáveis que traduzam o seu real comportamento. Trata-se da introdução de características tais como o ponto de fusão, o ponto de cristalização e os valores da curva de entalpia de fusão, entre muitos outros.

Para a modelação das características dos PCM foi utilizado, de forma autónoma (em separado), o programa *Energy Plus®*. É sempre importante recordar que o programa usado inicialmente, *o Cype®Cad*, utiliza a plataforma *Energy Plus®* (integrado) para o cálculo

energético do edifício, muito embora não permita a introdução de todas as características dos materiais.

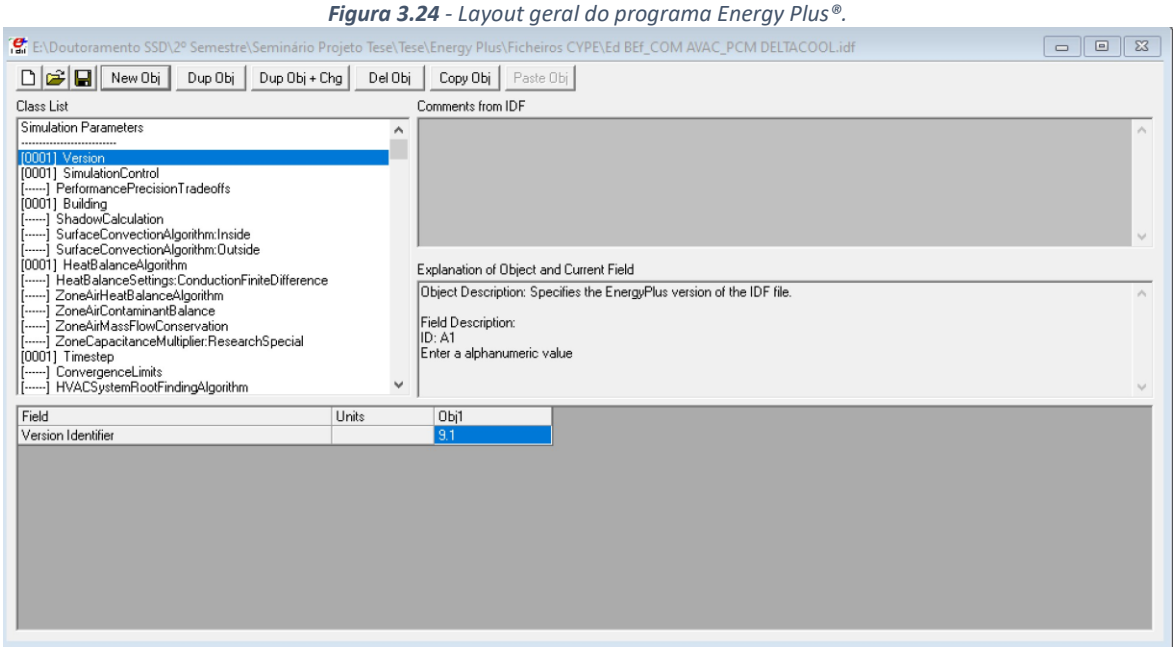
3.3.1. Energy Plus

O *Energy Plus®* é um programa desenvolvido pela *U.S. Department of Energy's* (DOE), *Building Technologies Office* (BTO), utilizado para efetuar a simulação energética de edifícios, nomeadamente necessidades de aquecimento e arrefecimento. O programa apresenta diversas funcionalidades que tornam interessante a sua utilização, como por exemplo a possibilidade de definição de intervalos horários de hora a hora e a existência de uma vasta gama de introdução de ficheiros climáticos (Energy Plus, 2020).

3.3.1.1. Modelação dos Edifícios no Energy Plus®

Para efetuar a modelação dos edifícios foi necessário extrair um ficheiro com extensão "idf" (input data file) do programa *Cype®Cad*, contendo toda a informação da modelação efetuada, desde a geometria, arquitetura até aos materiais de construção (Figura 3.24). Posteriormente percorreram-se todos os passos necessários à introdução das características inerentes aos materiais de mudança de fase.

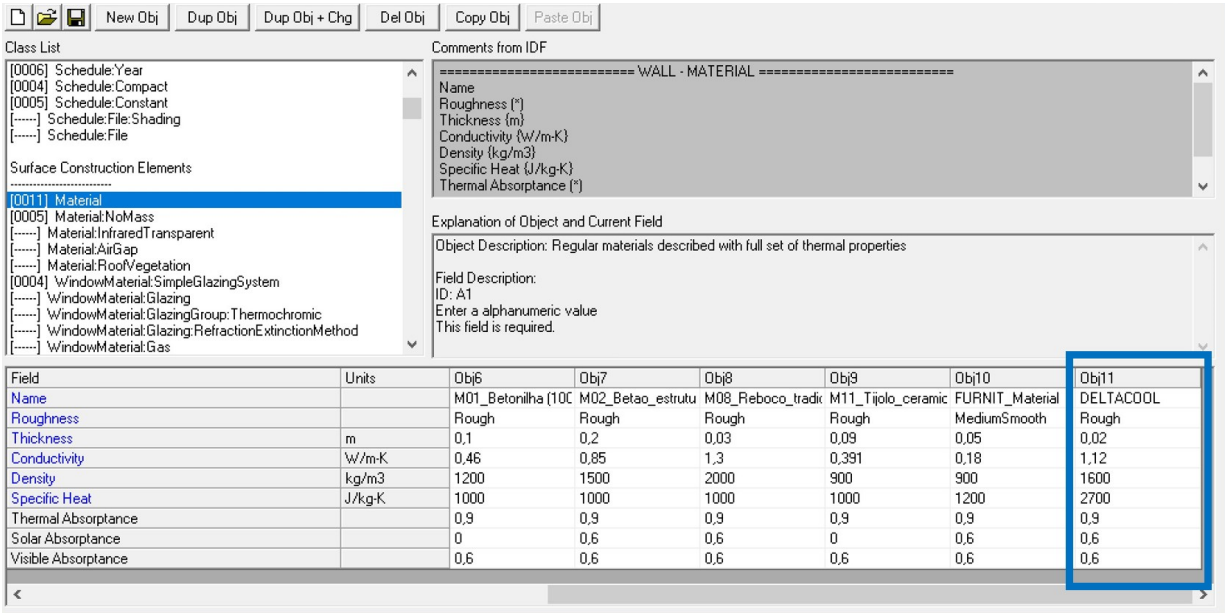
***Figura 3.24** - Layout geral do programa Energy Plus®.*



Fonte: Energy Plus®

Através do separador "*Surface Construction Elements*" é possível verificar um conjunto de funcionalidades que traduzem os elementos constituintes do edifício. Dentro dessas funcionalidades destaca-se o separador "*Material*", no qual é possível introduzir valores de rugosidade, condutividade térmica, densidade, calor específico, absorvância, entre muitos outros. Atente-se na Figura 3.25 onde é exemplificada a introdução de características num dos materiais de mudança de fase em estudo.

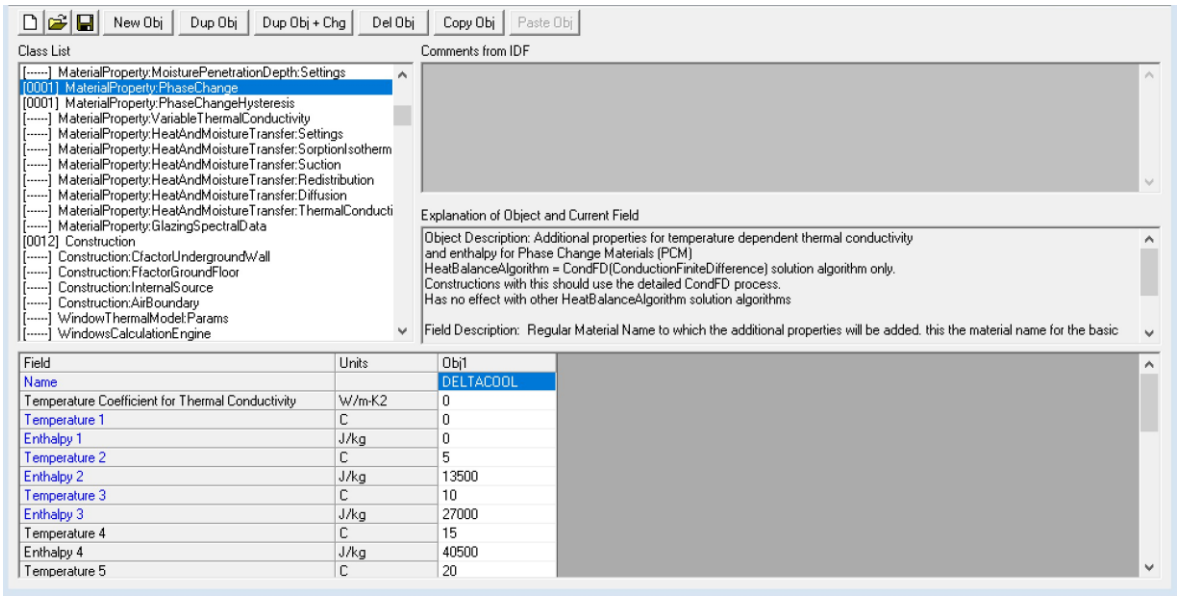
Figura 3.25 *- A definição dos materiais de construção que constituem o edifício, com enfoque para o PCM DeltaCool®.*



Fonte: EnergyPlus®

Incluído no separador "*Surface Construction Elements*" encontra-se a funcionalidade "*Material Property Phase Change*" e "*Material Property Phase Change Hysteresis*". Com a primeira funcionalidade são introduzidos valores característicos mais específicos dos materiais de mudança de fase, como é o caso da curva de entalpia de fusão (Figura 3.26). Através da segunda é possível dotar o material de valores mais específicos, tais como o calor latente durante o processo de mudança de fase, a condutividade térmica no estado sólido, condutividade térmica no estado líquido, temperatura de pico de fusão, temperatura de pico de cristalização, densidade no estado sólido, densidade no estado líquido, entre outros. Com esta panóplia de valores o material fica perfeitamente definido traduzindo, de forma bastante aproximada, o seu comportamento real quando aplicado em edifícios.

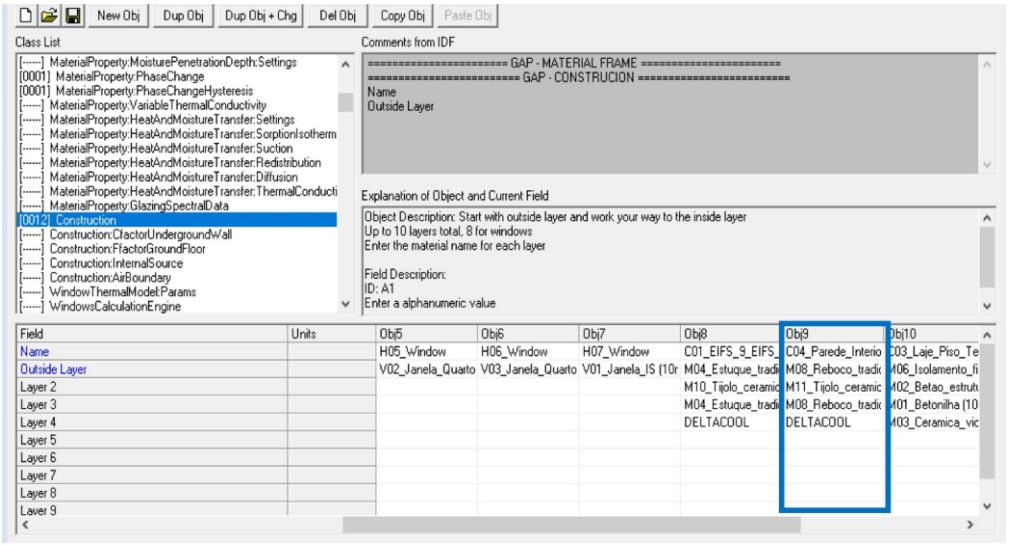
Figura 3.26 *-Definição da curva de entalpia de fusão do PCM Deltacool®.*



Fonte: EnergyPlus®

Por fim, a opção "*Construction*", que se encontra dentro do separador "*Surface Construction Elements*", permite a organização dos diversos materiais, dispondo-os em elementos construtivos ou camadas (layers). A título de exemplo, conforme ilustrado na Figura 3.27, constata-se que a parede "*CO4_Parede_Interior*" é constituída por camadas sucessivas dos materiais indicados (M08_Reboco tradicional, M11_Tijolo cerâmico, M08_Reboco tradicional, *Deltacool®*).

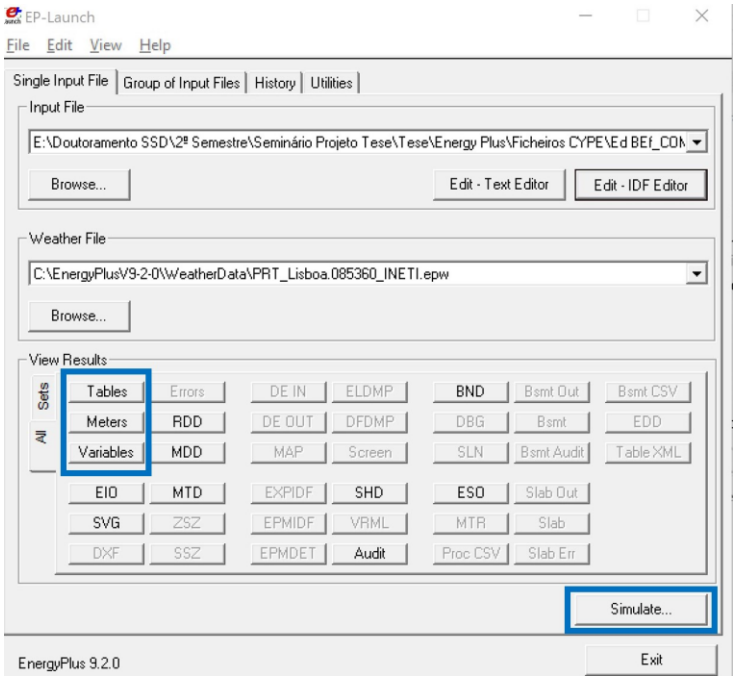
Figura 3.27 *- Definição dos elementos estruturais do edifício com base nos materiais introduzidos.*



Fonte: Energy Plus®

Finalizada a introdução de todos os elementos que enquadram o edifício, e após a escolha do ficheiro climático típico da região, resta efetuar a simulação automática do modelo elaborado. Após a simulação ficam disponíveis os separadores "*Tables*" e "*Variables*" que contêm informação (aqui com particular interesse) relativa à temperatura ambiente, humidade relativa e temperaturas interiores no edifício (Figura 3.28).

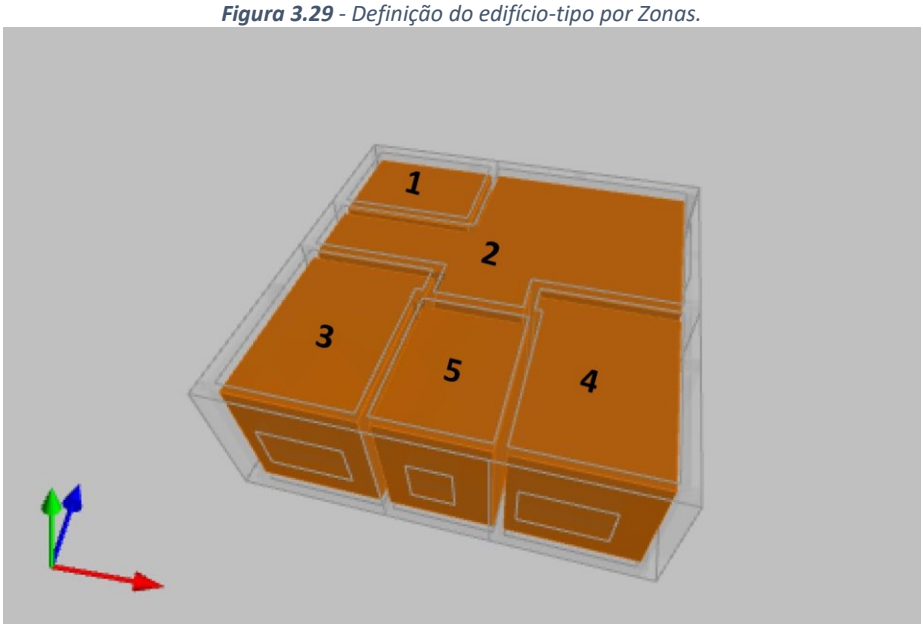
Figura 3.28 *- Funcionalidade do programa que permite efetuar a simulação e a escolha dos "outputs".*



Fonte: EnergyPlus®

Relativamente ao "*output*" das temperaturas interiores do edifício importa mencionar um aspeto de singular importância. As temperaturas interiores referem-se a zonas (Zone 1,Zone 2, …), e não à temperatura média interior do edifício, conforme esquematizado através da Figura 3.29. Estas zonas térmicas referem-se a diferentes compartimentos do edifício, que naturalmente estão expostos a diferentes condições de fronteira, como por exemplo a orientação solar, e direção do vento.

Figura 3.29 *- Definição do edifício-tipo por Zonas.*



Fonte: Cype®Cad

4. Modelação e Resultados

4.1. Modelação do Edifício Tipo

Neste capítulo é analisada a aplicação dos PCM selecionados no edifício mais eficiente e no edifício menos eficiente.

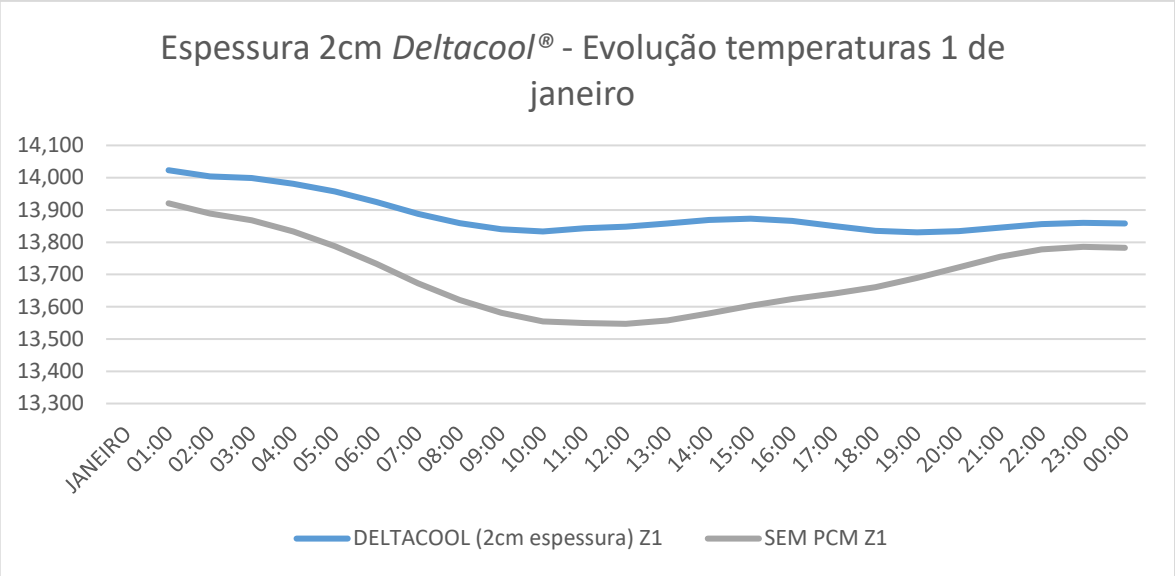
Esta análise foi dividida em dois grandes grupos: edifício sem inclusão de sistemas de climatização (AVAC) e edifícios com inclusão de sistemas de climatização. Para o primeiro grupo, são analisadas as temperaturas operativas no interior do edifício, tendo por bases duas espessuras (2 e 5 cm), de dois tipos de PCM. Para o edifício com sistema de AVAC são analisados os consumos de energéticos de aquecimento e arrefecimento, tendo por base 3 espessuras de PCM (2, 5 e 10 cm). Os PCM escolhidos, conforme mencionado já mencionado, têm por base uma parafina (*Micronal®*) e um sal hidratado (*Deltacool®*).

4.1.1. Análise Edifício de Baixa Eficiência – Evolução das Temperaturas

4.1.1.1. Solução com 2cm de Deltacool®

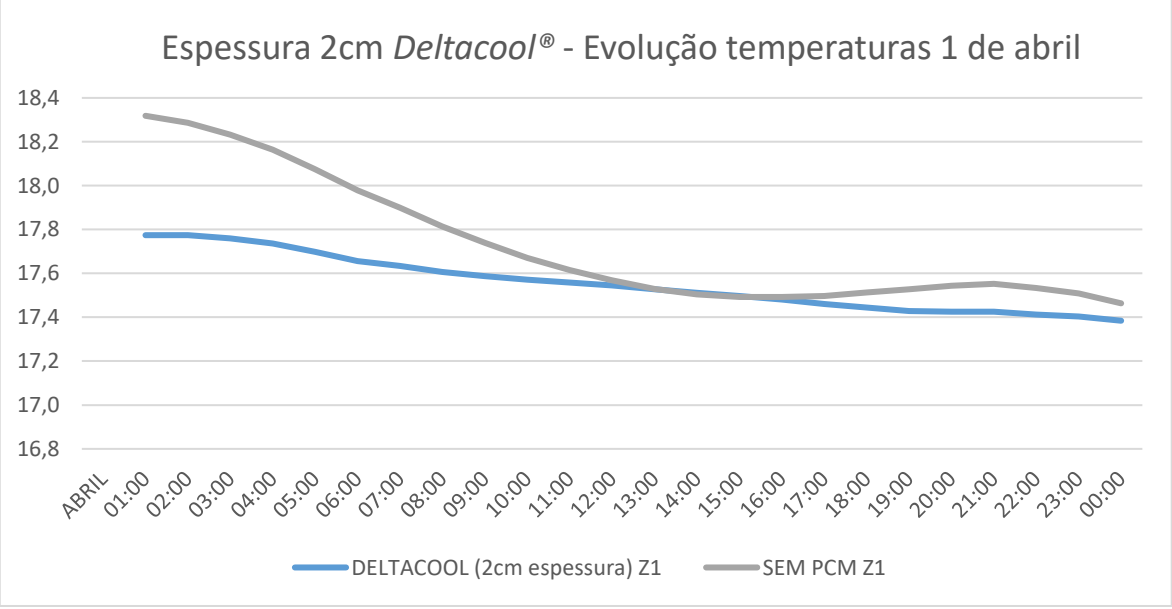
A análise da evolução das temperaturas iniciou-se com a aplicação de uma camada de 2 cm do PCM no edifício. O material foi aplicado em todas as paredes do edifício (exteriores e interiores), bem como no teto. Através da extração dos perfis de temperatura (para a Zona "Z1") constata-se, globalmente, ainda que de forma ligeira, uma melhoria dos valores das temperaturas interiores do edifício que caminha em direção aos critérios de conforto (neste caso temperatura mínima de 18 ^{o}C). No mês de janeiro, e por volta das 12h, atinge-se a maior diferença de temperatura entre a solução com PCM e sem PCM, que ronda os 0,5 ^{o}C, como ilustrado na Figura 4.1.

Figura 4.1 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de janeiro.*



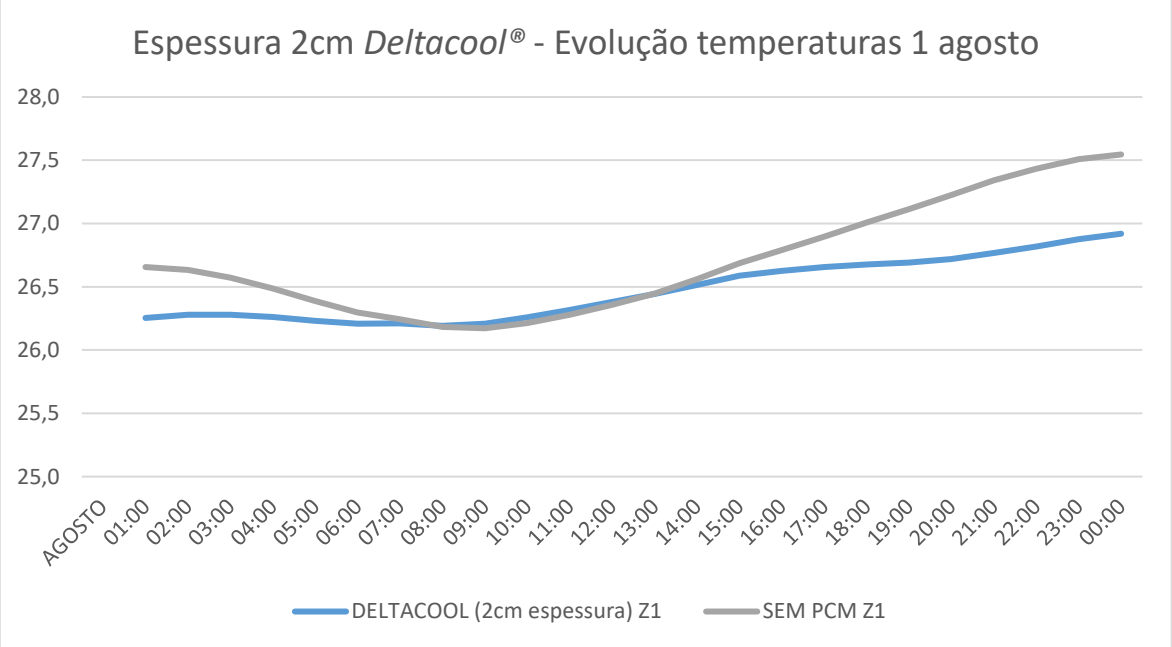
De forma análoga verifica-se que no mês de abril (Figura 4.2) existe uma estabilização da curva das temperaturas, muito embora neste caso as temperaturas com e sem PCM se situem já próximo dos valores de conforto. Destaca-se o facto de o PCM contribuir, de forma vincada, para a estabilização do perfil de temperatura ao longo do dia, permitindo a diminuição de um fator que mais à frente será analisado com mais detalhe, a amplitude térmica.

Figura 4.2 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de abril.*



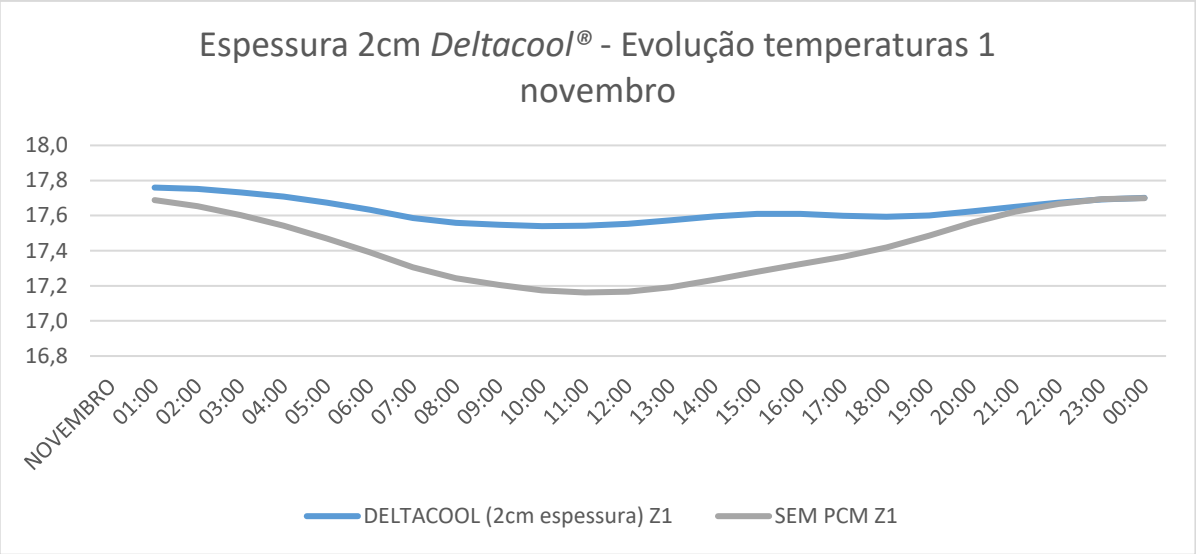
Para o mês de agosto (Figura 4.3), época típica do pico climático, denota-se uma diminuição do valor das temperaturas, que ronda os 0,5 ºC, no período do dia em que a temperatura interior do edifício tende a ser superior (período da noite e madrugada). É nesta altura que, fruto do acumular das temperaturas altas sentidas durante período diurno, se faz sentir uma maior carga térmica no interior do edifício. Mais uma vez, e à semelhança do verificado nos meses anteriores, há uma tendência de estabilização do perfil das temperaturas ao longo das 24 horas. Muito embora exista um ganho efetivo, importa referir que as temperaturas verificadas dentro do edifico ainda se encontram longe do valor máximo definido como critério de conforto (22 ºC).

Figura 4.3 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de agosto.*



Atente-se agora na Figura 4.4 para inferir o impacto do PCM no mês de novembro. Contata-se uma aproximação às temperaturas de conforto e ressalva-se a tendência para um aumento da estabilização da temperatura ao longo do dia, com a consequente diminuição da amplitude térmica, quando comparado com a solução sem PCM. Mais uma vez, e à semelhança do verificado para os meses de janeiro e agosto, a diferença de temperatura entre as soluções com e sem PCM cifra-se em aproximadamente 0,5 ºC.

Figura 4.4- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de novembro.



A estabilização da curva de temperatura ao longo das 24h, dos dias escolhidos, foi uma constante nos meses analisados. A estabilização da curva é medida por uma característica já referida como amplitude térmica. Por amplitude térmica entenda-se a diferença entre os valores máximos e mínimos de temperatura obtidos no período de 24 horas do dia selecionado. Os valores das amplitudes térmicas, em função dos meses do ano e da solução preconizada para o edifício (com e sem PCM), encontram-se explicitados na Tabela 4.1. Globalmente pode-se concluir que, com a aplicação de 2 cm de PCM no edifício, a amplitude térmica diminui para cerca de metade do valor verificado na solução sem PCM (reduções da amplitude térmica compreendidas entre os 48% e os 59% - sendo a redução mais substancial em 1/abr e 1/nov).

Tabela 4.1 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 2cm.

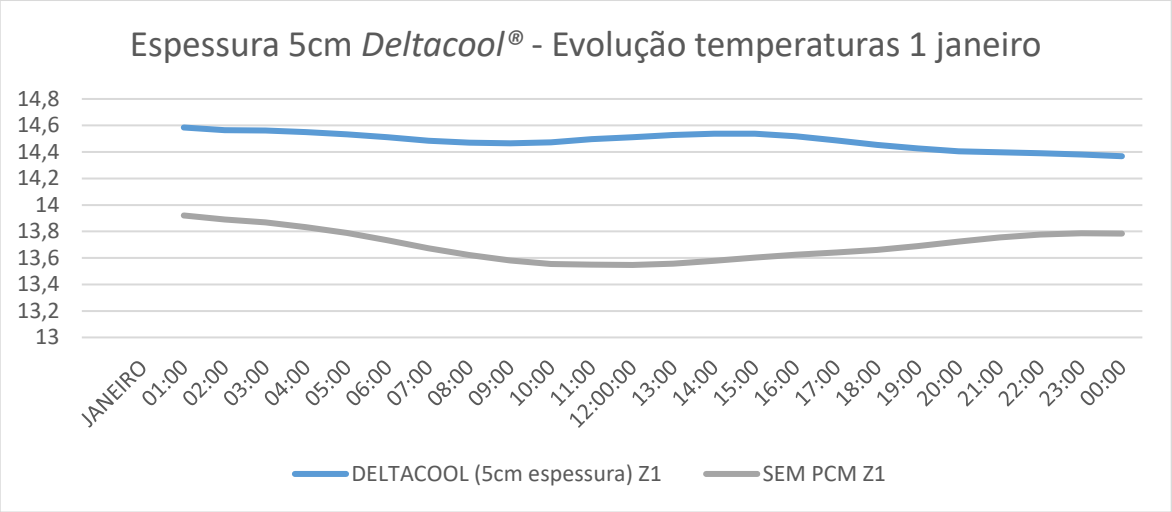
	Amplitudes Térmicas							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	13,92	14,02	18,32	17,77	27,55	26,92	17,70	17,76
Mínimo	13,54	13,83	17,46	17,42	26,17	26,19	17,16	17,54
Amplitude	0,37	0,193	0,86	0,35	1,37	0,73	0,54	0,22

4.1.1.2. Solução com 5cm de Deltacool®

Posteriormente, e à semelhança do realizado na análise anterior, foi efetuada uma nova simulação com a introdução de uma espessura de 5 cm do mesmo PCM *Deltacool®*. Decorrente do aumento de espessura, torna-se possível analisar a possível importância desta variável na obtenção de resultados mais promissores.

No mês de janeiro evidencia-se a diferença de temperatura, que aumenta em direção à temperatura mínima de conforto, muito embora se possa observar que a estabilidade das curvas de temperatura é superior na curva com PCM, muito embora de forma ligeira. Esta aproximação pode ser constatada por intermédio da análise da Figura 4.5. Na curva relativa à opção com PCM constata-se um ligeiro aumento das temperaturas interiores, quando comparado com a mesma curva relativa a 2 cm de espessura, bem como um afastamento das curvas de temperatura com e sem o material, que ronda 1 °C.

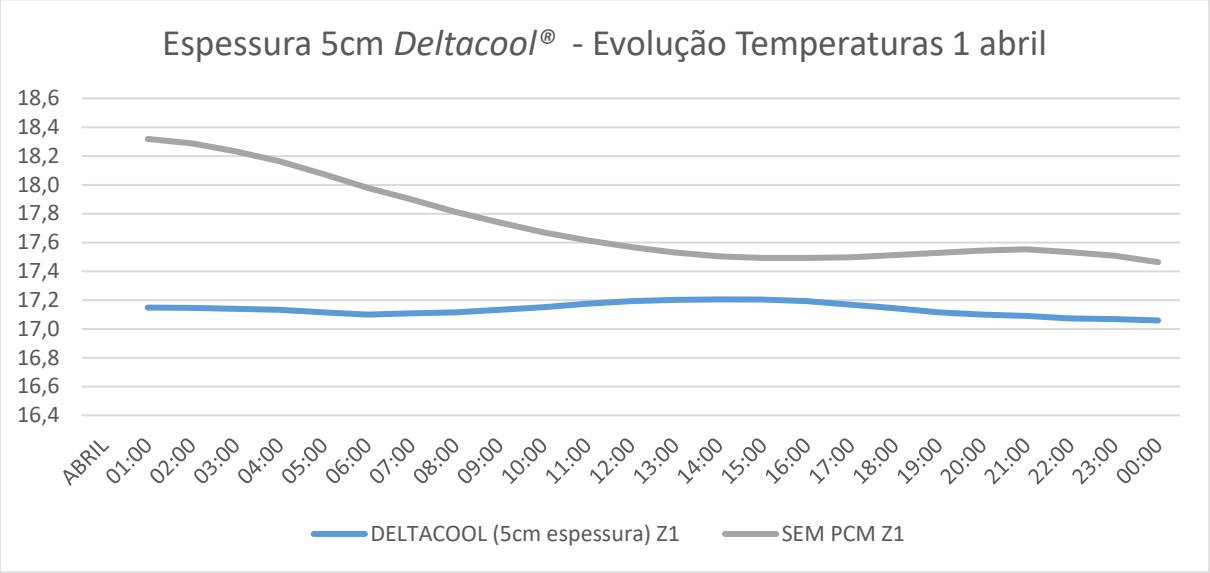
Figura 4.5 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de janeiro.*



Relativamente ao mês de abril (Figura 4.6), e comparativamente ao gráfico que constitui a solução com 2 cm de espessura (e para o mesmo mês), verifica-se um comportamento análogo, muito embora exista neste caso, um efetivo afastamento entre as duas curvas (afastamento que à 01h00 supera 1 °C) . A temperatura da solução com PCM é mais baixa, afastando-se um pouco da temperatura de referência mínima de conforto. No entanto, considera-se como mais-valia a estabilização da curva das temperaturas (com

comportamento quase linear), que apresentará com principal consequência a redução da amplitude térmica.

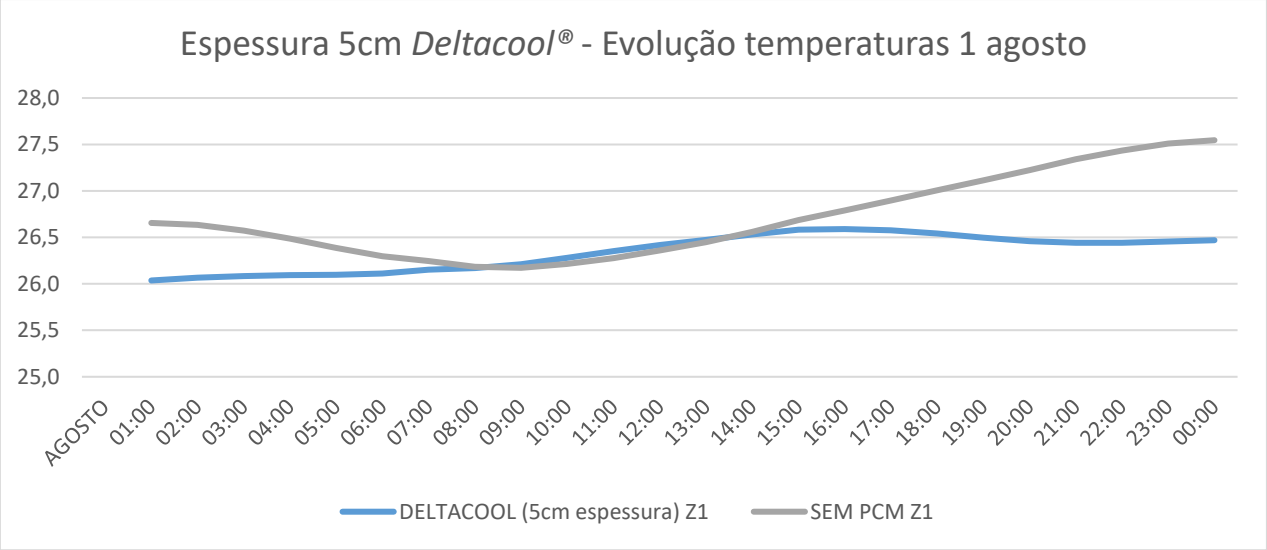
Figura 4.6 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de abril.*



O gráfico relativo ao mês de agosto representa um exponenciar do efeito expectável por intermédio da aplicação desta solução, quando em comparação com a solução com 2 cm de PCM. Nos períodos horários de temperatura interior mais elevada, a solução com 5 cm de PCM obtém melhores resultados, permitindo baixar a temperatura interior em cerca de 1 ^{o}C (por volta das 23h, altura de acumulação de carga térmica mais elevada), conforme observável através da Figura 4.7.

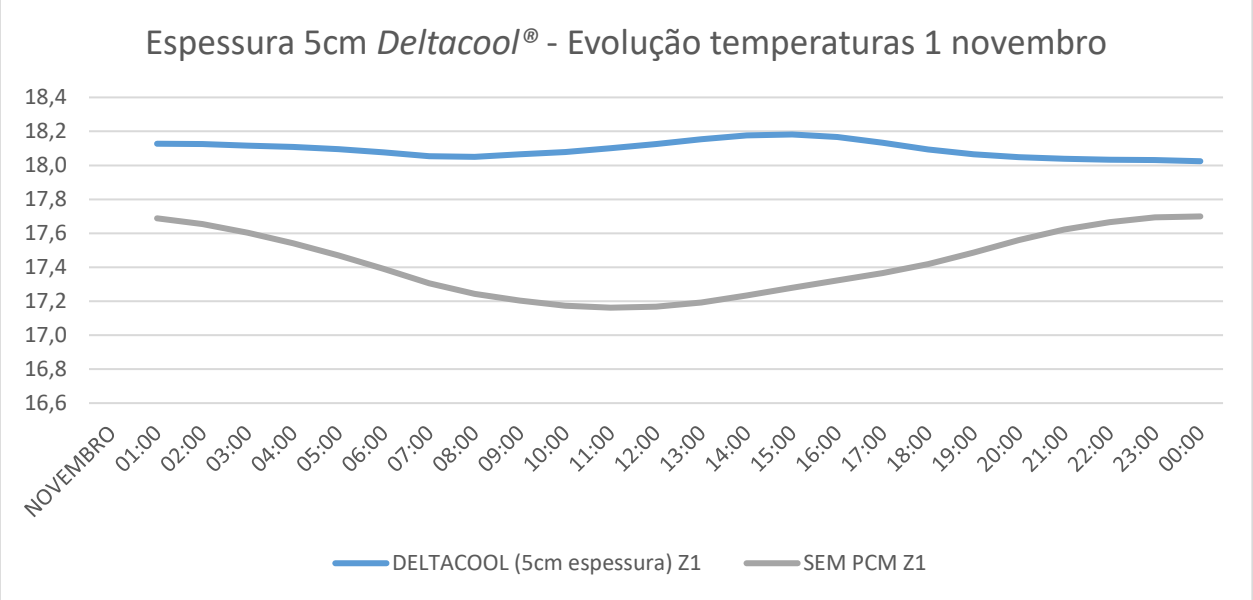
Muito embora a linha de temperaturas exteriores ao edifício não se encontre representada, verifica-se que a temperatura máxima dentro do edifício é atingida no período noturno onde, naturalmente, a temperatura exterior será mais baixa.

***Figura 4.7** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de agosto.*



Atente-se agora na Figura 4.8 para inferir o impacto do PCM no mês de novembro. Contata-se uma aproximação às temperaturas de conforto e um incremento da estabilização da temperatura ao longo do dia, com a consequente diminuição da amplitude térmica. Neste caso é possível obter diferenças de temperatura, de até 1 ^{o}C, quando se comparam as soluções com e sem aplicação do material de mudança de fase. Neste caso o pico de diferença de temperatura ocorre ao meio do dia.

***Figura 44.8** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de novembro.*



Relativamente à amplitude térmica (Tabela 4.2), verificada nos meses em análise, é possível constatar que o salto é bastante positivo. À exceção do mês de janeiro, em que a amplitude térmica decresce 0,1 graus, verifica-se que para os restantes meses o valor é cerca de três vezes inferior, contribuindo desta forma para uma maior estabilidade térmica no interior do edifício. Desta forma observa-se uma redução da amplitude térmica, comprando com os valores dos edifícios sem PCM, que oscila entre 42 % em janeiro (mínimo) e 83% em abril (máximo), para os quatro dias observados.

Tabela 4.2 *- Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 5cm.*

	Amplitudes Térmicas							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	13,92	14,58	18,32	17,21	27,55	26,59	17,70	18,18
Mínimo	13,55	14,37	17,46	17,06	26,17	26,04	17,16	18,02
Amplitude	0,37	0,21	0,86	0,15	1,37	0,55	0,54	0,16

Para confirmar a análise relativa à influência da espessura do PCM na eficiência térmica do edifício, torna-se interessante efetuar uma nova comparação de temperaturas e amplitudes térmicas, com as duas espessuras utilizadas.

Destaca-se o facto de, em janeiro, e ao contrário do que acontece nos restantes meses indicados, a amplitude térmica ser ligeiramente inferior para a solução com 2 cm de PCM (0,19 °C), em comparação com a solução com 5 cm de PCM (0,21 °C) . Nota-se ainda que os maiores decréscimos de amplitude se conseguem nos meses mais amenos/quentes, relativos aos períodos de primavera e verão. Recorde-se que as reduções de amplitude térmica para 2 cm de PCM são 48 % em janeiro, 59 % em abril, 47 % em agosto e 59 % em novembro. Para uma espessura de 5 cm as reduções de amplitude térmica são 42 % em janeiro, 83 % em abril, 60 % em agosto e 71% em novembro.

Relativamente à comparação das temperaturas, e como já explanado nos gráficos ilustrados ao longo desta análise, constata-se (Tabela 4.3 e Tabela 4.4) que, de forma geral, à medida que se caminha para o incremento de espessura, consegue-se obter temperaturas mais aproximadas dos critérios de conforto, com temperaturas interiores mais elevadas no

inverno e temperaturas interiores mais baixas no verão. No entanto, esta aproximação ainda se encontra longe dos critérios de conforto considerados.

Tabela 4.3 *- Comparação das amplitudes térmicas para as espessuras de 2 e 5 cm de PCM Deltacool®.*

	Amplitudes Térmicas							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Amplitude 2 CM	0,37	0,19	0,86	0,35	1,37	0,73	0,54	0,22
Amplitude 5 CM	0,37	0,21	0,86	0,15	1,37	0,55	0,54	0,16

Tabela 4.4 *-Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM de 2 e 5 cm.*

	Comparação de Temperaturas											
	01/jan			01/abr			01/ago			01/nov		
	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM
MAX	13,92	14,02	14,58	18,32	17,77	17,21	27,55	26,92	26,59	17,70	17,76	18,18
MIN	13,55	13,83	14,37	17,46	17,43	17,06	26,17	26,19	26,04	17,16	17,54	18,02

4.1.1.3. Solução com 2cm de Micronal®

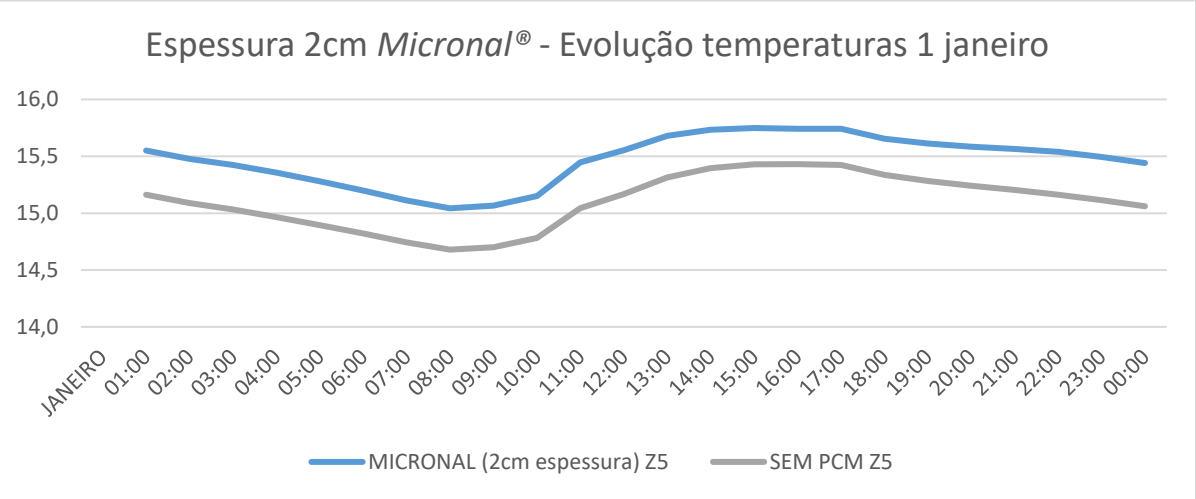
Após a avaliação do PCM *Deltacool®* segue-se a análise do PCM *Micronal®*, tendo sido consideradas a aplicação das mesmas espessuras e os mesmos meses do ano. Neste caso foi considerada a análise de uma outra zona do edifício, a zona "Z5", pretendendo assim diversificar a conteúdo da informação, nomeadamente a localização espacial.

Ao contrário do verificado com o PCM *Deltacool®* não foi verificada, de forma tão consistente ao longo do período em análise, uma melhoria dos critérios de eficiência (em valores de temperatura) decorrentes da introdução deste material. Destaca-se, de uma forma geral, o efeito neutro ou penalizador (sem comprometer sobremaneira os critérios de conforto) nas temperaturas interiores decorrente da introdução do PCM, nos meses com temperaturas mais elevadas.

Atendendo ao ilustrado no gráfico da Figura 4.8, relativo ao mês de janeiro, é possível observar que as curvas são em tudo idênticas, sendo que através da curva com PCM denota-se uma melhoria do nível de conforto interior do edifício, por intermédio do aumento da

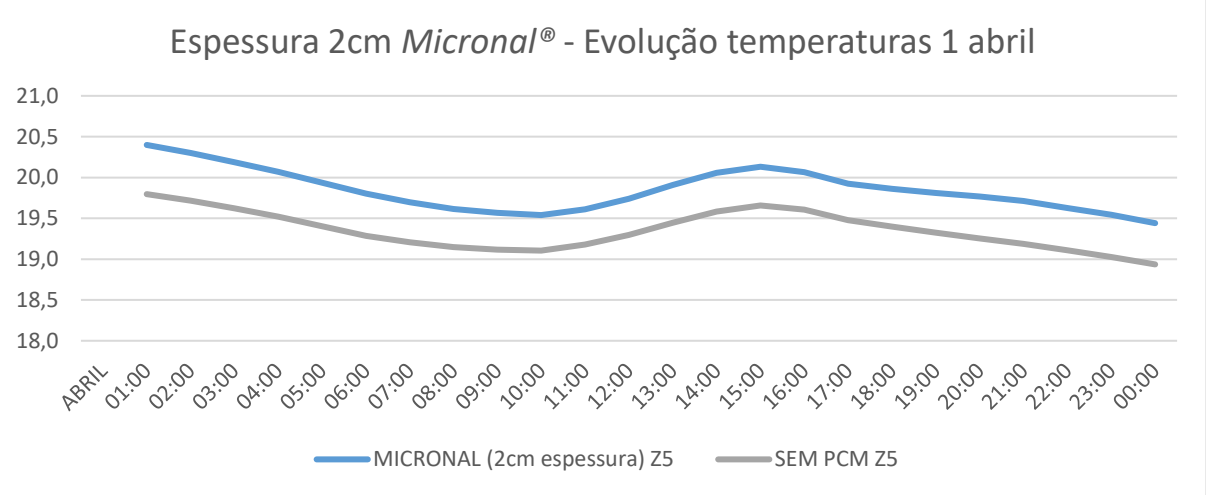
temperatura. Verifica-se que a amplitude térmica conhece uma ligeira redução, na ordem dos 5 %, quando comparado com a solução sem PCM. Dado que as temperaturas exteriores do edifício não atingem, por norma, o ponto de fusão do PCM, este material oferece apenas o efeito barreira, por intermédio do incremento da espessura da parede, conjugado com a sua baixa condutividade térmica.

***Figura 4.8** - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de janeiro.*



Para o mês de abril (Figura 4.9) o fenómeno é em tudo semelhante ao verificado para o mês de janeiro, podendo considerar-se como um efeito neutro. A espessura de PCM funciona apenas como efeito barreira, ajudando a conservar uma temperatura interior no edifício que em média é 1 ^{o}C superior à solução sem PCM. No entanto, importa referir que tanto a curva de temperaturas sem PCM, como a curva com PCM, enquadram-se nas temperaturas de conforto mínimas e máximas definidas.

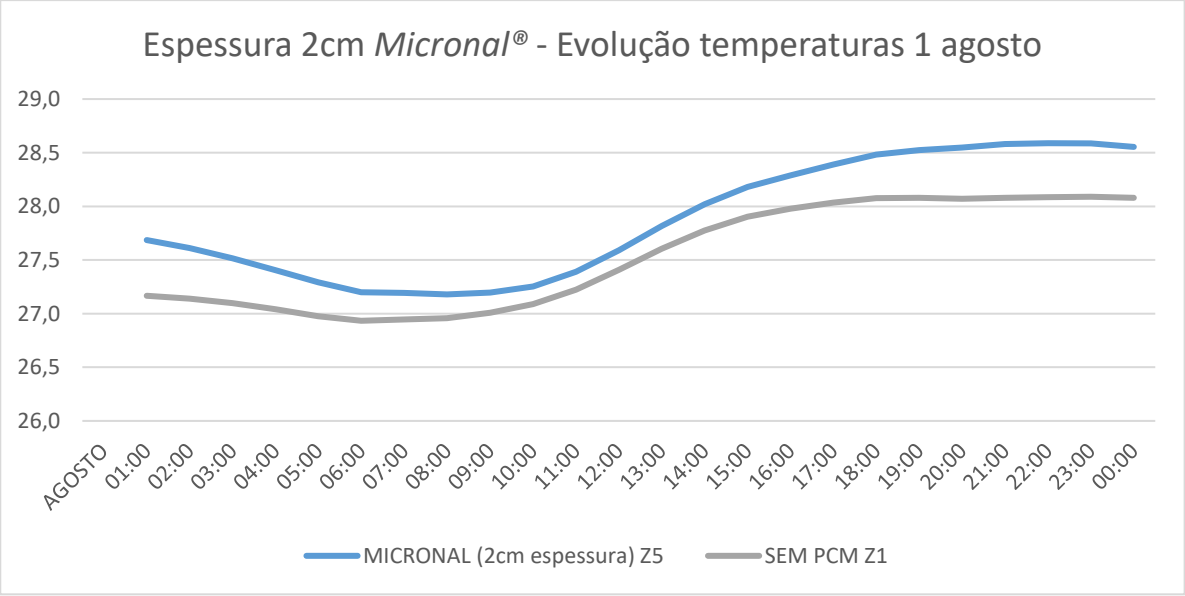
***Figura 4.9** - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de abril.*



Relativamente ao comportamento térmico do mês de agosto, ilustrado na Figura 4.10, pode inferir-se que o comportamento resultante da aplicação do PCM é penalizador, verificando-se um aumento das temperaturas interiores, muito embora nunca exceda uma diferença de 1 ºC. Recorde-se que o PCM do tipo *Micronal®* apresenta uma baixa condutividade térmica e uma temperatura de fusão entre os 23 e os 26 ºC. Dadas as elevadas temperaturas exteriores, pode considerar-se que poderá ter sido excedida a capacidade de absorção de energia, tendo a sua conservação no interior do edifício resultado da sua baixa condutividade térmica.

Ao contrário daquilo que aconteceu com aplicação do PCM *Deltacool®* (com condutividade térmica mais elevada e uma mais elevada entalpia de fusão), em que foi possível baixar a temperatura do edifício, explorando o vetor espessura da parede e uma temperatura de fusão que está numa gama entre os 22-28 ºC.

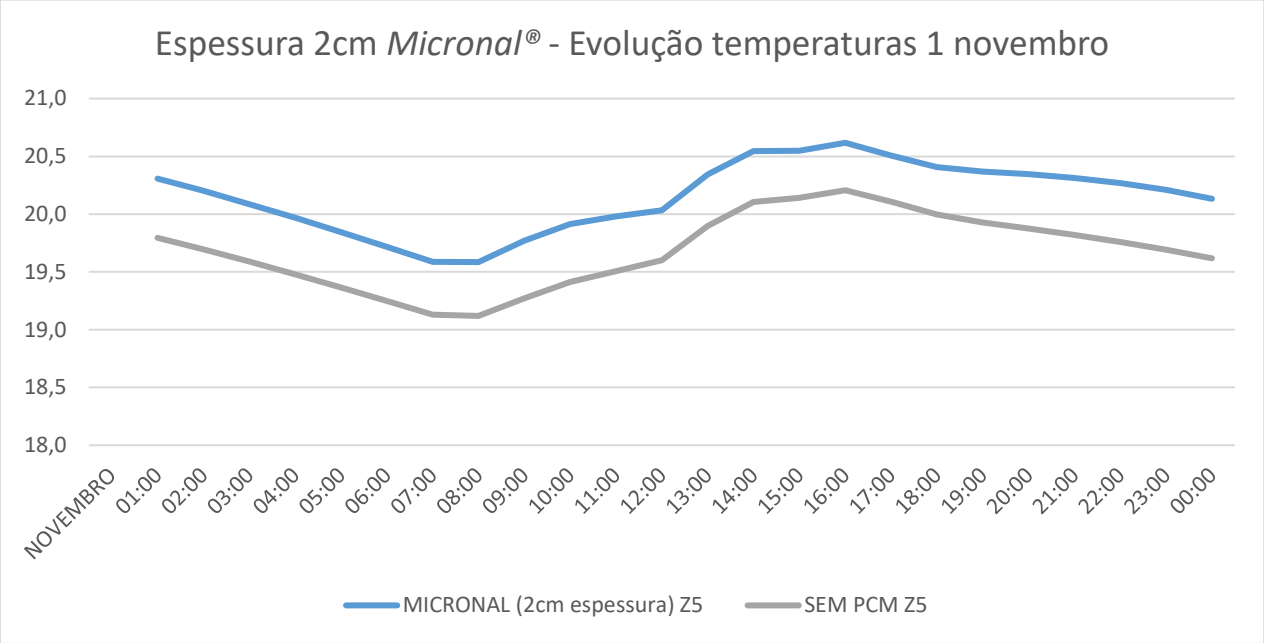
Figura 4.10 *- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de agosto.*



O comportamento térmico interior do edifício, no mês de novembro (Figura 4.11), continua a corroborar o efeito global de aumento das temperaturas interiores, verificando-se um aumento consistente da temperatura em 0,5 º C, quando comparado com a curva sem PCM. No entanto, e neste caso, não se colocam em causa as condições de conforto interior,

na medida em que as temperaturas com e sem PCM estão enquadradas dentro dos limites definidos para os critérios de conforto.

***Figura 4.11** - Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 2 cm, para o dia 1 do mês de novembro.*



A análise das amplitudes térmicas (Tabela 4.5) corrobora o estudo anteriormente efetuado para o PCM *Deltacool®*. Genericamente, verifica-se um aumento do valor da amplitude nos meses com temperaturas mais altas (abril/agosto), quando comparado com o valor obtido para a solução sem PCM. Em janeiro e novembro a amplitude térmica diminui 5% e 6% respetivamente, enquanto em abril e agosto a amplitude aumenta 12% e 22%.

No entanto, esta análise não deverá ser feita de forma isolada, na medida em que poderá levar a interpretações que não englobam todos os fatores. Se se atentar aos valores máximos e mínimos das temperaturas, verifica-se uma melhoria, que muito embora se apresente ligeira, permite colmatar o aumento da amplitude térmica. A título de exemplo, e para o que ao mês de janeiro diz respeito, verifica-se que a amplitude térmica desce apenas 0,05 ^{o}C, mas é acompanhada pela subida da temperatura mínima, num valor de 0,4 ^{o}C, sendo que o mesmo se verifica para a temperatura máxima, através de um incremento de 0,3^{o}C.

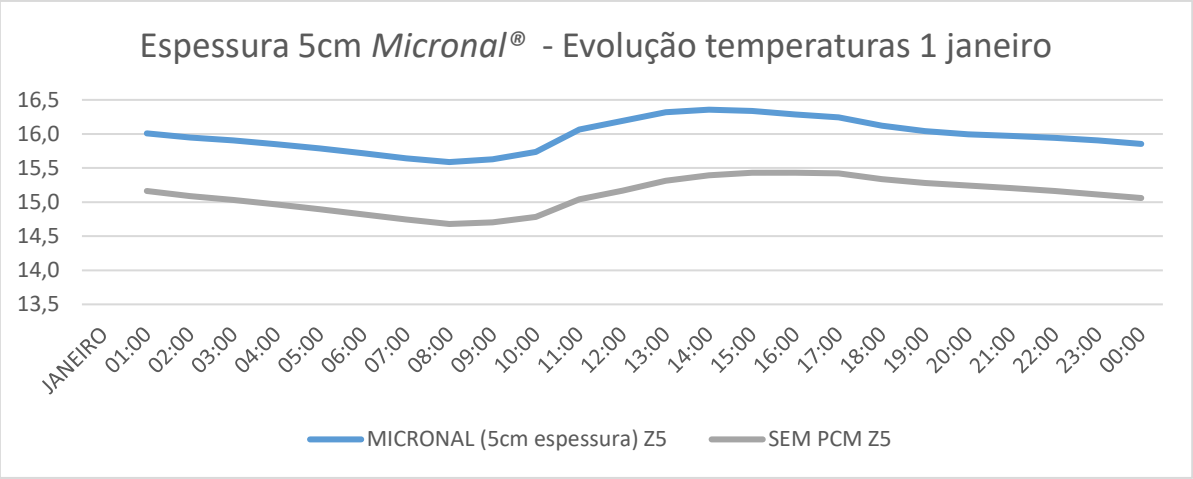
Tabela 4.5 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 2cm.

	Amplitudes Térmicas – 2cm *Micronal®*							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	15,43	15,75	19,80	20,40	28,09	28,59	20,21	20,62
Mínimo	14,68	15,04	18,94	19,44	26,93	27,18	19,12	19,59
Amplitude	0,75	0,71	0,86	0,96	1,16	1,41	1,09	1,03

4.1.1.4. Solução com 5cm de Micronal®

De seguida, efetuou-se a aplicação do mesmo PCM *Micronal®* com uma espessura de 5 cm. O comportamento identificado para a solução com 2 cm de *Micronal®* replica-se para esta solução com 5 cm, verificando-se um aumento generalizado das temperaturas interiores. Para os meses de inverno, importa registar que existe um afastamento entre as 2 curvas de temperatura (com e sem PCM), com variações de até 1 ^{o}C. Estas variações ocorrem em direção aos critérios de conforto. No entanto, e ao contrário do verificado com o PCM *Deltacool®*, não se verifica uma estabilização da curva de temperaturas ao longo das 24 horas do dia em análise (Figura 4.12).

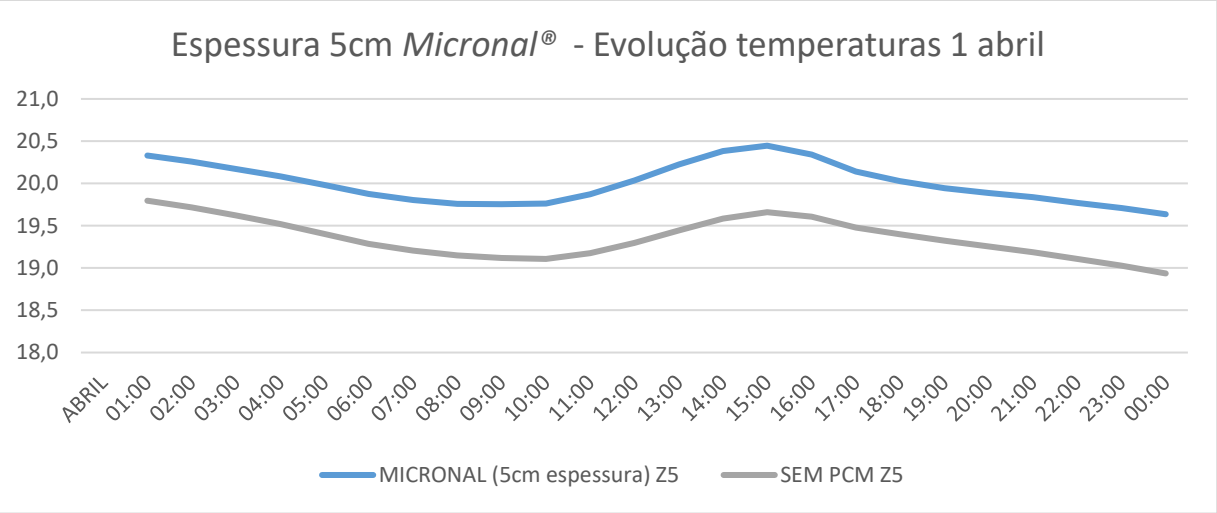
***Figura 4.12**- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de janeiro.*



Relativamente ao mês de abril (Figura 4.13) assumem-se as mesmas considerações tidas para o mês de janeiro. Existe uma separação entre curvas de temperatura que ronda 1 ^{o}C, sendo que os valores com PCM assumem valores superiores relativamente à solução sem PCM. No entanto, tanto os valores de temperatura interior para a solução com PCM, como

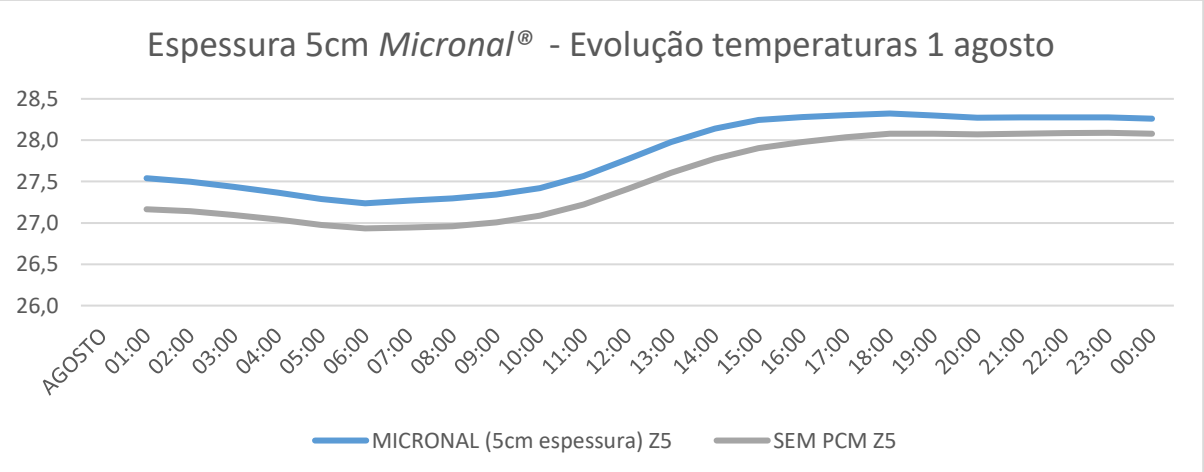
para a solução sem PCM, enquadram-se nos critérios de conforto previamente estabelecidos.

Figura 4.13 *- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de abril.*



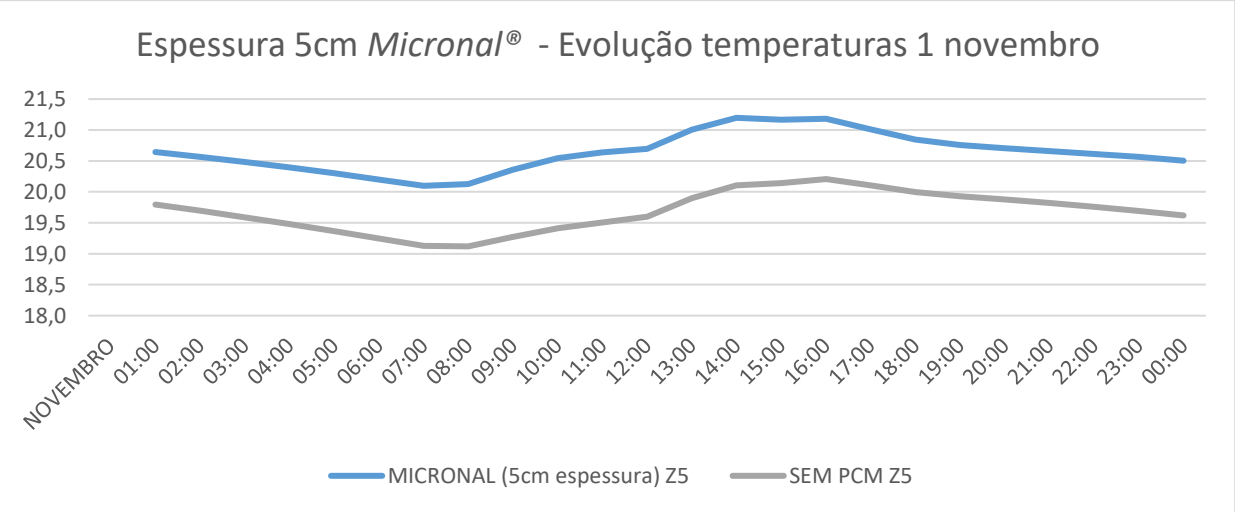
Relativamente ao mês de agosto a aplicação de 5 cm de PCM *Micronal®* mostra-se, mais uma vez, penalizadora do ponto de vista do espetro de temperaturas. A análise da Figura 4.14 permite verificar um aumento das temperaturas, com consequente afastamento dos critérios de conforto, ao longo de todo o período de 24 horas, muito embora este aumento seja pouco acentuado. Por intermédio da análise a efetuar posteriormente, relativa à importância deste PCM nos consumos energéticos, poderá ser inferido se o mesmo se constitui como uma mais valia em todos os vetores de análise (espetro temperaturas, consumos energéticos e contributo da sua utilização para a sustentabilidade).

Figura 4.14 *- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de agosto.*



Relativamente ao mês de novembro (Figura 4.15) replica-se a informação dada para os meses anteriores. Mais uma vez, o aumento de temperatura, em relação à solução sem PCM, acarreta um aumento de 1 ºC, sem implicações diretas para os critérios de conforto. Esta situação poderá relacionar-se com a baixa condutividade térmica do material, ajudando a conservar as temperaturas mais amenas sentidas nos meses anteriores, conjugado com a sua baixa entalpia de fusão relativamente ao PCM *Deltacool®*.

Figura 4.15 *- Evolução das temperaturas do PCM Micronal®, com espessura de 5 cm, para o dia 1 do mês de novembro.*



Relativamente à amplitude térmica (Tabela 4.6), e tendo por base a solução com aplicação de 5 cm de *Micronal®*, constata-se o fenómeno oposto ao verificado por intermédio da aplicação de 2 cm de espessura do mesmo PCM. Neste caso é nos períodos com temperaturas mais quentes que se verifica uma ligeira redução da amplitude térmica (Tabela 4.7 e Tabela 4.8).

Regista-se que em janeiro e novembro existe um ligeiro aumento da amplitude térmica de 3% e 1%, respetivamente. Este aumento da amplitude térmica não tem implicação nos critérios de conforto na medida em que é acompanhado por um aumento substancial das temperaturas interiores máximas e mínimas em cerca de 1 ºC. Em sentido oposto, em abril e agosto observa-se uma redução na amplitude térmica de 6%, em ambos os casos, sendo, no entanto, acompanhadas por um aumento da temperatura interior (que no caso do mês de agosto se afasta dos critérios de conforto).

Tabela 4.6 - Amplitude térmica edifício de baixa eficiência sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 5cm.

	Amplitudes Térmicas – 5CM Micronal							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	15,43	16,36	19,80	20,45	28,09	28,32	20,21	21,20
Mínimo	14,68	15,59	18,94	19,64	26,93	27,24	19,12	20,10
Amplitude	0,75	0,77	0,86	0,81	1,16	1,09	1,09	1,10

Tabela 4.7 - Comparação das amplitudes térmicas para as espessuras de 2 e 5 cm de PCM Micronal®.

	Amplitudes Térmicas – Comparação Espessuras *Micronal®*							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Amplitude 2 CM	0,75	0,71	0,86	0,96	1,16	1,41	1,09	1,03
Amplitude 5 CM	0,75	0,77	0,86	0,81	1,16	1,09	1,09	1,10

Tabela 4.8 - Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM de 2 e 5 cm.

	Comparação de Temperaturas											
	01/jan			01/abr			01/ago			01/nov		
	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM
MAX	15,43	15,75	16,36	19,80	20,40	20,45	28,10	28,59	28,32	20,21	20,62	21,20
MIN	14,68	15,04	15,59	18,94	19,44	19,64	26,93	27,18	27,24	19,12	19,59	20,10

4.1.1.5. Análise consumos e parâmetros sustentabilidade para edifício com sistema AVAC

Concluída a análise do edifício de baixa eficiência efetuar-se-á, a partir deste momento, o estudo que permitirá medir a influência resultante da utilização dos PCM *Deltacool®* e *Micronal®*, sujeitos a um edifício que possui um sistema de climatização. Recorde-se que este sistema de climatização "obrigará" o edifício a manter as temperaturas

interiores restritas a valores próximos das temperaturas de conforto previamente estabelecidas, com um mínimo de 18 ºC e um máximo de 22 ºC.

Neste particular, dada a restrição das temperaturas aos valores de conforto, não faz sentido escalpelizar as temperaturas interiores do edifício. A análise centrar-se-á na análise dos consumos energéticos necessários para levar o edifício a atingir as temperaturas de conforto, tendo como base de análise a solução sem PCM e com várias espessuras de PCM (2, 5 e 10 cm).

Em primeiro lugar efetuou-se uma análise "macro", com a contabilização dos consumos totais do edifício e consumos em função da área (m^2), conforme apresentado através da Tabela 4.9. Verifica-se que o consumo total do edifício vai sendo reduzido, sucessivamente, com a aplicação de PCM nas suas diversas espessuras. Constata-se, desde logo, ao contrário do observado para o mesmo edifício, sem sistema de ventilação, que o PCM mais efetivo é o *Micronal®*, ao invés do *Deltacool®,* que apresenta resultados promissores numa solução totalmente passiva, para controlo das temperaturas internas. Este facto poderá estar diretamente relacionado com uma condutividade térmica mais baixa do material, com efeito direto na conservação de temperaturas interiores por via da utilização de sistemas de climatização.

Tabela 4.9 *- Consumos totais do edifício de baixa eficiência tendo em conta as diferentes soluções.*

Utilização Total de Energia	Energia Total Consumida [kWh]	Energia por Área [kWh/m2]
Total Energia Utilizada Sem PCM	18814,1	353,1
2CM_*Deltacool®*	18624,6	349,6
5CM_ *Deltacool®*	18386,1	345,3
10CM_ *Deltacool®*	18084,2	339,4
2CM_*Micronal®*	18136,6	340,4
5CM_ *Micronal®*	17512,6	328,7
10CM_ *Micronal®*	16915,5	317,5

As necessidades de consumo de energia analisadas neste estudo dividem-se em aquecimento e arrefecimento. Como é possível verificar, e para um clima anual típico da região de Lisboa, a fatia de consumo energético relativa ao arrefecimento (56 %) é ligeiramente superior à parcela para aquecimento (44 %). Isto significa que o CDD ("*cooling degree days*") são superiores ao HDD ("*heating degree days*"). A análise da Tabela 5.10 confirma a maior prevalência das necessidades de arrefecimento.

Para correlacionar a análise dos consumos energéticos com alguns vetores da sustentabilidade, efetuou-se uma comparação entre a energia consumida versus a quantidade de emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Verifica-se, por intermédio da Tabela 4.10, que a redução das emissões é alavancada pelo aumento da espessura, sendo o seu efeito mais significativo por intermédio da utilização do PCM *Micronal®*. Para este PCM é possível obter reduções nas emissões de gases com efeito de estuda de 13% (2 cm), 22% (5 cm) e 35% (10 cm).

Tabela 4.10 *- Consumos de aquecimento e arrefecimento anuais e correlação entre TonCO_2.*

Total Energia	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]	Total [kWh]	Δ [kWh]	Ton $C0_2$ Tot[5]
Total Site Energy Sem PCM	2518,0	3175,5	5693,5		2,3
2CM_ *Deltacool®*	2409,0	3095,9	5504,9	-188,6	2,2
5CM_ *Deltacool®*	2275,7	3000,8	5276,4	-417,1	2,1
10CM_ *Deltacool®*	2087,8	2875,8	4963,6	-729,9	2,0
2CM_ *Micronal®*	2105,0	2911,1	5016,1	-677,5	2,0
5CM_ *Micronal®*	1720,4	2671,7	4392,0	-1301,5	1,8
10CM_ *Micronal®*	1327,3	2467,6	3794,9	-1898,6	1,5

Foi medida (Tabela 4.11) a poupança (energia e custos) nos consumos de aquecimento e arrefecimento fruto da aplicação dos materiais de mudança de fase. Para o PCM *Deltacool®* registam-se reduções de consumo globais de 3,3% (2 cm), 7,3% (5 cm) e 12,8% (10 cm). Para o *Micronal®* registam-se reduções globais de 11,9% (2 cm – melhor resultado com a mais baixa espessura), 22,9% (5 cm) e 33,3% (10 cm).

À semelhança do explicitado anteriormente, também a o valor monetário da poupança energética é incrementado em função da espessura. O custo da energia foi baseado na consulta dos tarifários da EDP em janeiro de 2022. Obtém-se então um valor de 0,1490€[6] (assumindo uma potência contratada de 6,9kVA). A potência contratada também apresenta um custo diário, custo este que não será refletido na análise dado que não se configura como um valor em função da energia consumida, mas sim como um valor diário.

[5] Baseado no calculador automático disponível no site da Agência Regional de Energia e Ambiente do Oeste - http://www.oestesustentavel.pt/?/calculadora-carbono

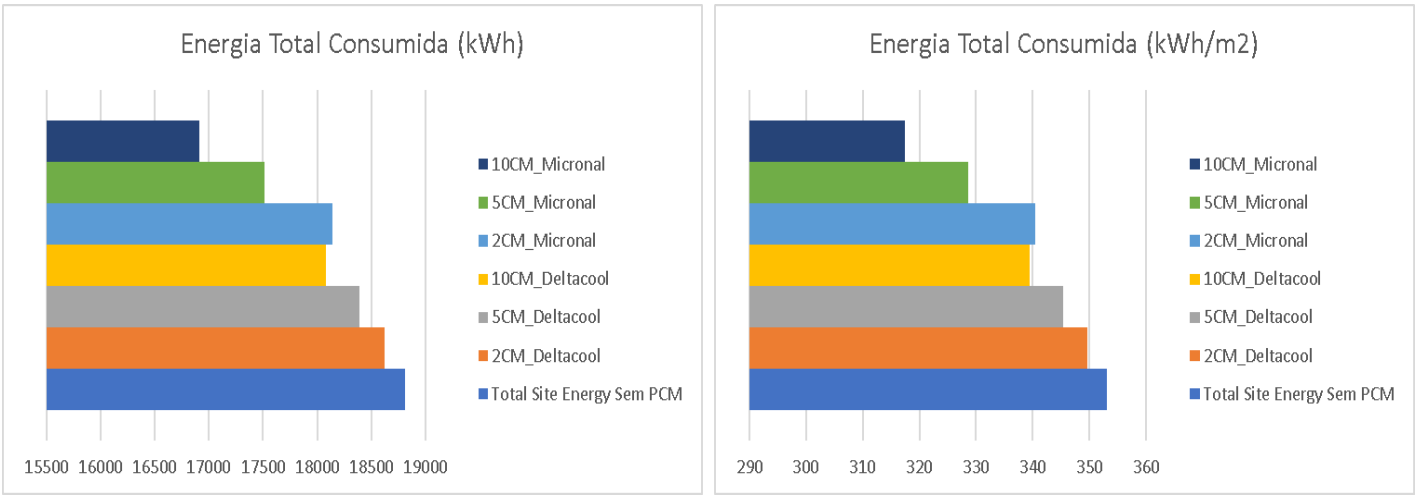
[6] Disponível em https://helpcenter.edp.pt/media/2743/tarifarios-novos-precos-eletricidade-verde_10012022.pdf

***Tabela 4.11** - Poupança fatura energética sem PCM e com inclusão de PCM.*

Total Energia	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]	Total[kWh]	Δ [kWh]	Custo Aqu + Arref (€)	Δ Custo - Poupança (€)
Total Site Energy Sem PCM	2518,0	3175,5	5693,5		848,3	
2CM_ *Deltacool®*	2409,0	3095,9	5504,9	-188,6	820,2	-28,1
5CM_ *Deltacool®*	2275,7	3000,8	5276,4	-417,1	786,2	-62.1
10CM_ *Deltacool®*	2087,8	2875,8	4963,6	-729,9	739,6	-108,7
2CM_ *Micronal®*	2105,0	2911,1	5016,1	-677,5	747,4	-100,9
5CM_ *Micronal®*	1720,4	2671,7	4392,0	-1301,5	654,4	-193,9
10CM_ *Micronal®*	1327,3	2467,6	3794,9	-1898,6	565,4	-282,9

De forma gráfica, para tornar mais percetível a evolução dos consumos atente-se na Figura 4.16, verificando-se a vantagem de utilização de PCM em edifícios. Os resultados obtidos encontram-se indexados às várias espessuras de material utilizadas., estando o resultado obtido diretamente indexado à espessura do material utilizado.

***Figura 4.16** - Evolução gráfica nos consumos do edifício relativos ao total de energia e energia por área útil do edifício.*



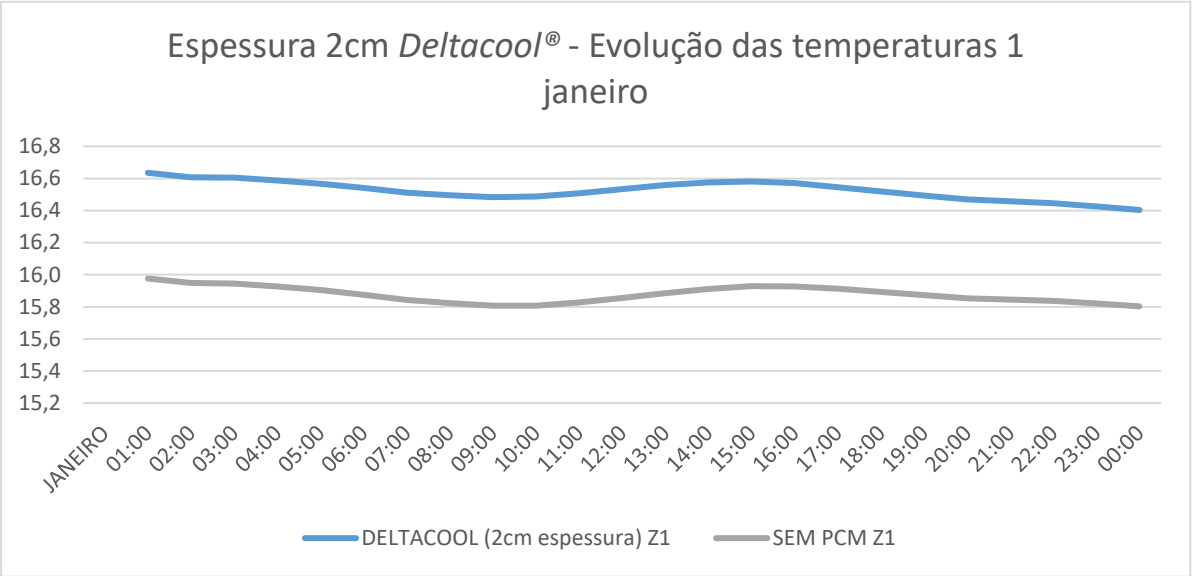
4.1.2. Análise Edifício Mais Eficiente – Evolução das Temperaturas

Realizada a análise para o edifício de baixa eficiência, segue-se a replicação para um edifício mais eficiente. Como ponto de partida espera-se que a eficiência energética superior, conseguida por via da aplicação de soluções construtivas mais eficientes, tenha um reflexo no impacto no comportamento dos próprios materiais de mudança de fase, fazendo com que se sinta de forma mais ligeira o efeito da sua aplicação. No entanto, poderá verificar-se que em certas situações o resultado das modelações poderá alterar a intuição.

4.1.2.1. Solução com 2cm de Deltacool®

À semelhança da metodologia efetuada para o edifício de baixa eficiência, procedeu-se à aplicação de 2 cm do PCM *Deltacool®* em todas as paredes do edifício (exteriores e interiores), bem como no teto. Ao contrário do expectável, o ganho de temperaturas interiores para o mês de janeiro, é superior ao verificado para o edifício de baixa eficiência (Figura 4.17). Neste caso a subida da temperatura cifra-se, em média, em 0,7 ^{o}C, ao contrário dos 0,3 ^{o}C verificados para o edifício de baixa eficiência. O edifício mais eficiente apresenta uma menor condutividade térmica dos elementos construtivos (paredes e tetos), estando menos suscetível à influência da temperatura exterior. No entanto, e por intermédio da aplicação de um PCM que, embora com condutividade térmica mais elevada que o PCM *Micronal®*, contribui para uma diminuição da condutividade térmica global do elemento da envolvente opaca, sendo possível usufruir de melhores condições de conjunto. De salientar ainda que o comportamento da curva de temperaturas com PCM é praticamente idêntico à curva sem PCM.

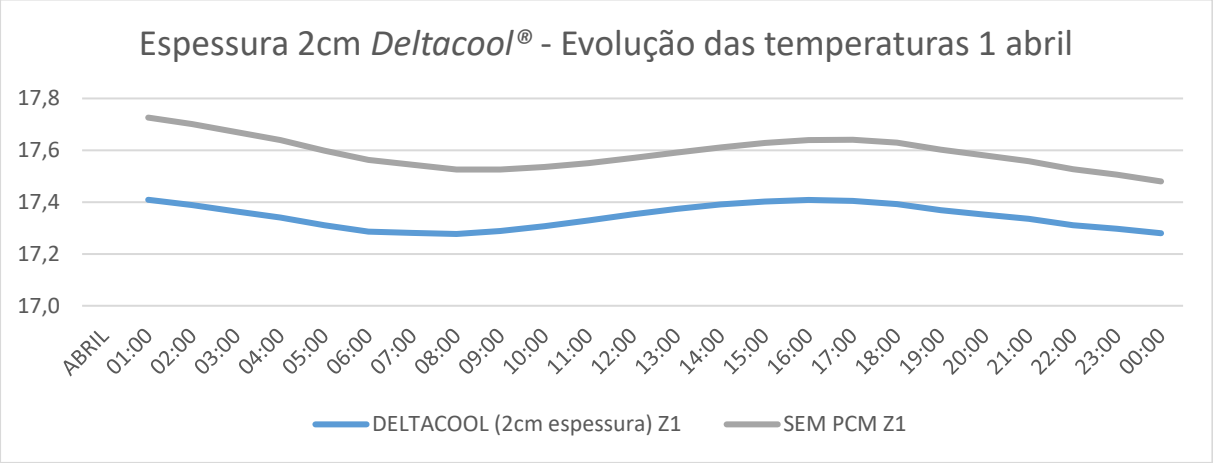
***Figura 4.17** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de janeiro.*



No mês de abril, e conforme ilustrado pela Figura 4.18, o comportamento é completamente díspar do verificado para o edifício de baixa eficiência. Neste caso, e à semelhança do que ocorre no mês de janeiro, o comportamento da curva com PCM acompanha o comportamento da curva sem PCM. Neste caso existe uma redução constante, em sentido contrário à temperatura de conforto mínima definida (18 ^{o}C).

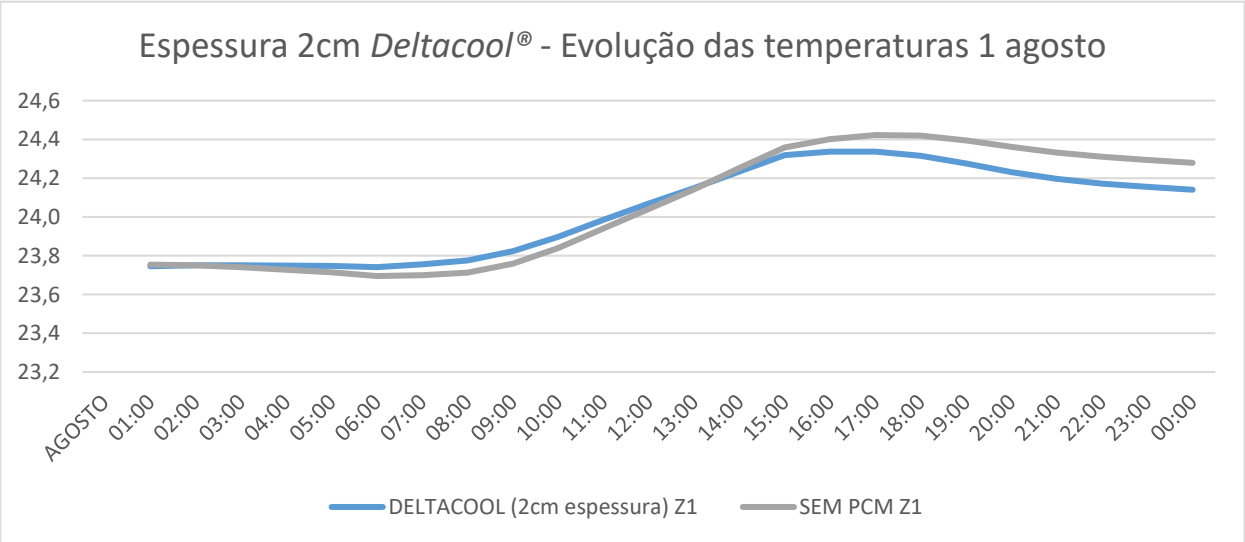
Na solução do edifício de baixa eficiência a redução era pontual, por um curto período horário, cifrando-se em cerca de 0,6 ^{o}C. Neste caso a redução é constante, com um valor aproximado entre 0,25 e 0,35 ^{o}C, conforme ilustrado na Figura 3.48. Muito embora o valor seja inferior, o facto de ser constante, poderá levar a que se considere a solução mais interessante do ponto de vista da eficiência térmica. À semelhança do verificado para o mês de janeiro, e como mais à frente será analisado, considera-se que a introdução de PCM tem uma implicação residual na análise da amplitude térmica.

Figura 4.18 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de abril.*



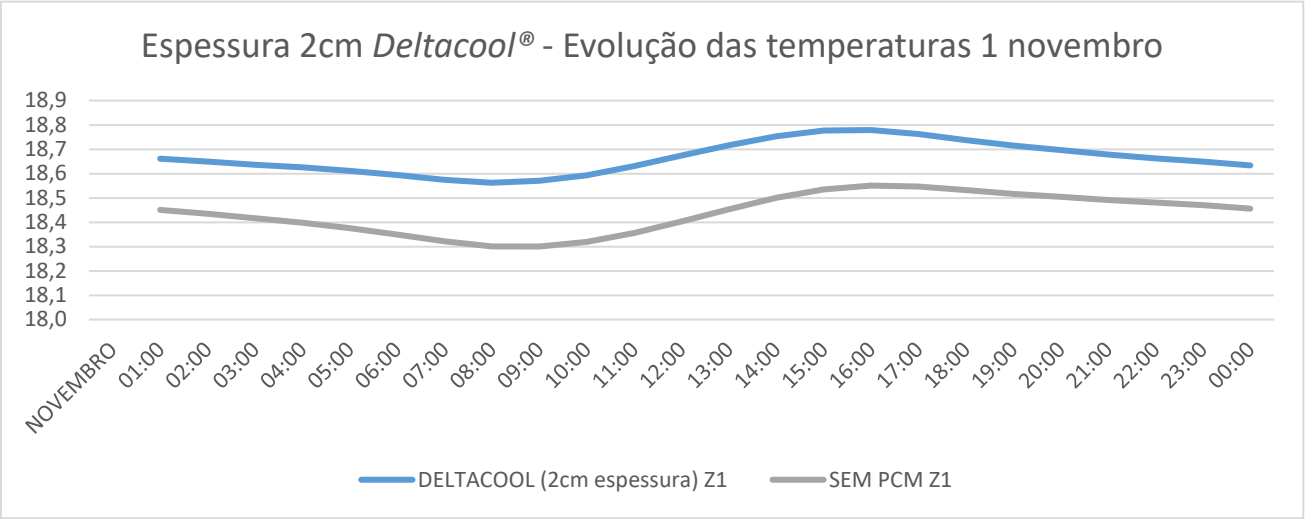
Relativamente ao mês de agosto verifica-se que o comportamento das duas curvas é praticamente idêntico, com um ligeiro ganho para a solução com PCM, nomeadamente no período horário de maior calor. No entanto, e como é possível verificar na Figura 4.19, estão em causa diferenças de temperatura que rondam os 0,1 ^{o}C, diferenças não são sentidas pelos utilizadores. Recorde-se que, para uma solução idêntica no edifício de baixa eficiência, observou-se uma redução da temperatura máxima interior em cerca de 1 ^{o}C. Mais à frente, aquando da análise da solução com sistema de climatização, poderá ser verificada a pertinência da aplicação deste PCM, no impacto para o vetor dos consumos energéticos.

Figura 4.19 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de agosto.*



No mês de novembro retoma-se o padrão de aproximação dos valores de temperatura das curvas com PCM e sem PCM. Neste caso, a solução com PCM acarreta um aumento constante das temperaturas interiores. No entanto, tanto a solução com PCM, como a solução sem PCM, estão enquadradas dentro dos critérios de conforto, nomeadamente o critério de conforto da temperatura mínima. Considera-se que este ligeiro aumento da temperatura verificado na Figura 4.20, com um valor médio de 0,3 ^{o}C, favorece o conforto pelo que a solução é mais vantajosa.

Figura 4.20 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 2 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de novembro.*



Relativamente à amplitude térmica considera-se que o reflexo resultante da aplicação do PCM é residual, não excedendo 0,11^{o}C, verificados no mês de agosto. Regista-se que em janeiro a amplitude térmica aumenta em 41%, sendo que em abril, agosto e novembro diminui em 41%, 18% e 12%, respetivamente. No entanto, importa referir que o aumento da amplitude térmica em janeiro é acompanhado pelo aumento das temperaturas interiores máximas e mínimas, em direção aos critérios de conforto definidas, pelo que se pode considerar que o aumento da amplitude não compromete a solução adotada. Dadas as temperaturas exteriores verificadas em agosto já era expectável que o maior valor de amplitude térmica ocorresse num mês mais quente. No entanto, nenhum dos valores de amplitudes verificados serão sentidos pelos utilizadores do edifício. Em resumo pode considerar-se que o a aplicação do PCM *Deltacool®*, com 2 cm de espessura, apresenta um efeito geral positivo, ressalvando-se um ligeiro aumento da temperatura interior nos meses com temperaturas mais quentes. Esta análise encontra-se sintetizada na Tabela 4.12.

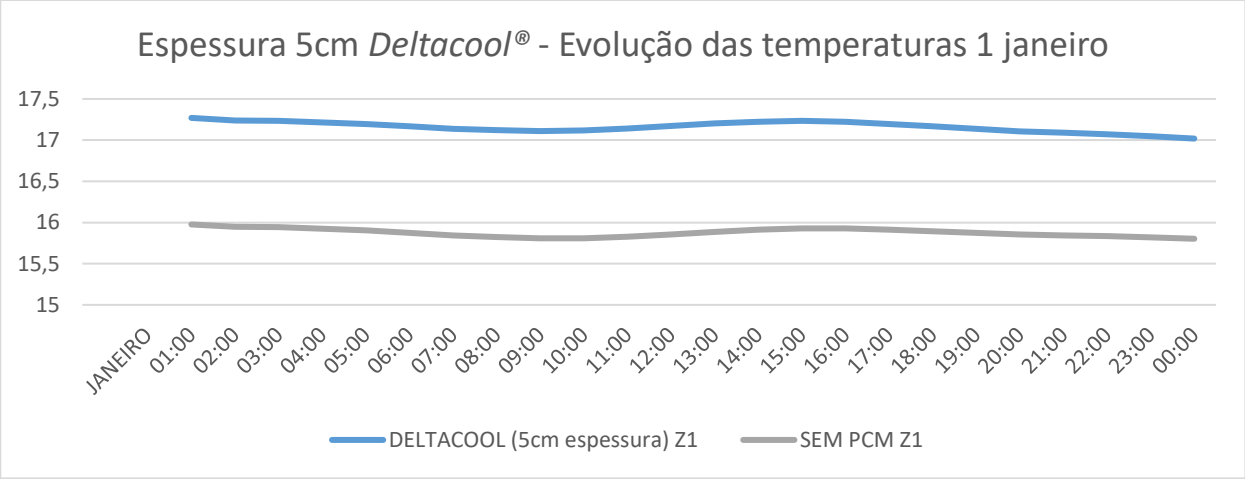
Tabela 4.12 *- Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 2 cm.*

	Amplitudes Térmicas – 2CM de *Deltacool®*							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	15,98	16,64	17,73	17,41	24,42	24,33	18,55	18,78
Mínimo	15,81	16,40	17,51	17,28	23,70	23,74	18,30	18,56
Amplitude	0,17	0,24	0,22	0,13	0,72	0,59	0,25	0,22

4.1.2.2. Solução com 5cm de Deltacool®

Com a aplicação de 2 cm de *Deltacool®* obtiveram-se resultados promissores pelo que com a aplicação de 5 cm do mesmo material esperam-se resultados ainda mais positivos. Assim se verifica, de facto, conforme é possível constatar pela análise da Figura 4.21, relativa ao espetro de temperaturas interiores no edifício no mês de janeiro. O perfil de temperaturas interiores, com e sem PCM, é em tudo idêntico ao verificado para a espessura de 2 cm do mesmo PCM. No entanto, verifica-se que um incremento das temperaturas, com uma maior aproximação aos critérios de conforto. Neste caso há um incremento constante das temperaturas com um valor que ronda 1,3 ^{o}C (máximo valor obtido). Este último dado vem corroborar que, mesmo em edifícios de mais elevada eficiência, existe espaço para a aplicação de soluções que consigam melhorar a performance dos edifícios.

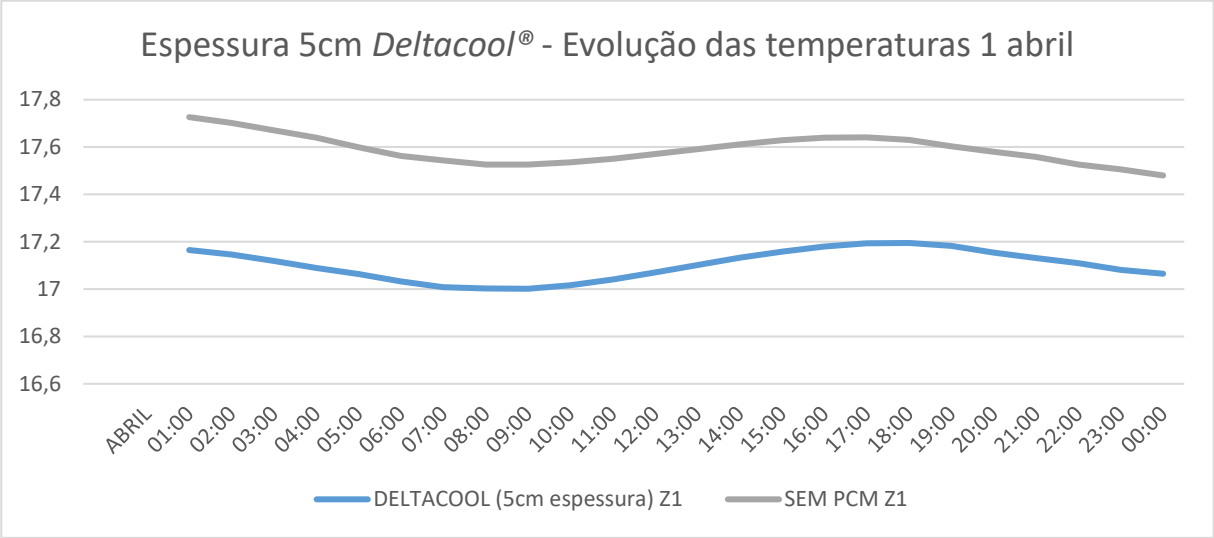
***Figura 4.21** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de janeiro.*



O mês de abril volta a mostrar, quando em comparação com a análise realizada ao mesmo material no edifício de baixa eficiência, que a aplicação deste PCM, com esta espessura, é penalizadora do ponto de vista das temperaturas interiores. Como é possível observar na Figura 4.22, na solução com 5 cm deste PCM a temperatura desce cerca de 0,5 ^{o}C, um valor ligeiramente superior ao verificado para a solução com 2 cm (redução da temperatura interior em cerca de 0,3 ^{o}C) .

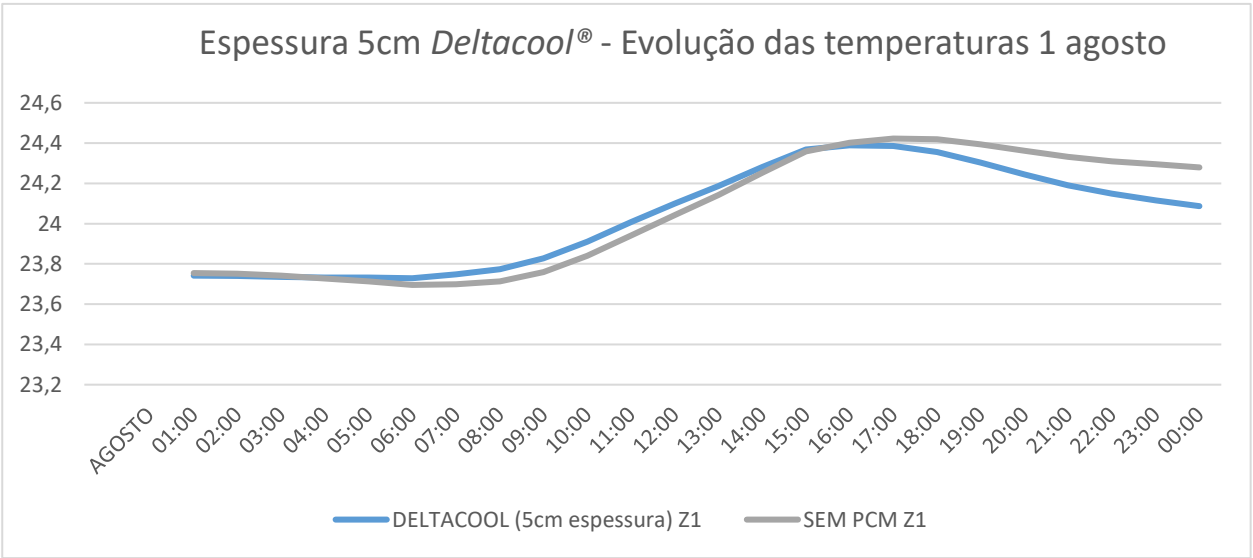
Torna-se, de igual forma, interessante constatar que a linha de temperaturas da solução com PCM do edifício mais eficiente se aproxima da linha de temperaturas do edifício de baixa eficiência. Mais uma vez, e conforme já verificado por exemplos anteriores, talvez o ganho com inclusão de PCM se mostre mais representativo aquando da sua aplicação num edifício com sistema de climatização.

***Figura 4.22** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de abril.*



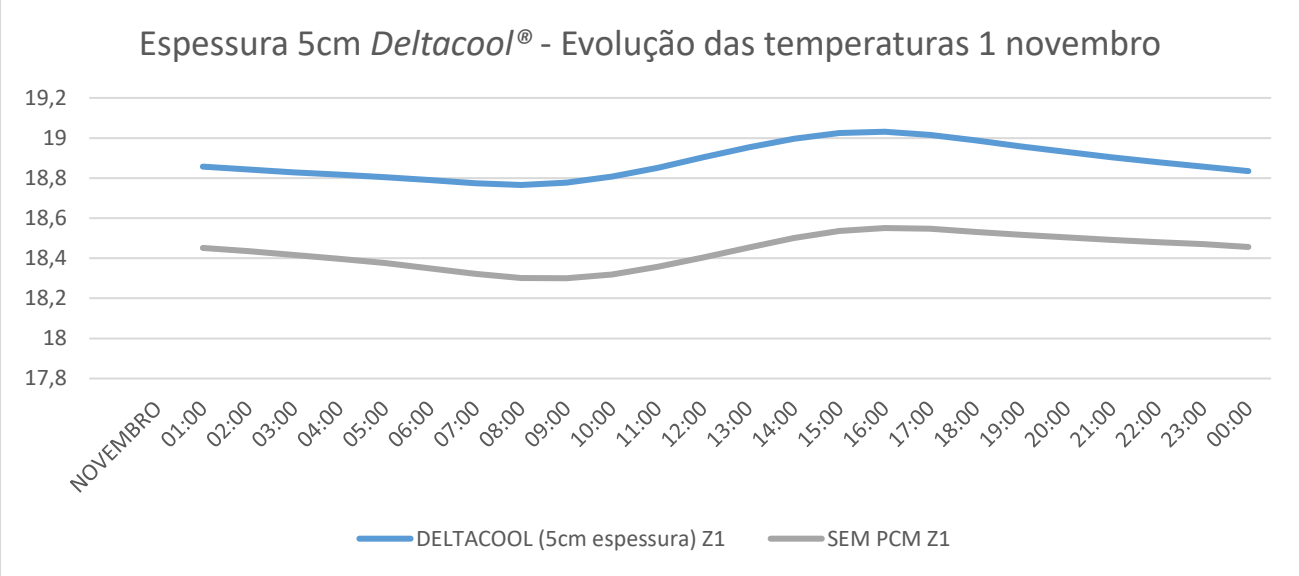
Relativamente ao comportamento térmico para o mês de agosto verifica-se que ele é, em tudo, igual ao obtido para uma espessura de 2 cm do mesmo material, conforme ilustrado pela Figura 4.23. A diferença reside num ganho ligeiro, de 0,2 ^{o}C, obtido no período da noite. Este ganho é pouco representativo, para além de não ser sentido pelos utilizadores. Mais uma vez, constata-se que relativamente às temperaturas a utilização deste PCM no período em causa acarreta pouco valor acrescentado. Resta analisar, mais à frente, o impacto deste PCM nos consumos energéticos.

***Figura 4.23** - Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia do mês de agosto.*



Ao contrário do verificado para o mês de agosto, em que o efeito do PCM se mostra residual sob o ponto de vista das temperaturas, em novembro constata-se que aplicação do material é consequente. Comparativamente com o resultado obtido para a solução com 2 cm é notório um afastamento mais acentuado das curvas de temperatura com e sem PCM. Na solução com 2 cm o afastamento é de aproximadamente 0,25 ^{o}C, enquanto nesta solução o afastamento é sensivelmente o dobro, 0,5 ^{o}C . No entanto, ambas as curvas de temperatura concorrem para os critérios de conforto definidos, sendo que a curva com PCM se aproxima mais da linha média de conforto (20 ^{o}C), conforme se constata por intermédio da Figura 4.24.

Figura 4.24 *- Evolução das temperaturas do PCM Deltacool®, com espessura de 5 cm, no edifício mais eficiente, para o dia 1 do mês de novembro.*



Para a amplitude térmica verifica-se que os resultados obtidos apresentam variações que, embora representativas em percentagem, podem estar fora daquilo que é o espetro da perceção humana. Em janeiro continua a verificar-se um aumento da amplitude térmica em 47% (recorde-se que o aumento era de 41% para a solução com 2 cm deste PCM). Em abril e agosto registam-se reduções da amplitude de 14% e 8%, respetivamente, sendo que são menos significativas do que aquelas que foram obtidas para o valor mais reduzido de espessura. Em novembro assiste-se a um aumento de amplitude térmica de 4%, recordando-se que para a espessura de 2 cm se tinha verificado uma redução de 12%.

No entanto, e mesmo nos casos em que se verificou um aumento da amplitude térmica, esta não significa necessariamente um agravamento das condições de conforto, muito pelo contrário, conforme constatado na Tabela 4.13 e Tabela 4.14.

A título de exemplo atente-se ao verificado para o mês de janeiro. Muito embora a amplitude térmica suba cerca de 0,1 ^{o}C, o valor da temperatura aumenta cerca de 1,3 ^{o}C, obtendo-se valores muito mais aproximados aos critérios de conforto. No caso dos edifícios mais eficientes, e quando em comparação com edifícios de baixa eficiência, como já seria expetável, existe menor probabilidade de encontrar uma influência notória nos valores das amplitudes térmicas.

Tabela 4.13 *- Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Deltacool® com espessura de 5 cm.*

	Amplitudes Térmicas – 5cm de *Deltacool®*							
	01/jan		**01/abr**		**01/ago**		**01/nov**	
	S/ PCM	**C/ PCM**	**S/ PCM**	**C/ PCM**	**S/ PCM**	**C/ PCM**	**S/ PCM**	**C/ PCM**
Máximo	15,98	17,27	17,73	17,19	24,42	24,39	18,55	19,03
Mínimo	15,81	17,02	17,51	17,00	23,70	23,73	18,30	18,77
Amplitude	0,17	0,25	0,22	0,19	0,72	0,66	0,25	0,26

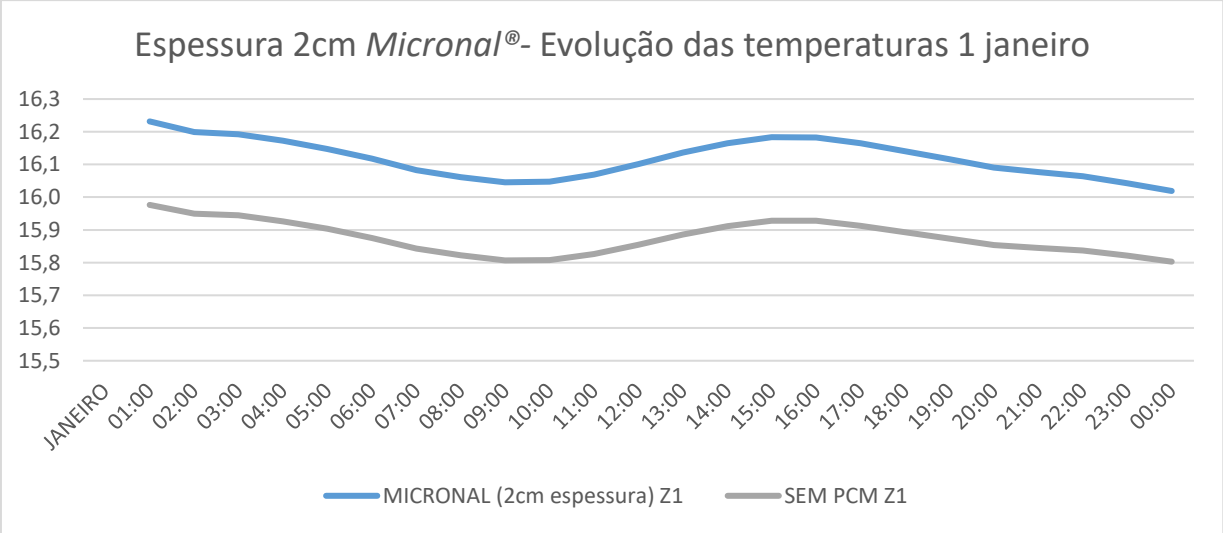
Tabela 4.14 *- Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Deltacool® de 2 e 5 cm*

	Comparação de Temperaturas - *Deltacool®*											
	01/jan			**01/abr**			**01/ago**			**01/nov**		
	S/ PCM	**PCM 2CM**	**PCM 5CM**	**S/ PCM**	**PCM 2CM**	**PCM 5CM**	**S/ PCM**	**PCM 2CM**	**PCM 5CM**	**S/ PCM**	**PCM 2CM**	**PCM 5CM**
MAX	15,98	16,64	17,27	17,73	17,41	17,20	24,42	24,34	24,39	18,55	18,78	19,03
MIN	15,81	16,40	17,02	17,51	17,28	17,00	23,70	23,74	23,73	18,30	18,56	18,77

4.1.2.3. Solução com 2cm de Micronal®

Recordando o verificado para o edifício de baixa eficiência, constatou-se que a linha de temperaturas das soluções com e sem PCM têm o mesmo traçado, alterando apenas os valores das temperaturas, que são superiores na solução com PCM. Neste caso verifica-se (Figura 4.25), e no que se refere ao dia 1 do mês de janeiro, que existe um ligeiro acréscimo de temperatura interior, em cerca de 0,3 ºC.

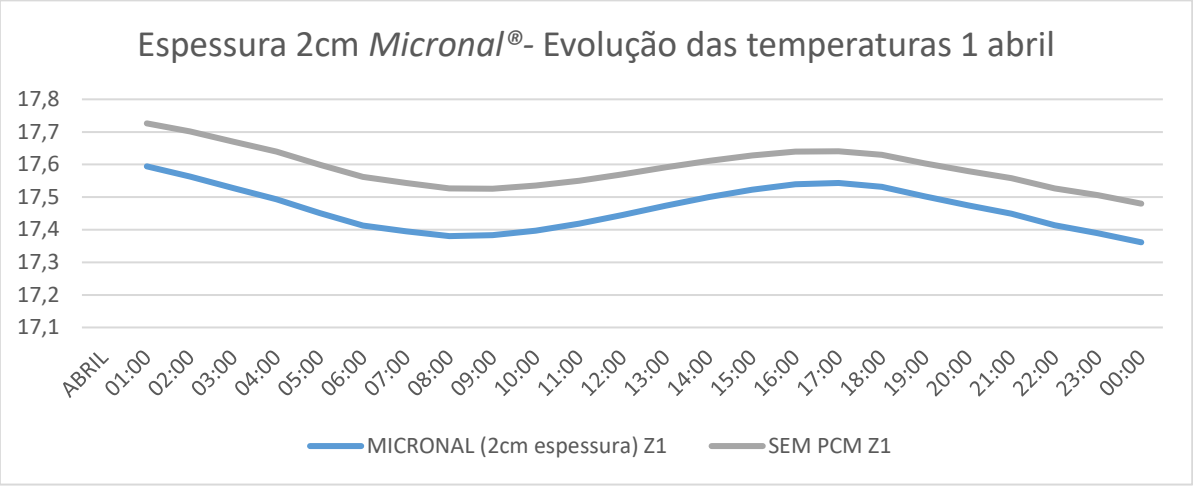
Figura 4.25 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de janeiro.*



Através da Figura 4.26, relativa ao mês de abril, verifica-se uma aproximação das curvas de temperatura para as soluções com PCM e sem PCM. A diferença máxima atingida é de 0,2 ºC, diferença esta que pode ser considerada pouco relevante, na medida em que não será sentida pelos utilizadores. No entanto, esta diferença de temperatura caminha em sentido contrário ao critério de conforto pré-estabelecido.

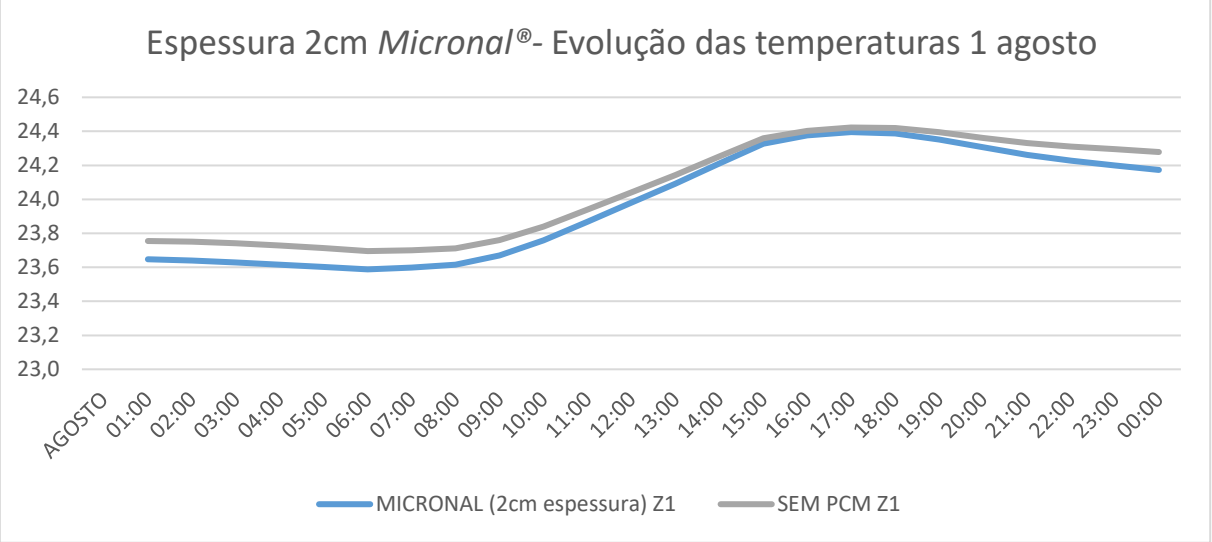
A análise do gráfico permite ainda constatar que a temperatura interior do edifício se encontra abaixo, em cerca de 2 ºC, da linha média de conforto, 20 ºC. O PCM contribui, através do aumento de espessura do elemento opaco, para o aumento da conservação de energia térmica no interior do edifício.

Figura 4.26 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de abril.*



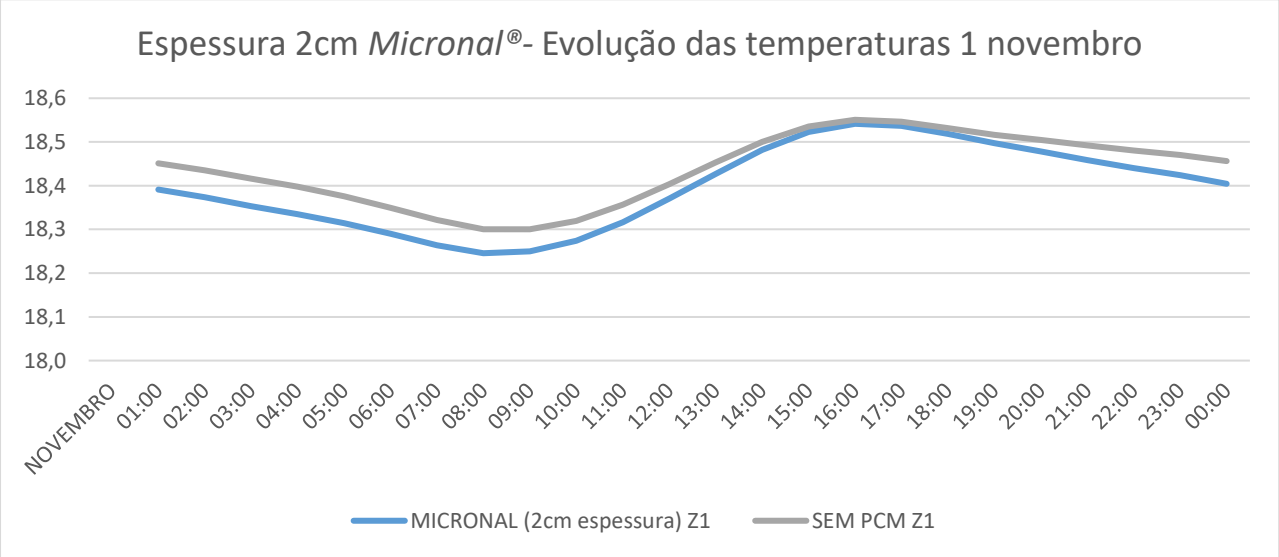
Relativamente ao mês de agosto, e com enfoque na Figura 4.27, infere-se que existe uma aproximação das duas curvas de temperatura. Neste caso a aplicação de PCM mostra-se ligeiramente benéfico, sob o estrito ponto de vista da análise de temperaturas interiores, na medida em que há uma ligeira descida da linha de temperaturas, com diferenças que não ultrapassam os 0,2 ºC. Mais uma vez, e como já referido, o efeito espessura conjugado com a baixa condutividade térmica será responsável por promover uma maior dificuldade nas trocas térmicas com o exterior, podendo beneficiar a redução de temperaturas interiores no edifício.

Figura 4.27 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de agosto.*



Atente-se agora ao ilustrado na Figura 4.28, como reflexo do simulado para o mês de novembro. Neste caso a introdução do PCM acarreta uma ligeira diminuição da temperatura interior, cerca de 0,2 ºC, valores estes não detetáveis através da sensibilidade humana. Por outro lado, os gráficos de temperaturas com PCM e sem PCM, enquadram-se dentro dos critérios máximos e mínimos definidos, pelo que se considera a utilização do PCM, para efeitos de consideração de temperaturas interiores, como neutro.

Figura 4.28 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 2 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de novembro.*



Relativamente à amplitude térmica, conforme é possível constatar pela análise da Tabela 4.15, verifica-se que existe um ligeiro aumento. Em janeiro o aumento da amplitude é 24%, em abril a amplitude térmica é a mesma, enquanto em agosto e novembro os aumentos são de 13% e 16%, respetivamente. No entanto, este aumento não representa qualquer influência negativa nos critérios de conforto. A título de exemplo, em janeiro, há um ligeiro aumento da amplitude térmica (0,05 ºC) acompanhado de um ligeiro aumento das temperaturas máximas e mínimas, aumento este em direção à temperatura mínima de conforto definida. Mesmo nos meses mais quentes, em que é notório um ligeiro aumento de temperatura interior, não poderá ser considerado como percetível pelos utilizadores do edifício.

Tabela 4.15 *- Amplitude térmica edifício mais eficiente sem PCM e com PCM Micronal® com espessura de 2 cm.*

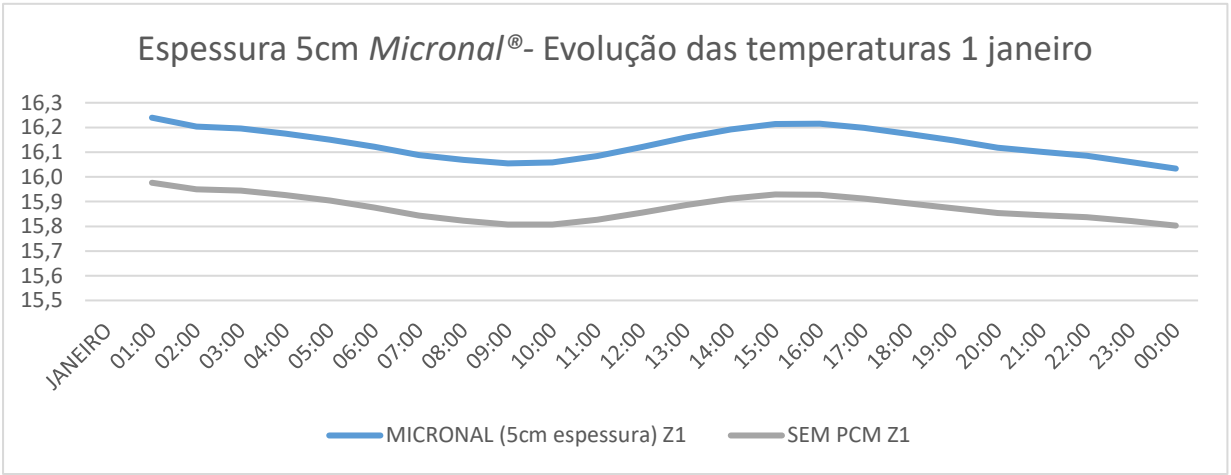
	Amplitudes Térmicas – 2cm de *Micronal®*							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	15,98	16,23	17,73	17,59	24,42	24,40	18,55	18,54
Mínimo	15,81	16,02	17,50	17,36	23,70	23,59	18,30	18,25
Amplitude	0,17	0,21	0,23	0,23	0,72	0,81	0,25	0,29

4.1.2.4. Solução com 5cm de Micronal®

Resta agora, para terminar a análise decorrente da aplicação dos PCM, efetuar a simulação da introdução de 5 cm do PCM *Micronal®* no edifício mais eficiente. Em comparação com a solução anterior, com 2 cm de espessura, pode considerar-se que o resultado é positivo.

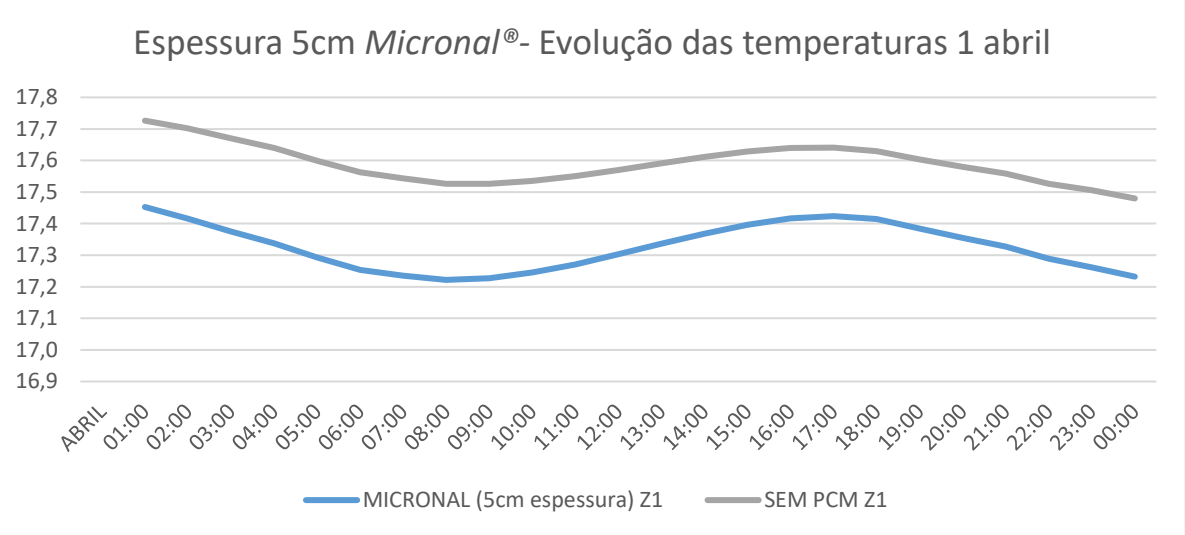
Relativamente ao mês de janeiro, e conforme ilustrado na Figura 4.29, mantém-se o aumento de temperaturas interiores para as soluções com PCM, na ordem dos 0,3 ^{o}C, sendo os resultados praticamente iguais aos obtidos para 2 cm de espessura. Mais uma vez, as curvas da temperatura interior com e sem aplicação do material são em tudo idênticas, ocorrendo a variação no afastamento entre as curvas.

Figura 4.29 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de janeiro.*



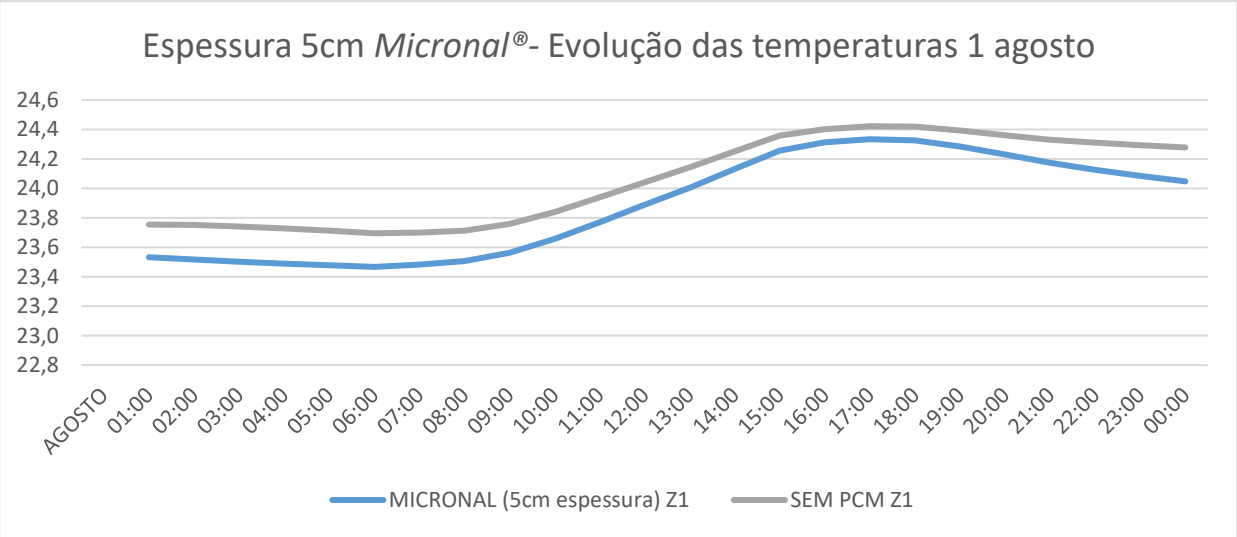
Relativamente ao mês de abril (Figura 4.30), e comparativamente com a solução adotada para este PCM com uma espessura de 2 cm, existe mais uma vez uma ligeira descida da curva de temperatura com PCM relativamente à curva do edifício original. Verifica-se um afastamento ligeiramente mais pronunciado entre as 2 curvas, com um afastamento de 0,3 ºC (ao contrário dos 0,15 ºC obtidos para a solução com 2 cm), sendo que o mesmo não representará obrigatoriamente uma diferença na sensação térmica dos utilizadores.

Figura 4.30 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de abril.*



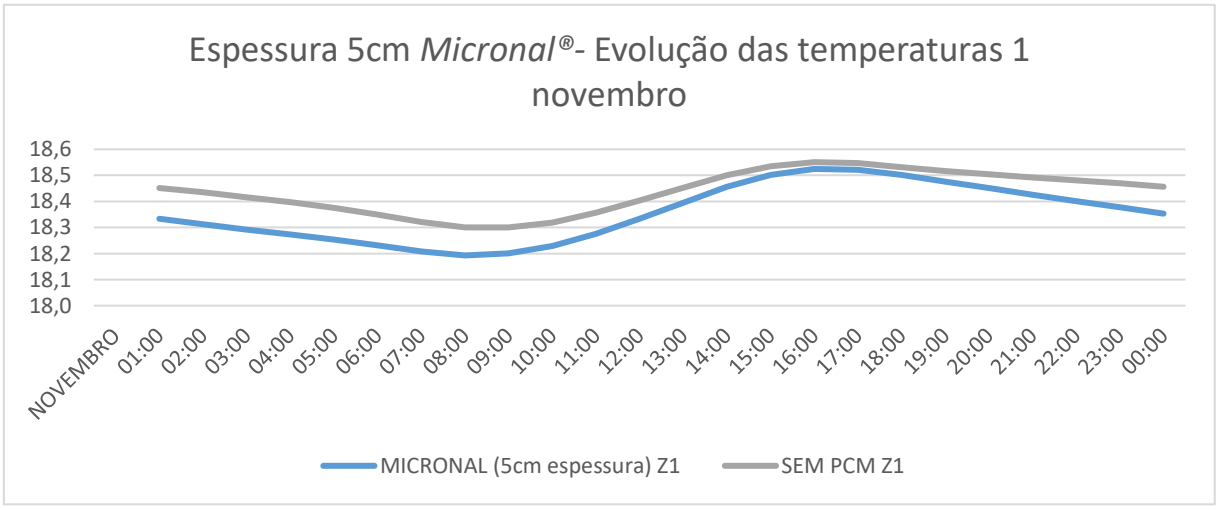
No mês de agosto, e atendendo ao explicitado na Figura 4.31, verifica-se que o comportamento é em tudo idêntico ao verificado para a solução com 2 cm. O efeito do PCM continua a apresentar um efeito ligeiramente benéfico no que respeita às temperaturas interiores máximas. No entanto, verifica-se que o afastamento máximo entre curvas é de 0,25 ºC (ao contrário dos 0,10 ºC obtidos para a solução com 2 cm do mesmo PCM), pelo que esta alteração pode considerar-se como residual. Mais à frente tornar-se-á possível indagar qual o efeito desta opção na solução com sistema de climatização, em busca de uma redução significativa do consumo de energia.

Figura 4.31 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de agosto.*



Para o mês de novembro, e tendo em conta o ilustrado na Figura 4.32, considera-se que o efeito do PCM, tal como referido para a solução com 2 cm, apresenta um efeito neutro. Verifica-se uma descida da curva de temperaturas, com valores máximos de 0,2 ºC.

Figura 4.32 *- Evolução temperaturas interiores do edifício, com aplicação de 5 cm de Micronal®, para o dia 1 do mês de novembro.*



No que respeita, em sentido restrito, à amplitude térmica verifica-se que os resultados obtidos são penalizadores. Em janeiro existe um aumento da amplitude térmica de 24%, em abril um aumento de 5%, em agosto regista-se um aumento de 23%, enquanto em novembro o aumento é de 32%. Os valores em causa não são expressivos, sendo que não se encontram no âmbito do espetro da perceção humana. No entanto, e mesmo nos casos em que se

verificou um aumento da amplitude térmica, esta não significa necessariamente um agravamento das condições de conforto (Tabelas 4.16 e 4.17).

A título de exemplo atente-se ao verificado para o mês de janeiro. Muito embora a amplitude térmica suba num valor inferior a 0,1 ^{o}C, o valor da temperatura aumenta cerca de 0,3 ^{o}C, em direção aos critérios de conforto mínimos pré-estabelecidos. No caso dos edifícios mais eficientes, e quando em comparação com edifícios de baixa eficiência, como já seria expetável, existe menor probabilidade de encontrar uma influência notória nos valores das amplitudes térmicas.

Tabela 4.16 *- Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Micronal® de 5 cm*

	Amplitudes Térmicas							
	01/jan		01/abr		01/ago		01/nov	
	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM	S/ PCM	C/ PCM
Máximo	15,98	16,24	17,73	17,45	24,42	24,33	18,55	18,52
Mínimo	15,81	16,03	17,51	17,22	23,70	23,47	18,30	18,19
Amplitude	0,17	0,21	0,22	0,23	0,72	0,86	0,25	0,33

Tabela 4.17 *- Comparação das temperaturas nos 4 meses escolhidos, sem PCM e com PCM Micronal® de 2 e 5 cm.*

	Comparação de Temperaturas - Deltacool											
	01/jan			01/abr			01/ago			01/nov		
	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM	S/ PCM	PCM 2CM	PCM 5CM
MAX	15,98	16,23	16,24	17,73	17,59	17,45	24,42	24,40	24,33	18,55	18,54	18,53
MIN	15,81	16,02	16,03	17,51	17,36	17,22	23,70	23,59	23,47	18,30	18,25	18,19

4.1.2.5. Análise consumos/sustentabilidade para edifício com sistema AVAC

De acordo com o efetuado para o edifício de baixa eficiência analisam-se agora as implicações relativas à introdução de PCM no edifício mais eficiente. O senso comum indica-nos ser esperado que o efeito do PCM diminua à medida que se aumenta a eficiência do edifício. No entanto, o facto de o edifício deter à partida uma eficiência superior fará com que consumos energéticos iniciais sejam inferiores, tornando também inferiores os ganhos decorrentes da aplicação dos materiais de mudança de fase. Nos domínios da sustentabilidade (vetor ambiental) também se observa uma redução da emissão dos gases com efeito de estufa. Para o PCM *Deltacool®* é possível obter reduções nas emissões de gases com efeito de estuda de 2% (2 cm), 4% (5 cm) e 8% (10 cm. Para o PCM *Micronal®* é possível obter reduções nas emissões de gases com efeito de estuda de 2% (2 cm), 3% (5 cm) e 5% (10 cm). Conforme se pode verificar são reduções muito menos significativas do que aquelas que foram obtidas para o edifício menos eficiente.

A análise da Tabela 4.18 permite constatar, como já acima referido, que as necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício mais eficiente descem drasticamente. Comparando o edifício menos eficiente (sem PCM) com o edifício mais eficiente (sem PCM), constata-se que a redução de consumos é na ordem dos 68%, um valor bastante significativo. Com a aplicação de PCM a redução acompanha uma percentagem idêntica. Para o PCM Deltacool® registam-se reduções de consumo globais de 2,1% (2 cm – melhor resultado com a mais baixa espessura), 4,6% (5 cm) e 7,9% (10 cm). Para o Micronal® registam-se reduções globais de 1,1% (2 cm), 3,1% (5 cm) e 5,6% (10 cm). Confirmar-se que estes valores globais são menos significativos daqueles que foram obtidos para o edifício menos eficiente.

Tabela 4.18 - Consumos de aquecimento e arrefecimento e correlação entre TonCO_2.

Total Energia	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]	Total [kWh]	Δ [kWh]	Ton $C0_2$ Total[7]
Energia Total sem PCM	692,0	1132,6	1824,6		0,74
2CM_*Deltacool®*	665,2	1120,8	1785,9	-38,6	0,73
5CM_ *Deltacool®*	633,9	1106,9	1740,8	-83,8	0,71
10CM_ *Deltacool®*	587,7	1092,1	1679,8	-144,8	0,68
2CM_Micronal®	674,8	1129,9	1804,7	-19,9	0,73
5CM_ Micronal®	647,2	1120,1	1767,3	-57,2	0,72
10CM_ Micronal®	615,1	1106,8	1721,9	-102,7	0,7

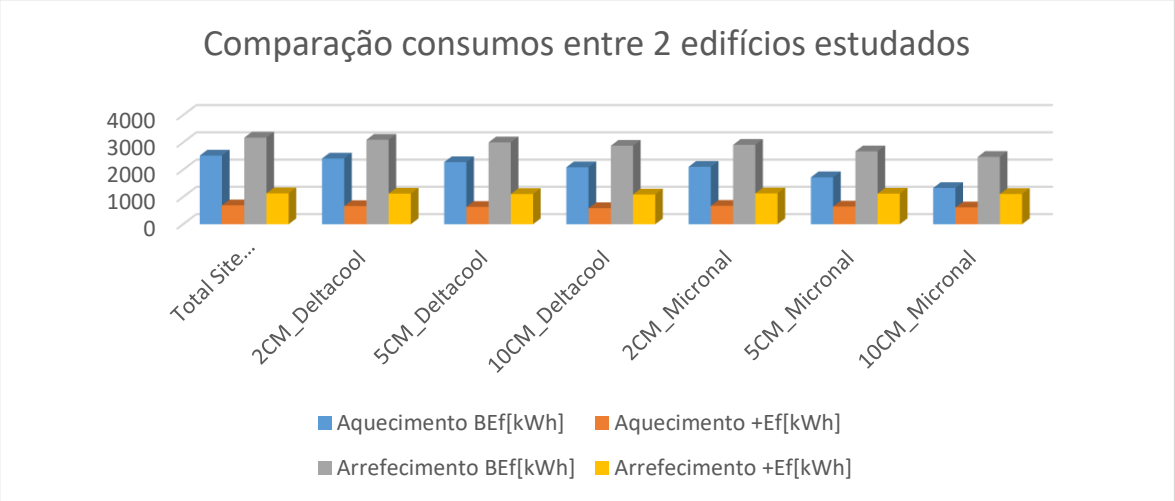
Por outro lado, e com o auxílio da Tabela 4.19 e da Figura 4.33, constata-se que tanto o edifício mais eficiente como o edifício de baixa eficiência, consomem a maior fatia de energia com necessidades de arrefecimento. No entanto, e com recurso aos mesmos suportes gráficos, nota-se com clarividência a redução de consumos em função da eficiência energética. Por si só, e sem aplicação de quaisquer materiais de mudança de fase, a eficiência energética é um recurso importante nos domínios da sustentabilidade.

Tabela 4.19 - Comparação consumo energético do edifício menos eficiente versus edifício mais eficiente, com e sem aplicação de PCM

Total Energia	Aquecimento Baixa Ef[kWh]	Aquecimento +Ef[kWh]	Arrefecimento BaixaEf[kWh]	Arrefecimento +Ef[kWh]
Energia Total sem PCM	2518,0	692,0	3175,5	1132,6
2CM_*Deltacool®*	2409,0	665,2	3095,9	1120,8
5CM_ *Deltacool®*	2275,7	633,9	3000,8	1106,9
10CM_ *Deltacool®*	2087,8	587,7	2875,8	1092,1
2CM_*Micronal®*	2105,0	674,8	2911,1	1129,9
5CM_ *Micronal®*	1720,4	647,2	2671,7	1120,1
10CM_ *Micronal®*	1327,3	615,1	2467,6	1106,8

[7] Baseado no calculador automático disponível no site da Agência Regional de Energia e Ambiente do Oeste

***Figura 4.33** - Consumos energéticos para aquecimento e arrefecimento dos 2 edifícios estudados, com introdução de várias espessuras de PCM.*



Outro fator de extrema importância para a análise do real benefício da introdução de PCM em edifícios centra-se na análise do vetor custos versus poupança. A análise da Tabela 4.20 permite constatar que a poupança energética destas soluções, para um edifício já por eficiente, é residual. À semelhança do calculado para o PCM anterior, o custo da energia foi baseado na consulta dos tarifários da EDP em janeiro de 2022. Obtém-se então um valor de 0,1490€ (assumindo uma potência contratada de 6,9kVA). Mais uma vez, assumiu-se como não contabilizado o valor diário da potência contratada. Isto implica que, para esta tipologia de edifícios, o investimento poderá não se tornar compensador. A realidade em Portugal demonstra, em sentido inverso, que o parque habitacional português não se traduz, na sua maioria, em edifícios eficientes. Este motivo incentiva trabalhos desta tipologia, nomeadamente através da reiteração da importância de reabilitações com base em critérios energéticos mais exigentes.

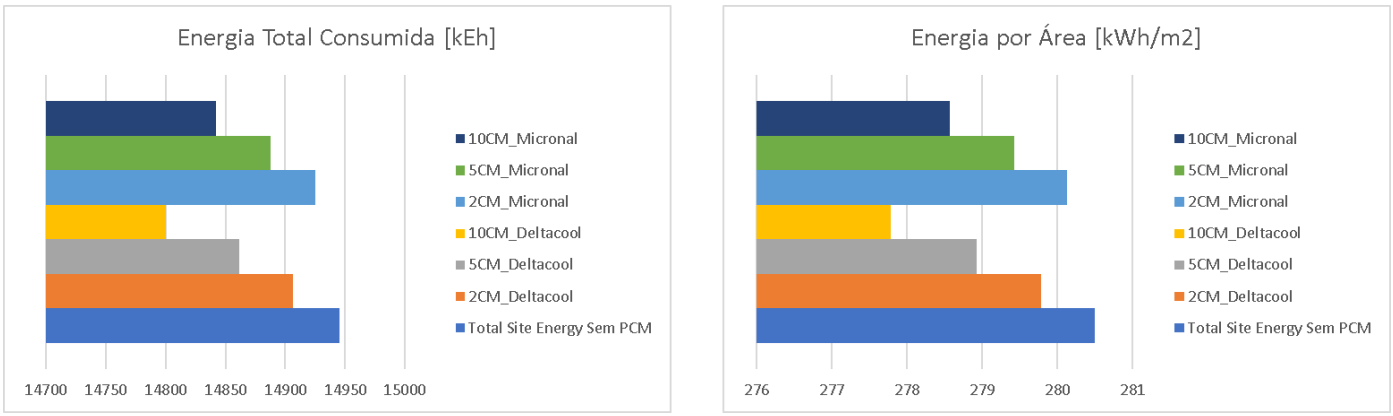
É importante lembrar que a solução de ventilação adotada para os dois edifícios está constantemente em carga, forçando a que o edifício esteja 24 horas por dia dentro das temperaturas de conforto. Na realidade, e sobretudo em edifícios habitacionais, este dado não se verificaria. No entanto, importa realçar que para uma validação mais aproximada da realidade seria interessante a aplicação física e prática dos materiais em edifícios, conseguindo desta forma medir o impacto real da sua introdução.

Tabela 4.20 *- Custo da energia consumida para aquecimento/arrefecimento anual e o valor da poupança energética.*

Total Energia	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]	Total [kWh]	Δ [kWh]	Custo Aqu + Arref (€)	Δ Custo - Poupança (€)
Energia Total sem PCM	692,0	1132,6	1824,6		271,9	
2CM_*Deltacool®*	665,2	1120,8	1785,9	-38,6	262,1	-5,8
5CM_ *Deltacool®*	633,9	1106,9	1740,8	-83,8	259,4	-12,5
10CM_ *Deltacool®*	587,7	1092,1	1679,8	-144,8	250,3	-21,6
2CM_*Micronal®*	674,8	1129,9	1804,7	-19,9	268,9	-3
5CM_ *Micronal®*	647,2	1120,1	1767,3	-57,2	263,3	-8,5
10CM_ *Micronal®*	615,1	1106,8	1721,9	-102,7	257,5	-15,3

Relativamente à energia total consumida e, por conseguinte, à energia consumida por área realça-se que neste caso a maior redução de consumo dá-se à custa da aplicação do PCM *Deltacool®*, ao contrário do verificado no edifício de baixa eficiência, no qual o PCM mais eficiente foi o *Micronal®*. Este dado encontra-se sistematizado com na Figura 4.34. Poderá inferir-se que num edifício mais eficiente, e com a aplicação de materiais de mudança de fase com uma condutividade térmica moderada, é possível tirar maior efeito das potencialidades do material, em particular através da sua capacidade de armazenamento de energia.

Figura 4.34 *- Evolução gráfica nos consumos do edifício relativos ao total de energia e energia por área útil do edifício.*



4.2. Modelação Edifício Real

4.2.1. Enquadramento

A construção de hipóteses, suportadas por modelos matemáticos, permite ter perceções bastante aproximadas acerca de comportamento de materiais. No entanto, entendeu-se que a comparação da modelação com a aplicação prática (a um edifício real) destes conceitos conseguiria consubstanciar, de forma mais palpável, os pressupostos inicialmente assumidos.

Desta forma, procuraram-se oportunidades para colocar em prática as equações aqui apresentadas. Ao mesmo tempo procurou-se um projeto que colocasse estas questões sob análise em dois vértices, o primeiro relativo à viabilidade dos materiais e o segundo que relacionasse intimamente o projeto com o desiderato do desenvolvimento sustentável (neste caso através das alterações climáticas).

Neste âmbito promoveu-se, sob a égide da Universidade Aberta, a candidatura ao Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior. Este município adotou uma estratégia de parcerias com a Academia, através de investigações, iniciando um caminho que tentativamente fará de Oeiras uma cidade mais sustentável.

De acordo com o Regulamento N.º 1052/2020, publicado no Diário da República, 2ª Série, é possível verificar o seguinte introito. " O Programa de Cooperação Técnica e Científica, a estabelecer entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior, enquadra-se nesta Estratégia, que se reveste de uma importância crescente no sentido de "Fazer Oeiras uma Cidade Sustentável", potenciando o desenvolvimento de projetos que contribuam para dar respostas às problemáticas municipais, promovendo, valorizando e apoiando o conhecimento e as tecnologias no concelho, ao passo que contribui para a qualificação de estudantes universitário."

A natureza dos projetos teria que se enquadrar num conjunto de requisitos previamente estabelecidos. O primeiro requisito era o projeto inserir-se sobre o território de Oeiras. Este primeiro objetivo era facilmente conjugável com o trabalho desenvolvido, na

medida em que o perfil de temperaturas, aplicado nos estudos desenvolvidos nos capítulos anteriores, incidiu sobre a região de Lisboa. O segundo objetivo passava por "criar um território inteligente e sustentável". Propõe-se, como principal foco, o desenvolvimento de materiais de mudança de fase no edificado, na tentativa de se alcançar a sustentabilidade. Um terceiro objetivo passava por concorrer para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda para Sustentabilidade 2030 da ONU. Recorde-se que foi anteriormente apresentado um subcapítulo dedicado à potencial conjugação deste estudo com os ODS. Em quarto e quinto lugar era solicitado que fosse possível verificar inovação e aplicação local. Estes dois pontos são claramente alcançáveis, como aqui se pode verificar. Repara-se que o projeto apresentado se propõe a, dentro de certos condicionalismos, testar a importância destes materiais no antes e pós-aplicação dos mesmos.

O Município de Oeiras definiu uma abordagem à sustentabilidade que se focou em 4 principais áreas de interesse, a "Adaptação às Alterações Climáticas", "Ambiente Construído, Prática de Atividade Física e Oferta Desportiva", "Eficiência Energética na Iluminação Pública" e "Gestão de Resíduos Urbanos". Muito embora esta tese seja iminentemente relacionada com a eficiência energética, encontrou uma significativa afinidade com o tema "Adaptação às Alterações Climáticas", para o qual não deixa de dar um forte contributo.

Foi definido pelo município uma problemática para este tema enquadrante, nomeadamente:

"*Problemática: como enfrentar as alterações climáticas no concelho de Oeiras? As alterações na regularidade do sistema climático têm impactos inevitáveis no território e no modo de vida dos seus habitantes, cujas consequências maiores ainda são desconhecidas. Para fazer face aos cenários climáticos futuros, há três possíveis modos de atuação: mitigar, adaptar e relocalizar. Mitigar significa atenuar os impactes e os riscos possíveis. Adaptar implica acomodar-se ou ambientar-se ao cenário das alterações climáticas numa perspetiva resiliente, i.e., com a capacidade de superar e recuperar perante as adversidades ou catástrofes. Relocalizar pressupõe o abandono das zonas de risco em favor de outras áreas mais seguras*" (Oeiras Valley, 2022).

4.2.2. Proposta abordagem ao projeto

Após a apresentação do projeto e a sua posterior aprovação foi necessário delinear uma estratégia de abordagem, por forma a conseguir operacionalizar a sua execução. Neste âmbito, equacionou-se a sistematização nos seguintes pontos:

1. Análise documental do edifício selecionado;
2. Modelação (inicial);
3. Aplicação simulada do(s) PCM no edifício escolhido;
4. Comparação das soluções estudadas (com PCM e sem PCM);
5. Análise à luz dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável;
6. Análise custo-benefício.

A fase 1, uma fase iminentemente exploratória, revestiu-se de extrema importância no sucesso do desenvolvimento deste trabalho. Levou-se a cabo um conjunto de reuniões preliminares, tendo sido estas aproveitadas para uma "reapresentação" do projeto levado a concurso e explanação das ideias enquadrantes para o seu desenvolvimento prático. Introduzido nesta fase, a Câmara Municipal de Oeiras, por intermédio do seu Departamento Habitação Municipal, selecionou e disponibilizou o edifício para estudo.

Consolidada a escolha do edifício procedeu-se ao levantamento de um conjunto de informação documental importante, nomeadamente projetos de arquitetura, projetos de estabilidade e especialidades, certificação energética, entre outros. Por outro lado, efetuou-se um levantamento fotográfico na perspetiva de uma análise mais detalhada de pormenores construtivos e posterior referenciação no âmbito da análise.

Numa segunda fase, e após todo o trabalho de prospeção realizado, efetuou-se a transposição do real para o modelo computacional que vai servir de base à análise. Para cumprir este desiderato foram utilizados os dois programas já anterior referidos, o *Cype®Cad* e o *Energy Plus®*. O *Cype®Cad* é utilizado para modelação de elementos estruturais e análise térmica. O *Energy Plus®* é utilizado para aplicação dos PCM e posterior análise dos perfis de temperaturas interiores.

A conjugação dos dois programas permitirá ter como "output´s" os seguintes produtos, a análise 2D e 3D do edifício, a análise térmica e certificação energética do edifício,

o perfil de temperaturas da localização em análise, o perfil de temperaturas interiores do edifício ao longo de 12 meses do ano, o consumo energético do edifício (antes e após aplicação dos PCM) e as necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício.

Após a realização desta fase concetual surge uma terceira fase, iminentemente mais objetiva, com o intuito de aplicar os PCM selecionados no Capítulo 3. De salientar que o perfil de temperaturas a que o edifício foi submetido por meio do programa de cálculo automático corresponde a um padrão de comportamento térmico para aquela localização. Poderá, no entanto, refletir comportamentos térmicos atuais, mais drásticos, muito fruto das alterações climáticos.

Resultante dos trabalhos realizados na fase anterior, e fruto da replicação do trabalho desenvolvido, foi possível passar para a quarta fase de implementação do projeto, a análise comparativa. Desta análise extraíram-se os seguintes subprodutos: espetro de temperaturas interiores do edifício modelado versus espetro de temperaturas reais, temperaturas internas nos modelos com aplicação de PCM e sem aplicação dos materiais, consumos energéticos antes e após a aplicação dos materiais, entre outros.

Esta candidatura, conforme já amplamente referido, insere-se no âmbito da sustentabilidade, com especial enfoque nas alterações climáticas. Este tipo de estudo só faz sentido se o resultado obtido permitir que o edificado fique mais eficiente. Por eficiente entenda-se, neste particular, mais autónomo e menos dependente, contribuindo de forma decisiva para a redução das emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Neste particular o aplicação a este projeto culminará com a análise à luz dos objetivos do desenvolvimento sustentável (por intermédio da indicação de linhas de ação) e com a análise custo-benefício da aplicação dos mesmos. Embora o combate às alterações climáticas exija altruísmo, poderá ser incrementada caso o fator económico consiga garantir motivação.

4.2.3. Análise Geral do Edifício

O Bairro Bento de Jesus Caraça (Figura 4.35) está localizado na Freguesia de Oeiras e São Julião da Barra. Foi construído em três fases: a primeira em 1970, a segunda em 1980 e a terceira em 1997. Tem 438 residentes. Com um número total de 146 fogos, 91 em regime de arrendamento e 55 adquiridos pelas famílias residentes.

Figura 4.35 *- Fotografia aérea do Bairro Bento Jesus Caraça.*

Fonte: Google Maps

O Bairro Bento Jesus Caraça é, como já referido, constituído por um conjunto de edifícios de vários fases e diferentes tipologias. De todos os edifícios analisados levantaram-se dois fatores de ponderação para a escolha do edifício que vão servir de base a esta análise. O primeiro fator prendeu-se com a idade do edifício. As preocupações com a térmica dos edifícios foram aumentando ao longo dos anos pelo que, quanto mais antigo for o edifício menos eficiente será termicamente (salienta-se que não foram disponibilizados os certificados energéticos das frações que compõem o edifício em estudo). O outro fator de ponderação foi a dimensão do edifício. Quanto maior for o edifício mais demorada se torna a análise. No entanto, e tendo em conta que a análise térmica de um edifício como um todo acrescenta dados importantes para a análise, seria interessante optar por essa abordagem. Por este facto a escolha deveria recair sobre um edifício completo, de pequenas dimensões.

A conjugação destes dois fatores levou a que a escolha recaísse sobre o edifício sito na Rua Gaspar de Lemos N.º 13 (circundado na figura a vermelho na Figura 4.36).

Figura 4.36 *- Planta de pormenor do Bairro Bento Jesus Caraça com implantação de todos os edifícios.*

Fonte: Departamento Habitação Municipal Câmara Municipal de Oeiras

4.2.4. Resumo sistema construtivo do edifício

4.2.4.1. Caracterização construtiva do edifício

O edifício na Rua Gaspar de Lemos N.º 13 (Figura 4.37) é multifamiliar, com 2 pisos acima do solo e 2 fogos por cada piso. Do ponto de vista temporal, e de acordo com a informação disponibilizada, considera-se um edifício da década de 70/80.

A construção das décadas de 60/70/80 caracterizou-se pelo uso, em larga escala, de processos tradicionais. A construção fazia uso de processos de produção, em grande parte artesanais, com utilização intensiva de mão-de-obra e uma baixa mecanização. Estes processos, pouco organizados, levavam a um natural desperdício de mão-de-obra e consequentemente, dos recursos materiais associados.

As estruturas em betão armado assumem predominância em Portugal em meados do seculo XX. Os edifícios em betão armado eram compostos por soluções para revestimentos, totalmente em betão (incluindo paredes) ou soluções em alvenaria. Relativamente às coberturas tornou-se predominante a solução de cobertura inclinada, que ainda hoje representa a solução maioritária do parque habitacional em Portugal. Estes tipos de coberturas são mais representativos dos edifícios de habitação (Lameiras, 2010).

Relativamente aos revestimentos destaca-se a predominância dos rebocos e pinturas em detrimento, por exemplo, do uso da pedra. Por outro lado, aparecem cada vez mais soluções com betão à vista.

Todo o resumo estrutural, que será apresentado posteriormente, resulta da análise dos projetos de arquitetura e da análise exterior realizada ao edifício, na medida em que o mesmo se encontra habitado e não pôde ser visitado. Por este facto, a análise pode não traduzir na íntegra a real caracterização do mesmo considerando-se, no entanto, que será bastante aproximada.

Figura 4.37 *- Fachada principal do edifício na Rua Gaspar de Lemos N.º 13.*

Fonte: Google Maps

4.2.4.2. Estrutura do Edifício

Segundo Ferreira et al. (2013) é possível caracterizar, a nível arquitetónico, os edifícios em 3 tipologias, frente larga, frente estreita e em banda.

"Os edifícios de frente larga são geralmente edifícios multifamiliares, com largura de lote superior a 8 m, dois pisos, dois fogos por piso e distribuição central. No exterior, os alçados apresentam normalmente sequências de cinco vãos alinhados verticalmente. Ao nível do piso térreo, a abertura central é a porta que serve as escadas de distribuição, havendo a registar mais duas portas na fachada que dão acesso direto aos fogos do rés-do-chão. No 1.º piso, alternam-se janelas de peito com janelas de sacada, sendo também frequentes os casos em que o módulo central não possui aberturas" (Ferreira et al., 2013).

No que concerne ao interior do fogo estes edifícios caracterizam-se por uma organização espacial que contempla a sala voltada para a rua principal e a cozinha colocada exatamente no extremo oposto. Os compartimentos apresentam dimensões reduzidas (Ferreira et al., 2013).

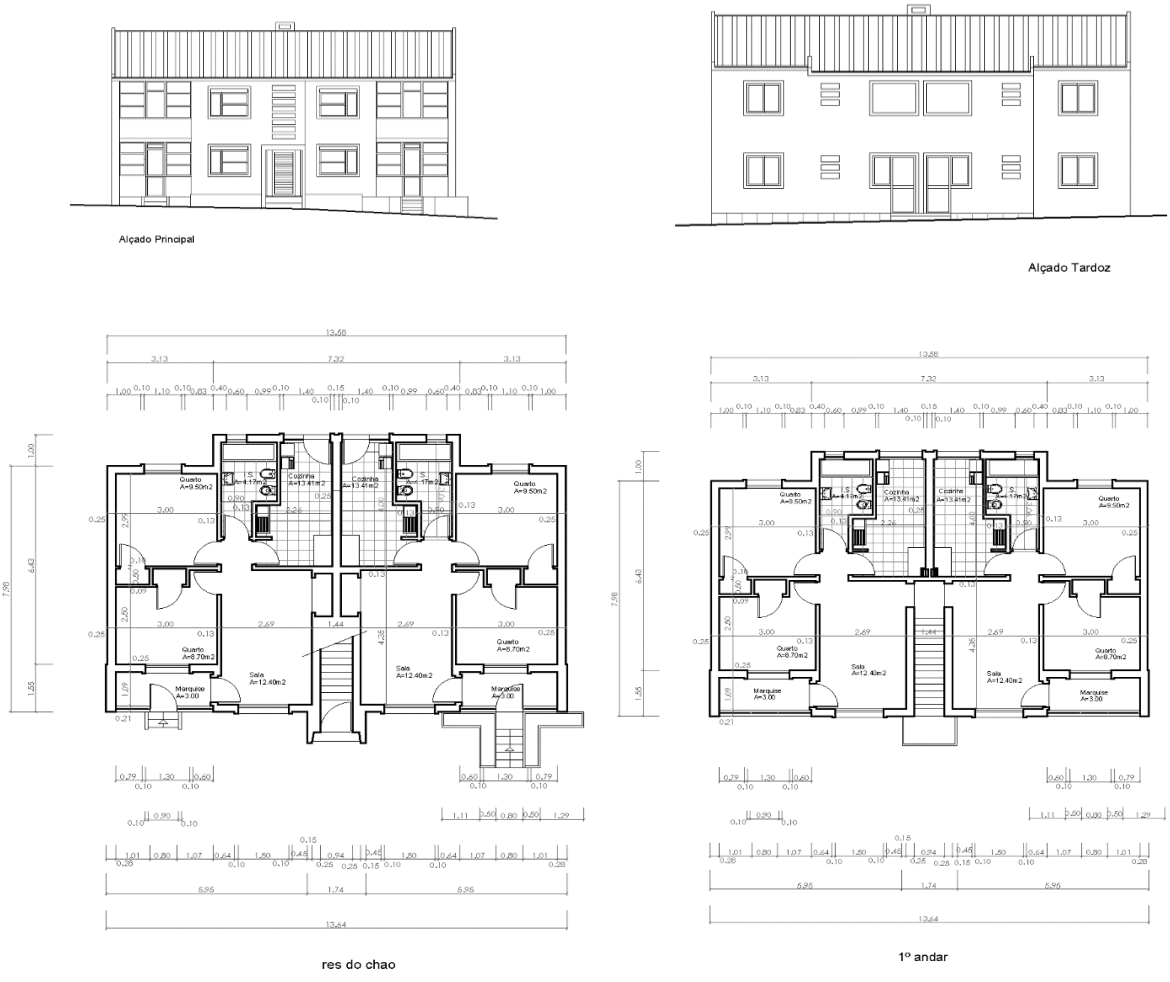
A dimensão dos fogos, em planta, faz com que não seja possível vincar a separação entre a zona social e a zona particular da habitação.

O edifício (Figura 4.38 e Figura 4.39) é composto por paredes de alvenaria exteriores, com espessuras constantes de 0,25m. Estas paredes são constituídas por 2 panos de alvenaria, caixa de ar (não ventilada) e reboco interior e exterior.

Estruturalmente o edifício é constituído por um sistema em pórtico, com vigas, pilares e lajes em betão armado. Foram consideradas fundações diretas, com sapatas isoladas para cada um dos pilares. Os pilares têm continuidade desde a fundação até ao piso 2 ou até à viga de cumeeira, conforme cada caso.

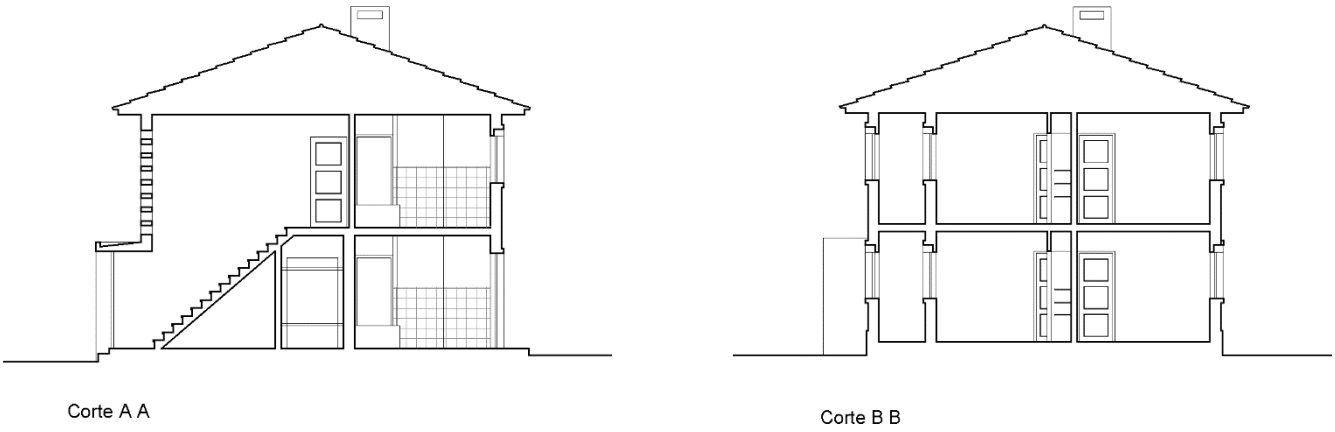
As lajes de piso são constituídas por uma estrutura de betão armado e apresentam uma espessura de 0,20m.

***Figura 4.38**- Plantas dos Pisos e Alçados (Principal e Tardoz)*



Fonte: Departamento Habitação Municipal Câmara Municipal de Oeiras

Figura 4.39 *– Cortes*



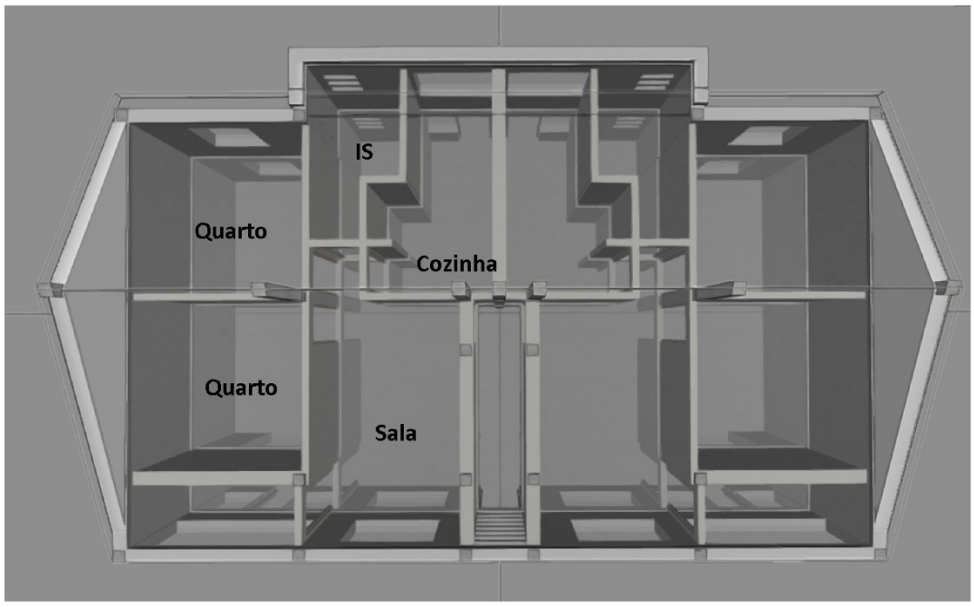
Fonte: Departamento Habitação Municipal Câmara Municipal de Oeiras

4.2.5. Modelação Edifício Programa Cype®Cad

Após a análise documental dos elementos fornecidos pela Câmara Municipal de Oeiras e após a escolha do "edifício-alvo" para elaboração do estudo, tornou-se necessário efetuar a modelação do edifício no programa de simulação. Esta simulação do edifício é importante por duas ordens de grandeza, em primeiro lugar permite elaborar a análise térmica atual (antes da aplicação de qualquer material de reabilitação) e permitirá elaborar nova análise térmica após a introdução dos PCM.

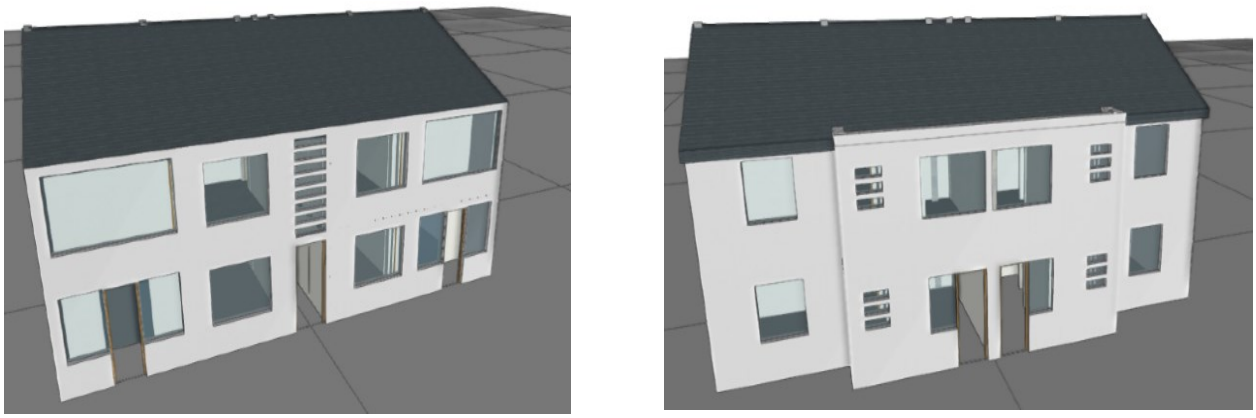
A parte de conceção arquitetónica do edifício foi realizada através da aplicação *IFC Builder®* do *Cype®Cad*. O edifício (Figura 4.40 e Figura 4.41) define-se por uma estrutura por piso retangular, sem grande complexidade em termos de geometria. Cada piso apresenta dois fogos, sendo que cada fogo apresenta uma área de aproximadamente 48m^2. No que toca à sua composição interna cada fogo é composto por uma cozinha, uma sala, uma casa de banho, dois quartos e uma marquise.

Figura 4.40 *- Modelação da base arquitetónica do edifício.*



Fonte: Modelo no Cype®Cad

Figura 4.41 *- Modelação de alçado principal e alçado tardoz.*

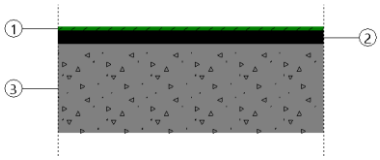


Fonte: Modelo no Cype®Cad

4.2.5.1. Modelação Sistema Envolvente, Compartimentação e Características dos Materiais

Laje Piso Térreo Superfície total 95.87 m²

Laje Piso Térreo



Listagem de camadas:

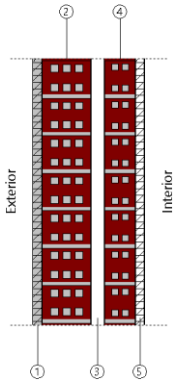
1 - Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1.00 cm
2 - Betume puro	3.00 cm
3 - Betão normal	20.00 cm

Características

Transmitância térmica, U: 0.62 W/(m²·K)
Espessura total 24.00 cm
Comprimento característico, B': 5.013 m
Resistência térmica da laje, Rf: 0.31 (m²·K)/W
Superfície da laje, A: 110.99 m²
Perímetro da laje, P: 44.280 m
Condutibilidade térmica, λ: 2.000 W/(m·K)

Parede Exterior Superfície total 152.93 m²

Parede Exterior



Listagem de camadas:

1 - Argamassa e reboco tradicional	2.00 cm
2 - Tijolo cerâmico furado (11 cm)	11.00 cm
3 - Caixa de ar	3.00 cm
4 - Tijolo cerâmico furado (7 cm)	7.00 cm
5 - Estuque tradicional	2.00 cm

Características

Transmitância térmica, U: 1.14 W/(m²·K)
Espessura total 25.00 cm

Porta Piso 0 Traseira

Porta Piso 0 Traseira

Características

Transmitância térmica, U: 5.80 W/(m²·K)
Absortividade, α_S: 0.600 (cor média)

Porta Fachada Principal (80-85)

Porta Fachada Principal (80-85)

Características

Transmitância térmica, U: 5.80 W/(m²·K)
Absortividade, α_S: 0.400 (cor média)

Porta Fachada Principal (90-95)

Porta Fachada Principal (90-95)

Características	Transmitância térmica, U: 5.80 W/(m²·K)
	Absortividade, α_S: 0.600 (cor média)

Janela Quarto Traseira

Janela Quarto Traseira

Características	Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Pequena Traseira 1

Janela Pequena Traseira 1

Características	Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Pequena Traseira 2

Janela Pequena Traseira 2

Características	Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Pequena Traseira 3

Janela Pequena Traseira 3

Características	Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Fachada Principal Piso 0

Janela Fachada Principal Piso 0

Características	Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Traseira Pequena Cozinha

Janela Traseira Pequena Cozinha

Características	Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Lateral Porta Acesso Frontal (95-100)

Janela Lateral Porta Acesso Frontal (95-100)

Características	Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700
	Fracção opaca, Ff: 0

Janela Lateral Porta Acesso Frontal (100-105)

Janela Lateral Porta Acesso Frontal (100-105)

Características	Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
	Factor solar, g: 0.700

Fracção opaca, Ff: 0

Janela Traseira Quarto Piso 1

Janela Traseira Quarto Piso 1

Características Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Traseia Cozinha Piso 1

Janela Traseia Cozinha Piso 1

Características Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Marquise Piso 1

Janela Marquise Piso 1

Características Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Pequena Frente 1 (90-95)

Janela Pequena Frente 1 (90-95)

Características Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Pequena Frente 2 (90-95)

Janela Pequena Frente 2 (90-95)

Características Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Frente Pequena 3 (90-95)

Janela Frente Pequena 3 (90-95)

Características Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Frente Pequena 4 (90-95)

Janela Frente Pequena 4 (90-95)

Características Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700

Fracção opaca, Ff: 0

Janela Frente Pequena 5 (90-95)

Janela Frente Pequena 5 (90-95)

Características
Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Janela Frente Pequena 6 (90-95)

Janela Frente Pequena 6 (90-95)

Características
Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

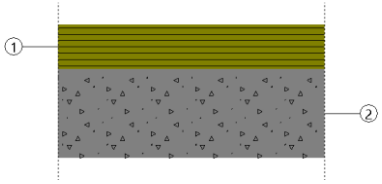
Janela Frente Pequena 7 (90-95)

Janela Frente Pequena 7 (90-95)

Características
Transmitância térmica, U: 6.00 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Laje Cobertura Superfície total 113.76 m²

Laje Cobertura



Listagem de camadas:

1 - Argila	10.00 cm
2 - Betão estrutural com areia do rio e leve	20.00 cm

Características
Transmitância térmica, U: 2.10 W/(m²·K)
Espessura total 30.00 cm

Porta Interior (75-80)

Porta Interior (75-80)

Características
Transmitância térmica, U: 2.00 W/(m²·K)
Absortividade, α_S: 0.600 (cor média)

Porta Interior (80-85)

Porta Interior (80-85)

Características
Transmitância térmica, U: 2.00 W/(m²·K)
Absortividade, α_S: 0.600 (cor média)

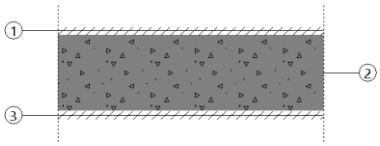
Janela Interior da Marquise

Janela Interior da Marquise

Características Transmitância térmica, U: 4.90 W/(m²·K)
Factor solar, g: 0.700
Fracção opaca, Ff: 0

Laje Piso Superfície total 187.35 m²

Laje Piso



Listagem de camadas:

1 - Estuque tradicional	2.00 cm
2 - Betão estrutural com areia do rio e leve	17.00 cm
3 - Estuque tradicional	2.00 cm

Características Transmitância térmica, U: 2.00 W/(m²·K)
Espessura total 21.00 cm

4.2.5.2. Características dos Materiais

***Tabela 4.21** - Propriedades térmicas dos materiais utilizados na simulação, obtido de CYPE® CAD*

Camadas					
Material	e	ρ	λ	RT	Cp
Argamassa e reboco tradicional	2.00	2000.00	1.300	0.02	1000.00
Tijolo cerâmico furado (11 cm)	11.00	875.50	0.407	0.27	1000.00
Tijolo cerâmico furado (7 cm)	7.00	904.20	0.368	0.19	1000.00
Estuque tradicional	2.00	1000.00	0.400	0.05	1000.00
Tijolo cerâmico furado (9 cm)	9.00	900.00	0.391	0.23	1000.00
Argila	10.00	2000.00	1.000	0.10	800.00
Betão estrutural com areia do rio e leve	20.00	1500.00	0.850	0.24	1000.00
Betão estrutural com areia do rio e leve	17.00	1500.00	0.850	0.20	1000.00
Cerâmica vidrada/grés cerâmico	1.00	2300.00	1.300	0.01	1000.00
Betume puro	3.00	1050.00	0.170	0.18	1000.00
Betão normal	20.00	2300.00	1.650	0.12	1000.00

Abreviaturas utilizadas

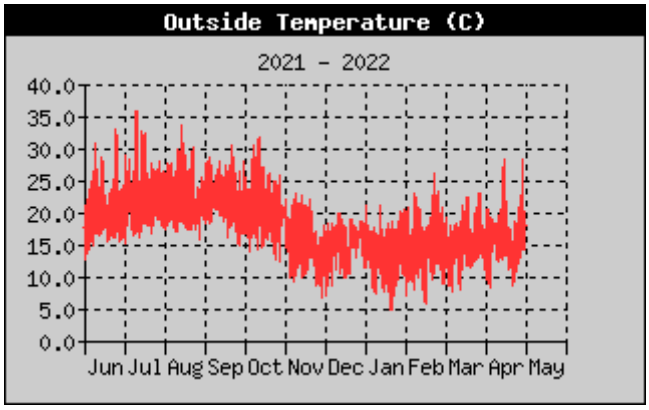
e	*Espessura cm*	RT	*Resistência térmica (m²·K)/W*
ρ	*Densidade kg/m³*	Cp	*Calor específico J/(kg·K)*
λ	*Condutibilidade térmica W/(m·K)*		

4.2.6. Análise Energética do Edifício

4.2.6.1. Enquadramento térmico da região

Para a correta modelação do edifício usou-se um perfil climático semelhante ao existente na região do Oeiras, tendo sido realizada uma pesquisa relativamente ao histórico climático mais recente (2021-2022), recorrendo a um site com informação meteorológica específica de Oeiras (Figura 4.42).

Figura 4.42 *- Espetro temperatura anual de Oeiras 2021-2022.*



Fonte: Meteo Oeiras

O aplicativo *CypeTherm® EPlus* do programa *Cype®Cad* apresenta, por defeito, um conjunto de espetros de temperatura para diversas regiões. O espetro de temperatura utilizado para esta simulação, em muito se assemelha ao gráfico acima ilustrado, com exceção de temperaturas de pico em alguns meses de ano, temperaturas estas que se configuram como exceção (muito embora a tendência nos indique que passem a acontecer com mais frequência, fruto das alterações climáticas).

A aplicação do espetro de temperaturas operativas exteriores ilustrado na Figura 4.42 ao edifício em estudo permite extrair um conjunto de informação relevante, tal como as temperaturas operativas interiores máximas e mínimas, a humidade relativa exterior média, a temperatura média do ar interior e a humidade relativa interior média. Esta informação encontra-se sistematizada por intermédio da Tabela 4.22.

***Tabela 4.22** - Análise dados climáticos exteriores e análise de dados interiores do edifício, obtido de Cype® Cad.*

Resultados													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura exterior mínima	°C	4.6	3.7	4.5	7.2	6.5	12	11.7	13.1	13.8	8.7	7.3	3.8
Temperatura exterior máxima	°C	18.8	18.9	21.4	23.1	25.5	28.4	31.6	32	29.7	25	22.5	21.3
Humidade relativa exterior média	%	84	82	78	76	75	74	73	74	77	81	83	85
Temperatura operativa interior mínima	°C	16.3	17	18.1	18.6	21.4	24.9	26.6	26.1	25.3	22.7	17.7	16
Temperatura operativa interior máxima	°C	21.8	22.6	23.8	24.8	26	28.4	30.6	31.3	30.3	28.5	25.5	23.1
Temperatura média do ar interior	°C	18.9	19.8	21.3	22.2	23.9	26.6	28.5	28.6	28.1	25.3	22	19.4
Humidade relativa interior média	%	66	66	66	66	68	71	72	73	73	72	70	70

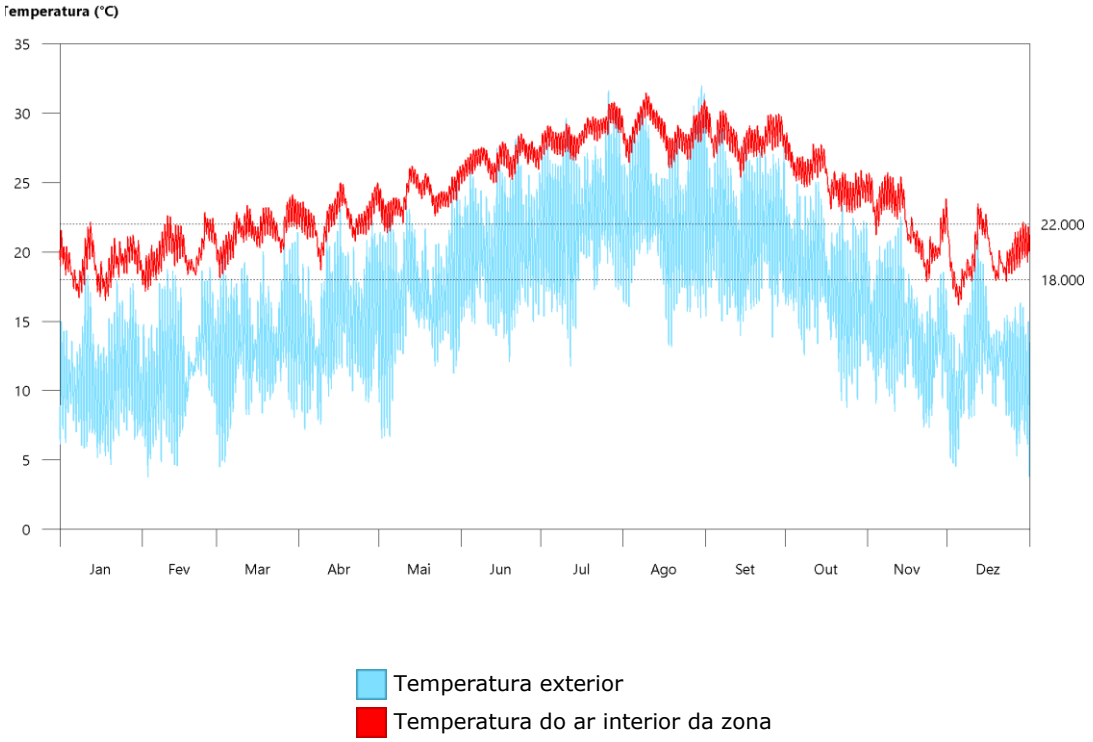
4.2.6.2. Gráfico de análise conforto interior e análise de parâmetros térmicos fora da zona de conforto

A análise do conforto nos edifícios é um fator que não depende exclusivamente da temperatura de conforto definida.

A definição de critérios de conforto para edifícios estabelece-se com a imposição de requisitos diretamente relacionados, por exemplo, com características da envolvente opaca, de vão envidraçados, entre outros. As temperaturas de conforto "padronizadas" (18 ^{o}C mínima e 22 ^{o}C de máxima), são considerados valores de referência não estando presentes, como requisito obrigatório, em qualquer legislação/norma subordinada a esta temática. No entanto, o Manual Técnico do Desempenho Energético de Edifícios prevê que a temperatura máxima atinja um limite de 25 ^{o}C.

Centremo-nos, neste ponto, nos valores de temperatura exterior e interior do edifício. A análise do gráfico da Figura 4.43 permite percecionar que o problema de conforto reside nas temperaturas operativas interiores máximas. No período compreendido entre março e outubro é possível verificar que grande parte do espetro de temperatura interior encontra-se acima do limite definido como conforto.

Figura 4.43 *- Espetro de temperaturas interiores e exteriores para a simulação em estudo.*



Fonte: Cype® Cad

É possível realizar uma análise semelhante quando se comparam as horas em que a temperatura interior é superior (ou inferior, conforme a análise em causa) à temperatura máxima de conforto definida, conforme explicitado na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 *- Número de horas nas quais a temperatura do ar dos compartimentos da zona se situa fora do intervalo de temperaturas.*

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Temperatura máxima de conforto (22.0 °C)													
$T_{int,max}$ (°C)	22.2	22.9	24.1	25.0	26.2	28.5	30.8	31.5	30.5	28.6	25.7	23.5	31.5
$T_{int} > T_{max,conf}$ (Horas)	3	57	258	456	723	720	744	744	720	744	392	59	5620
$T_{int} > T_{max,conf}$ (Horas/Ocupação)	3	57	258	456	723	720	744	744	720	744	392	59	5620
Temperatura mínima de conforto (18.0 °C)													
$T_{int,min}$ (°C)	16.5	17.1	18.1	18.7	21.4	24.9	26.6	26.0	25.3	22.8	17.8	16.1	16.1
$T_{int} < T_{min,conf}$ (Horas)	138	28	0	0	0	0	0	0	0	0	4	86	256
$T_{int} < T_{min,conf}$ (Horas/Ocupação)	138	28	0	0	0	0	0	0	0	0	4	86	256
Horas fora do setpoint*													
Aquecimento (Horas)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0
Aquecimento (Horas/Ocupação)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0
Arrefecimento (Horas)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0
Arrefecimento (Horas/Ocupação)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0

**Número de horas nas quais a temperatura do ar dos compartimentos da zona se situa fora do intervalo de temperaturas de setpoint de aquecimento ou de arrefecimento, com uma margem superior a 0.2 °C para aquecimento e 0.2 °C para arrefecimento.*

onde:

T_{int}: *Temperatura do ar interior da zona, °C.*
$T_{int,max}$: *Temperatura máxima do ar interior da zona, °C.*
$T_{int,min}$: *Temperatura mínima do ar interior da zona, °C.*
$T_{max,conf}$: *Temperatura máxima de conforto, °C.*
$T_{min,conf}$: *Temperatura mínima de conforto, °C.*

Fonte: CYPE® CAD

4.2.6.3. Verificação de coerências entre valores do coeficiente de transmissão térmica - elementos construtivos obtidos pela modelação com valores tabelados pelo LNEC

Uma das formas de validar a modelação do edifício, do ponto de vista térmico, é o recurso a tabelas técnicas que padronizam o conforto térmico de edifício, de acordo com determinadas condições de fronteira.

Neste âmbito considera-se como documento de referência o "*ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*", do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Santos & Matias, 2010)

Esta publicação que se destina a "apoiar a realização de estudos no âmbito do desempenho térmico dos edifícios e a aplicação do novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica de soluções correntes da envolvente dos edifícios e indicam-se ainda os valores convencionais de cálculo de condutibilidade térmica de materiais e de resistências térmicas superficiais, de espaços de ar não-ventilados e de alguns elementos de construção." (Santos & Matias, 2010)

A análise contemplará apenas alguns elementos construtivos, na medida em que uma análise detalhada era exaustiva, e não influi diretamente no fulcro do trabalho.

4.2.6.3.1. Elemento da envolvente opaca – Parede exterior

O valor obtido para o coeficiente de transmissão térmica (U) da parede exterior é de 1,14 W/(m²·K). Quando comparado com o valor tabelado no ITE50-LNEC verifica-se que o valor do coeficiente é de 1,1, confirmando a coerência dos valores simulados.

4.2.6.3.2. Elemento construtivo – Parede interior

O valor obtido para o coeficiente de transmissão térmica (U) da parede interior, construída com tijolo de 9 cm, é de 1,69 W/(m²·K). Neste caso, o valor de parede interior não se encontra diretamente tabelado, sendo necessário verificar elemento a elemento. O revestimento de estuque tradicional apresenta um coeficiente de transmissão térmica de 0,57 W/(m²·K) cada camada. Considerando 2 camadas de revestimento com estuque, obtém-se o valor de 1,14 W/(m²·K).

É necessário somar ainda o tijolo de 9cm, com coeficiente de transmissão térmica (U) aproximado de 0,41 W/(m²·K). No total o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) tabelado com base no ITE50-LNEC de 1,54 W/(m²·K). Mais uma vez, considera-se coerente o valor obtido da simulação com o valor obtido por intermédio de tabelas técnicas.

4.2.7. Análise de alguns requisitos de desempenho energético dos edifícios (conforto térmico) à luz da nova legislação

Neste subcapítulo efetuar-se a análise relativa à sujeição do edifício aos mais recentes critérios de conforto, previstos na Portaria n.º 138-I/2021. Esta Portaria regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas.

Estes critérios de conforto são exigidos para edifícios novos ou renovados. Sabe-se à partida, e tendo por base a idade de construção do edifício, que o mesmo não cumprirá estes requisitos. No entanto, será interessante analisar o quão o edifício se encontra longe dos critérios de conforto e, numa fase posterior, a implicação que a aplicação dos materiais de mudança de fase terá na verificação destas exigências.

Os critérios de conforto definem-se, entre outros fatores, pela limitação dos coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos (entenda-se, por exemplo paredes) e elementos envidraçados. As Tabelas 4.24 e 4.25 indicam os valores máximos para cada uma dessas tipologias conforme o tipo de elemento e a sua orientação/posição na estrutura do edifício. Por uma questão de simplicidade da análise, o foco residirá nos elementos da envolvente opaca, deixando de fora as zonas de pontes térmicas lineares (PTP).

***Tabela 4.24** - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação - Portugal Continental.*

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

Fonte: Portaria 138 I – 2021

***Tabela 4.25** - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de habitação - Portugal Continental.*

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma da Madeira:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma dos Açores:			
Edifícios de habitação	2,90	2,60	2,40
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

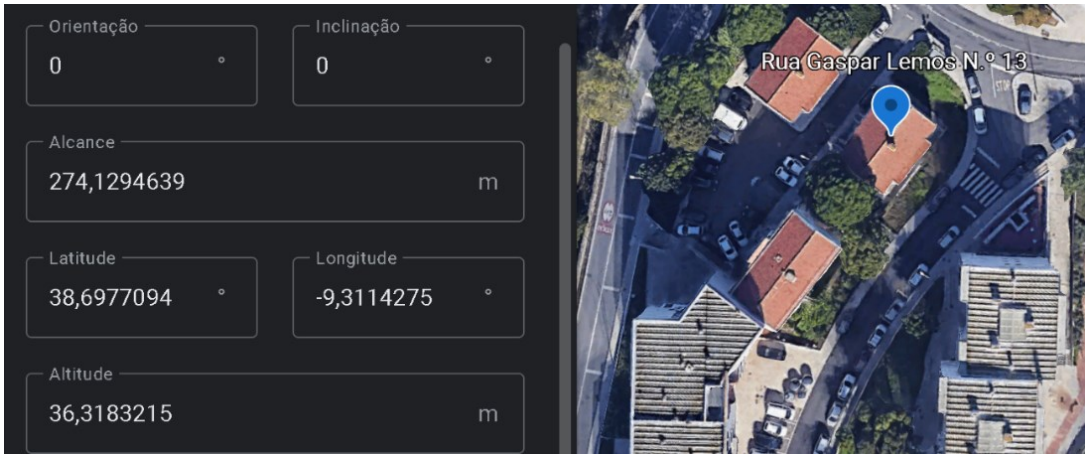
Fonte: Portaria 138 I - 2021

Para a determinação de um conjunto de parâmetros que habilitam a utilização das tabelas acima indicadas é necessário consultar o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), publicado através do Despacho n.º 6476-H/2021. Este manual contém o conjunto de regras e orientações para a instrução, condução e conclusão dos processos de avaliação do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as especificidades dos edifícios abrangidos, que descreve as opções nacionais e integra os anexos das normas gerais ISO/EN relevantes para a sua aplicação, nos termos do disposto no n.º 5 do artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro.

Para o cálculo da zona climática é necessário calcular os fatores "localização, entorno e clima" do Despacho n.º 6476-H/2021.

A localização do edifício é dada em coordenadas, altitude e morada postal. Com o auxílio do *Google® Earth* (Figura 4.44) é possível obter, de forma simples, os parâmetros coordenadas e altitude.

***Figura 4.44** - Obtenção parâmetros clima com recurso ao Google Earth.*



Fonte: Google® Earth

Excluindo a análise dos critérios de entorno (como por exemplo a rugosidade, que não influi diretamente na análise a realizar), passa-se diretamente para a análise dos fatores do clima. Os edifícios devem ser caracterizados em função da sua zona climática de inverno e de verão, sendo definidos três tipos para cada estação (I1, I2 e I3, para o inverno, e V1, V2 e V3, para o verão). As zonas climáticas são necessárias na verificação do cumprimento dos requisitos de qualidade térmica da envolvente e, no caso dos edifícios de habitação, dos indicadores de conforto térmico. Para a verificação do coeficiente de transmissão térmica máximo, e tendo por base as Tabelas 4.4 e 4.5, verifica-se que os três tipos de cada estação são fator de entrada das respetivas tabelas.

A zona climática de inverno é definida a partir do número de graus-dias (GD) na estação de aquecimento, na base de 18 °C, conforme Tabela 4.26, enquanto a de verão é definida a partir da temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), conforme Tabela 4.27 constante no Despacho N.º 6476-H/2021.

***Tabela 4.26** - Zona climática de inverno.*

Critério	$GD \leq 1300$ ºC	1300 ºC $GD \leq 1800$ ºC	$GD > 1800$ ºC
Zona climática inverno	I1	I2	I3

Fonte: Despacho n.º 6476-H/2021

Tabela 4.27 - Zona climática de verão.

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20$ °C	20 °C $\theta_{ext,v} \leq 22$ °C	$\theta_{ext,v} > 22$ °C
Zona climática verão	V1	V2	V3

Fonte: Despacho n.º 6476-H/2021

Para conseguir verificar os valores de GD e $\theta_{ext,v}$ é necessário encontrar alguns parâmetros de cálculo, conhecidos como parâmetros climáticos.

Os valores dos parâmetros climáticos (X) de um determinado local, são obtidos através dos parâmetros de referência (Xref), tendo em conta os valores da NUTS III. NUTS é o acrónimo de "Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos", sistema hierárquico de divisão do território em regiões.

$$X = X_{ref} \mp a\,(z - z_{ref}) \quad (1)$$

X – Parâmetro climático a corrigir

Xref – parâmetro climática de referência

a – Declive que relaciona a diferença de altitudes [mês/km] ou [ºC/km]

z- Altitude do edifício [km]

z_{ref} - altitude de referência [km]

4.2.7.1. Cálculo de parâmetros climáticos em altitude (aquecimento e arrefecimento)

Procedeu-se, de seguida, ao cálculo para a estação de aquecimento (Tabela 4.28). Neste caso a equação acima indicada terá que ser adaptada para os parâmetros da estação de aquecimento. Neste caso, GD (Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18 ºC), M (Duração da estação de aquecimento – meses) e θext,i (Temperatura exterior média do mês mais frio da estação de aquecimento - ºC).

Tabela 4.28 - Valores de referência para a estação de aquecimento.

NUTS III	z_{REF}	M		GD		$\theta_{ext,i}$		G_{sul}
		M_{REF}	a	GD_{REF}	a	$\theta_{ext,i_{REF}}$	a	
	m	meses	mês/km	ºC	ºC/km	ºC	ºC/km	kWh/ (m².mês)
Alentejo Central	221	5,3	2	1 150	1 100	10,0	-4	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1 089	1 100	10,8	-2	150
Algarve	145	4,8	0	987	1 800	11,3	-6	155
Alto Alentejo	246	5,3	2	1 221	1 200	9,6	-3	145
Alto Trás-os-Montes	680	7,3	0	2 015	1 400	5,5	-4	125
Ave	426	7,2	0	1 653	1 500	7,8	-6	125
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1 068	1 000	10,7	-2	155
Baixo Mondego	67	6,3	0	1 304	1 000	9,7	-5	140
Baixo Vouga	50	6,3	2	1 337	1 100	9,5	-5	140
Beira Interior Norte	717	7,5	0	1 924	1 000	6,3	-3	135
Beira Interior Sul	328	5,4	1	1 274	1 800	9,1	-6	140
Cávado	171	6,8	1	1 491	1 300	9,0	-6	125
Cova da Beira	507	7,1	0	1 687	1 400	7,5	-5	140
Dão-Lafões	497	7,3	0	1 702	1 900	7,5	-6	135
Douro	579	6,9	0	1 764	1 400	6,3	-4	135
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1 544	1 400	8,4	-5	135
Grande Lisboa	109	5,3	3	1 071	1 700	10,8	-4	150

Fonte: Despacho n.º 6476-H/2021

Para o caso do edifício em estudo, e tendo por base os dados da tabela acima indicada, assume-se o seguinte cálculo:

$$X = X_{ref} + a\,(z - z_{ref}) \qquad (2)$$

$$GD = 1071 + 1700\,(0{,}03638 - 0{,}109)$$

$$GD = 1071 - 123{,}454$$

$$GD = 947{,}54\ ^{0}C$$

Com este valor é possível fazer a análise da Tabela 4.26, sendo que este edifício se encontra na Zona Climática de Inverno "I1" (Tabela 4.29).

Tabela 4.29 *– Indicação da zona climática de inverno do edifício.*

Critério	$GD \leq 1300$ °C	1300 °C $GD \leq 1800$ °C	$GD > 1800$ °C
Zona climática inverno	I1	I2	I3

Após o cálculo para a estação de aquecimento, procedeu-se ao cálculo para a estação de arrefecimento (Tabela 4.30). Neste caso os parâmetros de interesse alteram-se, sendo necessário considerar $\theta_{ext,v}$ (temperatura exterior média na estação de arrefecimento -°C), G_{sol} [- Energia solar média incidente numa superfície horizontal (0º) ou vertical (90º), acumulada durante a estação de arrefecimento (kWh/m^2)].

Tabela 4.30 *- Valores de referência para a estação de arrefecimento.*

NUTS III	z_{REF}	$\theta_{ext,v}$		G_{sol} [kWh/m^2]								
		$\theta_{ext,v\,REF}$	a	0º	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º	90º
	m	°C	°C/km	H	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alto Trás-os-Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Dão-Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365

Fonte: Despacho n.º 6476-H/2021

De seguida procedeu-se ao cálculo dos valores para obtenção da Zona Climática de Verão.

$$X = X_{ref} + a\left(z - z_{ref}\right) \quad (3)$$

$$\theta\text{ext, v} = 21{,}7 + (-10) \times (0{,}03638 - 0{,}109)$$

$$\theta\text{ext, v} = 21{,}7 + 0{,}7262$$

$$\theta\text{ext, v} = 22{,}4262\ ^{0}C$$

Com este valor é possível fazer a análise da tabela 4.27, sendo que este edifício se encontra na Zona Climática de Verão "V3" (Tabela 4.31).

Tabela 4.31 *- Identificação zona climática de verão.*

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20$ °C	20 °C $\theta_{ext,v} \leq 22$ °C	$\theta_{ext,v} > 22$ °C
Zona climática verão	V1	V2	V3

4.2.7.2. Valores coeficiente transmissão térmica máximos admissíveis (edifícios novos ou reabilitações)

A partir da obtenção das zonas climáticas de verão e de inverno é possível, e através da análise das Tabelas 4.24 e 4.25, obter os valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca (por exemplo paredes exteriores) e dos elementos da envolvente envidraçada. Para simplificação da análise voltar-se-á a apresentar as tabelas (Tabelas 4.32 e 4.33), destacando os valores que vão servir de comparação aos valores obtidos na modelação. Importa referir, mais uma vez, que os valores tabelados dizem respeito a critérios para edifícios novos ou edifícios alvo de reabilitação. No entanto, esta comparação permitirá indagar o quão longe/perto se está dos critérios de conforto.

Tabela 4.32 *- Coeficientes de transmissão térmica destacados, da envolvente opaca, para a zona climática I1.*

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

Fonte: Portaria 138 I - 2021

Tabela 4.33 *- Coeficientes de transmissão térmica destacados, dos vãos envidraçados, para a zona climática I1.*

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma da Madeira:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma dos Açores:			
Edifícios de habitação	2,90	2,60	2,40
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

Fonte: Portaria 138 I - 2021

As Tabelas 4.32 e 4.33 apresentam várias condições de entrada, como por exemplo a zona climática, tipo de elemento e condições de fronteira. Dentro das condições de fronteira, e para melhor compreensão dessas condições, importa explicar o que se entende por b_{tzu} superior ou inferior a 0,7. O b_{tzu} é um fator que, de forma genérica, traduz a redução da transmissão de calor para um espaço não útil em

comparação com o exterior. Se o b_{tzu} for igual a zero considera-se que a temperatura do espaço não útil é igual à temperatura interior. Em oposição, se o b_{tzu} for igual a um considera-se que a temperatura do espaço não útil é igual à temperatura exterior. O cálculo deste coeficiente é possível de duas formas, com as temperaturas interiores e exteriores ou, em alternativa, através de uma relação de áreas. Acrescenta-se que, por espaço não útil, compreende-se um espaço sem ocupação humana permanente atual ou prevista, e sem consumo de energia atual ou prevista (conforme artigo 3º do Dec. Lei N.º 101-D/2021).

Por definição existem locais que, à partida, são desde logo considerados espaços não úteis, como por exemplo arrecadações, marquises e o desvão das coberturas.

Em suma, e através da análise da Tabela 4.34, constata-se que os valores dos coeficientes de transmissão térmica deste edifício estão longe dos critérios hoje exigidos para edifícios novos ou sujeitos a remodelações. Mais à frente no trabalho, será interessante verificar a implicação dos materiais de mudança de fase na aproximação aos critérios de conforto.

Tabela 4.34 *- Comparação dos coeficientes de transmissão térmica existentes com os definidos pelos critérios de conforto para edifícios novos ou reabilitados*

Tipo de Elemento		**Condição de Fronteira**	**Zona Climática**			**Elemento do Edifício em estudo (Coef. Trans. Térmica)**	**Observação**
			I1	I2	I3		
Zona Corrente da Envolvente	Vertical	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,5**	0,4	0,35	Parede exterior - 1,14	Não cumpre
		Interior com btzu ≤ 0,7	**2**	2	1,9	Parede divisória interior da marquise - 1,0	Cumpre
Zona Corrente da Envolvente	Horizontal	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,4**	0,35	0,3	Laje piso (divisão entre piso 1 e desvão cobertura) - 2,0	Não cumpre
		Interior com btzu ≤ 0,7	**1,65**	1,3	1,2		

4.2.8. Escolha do Material de Mudança de Fase (PCM) a aplicar ao edifício

Os materiais aplicados neste desenvolvimento prático são os mesmos daqueles que foram aplicados na fase anterior dos trabalhos realizados. Como tal considera-se a aplicação dos materiais de mudança de fase *Deltacool*® e *Micronal*®. Recorda-se, através das Tabela 4.35 e Tabela 4.36 as principais características dos PCM.

Contudo, e por simplificação da análise, a comparação de temperaturas foi realizada com o *Deltacool*® e *Micronal*®, enquanto a medição das possíveis poupanças energéticas foi realizada com recurso exclusivo ao *Micronal*®.

Tabela 4.35 *- Características físico-químicas do PCM Micronal®.*

Características do PCM Micronal ®	
Espessura (mm)	15
Densidade (kg/m3)	766,7
Temperatura Fusão (°C)	23-26
Capacidade Calor Latente (KJ/Kg)	28,7
Capacidade Calor Especifico (kJ/Kg.K)	1,2
Condutividade Térmica - λ (W/m.K)	0,134

Fonte: Sá (2015)

Tabela 4.36 *- Características físico-químicas do PCM Deltacool®.*

Características do PCM Delta ®-Cool 24	
Temperatura Fusão (°C)	22-28
Temperatura de Cristalização (°C)	22
Capacidade Calor Latente (KJ/Kg)	158
Capacidade Calor Especifico (kJ/Kg.K)	2,7
Condutividade Térmica - λ (W/m.K)	1,12(liq) /0,56 (sol)

Fonte: Sá (2015)

4.2.9. Aplicação do Material de Mudança de Fase e sua implicação nos critérios de conforto do edifício

Neste capítulo realizou-se a modelação dos PCM, introduzindo a variável "espessura do material". Em complemento testou-se a influência dos PCM no conforto térmico, conjugado com a substituição das janelas existentes por janelas mais eficientes.

A alteração de janelas, por modelos mais eficientes, com coeficientes de transmissão térmica mais baixos, permite aferir a influência de ações de conjunto através da intervenção em revestimentos da componente opaca e alteração de elementos envidraçados. Todos os elementos envidraçados foram substituídos de acordo com valores definidos no ITE50 do LNEC.

Os vãos envidraçados existentes foram substituídos por vãos de caixilharia de PVC, simples, vidro duplo e espessura da lâmina de ar de 16mm (perfil 4+16+4 mm). O coeficiente de transmissão térmica para esta solução é de 2,7 [W/(m2.^{o}C)], mantendo o mesmo fator solar.

As abordagens realizadas encontram-se sintetizadas através da Tabela 4.37.

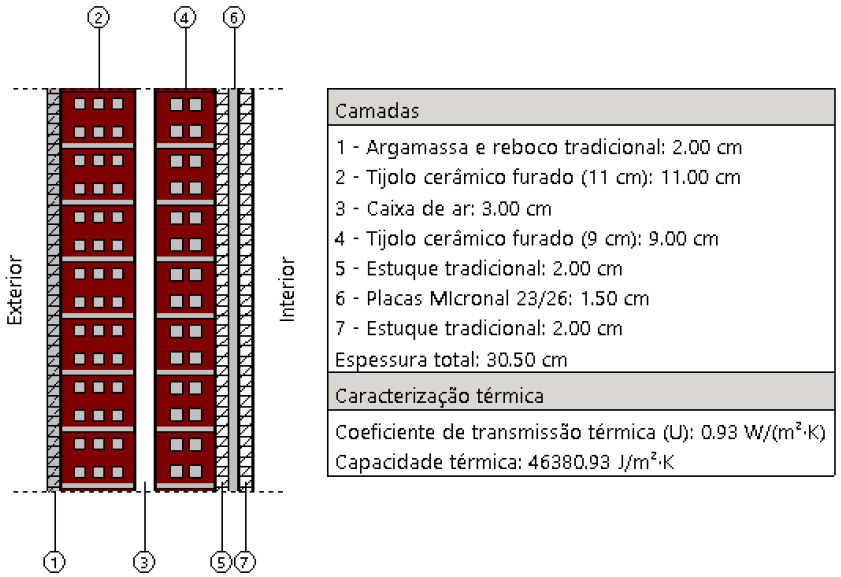
Tabela 4.37 *- Solução testadas para aplicação dos Materiais de Mudança de Fase.*

Solução Testada	Resumo da Solucação
A	Introdução de 1,5 cm do PCM Micronal com janelas existentes e com alteração de janelas.
B	Introdução de 3 cm do PCM Micronal com janelas existentes e com alteração de janelas.
C	Introdução de 2 cm do PCM Deltacool com janelas existentes e com alteração de janelas.
D	Introdução de 4 cm do PCM Deltacool com janelas existentes e com alteração de janelas.
E	Análise Solução C para o dia mais quente e mais frio do ano
F	Análise Solução D para o dia mais quente e mais frio do ano
G	Poupança energética dia mais quente e dia mais frio 1,5 cm PCM Micronal
H	Poupança energética dia mais quente e dia mais frio 3 cm PCM Micronal

4.2.9.1. Análise solução A (1,5 cm de PCM Micronal® com e sem alteração de janelas)

Com a primeira solução efetuou-se a aplicação do PCM *Micronal®* com 1,5 cm de espessura. Este material apresenta-se em placas, iguais às placas de gesso cartonado, e tem uma espessura standard de 1,5 cm. A colocação das placas foi realizada pelo interior da habitação, por facilidade de aplicação das mesmas, em caso de possível reabilitação posterior do edifício (Figura 4.45).

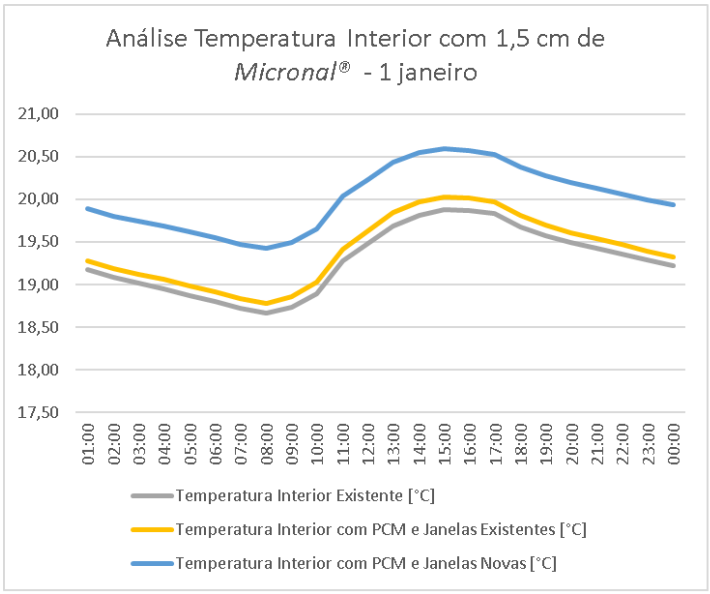
***Figura 4.45** - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 1,5cm de PCM Micronal®.*

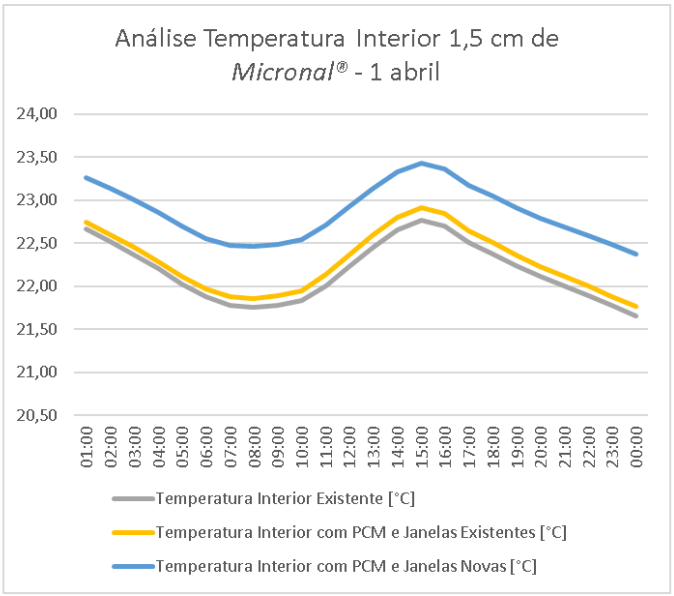


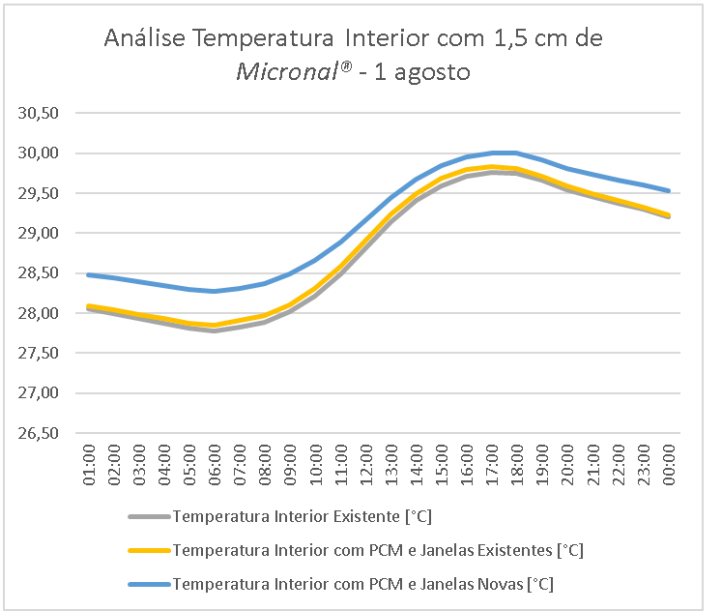
Fonte: EPlus Cype®Cad

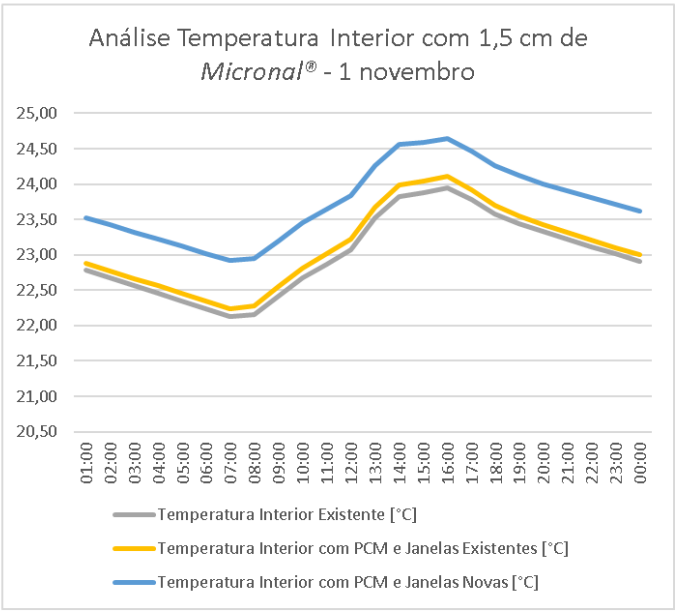
A Figura 4.46 apresenta a análise das temperaturas de interiores do edifício, para a solução A, referente ao dia 1 de janeiro, 1 de abril, 1 de agosto e 1 de novembro. Com esta simplificação é possível ter uma perspetiva do comportamento térmico do edifício para esta solução, passando por várias estações do ano.

***Figura 4.46** - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução A.*









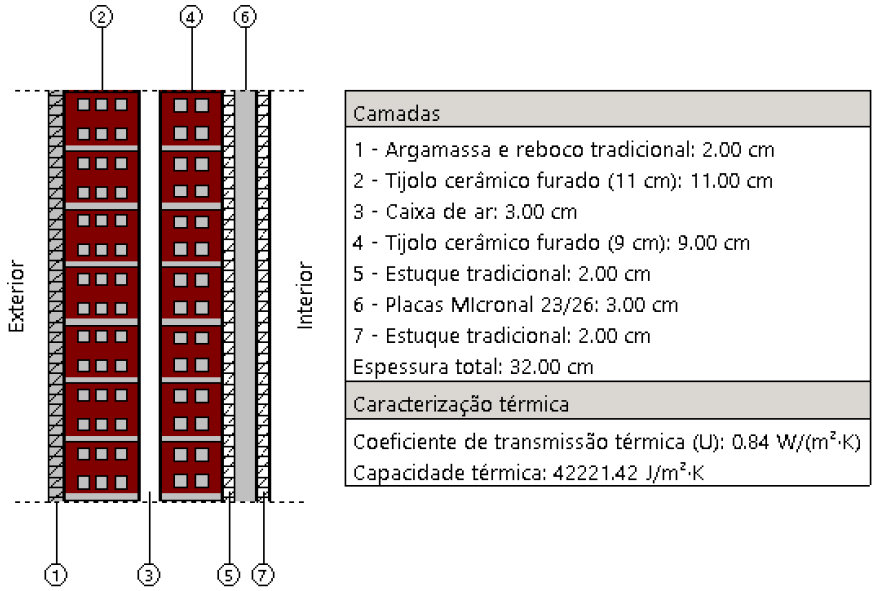
De uma forma geral constata-se a aplicação do material de mudança de fase, Micronal®, de forma passiva (sem aplicação de um sistema de ventilação) contribui, de forma genérica, para um aumento da temperatura interior do edifício. Nos períodos mais frios a aplicação destes materiais contribui para a manutenção de temperaturas interiores em valores mais elevados, contribuindo de forma mais efetiva para dotar as habitações de melhores condições de conforto. Por outro lado, nos períodos mais quentes, o seu efeito não é tão vantajoso para a temperatura interior, contribuindo

ainda para um ligeiro aumento da mesma. Este facto poderá estar diretamente relacionado com as características do material (PCM) usado. Recorde-se que é um material com um ponto de fusão mais baixo, rondando os 23 °C, bem como uma capacidade de armazenamento de calor (entalpia de fusão), que poderá não satisfazer todas as necessidades térmicas da região onde se encontra o edifício. No entanto, será interessante visualizar o efeito do mesmo PCM, com recurso a sistemas de ventilação do edifício, na medida em que uma análise de uma solução totalmente passiva pode não fornecer uma visão completa do material.

4.2.9.2. Análise solução B (3 cm de PCM Micronal® com e sem alteração de janelas)

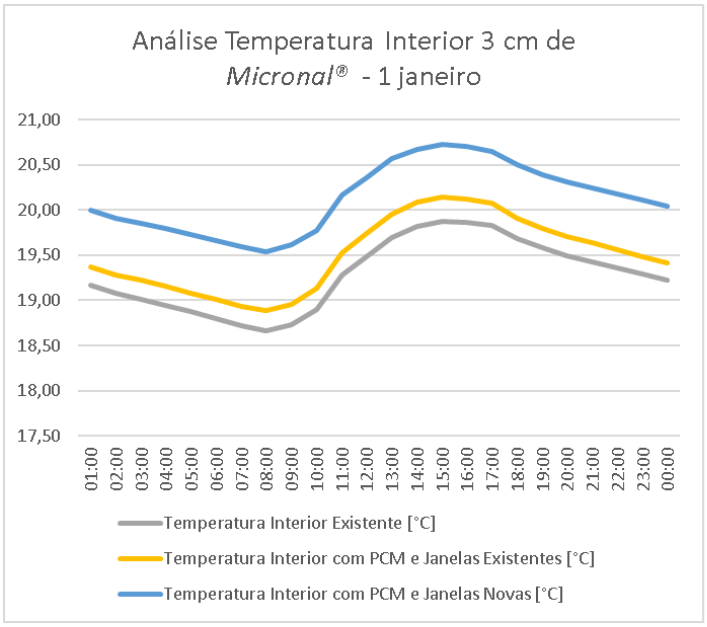
Quanto falamos de elementos construtivos da componente opaca de um edifício, elementos estes preferencialmente de baixa condutividade térmica, torna-se importante verificar a implicação direta do fator "espessura do material" nas temperaturas interiores do edifício (Figura 4.48). Como tal, e considerando que o *Micronal®* se apresenta em placas de 1,5 cm de espessura, duplicou-se o número de placas, fazendo aumentar a espessura total para 3 cm. A localização das placas nos elementos estruturais manteve-se, tendo sido simulada a sua colocação no paramento interior das paredes exteriores e interiores, conforme exemplificado através da Figura 4.47.

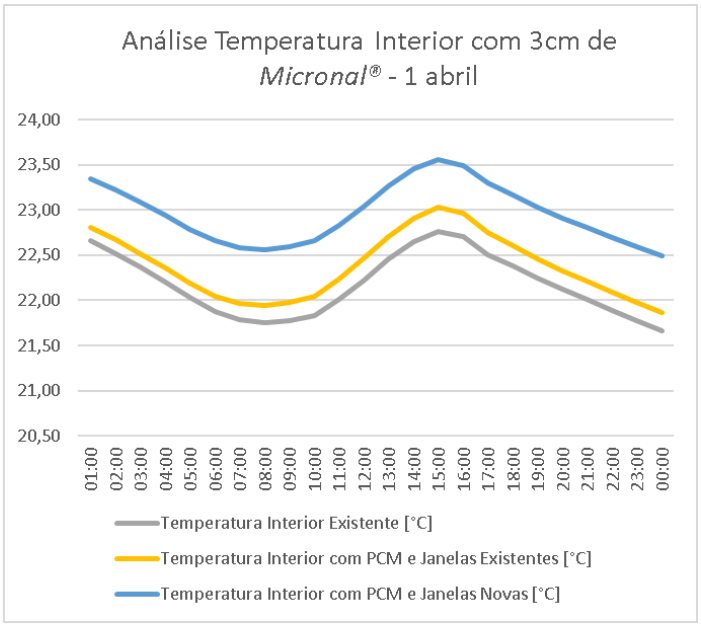
***Figura 4.47** - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 3 cm de PCM Micronal®.*

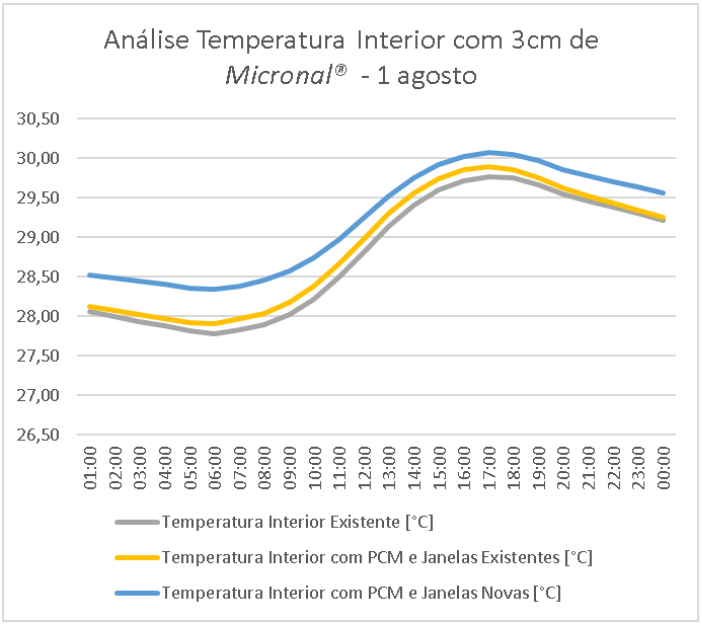


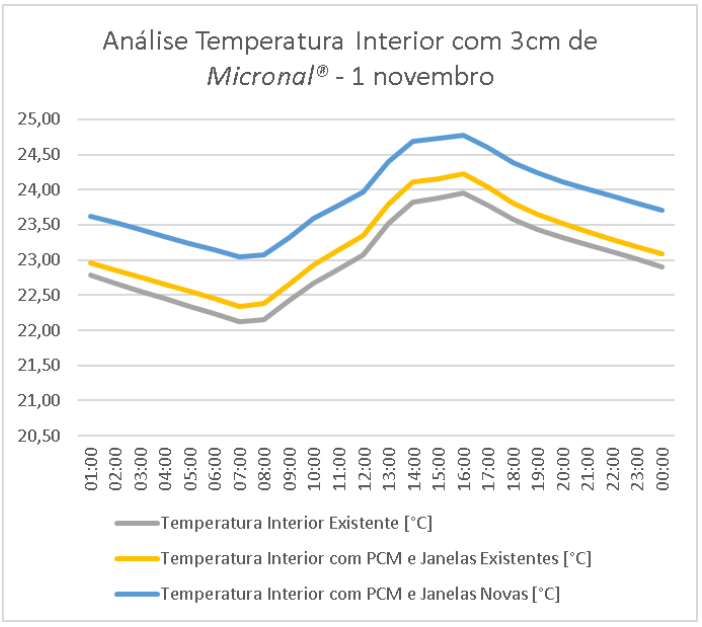
Fonte: EPlus Cype®Cad

***Figura 4.48**- Análise temperaturas interiores do edifício para a solução B.*









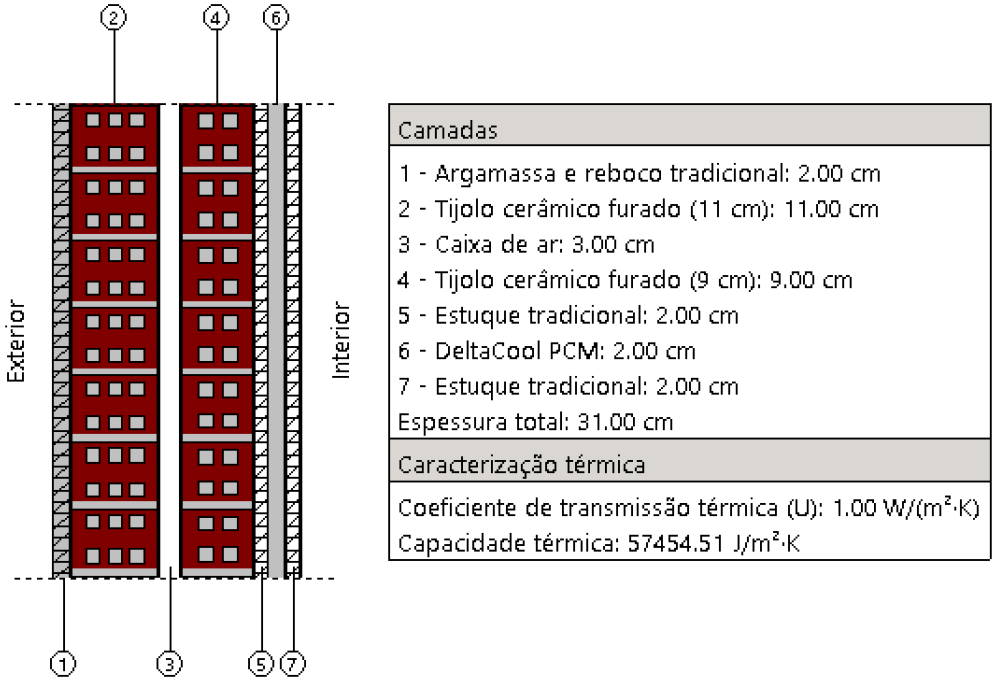
A análise para 3 cm de espessura *Micronal®* é em tudo semelhante ao já realizado para uma espessura de 1,5 cm. Em todas as situações existe um claro aumento da temperatura interior (Figura 4.48), mais expressivo nas soluções em que se efetuou, de forma cumulativa, a substituição das janelas existentes, por janelas mais eficientes. Conforme já se tinha concluído a aplicação deste PCM, de forma totalmente passiva, apresenta melhores resultados em estações mais frias.

Mais à frente, e quando aplicada a solução com sistema AVAC, será interessante verificar a importância do incremento de espessura na necessidade de energia para aquecer/arrefecer um espaço, com vista a atingir critérios de conforto.

4.2.9.3. Análise solução C (2 cm de PCM DeltaCool® com e sem alteração de janelas)

Para o PCM *DeltaCool®* utilizou-se o mesmo racional de aplicação daquele que foi utilizado para o *Micronal®*. A variação, além das características próprias do material, reside na espessura do mesmo sendo que, neste caso, está em causa uma espessura de 2 cm para cada "camada" de material. A Figura 4.49 apresenta a forma de colocação do material no edifício (tendo sido simulada a sua colocação no paramento interior das paredes exteriores e interiores), bem como a sua implicação direta no coeficiente de transmissão térmica da parede.

***Figura 4.49** - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 2 cm de PCM DeltaCool®.*

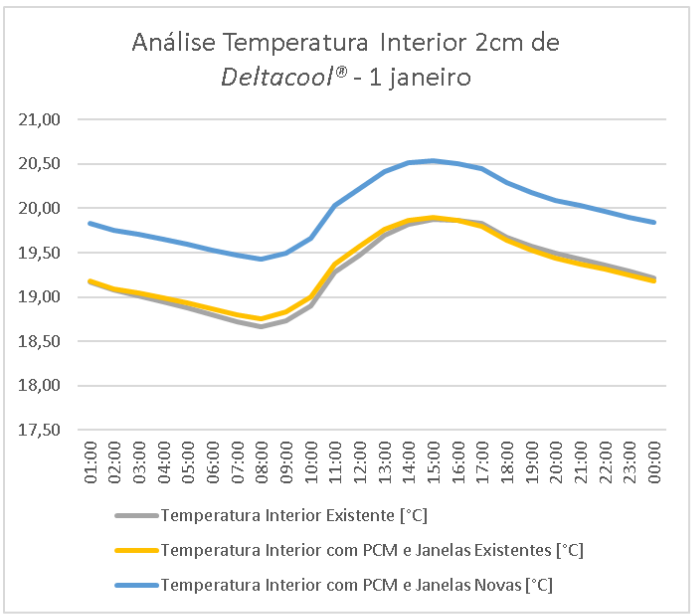


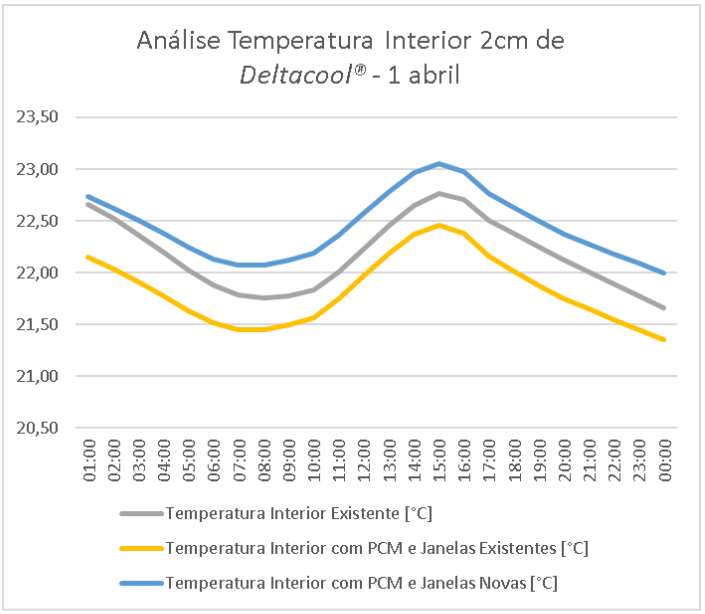
Fonte: EPlus Cype®Cad

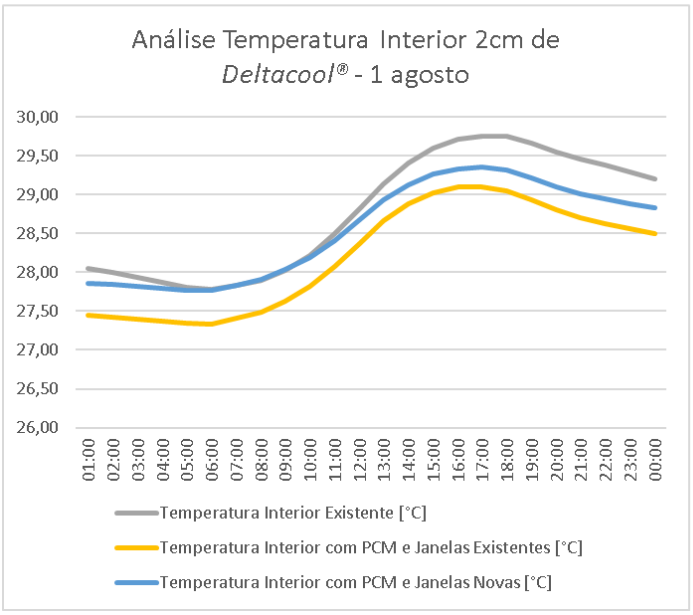
O racional de análise utilizado para o PCM *DeltaCool®* foi igual ao realizado para o *Micronal®*. Foram verificadas as temperaturas interiores (Figura 4.50) para o primeiro dia dos meses de janeiro, abril, agosto e novembro. Neste caso existe, à partida, uma maior expectativa quanto à capacidade deste PCM na medida em que apresenta uma

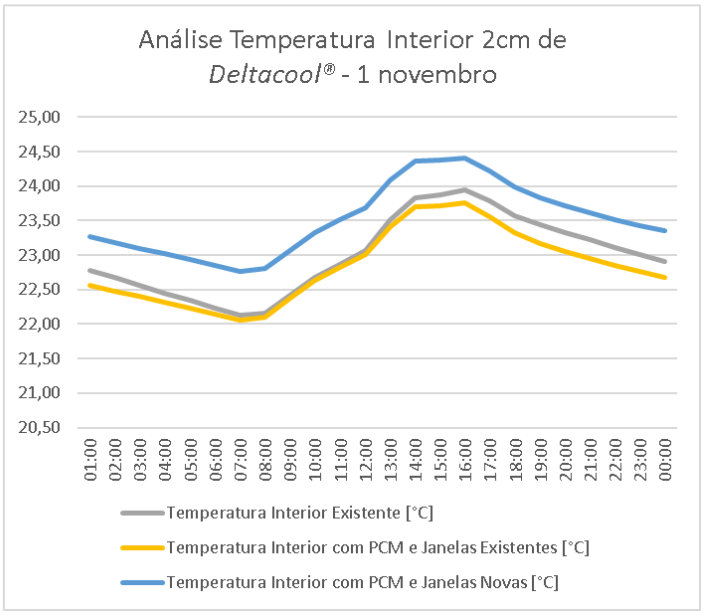
entalpia de fusão (capacidade de armazenamento de energia) superior. Além deste facto, este foi o PCM que mostrou melhores resultados no controlo de temperaturas internas no Edifício-Tipo.

***Figura 4.50** - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução C.*









Com a inclusão do PCM *DeltaCool®*, com 2 cm de espessura, verifica-se um fenómeno interessante. De forma genérica, o PCM contribui de forma notória para a melhoria do conforto térmico interior do edifício. Neste caso já é possível verificar o efeito positivo dos PCM na redução das temperaturas mais elevadas dentro do edifício, como por exemplo no mês de agosto, onde é possível observar uma redução de cerca

de 1 º C. Estes dados já tinham sido verificados na anterior aplicação de PCM, na qual esta tipologia de material se tinha mostrado como mais promissora no encaminhamento das temperaturas interiores para limites de conforto.

No entanto, a conjugação do PCM com a substituição de janelas, apresenta um resultado menos positivo do que o verificado através da manutenção das janelas existentes. Este fenómeno pode estar relacionado com o facto de a mais baixa condutividade térmica do conjunto (paredes e janelas) ter implícita, de forma direta, uma resistência térmica mais elevada. Por outro lado, o facto de se ter mantido o fator da janela contribui para que entre a mesma radiação solar no edifício sendo que foi reduzida a condutividade térmica da envolvente, existindo maior dificuldade em existirem trocas térmicas. Com uma resistência térmica mais elevada, associada a uma baixa ventilação, poder-se-á assistir ao efeito de maior retenção de temperaturas mais elevadas no interior do edifício.

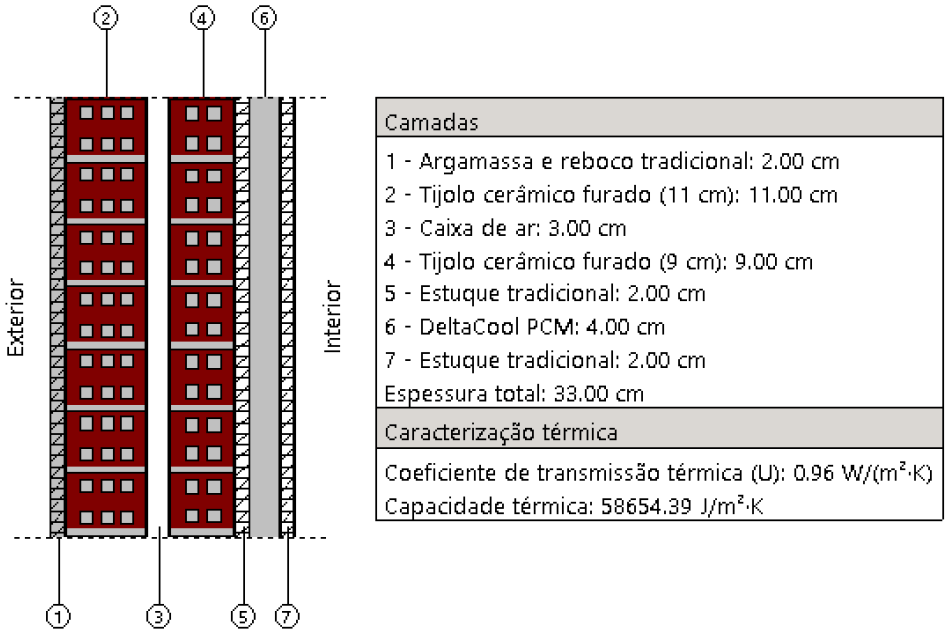
Importa ainda referir que o efeito de mudança de fase dos PCM depende, em muito, das trocas de energia com o exterior. Poderá ser, de facto, um fenómeno a explorar. O peso da condutividade térmica é elevado, sendo fator decisivo para colocar o material em funcionamento da forma mais rápida possível.

4.2.9.4. Análise solução D (4 cm de PCM DeltaCool® com e sem alteração de janelas)

À semelhança do estudo realizado para o PCM *Micronal®* será interessante verificar a adequação do estudo com espessuras mais elevadas. Neste caso decidiu-se, novamente, duplicar a quantidade de material aplicado, passando a ter uma espessura de 4 cm deste PCM.

À semelhança do observado no ponto 4.7.4, e analogamente ao identificado para o PCM anterior, não se espera que (para o contexto totalmente passivo) o aumento de espessura do PMC (Figura 4.51) produza melhorias significativas que justifiquem, porventura, o investimento a realizar.

***Figura 4.51** - Corte esquemático de parede exterior com introdução de 4 cm de PCM DeltaCool®.*

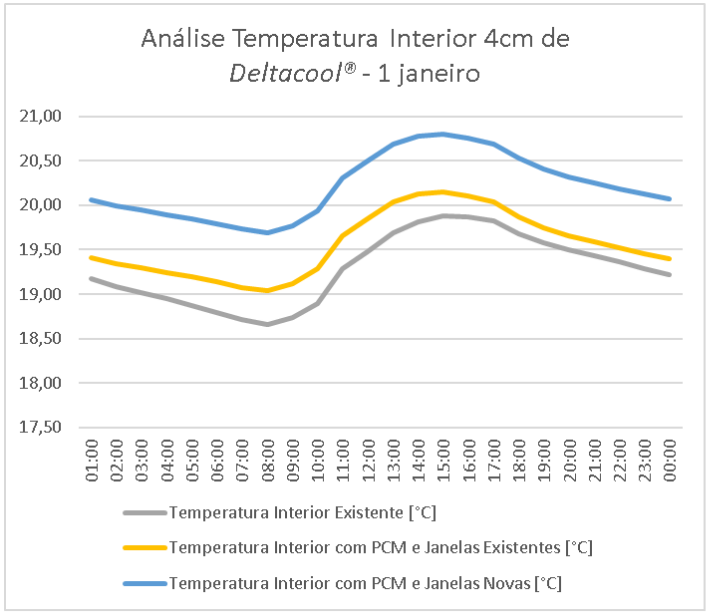


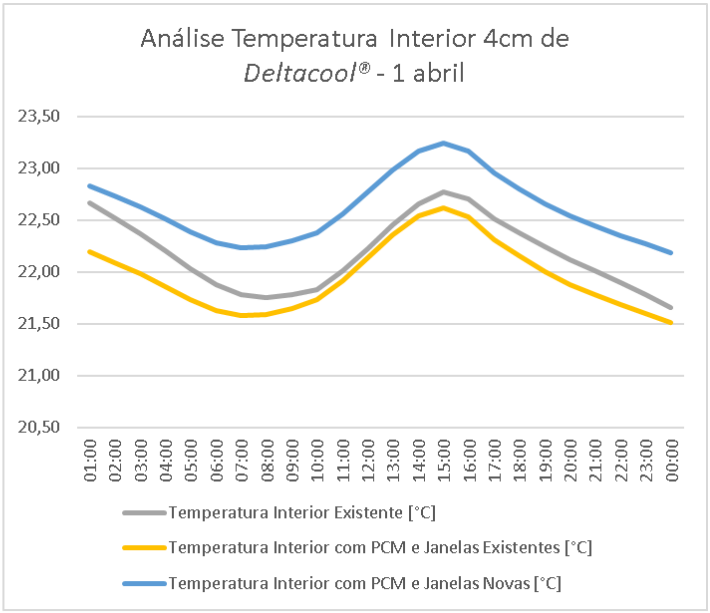
Fonte: EPlus Cype®Cad

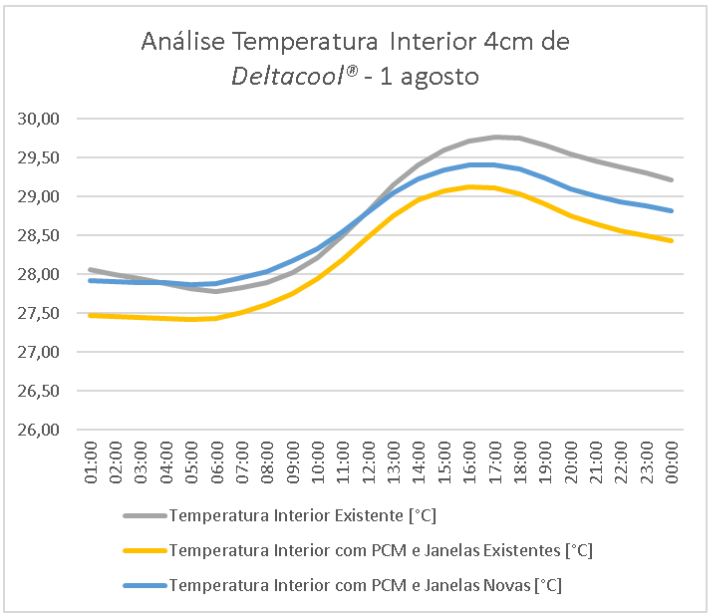
Tal como verificado para a espessura de 2 cm constata-se que, com o aumento de espessura para 4 cm, mantém-se o comportamento positivo deste PCM, tanto em temperaturas mais baixas, como em temperaturas mais elevadas. Assiste-se, no mês de agosto, a reduções de temperatura interior na ordem de 1 ^{o} C (Figura 4.52).

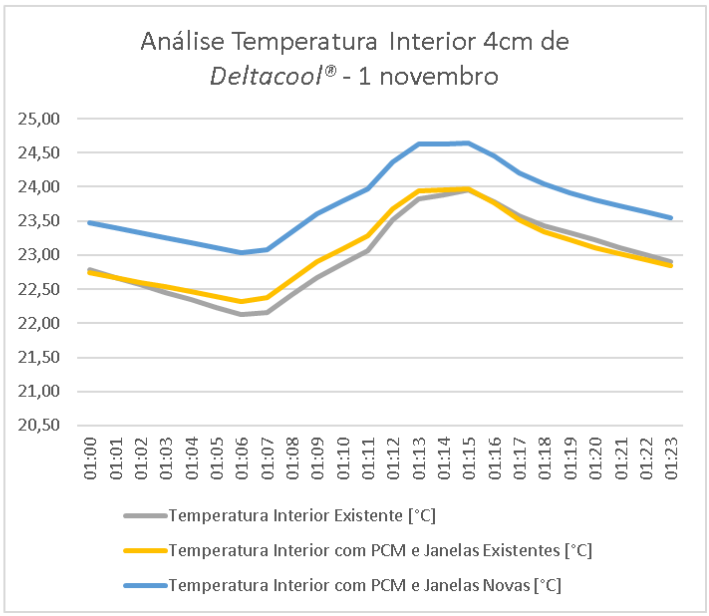
Nos meses mais frios, e muito embora a temperatura interior do edifício existente seja aproximada da temperatura de conforto, com a aplicação de PCM a temperatura interior ronda os 20 ^{o} C, que é a temperatura média de conforto. Nos períodos mais quentes, com enfoque no dia 1 de agosto, volta a verificar-se que as curvas de temperatura do PCM, com janelas existentes e com janelas novas, encontram-se abaixo das temperaturas base do edifício. Assiste-se, de igual forma, à constatação que a solução com substituição de janelas continua a ser mais penalizadora para o controlo das temperaturas internas.

***Figura 4.52** - Análise temperaturas interiores do edifício para a solução D.*





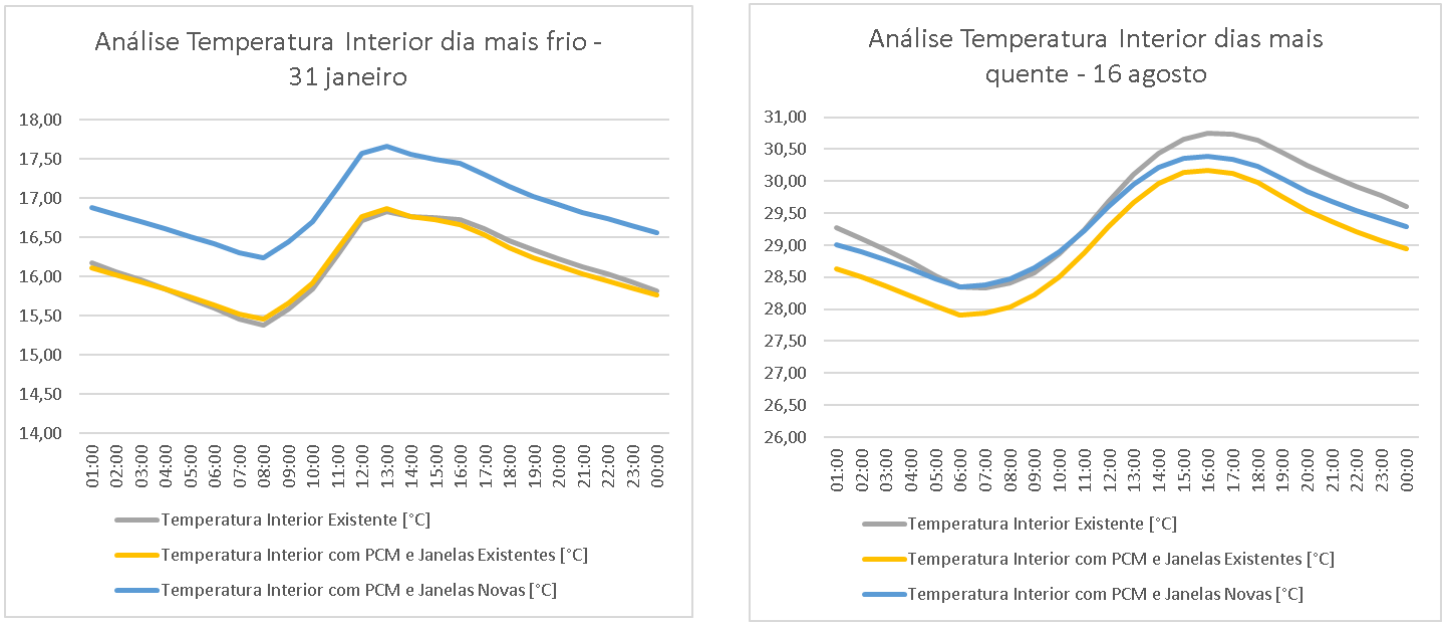




4.2.9.5. Análise solução E (2 cm de PCM DeltaCool® dia mais quente e dia mais frio)

Como forma de verificar o contributo dos PCM (aplicados de forma totalmente passiva) para um maior conforto interior, optou-se por analisar o seu impacto, com diferentes espessuras, no dia mais frio e no dia mais quente do ano em análise. A primeira análise versa a aplicação do PCM *DeltaCool®* com uma espessura de 2 cm.

***Figura 4.53** - Análise temperaturas interiores no dia mais frio e no dia mais quente para 2cm de DeltaCool® .*



A aplicação de 2 cm de *DeltaCool®* no edifício, aplicado ao dia mais quente e mais frio, apresenta um efeito globalmente benéfico, como é possível verificar pelos gráficos da Figura 4.53.

No dia mais frio a temperatura interior no edifício aumento cerca de 1 º C. Este dado é relevante na medida em que, em certos períodos do dia é possível aproximar a temperatura interior para temperaturas próximas do limite mínimo de conforto definido (18 º C). A solução da introdução com PCM, conjuntamente com a substituição das janelas é mais eficiente, devido ao efeito "barreira" conferido pela menor condutividade térmica (maior resistência térmica) da fachada (conjugação do elemento opaco com o elemento envidraçado), tirando partido de igual fator solar do elemento envidraçado. Embora nesta fase ainda não seja observável, dado que ainda não foi medido, pode inferir-se que como consequência do aumento da temperatura interior em dias mais frios, observar-se-á uma redução de consumo energético para aquecimento, decorrente da diminuição das necessidades energéticas.

No verão, assiste-se a um fenómeno idêntico, em sentido inverso. A redução da temperatura interior (que ainda se encontra longe da temperatura de conforto) conduzirá, necessariamente, a uma redução da necessidade de energia por via da diminuição das necessidades de energia para arrefecimento. No entanto, a solução com

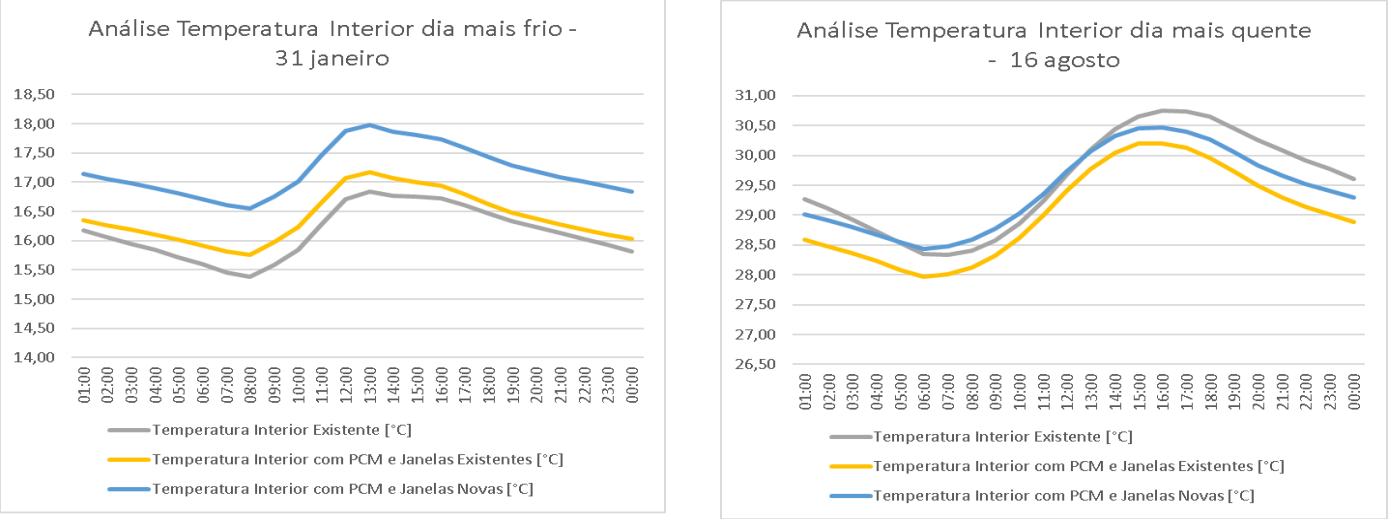
substituição dos vãos envidraçados apresenta um efeito menos benéfico, comparado com a solução com janelas originais, podendo este facto estar relacionado com a não otimização do fator solar do vidro, valor de extrema importância no saldo energético da estação mais quente.

4.2.9.6. Análise solução F (4 cm de PCM DeltaCool® dia mais quente e dia mais frio)

Por fim, procedeu-se à análise do PCM *DeltaCool®* com uma espessura de 4 cm, para o dia mais frio e o dia mais quente do ano.

Os gráficos da Figura 4.54 estão em linha com a análise realizada anteriormente. O aumento de espessura contribui diretamente, e de forma positiva, para o incremento da temperatura interior do edifício no dia mais frio do ano. Neste caso, é possível igualar a temperatura mínima de conforto definida (18 ºC).

***Figura 4.54** - Análise temperaturas interiores no dia mais frio e no dia mais quente para 4cm de DeltaCool®.*



Em sentido inverso, e no que diz respeito ao dia mais quente do ano, a influência do PCM é residual, não se observando alterações significativas quando comparado com a solução com 2 cm deste PCM. Desta forma, tornar-se-á interessante verificar a implicação desta análise quando o edifício utilizar sistema de AVAC.

4.2.9.7. Análise solução G (Poupança energética dia mais quente e mais frio – 1,5 cm Micronal®)

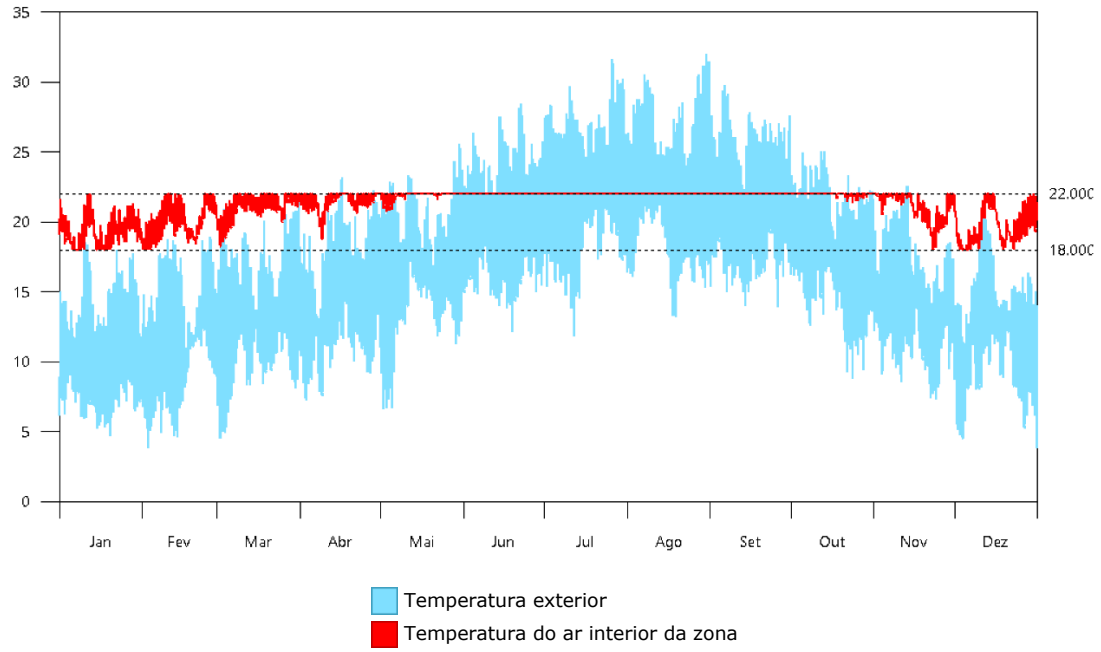
Por forma a verificar a versatilidade da utilização de materiais de mudança de fase é importante rever a importância da sua aplicação quando o edifício se encontra

sujeito a um sistema de climatização (AVAC), do tipo ar condicionado, e a sua temperatura interior condicionada a um mínimo de 18 ºC e um máximo de 22 ºC.

A modelação deste caso de estudo foi realizada introduzindo uma unidade de climatização, do tipo ar condicionado "*multi-split*", e foram introduzidos os "set-points" das temperaturas. Com este "input" obriga-se a que a temperatura do edifício esteja, ao longo do ano, e de forma aproximada, entre os 18 ºC e 22 ºC, conforme verificado através da Figura 4.55. Naturalmente que a introdução desta condição provocará necessidades avultadas de consumo de energia para aquecimento/arrefecimento.

Para indagar, acerca da eficiência dos PCM, modelaram-se 3 situações de consumo energético, o edifício nas condições atuais, o edifício com introdução do PCM (com 2 espessuras diferentes) e com as janelas existentes e, por fim, o edifício com introdução do PCM (com 2 espessuras diferentes) e substituição de janelas. Esta análise converge com o estudo anteriormente realizado, no qual o edifício não dispunha de qualquer edifício de climatização.

Figura 4.55 *- Gráfico de temperaturas interiores do edifício, com sistema de climatização, em função das temperaturas exteriores.*



Fonte: Cype®Cad- EPlus

Em primeiro lugar efetuou-se a verificação de consumos energéticos para necessidades de arrefecimento, tendo em consideração o dia mais quente.

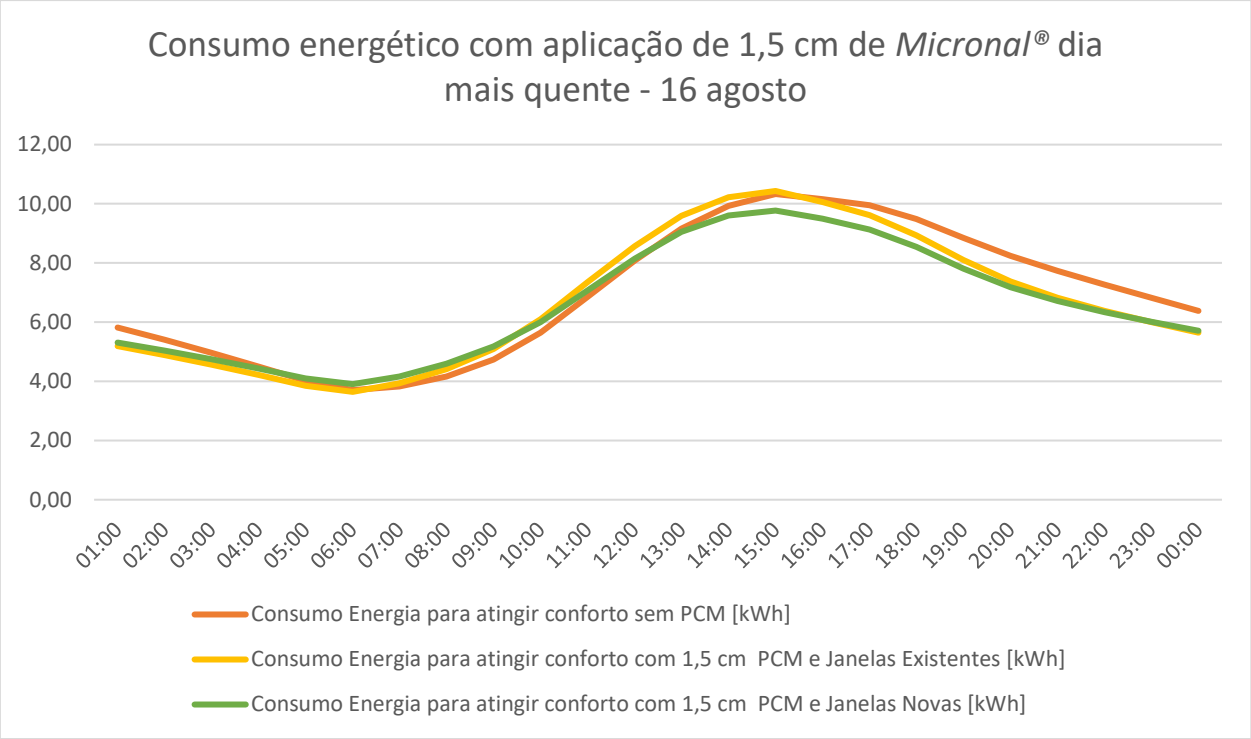
A Tabela 4.38 e a Figura 4.56 apresentam, de forma sistematizada, o consumo energético (neste caso de arrefecimento) para levar o edifício à temperatura de conforto. Denota-se, desde logo, um decréscimo do consumo energético em 6KWh (4%) (com aplicação do PCM) e de 8 KWh (5%) (com PCM e substituição das janelas). O custo da energia foi baseado na consulta dos tarifários da EDP em janeiro de 2022. Obtém-se então um valor de 0,1490€[8] (assumindo uma potência contratada de 6,9kVA), verificando-se que representa uma poupança de 1,2 euros, relativamente à situação original. É de ressalvar que que o nível de poupança será, sempre, função do PCM escolhido. Quanto mais "adaptado" for o PCM à situação climática, melhores vão ser os resultados obtidos.

Tabela 4.38 *- Consumo energético de arrefecimento do edifício com aplicação de 1,5 cm de PCM Micronal®.*

Data/Hora	Consumo Energia para atingir conforto sem PCM [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 1,5 cm PCM e Janelas Existentes [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 1,5 cm PCM e Janelas Novas [kWh]
08/16 01:00:00	5,82	5,19	5,31
08/16 02:00:00	5,40	4,88	5,04
08/16 03:00:00	4,97	4,57	4,75
08/16 04:00:00	4,50	4,21	4,43
08/16 05:00:00	4,02	3,85	4,10
08/16 06:00:00	3,70	3,64	3,91
08/16 07:00:00	3,83	3,94	4,16
08/16 08:00:00	4,16	4,41	4,59
08/16 09:00:00	4,74	5,10	5,18
08/16 10:00:00	5,65	6,10	6,00
08/16 11:00:00	6,85	7,35	7,07
08/16 12:00:00	8,08	8,57	8,15
08/16 13:00:00	9,16	9,59	9,05
08/16 14:00:00	9,93	10,22	9,61
08/16 15:00:00	10,33	10,43	9,77
08/16 16:00:00	10,16	10,06	9,50
08/16 17:00:00	9,95	9,61	9,12
08/16 18:00:00	9,49	8,93	8,54
08/16 19:00:00	8,85	8,10	7,81
08/16 20:00:00	8,24	7,37	7,18
08/16 21:00:00	7,73	6,83	6,72
08/16 22:00:00	7,27	6,38	6,34
08/16 23:00:00	6,83	6,00	6,01
08/16 24:00:00	6,38	5,64	5,70
Total	**166,05**	**160,98**	**158,06**

[8] Disponível em https://helpcenter.edp.pt/media/2743/tarifarios-novos-precos-eletricidade-verde_10012022.pdf

***Figura 4.56** - Consumo energético de arrefecimento no dia mais quente do ano.*



De forma análoga, procedeu-se à análise dos consumos energéticos para o dia mais frio, mantendo a espessura de PCM. Neste caso a variável em análise é a necessidade energética para aquecimento do edifício.

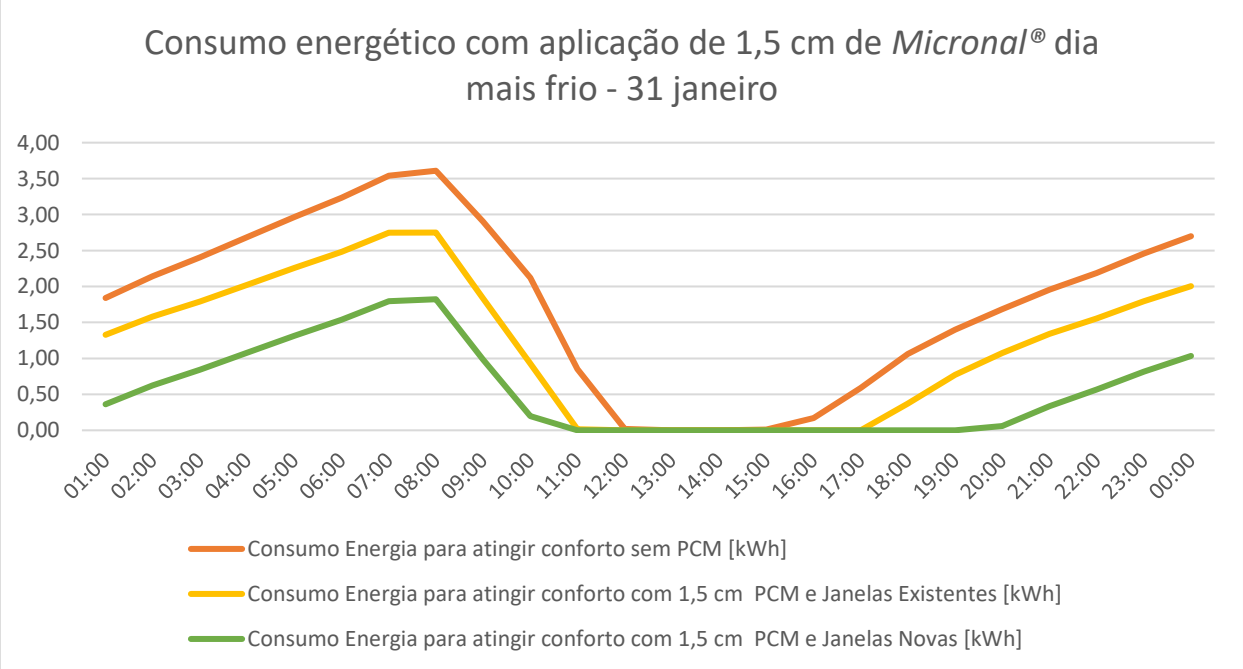
O consumo energético para o dia mais frio, tendo em conta a aplicação do PCM e a substituição das janelas, valida a análise realizada anteriormente (na situação sem sistema de ventilação), na qual se constatou que o comportamento do PCM é mais efetivo em presença de temperaturas mais baixas.

Através da análise da Tabela 4.39 e da Figura 4.57 verifica-se que a poupança energética é bastante significativa. Na solução com introdução de PCM existe uma poupança de 14 KWh, enquanto na solução com PCM e introdução de janelas existe uma poupança de 28 kWh. Este facto prova que a introdução de PCM, por si só, permite uma redução de 33% da energia, enquanto a solução com introdução cumulativa de janelas novas permite uma redução de 70% do consumo energético. Os valores são, de facto, bastante relevantes, contribuindo de forma decisiva para a diminuição da dependência energética do edifício. No entanto é sempre importante salientar que estamos em presença de valores de redução de consumos diários, não podendo ser feita uma analogia direta para os restantes dias do mês.

Tabela 4.39 *- Consumo energético de aquecimento do edifício com aplicação de 1,5 cm de PCM Micronal®.*

Data/Hora	Consumo Energia para atingir conforto sem PCM [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 1,5 cm PCM e Janelas Existentes [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 1,5 cm PCM e Janelas Novas [kWh]
01/31 01:00:00	1,84	1,33	0,36
01/31 02:00:00	2,14	1,58	0,63
01/31 03:00:00	2,41	1,79	0,84
01/31 04:00:00	2,69	2,02	1,08
01/31 05:00:00	2,97	2,26	1,31
01/31 06:00:00	3,23	2,48	1,54
01/31 07:00:00	3,54	2,75	1,80
01/31 08:00:00	3,61	2,75	1,82
01/31 09:00:00	2,91	1,84	0,98
01/31 10:00:00	2,12	0,93	0,20
01/31 11:00:00	0,85	0,02	0,00
01/31 12:00:00	0,02	0,00	0,00
01/31 13:00:00	0,00	0,00	0,00
01/31 14:00:00	0,00	0,00	0,00
01/31 15:00:00	0,01	0,00	0,00
01/31 16:00:00	0,17	0,00	0,00
01/31 17:00:00	0,59	0,00	0,00
01/31 18:00:00	1,06	0,37	0,00
01/31 19:00:00	1,40	0,77	0,00
01/31 20:00:00	1,68	1,07	0,06
01/31 21:00:00	1,95	1,34	0,33
01/31 22:00:00	2,19	1,55	0,57
01/31 23:00:00	2,46	1,80	0,82
01/31 24:00:00	2,70	2,00	1,03
Total	**42,53**	**28,65**	**13,38**

Figura 4.57 *- Consumo energético de aquecimento no dia mais frio do ano.*



4.2.9.8. Análise solução H (Poupança energética dia mais quente e mais frio – 3 cm Micronal®)

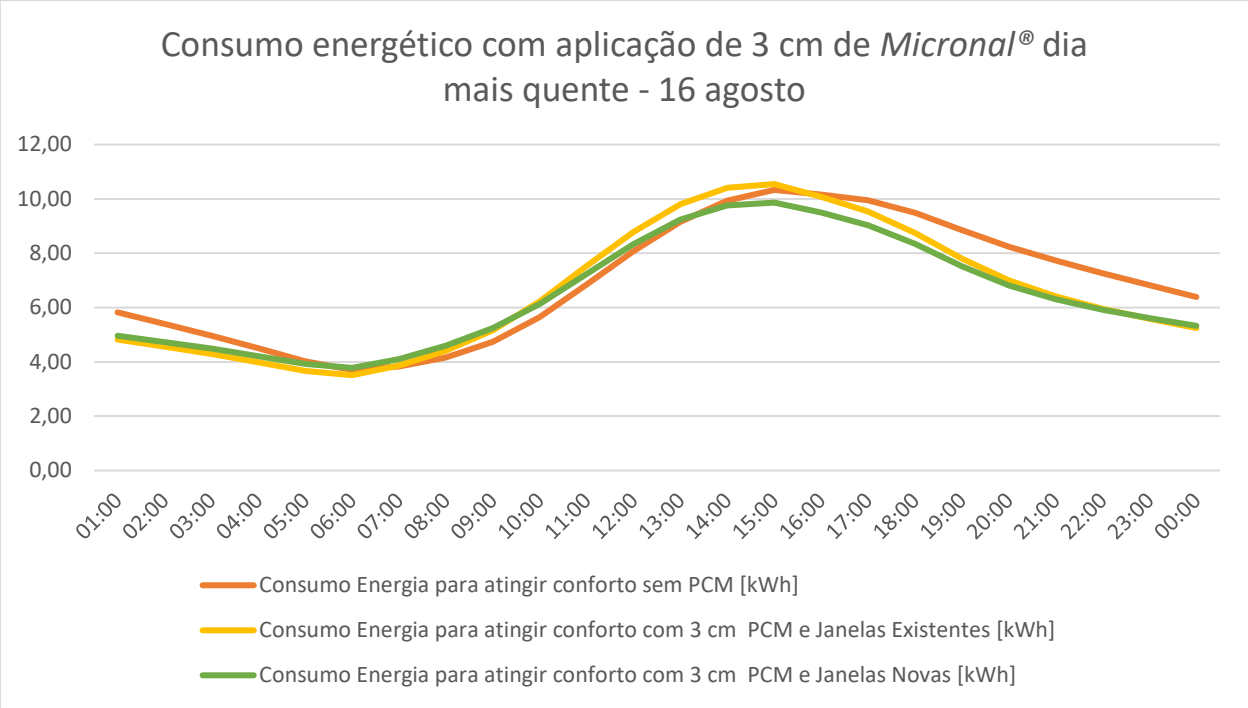
Nesta solução o estudo realizado é idêntico ao apresentado no ponto anterior, tendo-se duplicado a espessura do PCM utilizado, passando para 3 cm. O objetivo passa por verificar qual a influência do aumento de espessura na diminuição do consumo energético para aquecimento e arrefecimento.

Em primeiro lugar efetuou-se a verificação de consumos energéticos para necessidades de arrefecimento, para o dia mais quente do ano. A Tabela 4.40 e Figura 4.58 apresentam o consumo energético para levar o edifício à temperatura de conforto. Denota-se, desde logo, um decréscimo do consumo energético em 8kWh (5%), com aplicação do PCM, e de 11 KWh (7%), com PCM e substituição das janelas. Tendo em consideração os resultados obtidos para a solução com 1,5 cm de espessura de PCM, constata-se que os ganhos não se afiguram significativos. Recorde-se que para a espessura anterior obtiveram-se reduções de 6KWh (4%), com aplicação do PCM, e de 8 KWh (5%), com PCM e substituição das janelas).

***Tabela 4.40** - Consumo energético de arrefecimento do edifício com aplicação de 3 cm de PCM Micronal®.*

Data/Hora	Consumo Energia para atingir conforto sem PCM [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 3 cm PCM e Janelas Existentes [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 3 cm PCM e Janelas Novas [kWh]
08/16 01:00:00	5,82	4,83	4,96
08/16 02:00:00	5,40	4,57	4,73
08/16 03:00:00	4,97	4,29	4,49
08/16 04:00:00	4,50	3,98	4,21
08/16 05:00:00	4,02	3,67	3,92
08/16 06:00:00	3,70	3,51	3,78
08/16 07:00:00	3,83	3,87	4,10
08/16 08:00:00	4,16	4,41	4,60
08/16 09:00:00	4,74	5,17	5,25
08/16 10:00:00	5,65	6,23	6,13
08/16 11:00:00	6,85	7,53	7,24
08/16 12:00:00	8,08	8,78	8,34
08/16 13:00:00	9,16	9,80	9,24
08/16 14:00:00	9,93	10,41	9,77
08/16 15:00:00	10,33	10,55	9,86
08/16 16:00:00	10,16	10,08	9,50
08/16 17:00:00	9,95	9,53	9,03
08/16 18:00:00	9,49	8,74	8,35
08/16 19:00:00	8,85	7,80	7,52
08/16 20:00:00	8,24	7,00	6,81
08/16 21:00:00	7,73	6,41	6,31
08/16 22:00:00	7,27	5,95	5,92
08/16 23:00:00	6,83	5,58	5,61
08/16 24:00:00	6,38	5,25	5,32
Total	**166,05**	**157,95**	**154,98**

Figura 4.58 *- Consumo energético de arrefecimento no dia mais quente do ano.*



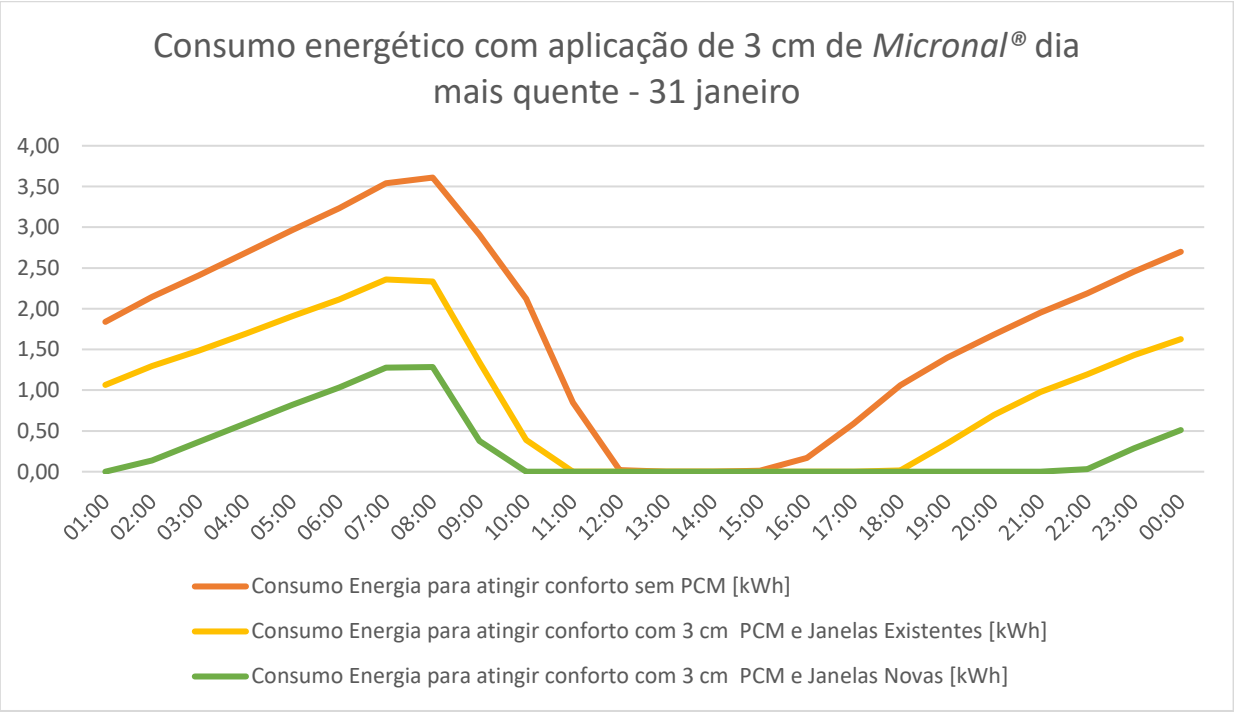
De seguida efetuou-se a mesma análise para o dia mais frio do ano, tendo-se verificado quais as necessidades energéticas para aquecimento (Tabela 4.41 e Figura 4.59).

Neste caso é bastante evidente o efeito do PCM (conjugado com a alteração de janelas) na construção de uma solução mais eficiente do ponto de vista energético. A poupança energética é substancial, atingindo-se valores de 20 KWh (48%) através da introdução do PCM e de 36 KWh (84%) através da conjugação do PCM com a substituição de janelas. Por outro lado, constata-se que tanto na solução com PCM, como na solução com PCM e substituição de janelas, é possível obter períodos de tempo mais alargados sem necessidade de utilização do sistema de ventilação. Isto torna o edifício energeticamente menos dependente.

***Tabela 4.41** - Consumo energético de aquecimento do edifício com aplicação de 3 cm de PCM Micronal®.*

Data/Hora	Consumo Energia para atingir conforto sem PCM [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 3 cm PCM e Janelas Existentes [kWh]	Consumo Energia para atingir conforto com 3 cm PCM e Janelas Novas [kWh]
01/31 01:00:00	1,84	1,06	0,00
01/31 02:00:00	2,14	1,30	0,14
01/31 03:00:00	2,41	1,49	0,37
01/31 04:00:00	2,69	1,69	0,59
01/31 05:00:00	2,97	1,91	0,82
01/31 06:00:00	3,23	2,11	1,03
01/31 07:00:00	3,54	2,36	1,28
01/31 08:00:00	3,61	2,34	1,28
01/31 09:00:00	2,91	1,34	0,38
01/31 10:00:00	2,12	0,39	0,00
01/31 11:00:00	0,85	0,00	0,00
01/31 12:00:00	0,02	0,00	0,00
01/31 13:00:00	0,00	0,00	0,00
01/31 14:00:00	0,00	0,00	0,00
01/31 15:00:00	0,01	0,00	0,00
01/31 16:00:00	0,17	0,00	0,00
01/31 17:00:00	0,59	0,00	0,00
01/31 18:00:00	1,06	0,01	0,00
01/31 19:00:00	1,40	0,35	0,00
01/31 20:00:00	1,68	0,70	0,00
01/31 21:00:00	1,95	0,98	0,00
01/31 22:00:00	2,19	1,19	0,03
01/31 23:00:00	2,46	1,43	0,28
01/31 24:00:00	2,70	1,63	0,51
Total	**42,53**	**22,27**	**6,72**

***Figura 4.59** - Consumo energético de aquecimento no dia mais frio do ano.*



Em resumo, e com apoio dos gráficos constantes nas Figura 4.60 e Figura 4.61, contata-se que a poupança resultante da aplicação dos materiais de mudança de fase em edifício é efetiva.

No entanto, e fruto das caraterísticas do próprio material, nomeadamente o seu ponto de fusão ou a entalpia de fusão, verifica-se que os ganhos são mais significativos em períodos de temperaturas mais baixas. Recorde-se que, para uma espessura de 1,5 cm existiram reduções de consumo de aquecimento de 33% (janelas existentes) e 70% (janelas novas), enquanto o aumento da espessura permitiu alavancar as reduções para 48% e 84%, nas condições já indicadas.

Todos os dados obtidos até ao momento confirmam que a melhor operação dos PCM em períodos mais frios mantém-se válida para a solução com e sem auxílio de sistemas de aquecimento/arrefecimento de edifícios.

Figura 4.60 *- Poupança energética para o dia mais frio do ano em estudo.*

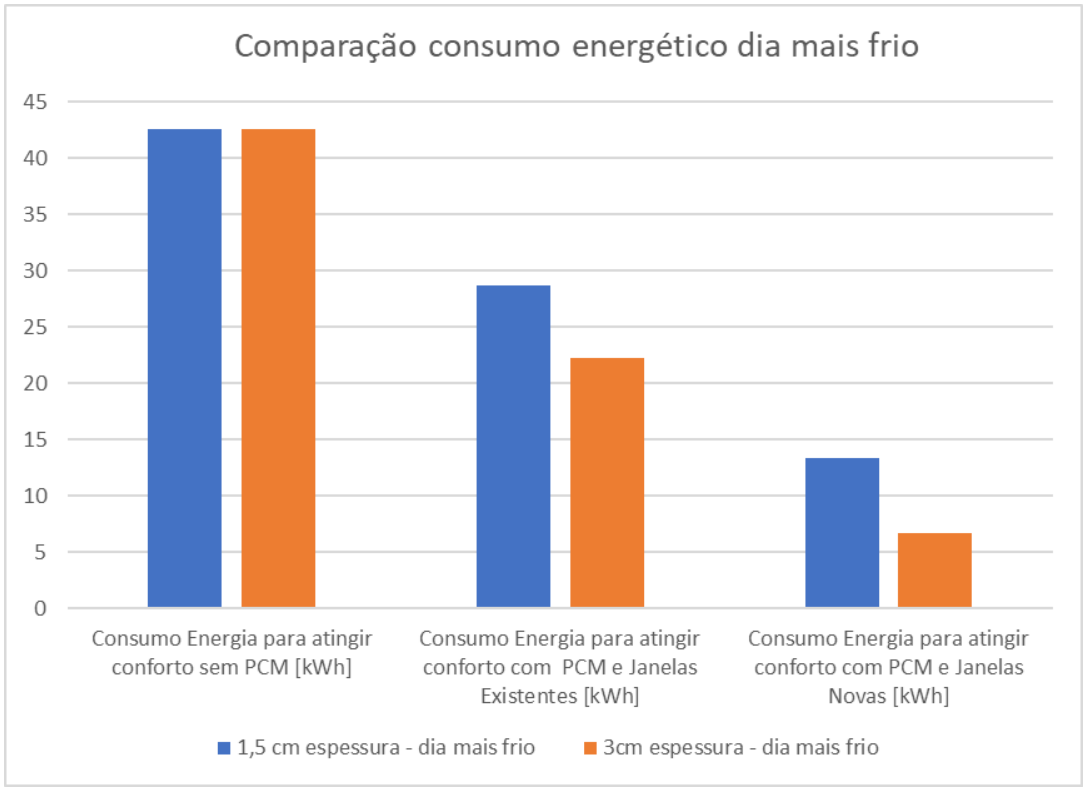
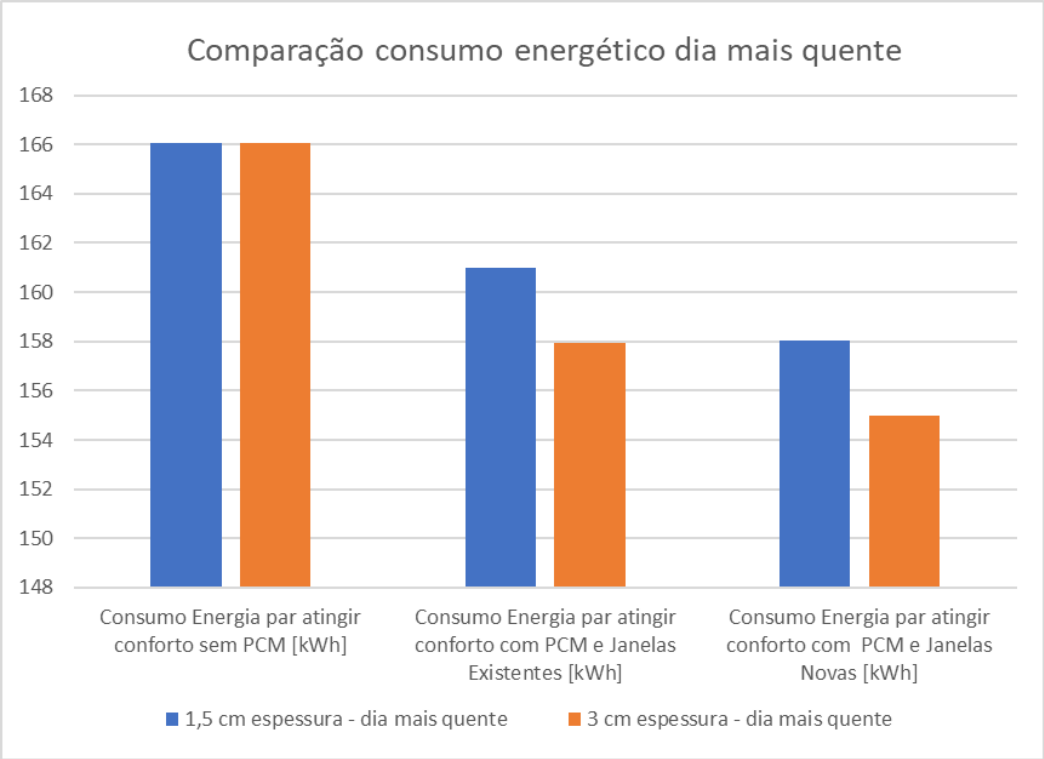


Figura 4.61 - Poupança energética para o dia mais frio do ano em estudo



Os temas relacionados com a eficiência energética de edifícios têm sempre associados a dicotomia investimento/retorno ("payback") do investimento. O retorno do investimento aparece, em primeira instância, por via da poupança realizada após a aplicação destes materiais. No entanto, convém ressalvar que a necessidade de alteração do paradigma energético, com a necessária e urgente redução de consumos, poderá levar a que alguns dos investimentos efetuados não apresentem retorno no período desejado ou expectável.

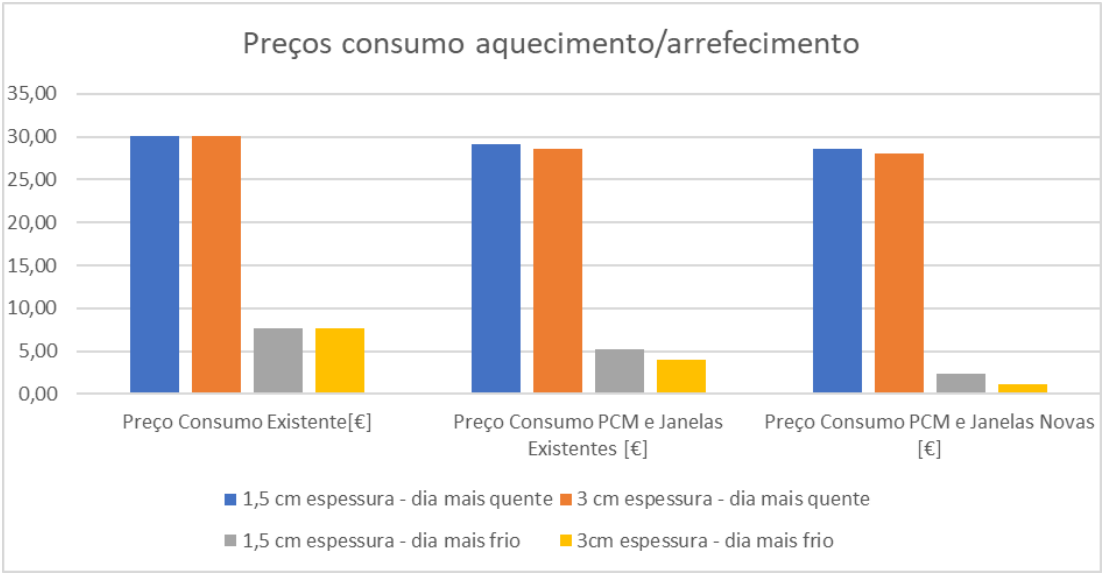
A poupança energética, sintetizada por intermédio da Tabela 4.42 e pela Figura 4.62, é mais pronunciada para os dias mais frios, tendo atingido poupanças diárias entre os 3€ e os 5€. Recorde-se que a premissa para utilização dos sistemas de ventilação reside na utilização constante, por forma a manter o edifício constantemente dentro das temperaturas de conforto. Muito embora não seja, com toda a certeza, o perfil de utilização doméstico deste tipo de equipamentos, este espetro de modelação permite uma melhor medição dos consumos energéticos. À semelhança do calculado para o caso de estudo anterior (Capítulo 3), o custo da energia foi baseado na consulta dos tarifários

da EDP em janeiro de 2022. Obtém-se então um valor de 0,1490€[9] (assumindo uma potência contratada de 6,9kVA). Mais uma vez, assumiu-se como não contabilizado o valor diário da potência contratada.

Tabela 4.42 *- Quadro resumo da poupança energética obtido em função das soluções aplicadas no estudo.*

	Consumo Energia para atingir conforto sem PCM [kWh]	Preço Consumo Existente[€]	Consumo Energia para atingir conforto com PCM e Janelas Existentes [kWh]	Preço Consumo PCM e Janelas Existentes [€]	Poupança [€]	Consumo Energia para atingir conforto com PCM e Janelas Novas [kWh]	Preço Consumo PCM e Janelas Novas [€]	Poupança [€]
1,5 cm espessura - dia mais quente	166,05	24,74	160,98	23,99	**0,76**	158,06	23,55	**1,19**
3 cm espessura - dia mais quente	166,05	24,74	157,95	23,54	**1,21**	154,98	23,09	**1,65**
1,5 cm espessura - dia mais frio	42,53	6,59	28,65	4,27	**2,32**	13,38	1,99	**4,59**
3cm espessura - dia mais frio	42,53	6,34	22,27	3,32	**3,02**	6,72	1,00	**5,34**

Figura 4.62 *- Gráfico representativo das poupanças obtidas para o dia mais quente e dia mais frio, de acordo com as soluções adotadas.*



[9] Disponível em https://helpcenter.edp.pt/media/2743/tarifarios-novos-precos-eletricidade-verde_10012022.pdf

Relativamente ao investimento realizado, importa referir que o custo de aquisição deste tipo de soluções de materiais de mudança de fase é muito elevado, sendo dificilmente recuperável num curto espaço de tempo.

Quanto à avaliação sustentabilidade (vetor económico), poderá dizer-se que existe o retorno tangível e o retorno intangível. O retorno tangível, geralmente aquele que mais interessa ao investidor, prende-se sobretudo com o "*payback*" do investimento realizado. Neste caso ver-se-á que este "*payback*" é elevado.

No entanto, as medidas de eficiência energética produzem um alargado retorno intangível, dir-se-á de natureza altruísta, que se prende com a redução de consumo energético global, a redução de emissões de gases com efeito de estufa (com todo o benefício que daí resulta para as alterações climáticas) e o caminhar gradual para a pesquisa de soluções mais eficientes.

Naturalmente que em construções novas poder-se-á atingir, de raiz, padrões mais elevados de eficiência energética, muito embora o grande desafio do parque habitacional português resida, e vá residir no futuro, na reabilitação sustentável de edifícios.

Para o cálculo do investimento realizado foram verificadas duas variáveis, a área de aplicação do PCM (paredes exteriores e interiores) e o preço por metro quadrado do PCM utilizado (neste caso o *Micronal®*). A área das paredes foi retirada diretamente do programa *Cype®Cad*. Quanto ao preço do PCM *Micronal®* foi consultado em Mustaparta (2013), tendo-se encontrado um valor de investimento de 50€/m^2. Conforme indicado na tabela abaixo ilustrada, e tendo em conta que foi realizada a colocação do PCM em todas as paredes exteriores e interiores, obtém-se um custo de investimento que ronda os 15.000,00 € (Tabela 4.43).

Tabela 4.43 *- Custo investimento em PCM, considerando o tipo Micronal® e uma espessura de 1,5 cm.*

Investimento			
Tipo elemento envolvente opaca	**Área de intervenção (m^2)**	**Preço PCM Micronal (€/m^2)**	**Custo investimento [€]**
Paredes exteriores	159,93	50	7996,5
Paredes interiores	140,14	50	7007
Total	**300,07**		**15003,5**

***Tabela 4.44** - Consumos anuais de aquecimento/arrefecimento, poupança de consumo, poupança TonCO2[10] e retorno do investimento.*

Consumo anual para aquecimento e arrefecimento e poupanças (consumos e Ton CO2)					
Consumo Sem PCM [kWh]		**Consumo com 1,5cm PCM e Janelas Existentes [kWh]**		**Consumo com 1,5cm PCM e Janelas Novas [kWh]**	
Aquecimento	***Arrefecimento***	***Aquecimento***	***Arrefecimento***	***Aquecimento***	***Arrefecimento***
513,00	4052,25	193,80	3321,19	114,70	3604,89
Diferencial kWh		**319,20**	**731,06**	**398,30**	**447,36**
Poupança anual [€] - 0,1490€/kWh		**47,56**	**108,93**	**59,35**	**66,66**
Poupança Ton CO2		**0,48**	**1,10**	**0,60**	**0,67**
Retorno do investimento [anos]		**95,88**			

Quanto aos consumos de energia elétrica para suprimir necessidades de aquecimento e arrefecimento, os dados da tabela acima indicada (Tabela 4.44), confirmam a tese inicial que os materiais de mudança de fase contribuem diretamente para uma redução dos mesmos. Esta redução de consumos é positiva para a solução que contempla a manutenção de janelas existentes, bem como com a solução de colocação de janelas novas.

A poupança do consumo de aquecimento é mais elevada nas soluções com substituição de janelas, ao invés do consumo de arrefecimento, no qual a poupança é mais elevada na solução em que se mantém as janelas existentes. É possível obter reduções de consumo globais de 63% em aquecimento e 18% em arrefecimento. Este dado estará, porventura, relacionado com a baixa condutividade térmica do material, e o melhoramento introduzido na condutividade térmica do elemento envidraçado (excluindo o fator solar). A aplicação do material permite, desta forma, uma redução global do consumo energético de 23%, valor com bastante significado.

Recorde-se que esta análise foi realizada apenas para o PCM *Micronal®* e para uma espessura de 1,5cm.

Relativamente à poupança energética estão em causa valores baixos, quando comparados com o investimento realizado. No entanto, não será demais recordar que existe uma panóplia de materiais que poderão ser usados, e as melhores soluções podem residir em componentes que, neste momento, ainda não são comerciais, como

[10] Baseado no calculador automático disponível no site da Agência Regional de Energia e Ambiente do Oeste

por exemplo as misturas eutécticas (combinação de materiais orgânicos, inorgânicos ou ambos).

Pese embora o referido, obtêm-se poupanças de consumo energético na ordem dos 190€ anuais na solução que preconiza a manutenção das janelas existentes e de aproximadamente 150€ anuais para a solução na qual se efetuou a substituição de janelas.

Falar em investimento, obriga, de forma natural, a abordar o tema do retorno do mesmo. O retorno financeiro deste investimento era elevado, não sendo recuperado no período de vida útil do edifício.

No entanto, o retorno não deve ser analisado tendo em conta apenas a parte financeira. O retorno para a sustentabilidade é bastante mais rápido. Desde logo pela redução do consumo, por via de uma menor necessidade energética, que tem um efeito positivo para a pegada ecológica do planeta, através da redução das emissões de CO_2 para a atmosfera. Mostra-se que a teoria é comprovada pela prática, sendo necessário continuar os estudos desta tipologia tendo em vista a futura utilização de materiais que apresentem um potencial de redução de consumo mais elevado.

4.2.10. Implicação dos materiais de mudança de fase nos critérios de conforto

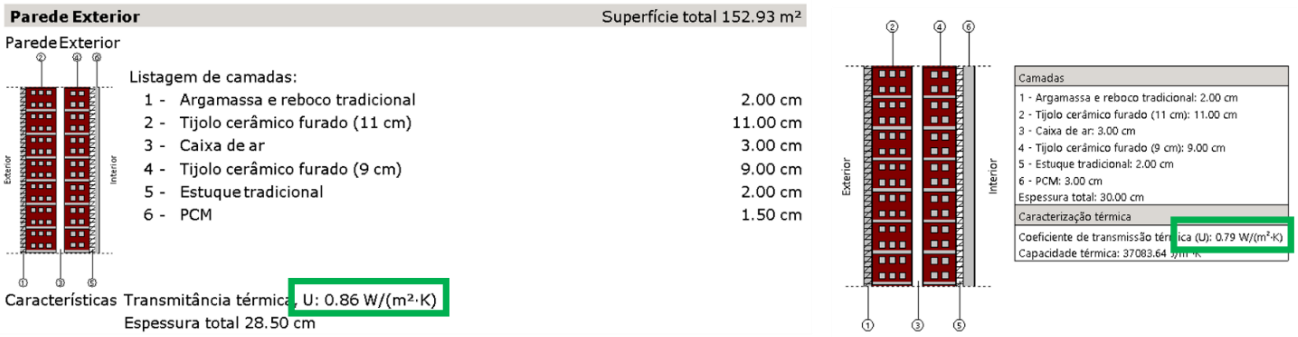
Tal como referido no ponto 4.2.7 "Análise de alguns requisitos de desempenho energético dos edifícios (conforto térmico) à luz da nova legislação", importa agora verificar a importância que os materiais de mudança de fase podem representar na aproximação aos critérios de conforto definidos pela legislação em vigor, nomeadamente através da Portaria n.º 138-I/2021.

Os coeficientes de transmissão térmica definidos para os elementos da envolvente opaca, correspondem a edifícios novos. Em caso de reabilitação não seria necessário chegar aos valores mencionados na Portaria n.º 138/2021. Não é técnica e economicamente viável, reabilitar um edifício da década de 80/90, levando-o a critérios de conforto datados de 2021. No entanto, será possível observar aproximações significativas a estes critérios de conforto.

Em primeiro lugar importa retificar a implicação direta da aplicação dos materiais de mudança de fase nos coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos verticais, entendam-se paredes exteriores e paredes interiores.

Este estudo comparativo foi realizado tendo por base a aplicação do PCM *Micronal®*, com espessuras de 1,5 cm e 3 cm (Figura 4.63, 4.64 e 4.65).

Figura 4.63 *- Comparação coeficientes transmissão térmica paredes exteriores com diferentes espessuras de PCM.*

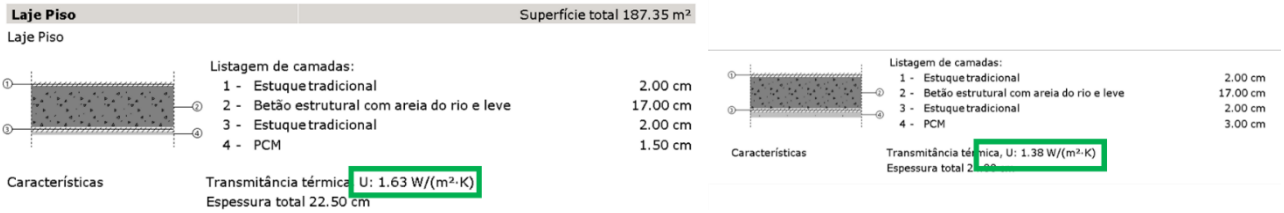


Fonte: CYPE®CAD EPlus

Figura 4.64*- Comparação coeficientes transmissão térmica paredes interiores de separação das varandas com diferentes espessuras de PCM.*

Fonte: CYPE®CAD EPlus

***Figura 4.65** - Comparação coeficientes transmissão térmica da laje de piso com diferentes espessuras de PCM.*



Fonte: CYPE®CAD EPlus

A análise da Tabela 4.45 permite confirmar que os materiais de mudança de fase contribuem para uma maior aproximação aos critérios de conforto, por intermédio da diminuição do coeficiente de transmissão térmica. Porém, a qualidade do material de mudança de fase não é diretamente proporcional a esta característica, bem pelo contrário. Um dos desafios destes materiais prende-se com o balanceamento entre coeficiente de transmissão térmica mais elevada, sem perder a eficiência de conjunto. Por esse facto, verificou-se que é possível tirar melhor partido das características da mudança de fase (e da entalpia de fusão) com recurso a materiais com coeficientes de transmissão térmica um pouco superiores aos do Micronal®, como por exemplo o *Deltacool® 24.*

***Tabela 4.45** - Comparação dos valores dos coeficientes de transmissão térmica para algumas das soluções testadas*

	Tipo de Elemento		Condição de Fronteira	Zona Climática			Elemento do Edifício em estudo (Coef. Trans. Térmica)	Observação
				I1	I2	I3		
Antes da aplicação dos Materiais de Mudança de Fase	Zona Corrente da Envolvente	Vertical	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,5**	0,4	0,35	Parede exterior - 1,14	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**2**	2	1,9	Parede divisória interior da marquise - 1,0	Cumpre
	Zona Corrente da Envolvente	Horizontal	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,4**	0,35	0,3	Laje piso (divisão entre piso 1 e desvão cobertura) - 2,0	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**1,65**	1,3	1,2		
Após da aplicação dos Materiais de Mudança de Fase 1,5 cm de espessura	Zona Corrente da Envolvente	Vertical	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,5**	0,4	0,35	Parede exterior - **0,86**	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**2**	2	1,9	Parede divisória interior da marquise - **0,87**	Cumpre
	Zona Corrente da Envolvente	Horizontal	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,4**	0,35	0,3	Laje piso (divisão entre piso 1 e desvão cobertura) - **1,63**	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**1,65**	1,3	1,2		
Após da aplicação dos Materiais de Mudança de Fase 3 cm de espessura	Zona Corrente da Envolvente	Vertical	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,5**	0,4	0,35	Parede exterior - **0,79**	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**2**	2	1,9	Parede divisória interior da marquise - **0,79**	Cumpre
	Zona Corrente da Envolvente	Horizontal	Exterior ou Interior com btzu > 0,7	**0,4**	0,35	0,3	Laje piso (divisão entre piso 1 e desvão cobertura) - **1,38**	Não cumpre
			Interior com btzu ≤ 0,7	**1,65**	1,3	1,2		

4.2.11. Confluência do estudo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os temas da sustentabilidade e da necessidade de trazer, para o palco principal, as preocupações relativas ao ambiente não são recentes, tendo sido introduzidas no domínio comum há mais de 3 décadas.

Em 1987, através do Relatório de Brundtland, foi apresentado o tema do desenvolvimento sustentável. De acordo com o plasmado no relatório, o desenvolvimento sustentável deve ser entendido como um processo de mudança a nível da gestão recursos, investimentos e desenvolvimento tecnológico, com vista a assegurar a capacidade das gerações futuras (Bruntland, 1987).

O desenvolvimento sustentável é consubstanciado de forma efetiva, e pela primeira vez, através da Agenda 21 da Organização das Nações Unidas (ONU). A Agenda 21 foi realizada no Rio de Janeiro, em 1992, tendo reunido 179 países participantes com o intuito de construir um plano de ação para responder ao novo desígnio do "desenvolvimento sustentável". Este documento, organizado em 40 capítulos, abrange várias temáticas nomeadamente as dimensões sociais e económicas, a conservação e gestão de recursos para o desenvolvimento, o fortalecimento do papel dos grupos principais e os meios de implementação. Já nesta altura estava identificada a necessidade de "promover atividades sustentáveis na indústria da construção", por intermédio do capítulo 7 do documento (Ministério do Meio Ambiente, s.d.).

Em 2015, foi atingido um marco histórico através da definição dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com a aprovação da Agenda 2030. Sendo definidos um conjunto de 17 ODS (Figura 4.66), objetivos estes que apresentam uma visão para a humanidade, com vista a não comprometer o futuro das gerações vindouras (Centro Regional de Informação para a Europa Ocidental das Nações Unidas, 2022).

Figura 4.66 *- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável*

Fonte: https://impactosocial.esolidar.com/2020/03/31/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-onu

O setor da construção tem um impacto direto no desenvolvimento sustentável na medida em que é um forte consumidor de recursos, a vários níveis. Além de consumir recursos naturais é responsável pela geração de um elevado número de resíduos que podem ser nocivos para o meio ambiente, caso não tenham o tratamento e encaminhamento adequado.

Portugal apresenta um parque habitacional envelhecido, fruto da grande explosão do mercado da construção vivenciada na década de 80 e início da década de 90. Os padrões de construção da altura como, por exemplo, os requisitos de eficiência energética, eram residuais ou muito abaixo dos níveis hoje exigidos. Por outro lado, e muito embora o setor da construção continue em franco desenvolvimento, o ritmo de crescimento de construção de novas habitações tem diminuído (Ramos, 2007).

Estes factos fazem com que o desafio da sustentabilidade, no contexto do ambiente construído, passe por uma reabilitação que cumpra cada vez mais os critérios de eficiência energética.

"Um país que pretende crescer e preparar o seu parque habitacional para uma realidade ligada a menores consumos energéticos e para a otimização do uso de energias alternativas com soluções construtivas melhoradas, tem de refletir o sector como um todo, propondo soluções globais incentivadas pelo governo no sentido de viabilizar a sua implementação" (Ramos, 2007).

Um dos grandes obstáculos à alteração do paradigma da construção prende-se com o fator cultural. É necessário investigar e divulgar novas formas de construir, é necessário sensibilizar todos os atores do setor da construção, é fulcral ligar o tecido empresarial à comunidade científica/académica e é essencial apoiar a pesquisa e desenvolvimento de novos materiais que concorram para o desiderato de termos edifícios mais eficientes, mais ecológicos e menos dependentes do vetor energético.

O trabalho desenvolvido neste projeto enquadra-se neste âmbito. Por forma a enquadrar o trabalho no tema da sustentabilidade, foram definidas linhas de ação (enquadradas nos objetivos do desenvolvimento sustentável) por forma a efetuar a sua validação (ou negação), tendo como pano de fundo a sustentabilidade energética. Estas linhas de ação foram definidas aquando da entrega da candidatura do projeto, sendo desconhecido o resultado final que se obteria.

Entre os 17 ODS, há vários onde se encontram relações estreitas com o setor da energia (e com ligação ao setor da construção). O 7º ODS, "Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos", refere-se mais especificamente à energia. Para garantir um acesso universal, temos de promover a eficiência energética. A pobreza não se mede apenas pelos recursos monetários e financeiros disponíveis. Acrescem os níveis de energia disponíveis, na medida em que estes se relacionam diretamente com o bem-estar. Por este motivo hoje em dia é comum ouvir-se a expressão "pobreza energética".

Se a energia é tão premente, será necessário o seu uso com a devida eficiência. Neste contexto é necessário desafiar a cultura, motivando a mudança necessária.

As questões relacionadas com a energia aparecem ainda no ODS N.º 11 – "Cidades e Comunidades Sustentáveis", ODS N.º 12 – "Consumo e Produção Responsáveis" e ODS N.º 13 – "Combate às Alterações Climáticas".

Neste últimos ODS encontram-se claras alusões à interligação entre o setor da construção e o desenvolvimento sustentável por via do consumo de recursos energéticos e por via do combate às alterações climáticas, fator este que está intrinsecamente ligado com a redução da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

Tendo em conta as várias implicações deste Projeto nos ODS já mencionadas, foram elencadas as seguintes Linhas de Ação (LA) de investigação:

***LA 1** - O projeto promove a eficiência energética dos edifícios, contribuindo para uma menor dependência da aquisição de energia fóssil para aquecimento/arrefecimento dos mesmos (em linha com o ODS N.º 7 e 12).*

Com a aplicação dos materiais de mudança de fase fica comprovada a linha de ação relativa à menor dependência energética dos edifícios resultante da aplicação dos mesmos. As poupanças de consumos energéticos de aquecimento e arrefecimento são, no total, cerca de 23% (para a solução de 1,5 cm de PCM, mantendo as janelas existentes). Sem soluções de PCM os consumos totais de aquecimento/arrefecimento são 4565 kWh, ao invés dos 3515 kWh na melhor solução com PCM (a solução onde não existe substituição de janelas). Inerente à diminuição de consumo energético está a redução da fatura elétrica, fator sempre importante como elemento de motivação para a mudança. No entanto, o retorno do investimento ocorrerá num período alargado (aproximadamente 96 anos), fora do período de vida útil do edifício.

***LA 2** - O projeto promove a reabilitação urbana de edifícios, tendo em vista a eficiência energética, através da aplicação de materiais sustentáveis e que por sua vez leva a uma menor necessidade de consumo energético (em linha com o ODS N.º 11 e 12).*

Este projeto teve como premissa a utilização de materiais de mudança de fase que, além da componente energética, têm associados o rótulo da sustentabilidade. Os PCM são,

em grande parte dos casos, compostos por materiais orgânicos e inorgânicos, apresentando elevados padrões de sustentabilidade e, por norma, recicláveis (sobretudo os inorgânicos). Apresentam ainda uma elevada durabilidade, aceitando vários ciclos de mudança de fase.

LA 3 *- Edifícios termicamente mais eficientes consomem menos recursos. A redução do consumo energético conduz à redução das emissões de CO2 para a atmosfera, constituindo-se como fator importante no combate às alterações climáticas (em linha com o ODS N.º 13).*

Os materiais de mudança de fase concorrem para a redução das emissões de CO_2 para a atmosfera. As soluções apresentadas contribuem para uma redução de aproximadamente 1,5 ton CO_2. Naturalmente que a pesquisa por outros PCM, procurando soluções mais adaptadas e mais eficientes, conduzirá a uma redução das emissões mais vincada. Por outro lado, a replicação deste tipo de soluções a mais edifícios levará a um efeito de escala, contribuindo para uma demanda global no caminho da sustentabilidade dos edifícios.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

Este trabalho teve como principal objetivo medir o impacto da aplicação dos materiais de mudança de fase em edifício, com especial enfoque na ligação aos pilares da sustentabilidade (ambiental, económica e social).

A extensa variedade de materiais de mudança de fase obrigou à identificação das suas principais características, para elaborar uma melhor analogia entre o tipo de material e o seu enquadramento no espetro climático em análise. Estes dados fizeram sobressair algumas características, tais como o ponto de fusão e a condutividade térmica, em detrimento de um conjunto mais alargado de características. No entanto, não devem ser descuradas as características correlacionadas com critérios de segurança de utilização, como por exemplo a inflamabilidade, que podem comprometer a adoção de soluções desta tipologia.

O estudo da aplicação dos materiais de mudança de fase foi desenvolvido em dois contextos. No primeiro, por intermédio de um edifício, sem conexão direta a uma situação real, em contexto simulado, sem preocupações relevantes do âmbito arquitetónico e estrutural. Nesta fase, para medir o impacto da aplicação dos PCM, conceberam-se dois edifícios apoiados neste modelo base, o primeiro mais eficiente e um segundo menos eficiente, do ponto de vista da classificação energética. No segundo contexto, decorrente do projeto apresentado ao Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior, efetuou-se a modelação de um edifício real com o intuito, mais uma vez, de medir a influência da aplicação dos PCM em especial na vertente energética.

O desenvolvimento do trabalho foi suportado em materiais de mudança de fase comerciais, cujos dados técnicos são alargados e a tipologia de solução permite uma fácil aplicação real, caso se pretenda replicar o estudo para efeitos de reabilitação de uma fração/edifício. Outros materiais de mudança de fase, não comerciais e,

consequentemente não disponíveis ao cidadão comum, constituiriam um óbice para a aplicabilidade prática e mais rápida em contexto real. A disponibilidade desses materiais e acesso mais restrito à informação das suas características dificultaria o cidadão comum na escolha e manuseamento adequados.

Os dados obtidos através das simulações efetuadas corroboram o conhecimento científico já existente nestes domínios ficando provado, de forma genérica, o elevado potencial que estes materiais apresentam para a redução de consumo energético de aquecimento/arrefecimento em edifícios, bem como para a aproximação das temperaturas interiores às temperaturas de conforto.

A aplicação dos PCM no edifício-tipo mostraram resultado promissores. De uma forma geral pode concluir-se que a sua utilização permite uma maior estabilização das curvas de temperaturas interiores do edifício, com a decorrente diminuição das amplitudes térmicas (chegando a obter-se reduções de 83%). Mesmo nos casos em que não se verifica a diminuição da amplitude térmica, os PCM conduzem a valores de temperatura mais próximos dos valores de conforto. É possível observar diferenças de temperaturas de pico, máximas e mínimas, próximas de 1 ^{o}C. Quanto aos consumos o uso destes materiais contribui, de forma efetiva, para a redução de energia utilizada para aquecimento e arrefecimento. No edifício menos eficiente atingem-se reduções de consumo mais expressivas, para o PCM *Micronal®*, de 12% (2 cm de espessura) e 23% (5 cm de espessura). No edifício mais eficiente conseguem-se reduções entre 2% e 5%, com ligeira preponderância para o PCM *DeltaCool®*. Como já era expectável a dimensão da redução de consumo é o reflexo do comportamento térmico inicial do edifício, logo do seu nível de eficiência de partida.

No trabalho desenvolvido no edifício do Bairro Bento Jesus Caraça foi possível corroborar os resultados obtidos para o edifício-tipo. No caso de utilização em soluções totalmente passivas, nas quais se entende a não existência de meios de climatização (ar-condicionado), observa-se um comportamento no sentido de aproximação das temperaturas interiores do edifício às temperaturas de conforto, com algumas ressalvas nos períodos de temperaturas mais elevadas, nos quais os efeitos podem ser sentidos de

forma mais ligeira. De forma geral, voltam a obter-se reduções nas temperaturas máximas e mínimas interiores que atingem 1 ^{o}C. Salienta-se que o desenvolvimento deste projeto permitiu a introdução de uma variável complementar, a substituição das janelas existentes por janelas mais eficientes. Esta medida complementar permitiu incrementar a redução de consumo energético diário, obtendo-se minorações de 7% na estação de arrefecimento e de 84% na estação de aquecimento. Importa referir que estes valores de redução correspondem à análise do dia mais quente e dia mais frio, e considerando a espessura máxima de aplicação do PCM (3 cm). No entanto, estes valores encontrarão reflexo nos restantes dias do ano, sendo representativos do potencial da aplicação destes materiais. De forma global verifica-se que, para uma espessura comercial de 1,5 cm do PCM *Micronal®,* é possível obter uma redução global de consumo energético de 23%, dos quais 63% para aquecimento e 18% para arrefecimento. Fruto dos perfis climáticos da região é importante referir que os consumos de aquecimento representam a fatia menos significativa do consumo energético total do edifício.

No entanto, do ponto de vista da viabilidade económica constata-se que ainda existe um longo caminho a percorrer na pesquisa da solução mais vantajosa, na medida em que foi observado um período de retorno no investimento do material de 96 anos. Estas soluções serão mais apetecíveis para os cidadãos quanto mais rápido for o retorno de investimento, que ocorrerá à medida que estes materiais sejam mais divulgados, fazendo com que o seu preço reduza substancialmente.

O retorno, nos domínios da sustentabilidade, não pode ser medido apenas pela parte financeira. Salienta-se, de forma expressiva, o contributo fornecido por soluções deste género para o caminho da sustentabilidade social e ambiental. Desta forma, foi importante verificar que as soluções preconizadas permitem uma redução das emissões de gases com efeito de estufa. No edifício de baixa eficiência obtiveram-se reduções de emissões entre os 3,3% e os 33%. Para o edifício mais eficiente as reduções foram menos expressivas, enquadrando-se entre os 2% e os 8%.

Relativamente à confluência deste estudo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, verifica-se que existe uma relação direta entre a aplicação de PCM e o cumprimento dos intentos plasmados nos objetivos.

Constata-se que o desenvolvimento deste trabalho concorre para a promoção da eficiência energética em edifícios, contribuindo para uma menor dependência da aquisição de energia fóssil para aquecimento/arrefecimento, estando em linha com os ODS Nº 7 e 12.

Verifica-se que os estudos aqui elaborados promovem a reabilitação urbana de edifícios, tendo em vista a eficiência energética, através da aplicação de materiais sustentáveis e que, por sua vez, conduz a uma menor necessidade de consumo energético. Este dado encontra-se em linha com os ODS Nº 11 e 12.

De igual modo, constata-se que edifícios mais eficientes consomem menos recursos, conduzindo a uma redução das emissões de gases com efeito de estufa nocivos à atmosfera, constituindo-se como fator decisivo no combate às alterações climáticas. Este ponto encontra-se em linha com o ODS Nº 13.

Por fim, importa reforçar a relevância dos materiais de mudança de fase para a sustentabilidade do setor da construção podendo, inclusive, vir a potenciar o seu crescimento económico. É importante continuar a apoiar estudos nestas temáticas, como forma de motivar à mudança do paradigma cultural da construção.

5.2. Trabalhos Futuros

Para complementar o trabalho desenvolvido será interessante desenvolver ainda algumas ações que permitam potenciar a sua aplicabilidade.

Em primeiro lugar seria importante a realização de ensaios em contexto real, com aplicação dos materiais de mudança de fase em edifícios, e consequente recolha de dados. Desta forma será possível comparar os resultados das simulações aqui apresentadas. Para tal será necessário um conjunto de equipamentos que permitam fazer a aquisição dos

diferentes dados (como as temperaturas) em diversos locais dos edifícios. Isto obriga à disponibilidade de meios financeiros para adquirir equipamentos em quantidade suficiente, além do tempo, alargado, necessário para obter dados em todas as estações do ano.

Por outro lado, tornar-se-ia interessante a realização de um estudo de caráter social procurando relacionar questões mais abrangentes e que se estendem para além da eficiência energética, como o conforto habitacional obtido face ao impacto ambiental e económico das soluções adotadas, tentando ainda inferir acerca da disponibilidade dos cidadãos para investir em soluções desta natureza.

Bibliografia

Abbas, H. M., Jalil, J. M., & Ahmed, S. T. (2021). Experimental Investigation of Phase Change Material as an Insulator in Hollow Brick Wall. *INTCSET 2020*. doi:doi:10.1088/1757-899X/1094/1/012065

Abhat, A. (1983). Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Storage: Heat Storage Materials. *Solar Energy*, pp. 313-332. Obtido em 19 de novembro de 2019, de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038092X8390186X

Acero, Rodríguez, & Ciroth. (2015). Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories. . *Green Delta*.

ADENE - AGÊNCIA PARA A ENERGIA. (outubro de 2016). *Ar Condicionado doméstico.* Obtido em 21 de outubro de 2019, de Sistema de Certificação Energética dos Edifícios: https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2017/11/10see-09-ar-condicionado-1.pdf

Agência Europeia do Ambiente. (2017). *Renewable energy in Europe – 2017 Update - Recent growth and knock-on effects.* Luxemburgo: Publications Office of the European Union.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2014). *Eficiência Energética no Setor de Transportes da União Europeia.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

Agência para a Energia. (2018). *Estatísticas da Certificação Energética de Edifícios*. Obtido em 22 de julho de 2019, de Agência para a Energia: https://www.sce.pt/estatisticas/

Ahmad, M., Bontemps, A., Sallée, H., & Quenard, D. (2006). Experimental investigation and computer simulation of thermal behaviour of wallboards containing a phase change material. *Energy and Buildings*, pp. 357-366. doi:10.1016/j.enbuild.2005.07.008

Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M. Z., Wahid, M. A., Jomehzadeh, F., Famileh, I. Z., . . . Zaki, S. A. (2016). A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60*, pp. 1470-1497.

Al-Ahmed, A., Sarı, A., Mazumder, M. A., Salhi, B., Hekimoğlu, G., Al-Sulaiman, F. A., & Inamuddin. (2020). Thermal energy storage and thermal conductivity properties of fatty acid/fatty

acid-grafted-CNTs and fatty acid/CNTs as novel composite phase change materials. *Scientific Reports*, pp. 1-19. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-020-71891-1

Al-Faraiji, M. A., Baranenko, A., Zakharova, V., & Malinina, O. (2022). Phase Change Material of (100-200) C: Review and Taxonomy. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. doi:doi:10.1088/1755-1315/1029/1/012014

Almousa, N. H., Alotaibi, M. R., Alsohybani, M., Radziszewski, D., AlNoman, S. M., Alotaibi, B. M., & Khayyat, M. M. (2021). Paraffin Wax [As a Phase Changing Material (PCM)] Based Composites Containing Multi-Walled Carbon Nanotubes for Thermal Energy Storage (TES) Development. *Crystals*, pp. 1-14. doi:. https://doi.org/10.3390/cryst11080951

Al-Yasiri, Q., & Szabó, M. (2021). Selection of phase change material suitable for building heating applications based on qualitative decision matrix. *Energy Conversion and Management: X*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100150

Andrade, P. B. (2012). *Eficiência Energética em Edifícios: Oportunidades e Desafios (Dissertação de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal).*

Aridi, R., & Yehya, A. (2022). Review on the sustainability of phase-change materials used in buildings. *Energy Conversion and Management: X*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100237

Arkar, C., & Medved, S. (2007). Free cooling of a building using PCM heat storage integrated into the ventilation system. *Solar Energy*, pp. 1078-1087. doi:10.1016/j.solener.2007.01.010

Associação Portuguesa de Engenharia do Ambiente. (2009). *Energia e alterações climáticas.* Comissão Europeia.

Augusto, C. O., Bragança, L., & Almeida, M. (2015). Materiais de isolamento térmico de edifícios. Para além da energia operacional. *Connecting People and Ideas . Proceedings of EURO ELECS 2015*, pp. 561-570. Obtido de https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/39456/1/2189-Euro-ELECS_2015-Materiais%20de%20isolamento%20térmico.pdf

Babar, O. A., Arora, V. K., & Nema, P. K. (Jul de 2020). Experimental analysis for thermo-physical properties of phase change materials during accelerated thermal cycling. *Australian Journal*

of Mechanical Engineering, pp. 1254-1266. doi:https://doi.org/10.1080/14484846.2020.1794503

Bandeira, M. (2017). *Hospital de Santa Maria prevê poupar um milhão de euros em energia com novo apoio do Estado*. Obtido de Jornal Económico: http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/hospital-de-santa-maria-preve-poupar-um-milhao-de-euros-em-energia-com-novo-apoio-do-estado-163216

BASF. (2018). *BASF - Micronal PCM Intelligent Temperature Management for Buildings.* Obtido de Maison Passive: https://www.maisonpassive.be/IMG/pdf/Micronal_EN.pdf

Belke, A., Dreger, C., & Haan, F. d. (2010). Energy Consumption and Economic Growth. *New Insights into the Cointegration Relationship*. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/227348935_Energy_Consumption_and_Economic_Growth_-_New_Insights_into_the_Cointegration_Relationship/citation/download

Berardi, U., & Soudian, S. (2019). Experimental investigation of latent heat thermal energy storage using PCMs with different melting temperatures for building retrofit. *Energy and Buildings*, pp. 180-195. doi:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.016

Bland, A., Khzouz, M., Statheros, T., & Gkanas, E. I. (2017). PCMs for Residential Building Applications: A Short Review Focused on Disadvantages and Proposals for Future Development. *Buildings, 7*, p. 18. doi:doi:10.3390/buildings7030078

Bland, A., Khzouz, M., Statheros, T., & Gkanas, E. I. (2017). PCMs for Residential Building Applications: A Short Review Focused on Disadvantages and Proposals for Future Development. *Buildings*. doi:10.3390/buildings7030078

Borges, P. M. (2009). *Certificação Energética de Edifícios Existentes - Estudo Sobre a Melhoria do Desempenho Térmico das Paredes Exteriores e Respectiva Análise Técnico-Económica (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto).*

Bruntland, G. (1987). *Our Common Future: The World Commission on Environment and Develpopment.* Oxford: Oxford University Press.

Carneiro, L. (s.d.). *Solidificação - Conceitos Básicos*. Obtido de Ebah: https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhHF0AK/solidificacao-conceitos-basicos?part=2#

Carvalho, M. F. (2013). *Eficiência Energética - A 4ª Energia - A importância das cidades para a eficiência energética (Dissertação de Mestrado, Gestão, Universidade Católica, Lisboa, Portugal).* Obtido de https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/16952/1/EficienciaEnergetica_a%204energia.pdf

Carvalho, S. M. (2019). *Avaliação Experimental da Transferência de Calor em Placas de Gesso com Materiais de Mudança de Fase (Dissertação de Mestrado, Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal).*

Castilho, A. J. (2015). *Simulação Numérica do Efeito de PCM no Conforto Térmico de Edifícios (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil,Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal).*

Cazadero, M. (1995). *Las revoluciones industriales.* Fonde de Cultura Economica.

Centro Regional de Informação para a Europa Ocidental das Nações Unidas. (2022). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Obtido de Nações Unidas: https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/

Cooremans, C. (2012). Investment in energy efficiency: do the characteristics of investments matter? *Energy Efficiency*, pp. 497-518.

Cravo, D. N. (2015). *Eficiência energética na indústria: auditoria energética e análise de propostas de melhoria (Dissertação de Mestrado, Engenharia da Energia e do Ambiente, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal).*

Cui, Y., Xie, J., Liu, J., & Wang, J. (2017). A review on phase change material. *Advances in Mechanical Engineering, 9*, pp. 1–15. doi:10.1177/1687814017700828

CYPE. (2019). *Open BIM*. Obtido de CYPE: http://open-bim.cype.pt

CYPE. (2019). *Programas*. Obtido de CYPE - Software para Engenharia e Construção: http://programas.cype.pt/

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto do Ministério da Economia e do Emprego. (20 de agosto de 2013). Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do

Parlamento. Obtido em 21 de fevereiro de 2019, de Diário da República Eletrónico: https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/118-2013-499237

Despacho n.º 6476-E/2021 - Direção Geral de Energia e Geologia. (s.d.). Aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação de edifícios. *Diário da República*.

Du, K., Calautit, J., Wang, Z., Wu, Y., & Liu, H. (2018). A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges. *Applied Energy*, pp. 242-273. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.005

Durães, T. B. (2013). *Identificação do Tipo e Quantidade de PCM Adequado ao Clima Português – Lisboa (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil,Universidade do Minho, Braga, Portugal).* Obtido de https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/31138/1/Disertacao_Tiago%20Duraes_2013.pdf

Ellabban, O., HaithamAbu-Rub, & FredeBlaabjerg. (2014). Renewable energy resources:Current status,future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113

Energy Plus. (2020). *Energy Plus*. Obtido de https://energyplus.net/

EUR-Lex. (2010). *Uma estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura*. Obtido de EUR-Lex: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=legissum:en0024

Faraj, K., Khaled, M., Faraj, J., Hachem, F., & Castelain, C. (2022). A Summary Review on Experimental Studies for PCM Building Applications: Towards Advanced Modular Prototype. *Energies*, pp. 1-43. doi:https://doi.org/10.3390/en15041459

Faustino, C. R. (2012). *Influência dos Vãos Envidraçados no Desempenho Energetico de Edifícios (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal).* Obtido de https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144992423/Dissertação_Final_CFaustino.pdf

Fedele, L., Cabaleiro, D., & Bobbo, S. (2018). The state of art of PCMs used in energy storage. *18th Meeting of the International Association for Transport Properties (IATP)*.

Feng, G., Wang, T., He, N., & Wang, G. (2022). A Review of Phase Chang Materials. *E3S Web of Conferences 356*, pp. 1-7. doi:https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235601062

Fernandes, E. d. (2006). *Conferência sobre "Alterações Climáticas", Assembleia da República*. Obtido de Parlamento: http://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf?

Ferreira, N. A. (2019). *Portugal é um dos piores países da Europa com conforto térmico*. Obtido de Observador: https://observador.pt/2019/02/20/portugal-e-um-dos-piores-paises-da-europa-na-pobreza-energetica/

Frigione, M., Lettieri, M., & Sarcinella, A. (2019). Phase Change Materials for Energy Efficiency in Buildings and Their Use in Mortars. *Materials*, pp. 1-25. doi: doi:10.3390/ma12081260

Futureng. (2018). *Coeficiente de Condutibilidade Térmica*. Obtido de FuturEng: http://www.futureng.pt/coeficiente-de-condutibilidade-termica

Garcia, A. d., & Cabeza, L. F. (2015). Phase change materials and thermal energy storage for buildings. *Energy and Buildings*.

Gasia, J., Miró, L., Gracia, A. d., Barreneche, C., & Cabeza, L. F. (2016). Experimental Evaluation of a Paraffin as Phase Change Material for Thermal Energy Storage in Laboratory Equipment and in a Shell-and-Tube Heat Exchanger. *Applied Sciences, 6*.

Ghani, Jamari, & Abidin. (2020). Waste materials as the potential phase change material substitute in thermal energy storage system: a review. . *Chem Eng Commun*, pp. 1-21.

Gholamibozanjani, G., & Farid, M. (2020). A comparison between passive and active PCM systems applied to buildings. *Renewable Energy*, pp. 112-123. doi:https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.007

Gonçalves, M. M. (2009). *Estudo de novos materiais de mudança de fase (Dissertação de Mestrado, Materiais Derivados de Recursos Renováveis, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal).*

Goozee, H. (maio de 2017). Energia, pobreza e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *One Pager*, pp. 351-352.

Grade, P. d. (2013). *Materiais de Mudança de Fase em Revestimentos (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal).*

Grove, S. J., Fisk, R. P., Pickett, G. M., & Kangun, N. (1996). Going green in the service sector Social responsibility issues, implications and implementation. *European Journal of Marketing*, pp. 55-66.

GTA-ODS. (2014). *Negociações da Agenda de Desenvolvimento Pós-2015: Elementos Orientadores da Posição Brasileira.*

Guarino, F., Athienitis, A., Cellura, M., & Bastien, D. (2017). PCM thermal storage design in buildings: Experimental studies and applications to solaria in cold climates. *Applied Energy*, pp. 95-106. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.046

Hale, D. V., Hoover, M. J., & O'Neill, a. M. (1971). *Phase Change Materials Handbook.* Obtido de NASA: https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19720012306.pdf

Harputlugil, T. (2017). Energy Efficient Building Dsesing Development: A retrospective aaproach. *International Symposium on Energy Efficiency in Buildings,*, pp. 296-303. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/317415027

Holechek, J. L., Geli, H. M., Sawalhah, M. N., & Valdez, R. (2022). A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil. *Sustainability*, pp. 1-22. doi:https://doi.org/10.3390/su14084792

Hou, J., Liu, Z.-A., Zhang, L., Zhang, T., Hou, C., & Fukuda, H. (Março de 2023). Parametric and economic analysis of incorporating phase change material (PCM) into exterior walls to reduce energy demand for traditional dwellings in northeast of Sichuan hills, China. *Applied Thermal Engineering*. doi:https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.119982

IEA. (2018). *Energy Security*. Obtido de International Energy Agency: https://www.iea.org/topics/energysecurity/

IEM - Carbono Social. (2018). *Caracterização do Projeto*. Obtido de IEM - Carbono Social: http://www.iem-carbonosocial.com/conteudos/conteudo/13-caracterizacao-do-projecto

Intelligent Energy Europe Programme of the European Union. (2015). *Energy Efficiency Trends and Policies In Industry.* European Union.

ISQ. (2012). *Apresentação da Norma NP EN ISO 50001*. Obtido de ISQ: http://www.isq.pt/apresentacao-da-norma-np-en-iso-50001/

Joulin, A., Zalewski, L., Lassue, S., & Naji, H. (2014). Experimental investigation of thermal characteristics of a mortar with or without a micro-encapsulated phase change material. *Applied Thermal Engineering*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.01.027

Klein, M. (2009). *Crystallization Kinetics of Phase Change Materials for Novel Data Storage Concepts.* Aachen University. Obtido de http://publications.rwth-aachen.de/record/51433/files/Klein_Michael.pdf

Kośny, J. (2015). *PCM-Enhanced Building Components: An Application of Phase Change Materials in Building Envelopes and Internal Structures.* Springer. Obtido de https://books.google.pt/books?id=F60lCQAAQBAJ&dq=An+Application+of+Phase+Change+Materials+in+Building+Envelopes+and+Internal+Structures&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s

Kuznik, F., David, D., Johannes, K., & Roux, J.-J. (2012). A review on phase change materials integrated in. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Obtido de https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00541875

Kuznik, Johannes, & David. (2015). Integrating phase change materials (PCMs) in thermal energy storage systems for buildings, in Advances in Thermal Energy Storage Systems. *Woodhead Publishing Series in Energy*, pp. 325-353.

Lahmaidi, H., & Baumli, P. (2020). Thermal conductivity enhancement of phase change materials : A literature review. *Journal of Materials and Environmental Science*, pp. 1010-1018.

Lamberts, R. (s.d.). *Aula N.º 9 : Desempenho térmico de paredes e coberturas.* Florianópolis. Obtido de http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Desempenho%20termico%20paredes%20e%20coberturas.pdf

Lameiras, J. P. (2010). *Contributo para a elaboração de um manual de apoio à reabilitação de edifícios das décadas de 60,70 e 80.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Lamonica, M. (2012). *Cleanweb hackers get busy with energy data*. Obtido de CNET: https://www.cnet.com/news/cleanweb-hackers-get-busy-with-energy-data/

Latouche, S. (2012). *Pequeno Tratato do Decrescimento Sereno.* Lisboa: Edições 70.

Lazaro, A., Dolado, P., Marín, J. M., & Zalba, B. (2008). PCM–air heat exchangers for free-cooling applications in buildings: Experimental results of two real-scale prototypes. *Energy Conversion and Management*, pp. 439-443. doi:10.1016/j.enconman.2008.11.002

Lee, K. O., Medina, M. A., Sun, X., & Jin, X. (2018). Thermal performance of phase change materials (PCM)-enhanced cellulose insulation in passive solar residential building walls. *Solar Energy*, pp. 113-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.01.086

Li, H., Li, J., Xi, C., Chen, W., & Kong, X. (2020). Experimental and numerical study on the thermal performance of ventilated roof composed with multiple phase change material (VR-MPCM). *Energy Conversion and Management*. doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112836

Lusa. (2017). *Portugal com 7.º maior quota de utilização de energias renováveis na UE*. Obtido de Jornal de Negócios: https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/portugal-com-7-maior-quota-de-utilizacao-de-energias-renovaveis-na-ue

Madad, A., Mouhib, T., & Mouhsen, A. (2018). Phase Change Materials for Building Applications: A Thorough Review and New Perspectives. *Buildings*. doi: doi:10.3390/buildings8050063

Martínez, A., Carmona, M., Cortés, C., & Arauzo, I. (2020). Characterization of Thermophysical Properties of Phase Change Materials Using Unconventional Experimental Technologies. *Energies*. doi: doi:10.3390/en13184687

Martins, B. F. (2017). *Materiais de Mudança de Fase (PCM) para Melhoria do Desempenho Térmico de Edifício (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal).* Obtido de https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=1048857

Mason, K. (2018). *Phase change materials: applications in the built environment*. Obtido de NBS: https://www.thenbs.com/knowledge/phase-change-materials-applications-in-the-built-environment

McLaggan, M. S., Hadden, R. M., & Gillie, M. (2018). Fire Performance of Phase Change Material Enhanced Plasterboard. *Fire Technology*, pp. 117–134. doi:10.1007/s10694-017-0675-x

Medved, S., & Arkar, C. (2008). Correlation between the local climate and the free-cooling potential of latent heat storage. *Energy and Buildings, 40*, pp. 429-437. doi:10.1016/j.enbuild.2007.03.011

Mehling, H., & Cabeza, L. F. (2008). *Heat and cold storage with PCM: An up to date introduction into basics and applications.* Springer Science & Business Media.

Memon, S. A., Cui, H., Zhang, H., & Xing, F. (2015). Utilization of macro encapsulated phase change materials for the development of thermal energy storage and structural lightweight aggregate concrete. *Applied Energy*, pp. 43-55. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.022

Menkes, M. (2004). *Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade (Tese de Doutoramento, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, Brasil).*

Min, K.-E., Jang, J.-W., Kim, J.-K., Wern, C., & Yi, S. (2022). Thermophysical Properties of Inorganic Phase-Change Materials Based on MnCl2·4H2O. *Applied Sciences*, pp. 1-12. doi: https://doi.org/10.3390/app12136338

Ministério do Meio Ambiente. (s.d.). *Agenda 21 Global*. Obtido de Ministério do Meio Ambiente: https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html

Mohameda, S. A., Al-Sulaiman, F. A., Ibrahim, N. I., Zahir, M. H., Al-Ahmed, A., Saidur, R., . . . Sahin, A. (2016). A review on current status and challenges of inorganic phase change materials for thermal energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.012

Mourid, A., Alami, M. E., & Kuznik, F. (2018). Experimental investigation on thermal behavior and reduction of energy consumption in a real scale building by using phase change materials on its envelope. *Sustainable Cities and Society*, pp. 35-43. doi:https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.031

Mustaparta, O., Silva, S., & Leitão, D. (2013). Potentialities of using PCM in residential buildings in Portugal. *Portugal SB13 - Contribution of Sustainable Building to Meet EU 20-20-20 Targets*, pp. 229-236. Obtido em 5 de junho de 2022, de

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/26197/1/PortugalSB13-OM-SMS-DL.pdf

Muzayanah, I. F., Lean, H. H., Hartono, D., Indraswari, K. D., & Partama, R. (2022). Population density and energy consumption: A study in Indonesian provinces. *Heliyon*. doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10634

National Weather Service. (2019). *What Are Heating and Cooling Degree Days*. Obtido de National Weather Service: https://www.weather.gov/key/climate_heat_cool

Navarro, L., De Gracia, A., Colclough, S., Browne, M., Mccormack, S., Grif, P., & Cabeza, L. (2016). Thermal Energy Storage in Building Integrated Thermal Systems: A Review. Part 1. Active Storage Systems. *Renew. Energy*, pp. 526–547.

Nicolalde, J. F., Cabrera, M., Martínez-Gómez, J., Salazar, R. B., & Reyes, E. (2022). Selection of a phase change material for energy storage by multi-criteria decision method regarding the thermal comfort in a vehicle. *Journal of Energy Storage*. doi:https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104437

Oeiras Valley. (2022). *Adaptação às alterações climáticas*. Obtido de Programa de Cooperação: https://programacooperacao.oeirasvalley.com/adaptacao-as-alteracoes-climaticas/

Oliveira, D. A. (2003). *Desenvolvimento, energia e sustentabilidade: uma perspectiva do Relatório Brundtland (Dissertação de Mestrado, Planeamento de Sistemas Energéticos, - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil).*

Oliveira, D. d. (2012). *Identificação do tipo e quantidade de PCM adequado ao clima Português (Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal).* Obtido de https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/29583/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20daniel%20oliveira%202012.pdf

Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources,. *Civil & EnvironmentaL Engineering*. doi:http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990

Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate mitigation. *Cogent Engineering*. doi:http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990

Pacheco, J. E., Showalter, S. K., & Kolb, W. J. (2015). Develpment of a molten-salt thermocline thermal storage system for parabolic trough plants. *Proceedings of Solar Forum 2001 Solar Energy: The Power to Choose*, pp. 21-25.

Palacios, A., Gracia, A. D., Haurie, L., Cabeza, L. F., Fernández, A. I., & Barreneche, C. (2018). Study of the Thermal Properties and the Fire Performance of Flame Retardant-Organic PCM in Bulk Form. *Materials*. doi:10.3390/ma11010117

Parlamento Europeu. (7 de outubro de 2019). *O que é a neutralidade das emissões de carbono e como pode ser atingida até 2050?* Obtido de Atualidade- Parlamento Europeu: https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20190926STO62270/como-a-ue-podera-atingir-a-neutralidade-carbonica-ate-2050?at_campaign=20234-Green&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=Sitelink&at_goal=TR_G&at_audience=&at_topic=Ca

Patt, A. (2016). *Is reducing energy consumption important for climate change?* Obtido de ETH Zurich: https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2016/01/is-reducing-energy-consumption-important-for-climate-change.html

Peng, G., Dou, G., Hu, 1. Y., Sun, Y., & Chen, Z. (2020). Phase Change Material (PCM) Microcapsules for Thermal Energy Storage. *Hindawi - Advances in Polymer Technology*. doi:https://doi.org/10.1155/2020/9490873

Peralta, G. (2006). *Desempenho Térmico de Telhas: Análise do Monitoramento e Normalização Específica (Dissertação de Mestrado, Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil).*

Pons, O., Aguado, A., Fernández, A., Cabeza, L., & Chimenos, J. (2014). Review of the use of phase change materials (PCMs) in buildings with reinforced concrete structures. *Materiales de Construcción*. Obtido de http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1495/1774

PORDATA. (2018). *Consumo de energia final: total e por tipo de sector consumidor*. Obtido de PORDATA: https://www.pordata.pt/Europa/Consumo+de+energia+final+total+e+por+tipo+de+sector+consumidor-1397-211952

PORDATA. (2019). *Preços da electricidade para utilizadores domésticos e industriais (Euro/ECU)*. Obtido de PORDATA: https://www.pordata.pt/Europa/Preços+da+electricidade+para+utilizadores+domésticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477

Porisini, F. C. (1988). Salt Hydrates Used For Latent Heat Storage: Corrosion Of Materials And Reliability of Thermal Performance. *Solar Energy*, pp. 193-197. doi:10.1016/0038-092X(88)90136-3.

Portal da Eficiência Energética. (2010). *Legislação Nacional*. Obtido de Portal da Eficiência Energética: http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/nacional.html

Programa de Eficiência Energética na Admnistração Pública. (2018). *Barómetro Eco.AP*. Obtido de Eco.AP: http://ecoap.pnaee.pt/

Programa Operacional para a Sustentabilidade e Eficiência Energética no Uso de Recursos. (2018). Obtido de POSEUR: https://poseur.portugal2020.pt

PureTemp. (2020). *PCM Products*. Obtido de PureTemp: https://store.puretemp.com/#/puretemp

PureTemp. (2020). *PureTemp 23 Technical Data Sheet.* Obtido de PureTemp: https://www.puretemp.com/stories/puretemp-23-tds

PureTemp. (2020). *Technology*. Obtido de PureTemp: https://www.puretemp.com/stories/technology

Ramos, A. F. (2007). Os Desafios da Construção Sustentável na Indústria da Construção. pp. 1-10. Obtido de https://gestin.ipcb.pt/wp-content/uploads/2022/02/2007Gestin04-05art01.pdf

Rathod, M. K., & Banerjee, J. (2013). Thermal stability of phase change materials used in latent heat energy storage systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(18), pp. 246–258. doi:10.1016/j.rser.2012.10.022

Rathore, P. K., & Shukla, S. K. (2020). An experimental evaluation of thermal behavior of the building envelope using macroencapsulated PCM for energy savings. *Renewable Energy*, pp. 1300-1313. doi:https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.130

Rebeca Salgado, Hoda Akbari, Maria C. Brown, Isobelle Reid, & Sarah J. McCormack. (2018). Study of Corrosion Effect of Micronal® Phase Change Materials (PCM) with Different Metal

Samples. *Renewable Energy and Sustainable Buildings*, pp. 709-717. doi:10.1007/978-3-030-18488-9

Regin, A. F., Solanki, S., & Saini, J. (2008). Heat transfer characteristics of thermal energystorage system using PCM capsules: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, pp. 2438–2458. doi:10.1016/j.rser.2007.06.009

Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008. (2008). Plano Nacional de Acção para a Eficiência. *Diário da República, 1.ª série — N.º 97 — 20 de Maio de 2008*. Obtido de https://files.dre.pt/1s/2008/05/09700/0282402824.pdf

Reyez-Araiza, J. L., Pineda-Piñón, J., López-Romero, J. M., Gasca-Tirado, J. R., Contreras, M. A., Correa, J. C., . . . Velazquez-Castillo, R. R. (2021). Thermal Energy Storage by the Encapsulation of Phase Change Materials in Building Elements—A Review. *Materials*, pp. 1-19. doi:https://doi.org/10.3390/ma14061420

Rifkin, J. (2016). *A Sociedade do Custo Marginal Zero - A internet das coisas, a comunidade dos bens comuns e o eclipse do capitalismo.* Lisboa: Bertrand Editora.

RIGIPS. (2020). *Rigips AG*. Obtido de Rigips: https://ch.buildup.group/product/3eec922e-0018-4399-9c94-ea18ef44fb18/view#

Rocha, B. T. (2022). Long-run suburbanization trends in Portugal. *Regional Studies*, pp. 513-515. doi:https://doi.org/10.1080/21681376.2022.2095299

Rodrigues, M. G., & Costa, F. J. (2012). Energia e sustentabilidade no século XXI: o caso do Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências*, pp. 60-79. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/277210122

Rodrigues, M. P. (2012). *Eficiência Energética no Setor Residencial (Dissertação de Mestrado, Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal).*

Rucevskis, S., Akishin, P., & Korjakins, A. (2019). Performance Evaluation of an Active PCM Thermal Energy Storage System for Space Cooling in Residential Buildings. *Sciendo - Environmental and Climate Technologies*, pp. 74-89. doi:10.2478/rtuect-2019-0056

Santos, C. A., & Matias, L. (2010). *ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios.* Lisboa: LNEC.

Santos, C., & Matias, L. (2010). *ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios.* Lisboa: LNEC.

Saraiva, F. (2007). *Energias do Futuro - Desafios do Presente*. Obtido de Centro de Informação da REN: http://www.centrodeinformacao.ren.pt/

SCE. (2019). *Certificação Energética de Edifícios*. Obtido de SCE: https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/

Schroeder, J. T., & Schroeder, I. (2004). Responsabilidade Social Corporativa: Limites e Possibilidades. *RAE-eletrônica, 3*, pp. 1-10.

SETARAM. (s.d.). *AN669 – Melting and Crystalization of Phase Change Materials (PCM) By MICRODSC*. Obtido de SETARAM: https://www.setaram.com/application-notes/an669-melting-and-crystallization-of-phase-change-materials-pcm-by-microdsc/

Shamseddine, I., Pennec, F., Biwole, P., & Fardoun, F. (Abril de 2022). Supercooling of phase change materials: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112172

Sharma, A., Tyagi, V., Chen, C., & Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 318-345. Obtido de https://www.researchgate.net/profile/Atul_Sharma21/publication/222427268_Review_on_Thermal_Energy_Storage_with_Phase_Change_Materials_and_Applications/links/54b65bf40cf2bd04be3201a6.pdf

Sharma, R. K., Ansu, A. K., & Laiker, U. (2021). Development of Eutectic Phase Change Materials for Solar Thermal Energy Storage. *International Scientific Forum (ISF 2019)*. doi:doi:10.1088/1757-899X/1127/1/012009

Sharma, R., Jang, J.-G., & Hu, J.-W. (2022). Phase-Change Materials in Concrete: Opportunities and Challenges for Sustainable Construction and Building Materials. *Materials*. doi:https://doi.org/10.3390/ma15010335

Shukla, Y., Rawal, R., Agrawal, N., Biswas, K., Jain, D., & Sarmah, D. (2016). Influence of Phase Change Material on Thermal Comfort Conditions Inside Buildings in Hot and Dry Climate of India. *Conference CLIMA 2016, 2*. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/303701543_Influence_of_Phase_Change_Mat

erial_on_Thermal_Comfort_Conditions_Inside_Buildings_in_Hot_and_Dry_Climate_of_India

Silva, P. D. (2015). *Estudo de um sistema de armezenamento térmico com transição de fase (Dissertação de Mestrado, Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal).*

Sivanathan, A., Qingqing Dou, Y. W., Yunfeng Li, J. C., Zhou, Y., & Fan, M. (2020). Phase change materials for building construction: An overview of nano-/micro-encapsulation. *Nanotechnology Reviews*. doi:https://doi.org/10.1515/ntrev-2020-0067

SóQ. (2018). *Hidrocarbonetos (continuação)*. Obtido de SóQ - Portal de Química: https://www.soq.com.br/conteudos/em/funcoesorganicas/p1.php

Sorrell, S. (2015). Reducing energy demand: A review of issues,challenges and approaches. *ELSEVIER - Renewable and Sustainable Energy Reviews 47*, pp. 74-82. Obtido de https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032115001471?token=B96B9D4EF7217534DF510ED58B2B48CF24069A2AE20E265D40C67935E21F4D5AF73A177C74445CD0780980C1A4994887&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220712170216

Souayfane, F., Fardoun, F., & Pascal-Henry. (2016). Phase Change Materials (PCM) for cooling applications in buildings: A review. *Energy and Buildings*.

Souza, C. R. (2015). *Estudo da condutividade térmica do gesso (CaSO4 0,5H2O) em função da sua propriedade (Dissertação de Mestrado, Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Vale de São Francisco, Juzeiro, Brasil).* Obtido de http://www.univasf.edu.br/~cpgcm/adm/docs/CARLOS_NUNES.PDF

Stigka, E. K., Paravantis, J. A., & Mihalakakou, G. K. (2014). Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications. *ELSEVIER - Renewable and Sustainable Energy Reviews 32*, pp. 100-106. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/268196343_An_analysis_of_public_attitudes_towards_renewable_energy_in_Western_Greece/link/550dd83e0cf2ac2905aa569a/download

Stritih, U., & Butala, V. (2007). Energy saving in building with PCM cold storage. *International Journal of Energy Research*, pp. 1532-1544. doi:10.1002/er.1318

Stull, R. (2011). Heat. Em R. Stull, *Meteorology for Scientists and Engineers* (pp. 53-86).

Teixeira, R. F. (2019). Materiais de Mudança de Fase Absorção Sonora do RT18 (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal).

The World Bank. (2021). *Report: Universal Access to Sustainable Energy Will Remain Elusive Without Addressing Inequalities*. Obtido de The World Bank: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/06/07/report-universal-access-to-sustainable-energy-will-remain-elusive-without-addressing-inequalities

UE. (2010). DIRECTIVA 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios. *Jornal Oficial da União Europeia*. Obtido de https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=RO

United Nations. (1987). *Report of the World Comission on Environment and Development.* United Nations - General Assembly .

United Nations. (2018). *Sustainable Development - Knowlodge Plataform*. Obtido de United Nations - Department of Economic and Social Affairs: https://sustainabledevelopment.un.org/topics/energy

Vasua, A., Hagosa, F. Y., Noor, M., Mamat, R., Azmi, W., Abdullah, A. A., & Ibrahim, T. K. (2017). Corrosion effect of phase change materials in solar thermal energy storage application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 19-33. doi:dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.018

Vérez, D., Borri, E., Crespo, A., Mselle, B. D., Gracia, Á. d., Zsembinszki, G., & Cabeza, L. F. (2021). Experimental Study on Two PCM Macro-Encapsulation Designs in a Thermal Energy Storage Tank. *Applied Sciences*, pp. 1-13. doi:https://doi.org/10.3390/app11136171

Vigna, I., Bianco, L., Goia, F., & Serra, V. (2018). Phase Change Materials in Transparent Building Envelopes: A Strengths, Weakness, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis. *Energies, 11*, pp. 1-19. doi:10.3390/en11010111

Vitorino, N. M. (2009). *Utilização de Materiais de Mudança de Fase em Sistemas de Acumulação de Energia Térmica (Dissertação de Mestrado, Tecnologia Cerâmica,Instituto Politécnico de Viana de Castelo - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Viana do Castelo, Portugal).* Obtido de https://www.researchgate.net/publication/260563372

Waqas, A., & Din, Z. U. (2013). Phase change material (PCM) storage for free cooling of buildings—A review. *Renewable and Sustainable Energys - Elsevier*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.034

World Nuclear Association. (2018). *World Energy Needs and Nuclear Power*. Obtido de World Nuclear Association: http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx

Xin, W., YinPing, Z., Wei, X., RuoLang, Z., QunLi, Z., & HongFa, D. (2009). Review on thermal performance of phase change energy storage building envelope. *Chinese Science Bulletin, 54*, pp. 1-9. doi:doi:10.1007/s11434-009-0120-8

Zalba, B., Marín, J., Cabeza, L. F., & Mehling, H. (2003). Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. *Applied Thermal Engineering*(23), pp. 251-283. Obtido de sci-hub.se/10.1016/s1359-4311(02)00192-8

Anexo A - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 2 cm espessura *Deltacool®*

Tabela 1 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
01/01 01:00	14,02	14,54	14,92	14,93	15,33	13,92	14,42	14,76	14,78	15,16	-0,10	-0,12	-0,15	-014	-0,17
01/01 02:00	14,00	14,46	14,84	14,84	15,27	13,88	14,32	14,66	14,68	15,08	-0,11	-0,14	-0,18	-0,16	-0,19
01/01 03:00	13,99	14,42	14,80	14,79	15,24	13,86	14,26	14,59	14,61	15,03	-0,13	-0,15	-0,20	-0,19	-0,21
01/01 04:00	13,98	14,38	14,75	14,75	15,19	13,83	14,20	14,52	14,53	14,96	-0,15	-0,17	-0,23	-0,21	-0,23
01/01 05:00	13,96	14,33	14,69	14,68	15,14	13,78	14,13	14,43	14,45	14,89	-0,17	-0,19	-0,25	-0,23	-0,25
01/01 06:00	13,93	14,28	14,63	14,62	15,09	13,73	14,06	14,34	14,36	14,82	-0,19	-0,21	-0,28	-0,26	-0,27
01/01 07:00	13,89	14,22	14,56	14,54	15,03	13,67	13,99	14,25	14,26	14,74	-0,21	-0,23	-0,30	-0,28	-0,29
01/01 08:00	13,86	14,27	14,51	14,49	14,99	13,62	14,01	14,18	14,19	14,67	-0,24	-0,25	-0,32	-0,30	-0,31
01/01 09:00	13,84	14,38	14,60	14,59	15,02	13,58	14,12	14,27	14,28	14,70	-0,26	-0,25	-0,33	-0,31	-0,32
01/01 10:00	13,83	14,51	14,75	14,74	15,11	13,55	14,25	14,43	14,44	14,78	-0,28	-0,25	-0,31	-0,29	-0,33
01/01 11:00	13,84	14,72	15,09	15,09	15,34	13,55	14,49	14,84	14,85	15,04	-0,29	-0,23	-0,24	-0,23	-0,30
01/01 12:00	13,85	14,78	15,24	15,26	15,44	13,54	14,56	15,04	15,05	15,16	-0,30	-0,22	-0,19	-0,20	-0,28
01/01 13:00	13,86	14,84	15,41	15,43	15,56	13,55	14,62	15,24	15,25	15,31	-0,30	-0,21	-0,16	-0,17	-0,25
01/01 14:00	13,87	14,88	15,48	15,51	15,61	13,57	14,68	15,33	15,37	15,39	-0,29	-0,20	-0,14	-0,14	-0,21
01/01 15:00	13,87	14,89	15,48	15,52	15,62	13,60	14,71	15,35	15,40	15,43	-0,27	-0,18	-0,12	-0,12	-0,19
01/01 16:00	13,87	14,87	15,43	15,48	15,59	13,62	14,70	15,32	15,38	15,43	-0,24	-0,16	-0,11	-0,09	-0,16
01/01 17:00	13,85	14,82	15,38	15,43	15,55	13,64	14,67	15,28	15,35	15,42	-0,21	-0,15	-0,09	-0,08	-0,14
01/01 18:00	13,84	14,70	15,23	15,28	15,45	13,66	14,57	15,13	15,20	15,33	-0,17	-0,13	-0,09	-0,08	-0,12
01/01 19:00	13,83	14,71	15,12	15,16	15,39	13,69	14,59	15,02	15,09	15,28	-0,14	-0,12	-0,09	-0,08	-0,11
01/01 20:00	13,83	14,86	15,05	15,08	15,35	13,72	14,76	14,96	15,01	15,24	-0,11	-0,10	-0,09	-0,07	-0,11
01/01 21:00	13,85	14,86	14,99	15,02	15,31	13,75	14,77	14,90	14,95	15,20	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,11
01/01 22:00	13,86	14,85	14,95	14,97	15,28	13,77	14,76	14,85	14,88	15,16	-0,08	-0,08	-0,09	-0,08	-0,12
01/01 23:00	13,86	14,82	14,89	14,91	15,24	13,78	14,73	14,78	14,81	15,11	-0,07	-0,08	-0,11	-0,09	-0,13
01/01 24:00	13,86	14,61	14,84	14,85	15,20	13,78	14,51	14,71	14,74	15,05	-0,08	-0,09	-0,12	-0,11	-0,14

Tabela 2- Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	9,87	10,55	10,93	11,03	11,50	9,67	10,34	10,66	10,81	11,26	-0,19	-0,20	-0,26	-0,22	-0,24
02/01 02:00	9,87	10,51	10,91	11,01	11,47	9,66	10,28	10,62	10,75	11,20	-0,21	-0,23	-0,29	-0,25	-0,26
02/01 03:00	9,87	10,49	10,89	10,98	11,43	9,63	10,23	10,56	10,69	11,14	-0,23	-0,25	-0,32	-0,28	-0,29
02/01 04:00	9,85	10,46	10,85	10,94	11,39	9,59	10,18	10,50	10,62	11,07	-0,25	-0,27	-0,35	-0,31	-0,32
02/01 05:00	9,84	10,44	10,82	10,90	11,35	9,56	10,14	10,44	10,56	11,01	-0,28	-0,30	-0,37	-0,34	-0,34
02/01 06:00	9,82	10,43	10,79	10,87	11,32	9,52	10,11	10,39	10,50	10,95	-0,29	-0,32	-0,39	-0,36	-0,36
02/01 07:00	9,79	10,39	10,74	10,81	11,27	9,48	10,06	10,32	10,43	10,88	-0,31	-0,33	-0,41	-0,38	-0,39
02/01 08:00	9,77	10,46	10,72	10,78	11,23	9,44	10,11	10,28	10,38	10,82	-0,33	-0,34	-0,43	-0,40	-0,41
02/01 09:00	9,78	10,66	10,84	10,91	11,29	9,44	10,33	10,42	10,51	10,88	-0,33	-0,33	-0,41	-0,39	-0,41
02/01 10:00	9,82	10,94	11,11	11,18	11,48	9,48	10,65	10,75	10,83	11,08	-0,34	-0,29	-0,36	-0,34	-0,40
02/01 11:00	9,86	11,13	11,38	11,46	11,65	9,52	10,86	11,09	11,17	11,28	-0,33	-0,26	-0,29	-0,29	-0,37
02/01 12:00	9,91	11,17	11,45	11,54	11,69	9,58	10,91	11,18	11,26	11,33	-0,32	-0,25	-0,27	-0,27	-0,35
02/01 13:00	9,95	11,22	11,54	11,63	11,74	9,66	10,98	11,29	11,38	11,40	-0,29	-0,24	-0,25	-0,25	-0,33
02/01 14:00	10,02	11,37	11,85	11,95	11,93	9,75	11,16	11,67	11,78	11,65	-0,26	-0,21	-0,17	-0,16	-0,28
02/01 15:00	10,08	11,48	12,01	12,13	12,04	9,86	11,31	11,91	12,03	11,81	-0,22	-0,17	-0,10	-0,09	-0,23
02/01 16:00	10,11	11,45	11,93	12,06	11,99	9,93	11,32	11,85	11,99	11,80	-0,17	-0,13	-0,07	-0,07	-0,19
02/01 17:00	10,11	11,39	11,84	11,97	11,94	9,99	11,29	11,78	11,92	11,78	-0,11	-0,10	-0,05	-0,04	-0,15
02/01 18:00	10,12	11,28	11,69	11,82	11,85	10,06	11,21	11,66	11,79	11,73	-0,05	-0,07	-0,03	-0,03	-0,12
02/01 19:00	10,12	11,27	11,59	11,72	11,79	10,12	11,23	11,58	11,71	11,69	-0,00	-0,04	-0,01	-0,01	-0,10
02/01 20:00	10,14	11,42	11,54	11,66	11,76	10,18	11,41	11,55	11,66	11,67	0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,08
02/01 21:00	10,16	11,42	11,50	11,61	11,73	10,25	11,43	11,52	11,63	11,66	0,08	0,00	0,02	0,01	-0,06
02/01 22:00	10,19	11,42	11,48	11,57	11,71	10,30	11,45	11,50	11,59	11,65	0,10	0,02	0,02	0,02	-0,06
02/01 23:00	10,23	11,41	11,45	11,54	11,69	10,35	11,45	11,48	11,56	11,63	0,12	0,03	0,02	0,01	-0,06
02/01 24:00	10,26	11,22	11,43	11,51	11,67	10,39	11,26	11,44	11,52	11,61	0,12	0,03	0,01	0,00	-0,06

Tabela 3- Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	14,61	15,44	15,93	16,01	16,32	14,80	15,53	15,97	16,05	16,35	0,19	0,08	0,04	0,04	0,03
03/01 02:00	14,59	15,33	15,82	15,89	16,25	14,76	15,39	15,83	15,90	16,26	0,17	0,06	0,01	0,00	0,01
03/01 03:00	14,57	15,24	15,72	15,79	16,19	14,72	15,27	15,69	15,76	16,17	0,15	0,03	-0,03	-0,03	-0,01
03/01 04:00	14,52	15,13	15,58	15,64	16,09	14,63	15,12	15,51	15,57	16,06	0,11	-0,00	-0,07	-0,07	-0,04
03/01 05:00	14,43	14,98	15,41	15,46	15,99	14,51	14,94	15,29	15,36	15,91	0,08	-0,03	-0,11	-0,10	-0,07
03/01 06:00	14,37	14,85	15,26	15,31	15,89	14,41	14,78	15,10	15,16	15,79	0,04	-0,07	-0,16	-0,15	-0,11
03/01 07:00	14,31	14,75	15,15	15,19	15,81	14,30	14,64	14,94	14,99	15,66	-0,01	-0,11	-0,20	-0,19	-0,14
03/01 08:00	14,29	15,05	15,23	15,26	15,82	14,24	14,94	14,99	15,04	15,65	-0,05	-0,11	-0,23	-0,22	-0,17
03/01 09:00	14,32	15,46	15,51	15,55	15,98	14,23	15,39	15,29	15,34	15,79	-0,09	-0,07	-0,21	-0,21	-0,19
03/01 10:00	14,36	15,78	15,87	15,93	16,21	14,23	15,73	15,71	15,75	16,03	-0,13	-0,05	-0,16	-0,17	-0,18
03/01 11:00	14,41	15,99	16,27	16,34	16,49	14,26	15,95	16,18	16,24	16,34	-0,15	-0,04	-0,09	-0,11	-0,15
03/01 12:00	14,46	16,11	16,67	16,76	16,77	14,30	16,07	16,66	16,74	16,66	-0,16	-0,04	-0,01	-0,03	-0,10
03/01 13:00	14,50	16,18	16,92	17,05	16,95	14,35	16,14	16,96	17,09	16,89	-0,16	-0,04	0,04	0,04	-0,05
03/01 14:00	14,55	16,26	17,27	17,43	17,20	14,41	16,23	17,40	17,57	17,22	-0,14	-0,03	0,13	0,14	0,02
03/01 15:00	14,58	16,36	17,44	17,65	17,35	14,48	16,37	17,65	17,87	17,44	-0,11	0,01	0,21	0,22	0,09
03/01 16:00	14,59	16,39	17,43	17,67	17,37	14,53	16,45	17,68	17,93	17,53	-0,06	0,05	0,25	0,26	0,16
03/01 17:00	14,56	16,26	17,17	17,43	17,22	14,55	16,34	17,42	17,69	17,43	-0,01	0,09	0,24	0,26	0,20
03/01 18:00	14,53	16,04	16,89	17,14	17,07	14,59	16,16	17,12	17,38	17,30	0,06	0,11	0,23	0,24	0,23
03/01 19:00	14,51	15,95	16,67	16,91	16,96	14,63	16,09	16,90	17,15	17,21	0,12	0,13	0,23	0,24	0,25
03/01 20:00	14,51	16,04	16,52	16,73	16,89	14,68	16,19	16,76	16,97	17,15	0,17	0,15	0,24	0,23	0,26
03/01 21:00	14,51	15,97	16,38	16,58	16,82	14,71	16,13	16,61	16,79	17,07	0,21	0,17	0,23	0,22	0,26
03/01 22:00	14,51	15,90	16,28	16,45	16,76	14,74	16,07	16,49	16,65	16,99	0,23	0,17	0,21	0,19	0,24
03/01 23:00	14,53	15,86	16,19	16,35	16,71	14,76	16,01	16,37	16,52	16,92	0,23	0,16	0,18	0,16	0,21
03/01 24:00	14,54	15,62	16,11	16,25	16,66	14,75	15,75	16,25	16,38	16,84	0,21	0,14	0,13	0,12	0,18

Tabela 4 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,77	18,88	19,06	19,28	19,41	18,32	19,24	19,46	19,62	19,79	0,54	0,36	0,39	0,34	0,39
04/01 02:00	17,77	18,78	18,98	19,18	19,35	18,29	19,09	19,33	19,47	19,72	0,51	0,32	0,35	0,29	0,36
04/01 03:00	17,76	18,68	18,88	19,06	19,29	18,23	18,96	19,17	19,30	19,62	0,47	0,28	0,29	0,24	0,33
04/01 04:00	17,74	18,58	18,77	18,94	19,23	18,16	18,81	19,00	19,12	19,52	0,43	0,24	0,24	0,19	0,29
04/01 05:00	17,69	18,46	18,64	18,79	19,15	18,07	18,65	18,82	18,93	19,40	0,38	0,19	0,18	0,13	0,25
04/01 06:00	17,66	18,36	18,52	18,66	19,08	17,98	18,50	18,63	18,74	19,29	0,32	0,14	0,11	0,08	0,21
04/01 07:00	17,64	18,40	18,48	18,61	19,04	17,90	18,50	18,53	18,63	19,21	0,26	0,10	0,06	0,02	0,16
04/01 08:00	17,61	18,54	18,48	18,59	19,03	17,81	18,62	18,48	18,58	19,15	0,21	0,08	0,01	-0,02	0,12
04/01 09:00	17,59	18,63	18,52	18,64	19,04	17,74	18,67	18,49	18,58	19,12	0,15	0,05	-0,03	-0,06	0,08
04/01 10:00	17,57	18,69	18,58	18,69	19,06	17,67	18,70	18,52	18,61	19,11	0,10	0,02	-0,06	-0,09	0,04
04/01 11:00	17,56	18,84	18,74	18,86	19,16	17,62	18,85	18,68	18,77	19,18	0,06	0,01	-0,07	-0,09	0,02
04/01 12:00	17,55	18,94	18,93	19,06	19,28	17,57	18,93	18,89	18,99	19,29	0,02	-0,00	-0,04	-0,07	0,01
04/01 13:00	17,53	18,97	19,13	19,27	19,42	17,53	18,95	19,12	19,23	19,45	0,01	-0,01	-0,01	-0,04	0,02
04/01 14:00	17,51	19,01	19,29	19,44	19,54	17,50	18,99	19,33	19,45	19,58	-0,01	-0,02	0,04	0,01	0,05
04/01 15:00	17,49	19,06	19,36	19,53	19,59	17,49	19,06	19,44	19,57	19,66	-0,01	-0,01	0,08	0,04	0,07
04/01 16:00	17,48	19,02	19,25	19,42	19,52	17,49	19,03	19,33	19,47	19,61	0,01	0,01	0,08	0,04	0,09
04/01 17:00	17,46	18,82	19,02	19,18	19,38	17,49	18,83	19,07	19,21	19,48	0,04	0,01	0,05	0,03	0,09
04/01 18:00	17,45	18,69	18,87	19,03	19,29	17,51	18,72	18,93	19,05	19,39	0,07	0,02	0,05	0,03	0,11
04/01 19:00	17,43	18,64	18,73	18,87	19,21	17,53	18,66	18,79	18,89	19,32	0,09	0,02	0,06	0,03	0,11
04/01 20:00	17,43	18,75	18,63	18,75	19,15	17,54	18,77	18,69	18,77	19,26	0,11	0,03	0,06	0,03	0,11
04/01 21:00	17,43	18,71	18,55	18,65	19,09	17,55	18,74	18,60	18,67	19,19	0,13	0,03	0,05	0,02	0,09
04/01 22:00:	17,41	18,64	18,47	18,55	19,04	17,53	18,66	18,49	18,55	19,11	0,12	0,02	0,03	-0,00	0,07
04/01 23:00	17,40	18,59	18,39	18,47	18,98	17,51	18,59	18,39	18,43	19,03	0,10	0,00	-0,01	-0,04	0,04
04/01 24:00	17,38	18,34	18,31	18,38	18,92	17,46	18,32	18,27	18,30	18,94	0,08	-0,02	-0,05	-0,07	0,01

Tabela 5 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	21,13	21,99	21,81	21,95	22,18	21,70	22,38	22,26	22,34	22,64	0,57	0,39	0,45	0,38	0,46
05/01 02:00	21,11	21,85	21,69	21,82	22,12	21,63	22,19	22,09	22,15	22,54	0,52	0,34	0,39	0,33	0,42
05/01 03:00	21,06	21,71	21,56	21,66	22,04	21,53	21,99	21,88	21,93	22,42	0,47	0,28	0,32	0,27	0,38
05/01 04:00	20,99	21,54	21,39	21,48	21,94	21,39	21,77	21,64	21,68	22,28	0,39	0,22	0,25	0,20	0,34
05/01 05:00	20,93	21,42	21,27	21,35	21,87	21,26	21,58	21,44	21,48	22,15	0,32	0,16	0,17	0,13	0,29
05/01 06:00	20,89	21,58	21,19	21,26	21,83	21,15	21,70	21,29	21,32	22,06	0,26	0,13	0,09	0,07	0,23
05/01 07:00	20,89	22,01	21,23	21,29	21,86	21,07	22,17	21,27	21,30	22,04	0,19	0,16	0,04	0,01	0,18
05/01 08:00	20,88	22,28	21,33	21,39	21,91	21,00	22,43	21,32	21,36	22,05	0,12	0,15	-0,01	-0,03	0,14
05/01 09:00	20,89	22,55	21,46	21,52	21,97	20,96	22,69	21,41	21,46	22,07	0,07	0,15	-0,05	-0,06	0,09
05/01 10:00	20,91	22,76	21,65	21,72	22,07	20,94	22,90	21,58	21,66	22,13	0,03	0,14	-0,07	-0,06	0,07
05/01 11:00	20,95	22,90	21,89	21,98	22,21	20,96	23,02	21,83	21,95	22,27	0,01	0,12	-0,06	-0,03	0,05
05/01 12:00	20,98	22,93	22,09	22,23	22,37	20,98	23,03	22,07	22,25	22,43	-0,00	0,10	-0,03	0,02	0,06
05/01 13:00	21,00	22,94	22,29	22,47	22,51	21,01	23,03	22,32	22,56	22,59	0,00	0,08	0,02	0,09	0,08
05/01 14:00	21,04	23,05	22,45	22,67	22,62	21,07	23,15	22,52	22,82	22,73	0,03	0,10	0,07	0,15	0,11
05/01 15:00	21,07	23,18	22,51	22,77	22,67	21,13	23,32	22,63	22,98	22,83	0,07	0,14	0,12	0,21	0,15
05/01 16:00	21,08	23,25	22,47	22,77	22,66	21,20	23,44	22,64	23,03	22,86	0,12	0,19	0,17	0,26	0,19
05/01 17:00	21,09	23,23	22,39	22,72	22,63	21,28	23,47	22,63	23,03	22,88	0,19	0,24	0,23	0,31	0,25
05/01 18:00	21,09	23,08	22,32	22,65	22,58	21,37	23,37	22,62	23,00	22,88	0,28	0,29	0,29	0,35	0,29
05/01 19:00	21,09	22,88	22,18	22,50	22,49	21,46	23,19	22,54	22,88	22,84	0,37	0,32	0,36	0,38	0,34
05/01 20:00	21,10	22,86	22,04	22,34	22,42	21,55	23,21	22,45	22,73	22,79	0,44	0,35	0,41	0,39	0,37
05/01 21:00	21,13	22,75	21,94	22,20	22,36	21,63	23,11	22,38	22,61	22,75	0,51	0,37	0,44	0,41	0,39
05/01 22:00	21,16	22,65	21,86	22,09	22,31	21,69	23,02	22,31	22,49	22,71	0,54	0,38	0,45	0,40	0,39
05/01 23:00	21,19	22,57	21,81	22,01	22,28	21,75	22,94	22,25	22,39	22,67	0,55	0,37	0,44	0,38	0,39
05/01 24:00	21,21	22,30	21,74	21,92	22,24	21,74	22,65	22,14	22,26	22,61	0,53	0,34	0,41	0,34	0,38

Tabela 6 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	22,92	23,51	23,12	23,14	23,34	23,44	23,85	23,53	23,50	23,74	0,53	0,34	0,41	0,36	0,39
06/01 02:00	22,91	23,39	23,04	23,06	23,29	23,39	23,69	23,41	23,38	23,67	0,49	0,29	0,36	0,32	0,37
06/01 03:00	22,89	23,31	22,97	22,98	23,26	23,34	23,56	23,28	23,24	23,60	0,44	0,25	0,31	0,27	0,35
06/01 04:00	22,86	23,19	22,86	22,86	23,19	23,24	23,40	23,11	23,08	23,51	0,38	0,20	0,25	0,21	0,31
06/01 05:00	22,81	23,10	22,76	22,76	23,14	23,13	23,25	22,94	22,91	23,41	0,31	0,15	0,17	0,14	0,27
06/01 06:00	22,77	23,05	22,71	22,71	23,11	23,02	23,14	22,83	22,80	23,34	0,25	0,09	0,12	0,09	0,23
06/01 07:00	22,73	23,04	22,70	22,69	23,09	22,91	23,09	22,76	22,74	23,28	0,18	0,04	0,06	0,04	0,18
06/01 08:00	22,71	23,17	22,76	22,74	23,12	22,82	23,17	22,77	22,74	23,26	0,11	0,00	0,01	-0,00	0,14
06/01 09:00	22,71	23,27	22,84	22,82	23,15	22,75	23,23	22,80	22,78	23,25	0,04	-0,03	-0,03	-0,05	0,09
06/01 10:00	22,69	23,37	22,93	22,91	23,20	22,69	23,31	22,86	22,83	23,26	-0,01	-0,07	-0,07	-0,08	0,06
06/01 11:00	22,68	23,43	22,98	22,97	23,23	22,62	23,33	22,88	22,86	23,25	-0,06	-0,09	-0,10	-0,11	0,03
06/01 12:00	22,66	23,51	23,04	23,03	23,26	22,57	23,39	22,92	22,90	23,27	-0,09	-0,12	-0,12	-0,13	0,00
06/01 13:00	22,64	23,49	23,04	23,03	23,25	22,52	23,35	22,89	22,88	23,23	-0,12	-0,14	-0,14	-0,15	-0,02
06/01 14:00	22,62	23,52	23,04	23,04	23,26	22,49	23,36	22,89	22,88	23,22	-0,13	-0,15	-0,15	-0,15	-0,04
06/01 15:00	22,59	23,57	23,06	23,06	23,27	22,47	23,42	22,92	22,91	23,22	-0,13	-0,15	-0,14	-0,14	-0,05
06/01 16:00	22,58	23,58	23,06	23,06	23,27	22,45	23,44	22,93	22,93	23,22	-0,12	-0,14	-0,13	-0,13	-0,05
06/01 17:00	22,54	23,53	23,02	23,02	23,23	22,43	23,41	22,91	22,90	23,18	-0,11	-0,13	-0,11	-0,11	-0,05
06/01 18:00	22,50	23,43	22,94	22,94	23,17	22,41	23,31	22,84	22,84	23,12	-0,09	-0,12	-0,09	-0,10	-0,05
06/01 19:00	22,46	23,36	22,83	22,82	23,09	22,39	23,24	22,74	22,73	23,04	-0,07	-0,12	-0,09	-0,09	-0,05
06/01 20:00	22,42	23,40	22,69	22,68	22,99	22,37	23,29	22,61	22,60	22,94	-0,05	-0,12	-0,08	-0,08	-0,06
06/01 21:00	22,38	23,30	22,56	22,55	22,92	22,34	23,19	22,48	22,48	22,86	-0,04	-0,11	-0,08	-0,08	-0,06
06/01 22:00	22,35	23,20	22,46	22,45	22,85	22,31	23,08	22,37	22,37	22,78	-0,04	-0,12	-0,08	-0,08	-0,07
06/01 23:00	22,32	23,11	22,36	22,35	22,78	22,28	22,98	22,27	22,26	22,69	-0,04	-0,13	-0,09	-0,09	-0,08
06/01 24:00	22,29	22,84	22,28	22,27	22,72	22,23	22,69	22,16	22,15	22,62	-0,06	-0,15	-0,12	-0,11	-0,09

Tabela 7 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	25,59	26,36	25,61	25,79	26,04	25,97	26,54	25,88	26,02	26,29	0,38	0,18	0,27	0,24	0,25
07/01 02:00	25,59	26,27	25,57	25,74	26,01	25,93	26,41	25,79	25,93	26,24	0,33	0,14	0,22	0,19	0,23
07/01 03:00	25,57	26,18	25,50	25,67	25,98	25,85	26,27	25,68	25,79	26,17	0,28	0,09	0,18	0,13	0,19
07/01 04:00	25,54	26,09	25,45	25,59	25,94	25,75	26,17	25,55	25,66	26,09	0,21	0,04	0,10	0,06	0,16
07/01 05:00	25,49	26,01	25,38	25,52	25,89	25,64	25,99	25,42	25,51	26,01	0,15	-0,02	0,03	-0,00	0,12
07/01 06:00	25,45	26,16	25,34	25,47	25,87	25,53	26,12	25,34	25,43	25,95	0,08	-0,04	-0,01	-0,04	0,08
07/01 07:00	25,44	26,54	25,39	25,50	25,91	25,46	26,53	25,34	25,42	25,95	0,02	-0,01	-0,05	-0,08	0,04
07/01 08:00	25,43	26,86	25,47	25,58	25,96	25,40	26,87	25,39	25,47	25,97	-0,03	0,01	-0,08	-0,11	0,01
07/01 09:00	25,44	27,09	25,58	25,69	26,02	25,37	27,10	25,47	25,56	26,01	-0,07	0,01	-0,11	-0,13	-0,02
07/01 10:00	25,45	27,26	25,71	25,83	26,09	25,37	27,28	25,59	25,70	26,06	-0,08	0,01	-0,12	-0,12	-0,03
07/01 11:00	25,48	27,36	25,88	26,02	26,19	25,39	27,36	25,77	25,93	26,15	-0,09	0,00	-0,11	-0,09	-0,04
07/01 12:00	25,51	27,41	26,04	26,21	26,31	25,42	27,40	25,96	26,17	26,28	-0,09	-0,00	-0,08	-0,04	-0,04
07/01 13:00	25,54	27,41	26,20	26,41	26,43	25,47	27,41	26,16	26,43	26,41	-0,07	-0,01	-0,04	0,02	-0,02
07/01 14:00	25,58	27,50	26,32	26,56	26,51	25,53	27,52	26,32	26,64	26,52	-0,04	0,01	0,01	0,08	0,01
07/01 15:00	25,60	27,59	26,37	26,65	26,55	25,60	27,64	26,43	26,79	26,59	0,00	0,05	0,06	0,13	0,05
07/01 16:00	25,63	27,65	26,35	26,66	26,55	25,68	27,74	26,45	26,84	26,64	0,06	0,09	0,10	0,18	0,09
07/01 17:00	25,65	27,66	26,33	26,67	26,55	25,78	27,79	26,49	26,89	26,69	0,12	0,14	0,16	0,23	0,14
07/01 18:00	25,67	27,56	26,30	26,65	26,53	25,87	27,75	26,53	26,92	26,71	0,19	0,19	0,23	0,27	0,19
07/01 19:00	25,68	27,45	26,23	26,57	26,48	25,96	27,68	26,53	26,87	26,71	0,28	0,22	0,29	0,30	0,23
07/01 20:00	25,70	27,42	26,14	26,45	26,42	26,06	27,67	26,49	26,78	26,68	0,36	0,25	0,35	0,33	0,27
07/01 21:00	25,73	27,29	26,07	26,35	26,37	26,15	27,57	26,46	26,69	26,66	0,42	0,27	0,39	0,34	0,29
07/01 22:00	25,77	27,19	26,02	26,26	26,33	26,23	27,48	26,43	26,60	26,65	0,46	0,28	0,41	0,34	0,31
07/01 23:00	25,82	27,14	26,01	26,21	26,32	26,30	27,42	26,42	26,54	26,64	0,48	0,28	0,41	0,33	0,32
07/01 24:00	25,86	26,90	25,99	26,16	26,31	26,33	27,17	26,38	26,47	26,62	0,47	0,27	0,39	0,31	0,31

Tabela 8 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	26,25	27,06	26,43	26,63	26,92	26,66	27,26	26,74	26,88	27,17	0,40	0,19	0,30	0,24	0,24
08/01 02:00	26,28	27,01	26,45	26,63	26,92	26,63	27,16	26,69	26,82	27,14	0,35	0,15	0,25	0,19	0,22
08/01 03:00	26,28	26,97	26,45	26,61	26,91	26,57	27,07	26,63	26,75	27,09	0,29	0,10	0,18	0,13	0,18
08/01 04:00	26,26	26,93	26,44	26,59	26,89	26,49	26,98	26,55	26,66	27,04	0,23	0,05	0,12	0,07	0,14
08/01 05:00	26,23	26,89	26,41	26,55	26,87	26,39	26,88	26,46	26,56	26,98	0,16	-0,01	0,05	0,01	0,10
08/01 06:00	26,21	27,16	26,38	26,51	26,87	26,29	27,14	26,37	26,46	26,93	0,09	-0,02	-0,01	-0,05	0,06
08/01 07:00	26,21	27,66	26,44	26,55	26,92	26,25	27,69	26,38	26,46	26,94	0,03	0,04	-0,05	-0,09	0,03
08/01 08:00	26,19	27,87	26,51	26,63	26,96	26,18	27,91	26,44	26,52	26,96	-0,01	0,04	-0,08	-0,11	-0,00
08/01 09:00	26,21	28,11	26,63	26,74	27,03	26,17	28,16	26,53	26,63	27,01	-0,03	0,05	-0,09	-0,12	-0,02
08/01 10:00	26,26	28,33	26,79	26,92	27,13	26,21	28,39	26,69	26,82	27,09	-0,04	0,06	-0,09	-0,09	-0,04
08/01 11:00	26,32	28,46	26,99	27,15	27,26	26,28	28,52	26,92	27,09	27,23	-0,04	0,06	-0,08	-0,05	-0,04
08/01 12:00	26,38	28,51	27,24	27,43	27,43	26,36	28,57	27,21	27,44	27,41	-0,02	0,06	-0,03	0,01	-0,02
08/01 13:00	26,44	28,52	27,47	27,70	27,59	26,45	28,58	27,50	27,79	27,61	0,00	0,06	0,03	0,09	0,02
08/01 14:00	26,51	28,62	27,65	27,92	27,71	26,56	28,69	27,74	28,09	27,78	0,04	0,08	0,09	0,17	0,06
08/01 15:00	26,59	28,76	27,74	28,06	27,79	26,69	28,88	27,89	28,29	27,90	0,09	0,12	0,16	0,24	0,12
08/01 16:00	26,63	28,85	27,74	28,09	27,81	26,79	29,03	27,96	28,39	27,98	0,16	0,18	0,22	0,29	0,17
08/01 17:00	26,66	28,85	27,69	28,08	27,80	26,89	29,10	27,98	28,43	28,04	0,24	0,25	0,29	0,35	0,23
08/01 18:00	26,68	28,74	27,64	28,04	27,78	27,01	29,04	28,00	28,44	28,08	0,33	0,30	0,36	0,40	0,29
08/01 19:00	26,69	28,57	27,56	27,95	27,73	27,11	28,91	27,99	28,39	28,08	0,42	0,34	0,43	0,44	0,35
08/01 20:00	26,72	28,58	27,48	27,85	27,68	27,22	28,95	27,96	28,31	28,07	0,51	0,37	0,48	0,46	0,39
08/01 21:00	26,77	28,51	27,43	27,77	27,66	27,34	28,91	27,96	28,25	28,08	0,57	0,39	0,53	0,48	0,42
08/01 22:00	26,82	28,44	27,41	27,71	27,64	27,43	28,85	27,95	28,19	28,09	0,61	0,41	0,55	0,48	0,44
08/01 23:00	26,88	28,39	27,39	27,67	27,64	27,51	28,81	27,94	28,14	28,09	0,63	0,42	0,54	0,47	0,44
08/01 24:00	26,92	28,16	27,38	27,63	27,63	27,55	28,56	27,89	28,07	28,08	0,63	0,40	0,52	0,45	0,45

Tabela 9 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	26,26	26,62	26,63	26,56	27,15	26,33	26,58	26,63	26,52	27,11	0,07	-0,05	-0,00	-0,04	-0,04
09/01 02:00	26,26	26,53	26,57	26,49	27,09	26,28	26,45	26,50	26,39	27,03	0,03	-0,09	-0,07	-0,10	-0,07
09/01 03:00	26,23	26,45	26,49	26,41	27,04	26,20	26,32	26,37	26,27	26,93	-0,03	-0,13	-0,12	-0,14	-0,10
09/01 04:00	26,18	26,36	26,39	26,31	26,96	26,09	26,18	26,20	26,10	26,82	-0,09	-0,18	-0,19	-0,20	-0,14
09/01 05:00	26,12	26,26	26,29	26,19	26,89	25,97	26,03	26,03	25,94	26,70	-0,15	-0,23	-0,25	-0,26	-0,19
09/01 06:00	26,05	26,16	26,18	26,09	26,81	25,84	25,88	25,88	25,79	26,58	-0,22	-0,28	-0,30	-0,30	-0,23
09/01 07:00	25,99	26,25	26,13	26,04	26,77	25,72	25,94	25,78	25,69	26,49	-0,28	-0,31	-0,36	-0,35	-0,27
09/01 08:00	25,95	26,51	26,18	26,09	26,78	25,61	26,19	25,78	25,69	26,47	-0,34	-0,32	-0,40	-0,39	-0,31
09/01 09:00	25,94	26,66	26,32	26,23	26,83	25,54	26,33	25,88	25,81	26,48	-0,39	-0,33	-0,43	-0,42	-0,35
09/01 10:00	25,95	26,94	26,57	26,49	26,96	25,52	26,60	26,13	26,06	26,59	-0,44	-0,34	-0,44	-0,43	-0,37
09/01 11:00	25,97	27,21	26,88	26,82	27,17	25,51	26,88	26,47	26,42	26,79	-0,47	-0,33	-0,41	-0,39	-0,37
09/01 12:00	25,99	27,36	27,22	27,18	27,39	25,51	27,04	26,88	26,85	27,04	-0,48	-0,32	-0,34	-0,33	-0,35
09/01 13:00	26,02	27,48	27,42	27,41	27,52	25,56	27,17	27,12	27,13	27,19	-0,47	-0,31	-0,29	-0,28	-0,32
09/01 14:00	26,06	27,62	27,59	27,59	27,61	25,62	27,34	27,34	27,37	27,33	-0,44	-0,28	-0,25	-0,22	-0,29
09/01 15:00	26,07	27,71	27,63	27,67	27,65	25,69	27,47	27,43	27,49	27,40	-0,39	-0,24	-0,20	-0,17	-0,24
09/01 16:00	26,07	27,69	27,57	27,62	27,61	25,75	27,51	27,42	27,51	27,42	-0,32	-0,18	-0,15	-0,11	-0,19
09/01 17:00	26,05	27,58	27,42	27,49	27,54	25,81	27,44	27,32	27,43	27,39	-0,24	-0,13	-0,10	-0,06	-0,15
09/01 18:00	26,03	27,39	27,25	27,33	27,44	25,88	27,30	27,19	27,31	27,33	-0,15	-0,09	-0,06	-0,02	-0,11
09/01 19:00	26,02	27,30	27,12	27,19	27,35	25,95	27,25	27,11	27,22	27,28	-0,07	-0,05	-0,01	0,02	-0,07
09/01 20:00	26,02	27,35	26,99	27,07	27,27	26,03	27,34	27,03	27,13	27,23	0,01	-0,02	0,03	0,07	-0,04
09/01 21:00	26,04	27,27	26,89	26,96	27,21	26,10	27,29	26,95	27,04	27,19	0,06	0,01	0,06	0,08	-0,02
09/01 22:00	26,05	27,18	26,79	26,85	27,15	26,14	27,21	26,86	26,93	27,13	0,10	0,03	0,07	0,08	-0,01
09/01 23:00	26,06	27,09	26,70	26,76	27,09	26,17	27,13	26,76	26,82	27,08	0,11	0,03	0,06	0,07	-0,01
09/01 24:00	26,06	26,83	26,62	26,67	27,04	26,17	26,85	26,66	26,71	27,01	0,10	0,02	0,04	0,04	-0,02

Tabela 10 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	25,80	26,39	26,58	26,61	27,09	25,83	26,29	26,39	26,44	26,94	0,03	-0,10	-0,18	-0,17	-0,15
10/01 02:00	25,73	26,22	26,41	26,43	26,98	25,72	26,08	26,19	26,24	26,80	-0,01	-0,13	-0,22	-0,20	-0,18
10/01 03:00	25,65	26,05	26,23	26,25	26,87	25,61	25,88	25,98	26,01	26,66	-0,05	-0,17	-0,26	-0,23	-0,21
10/01 04:00	25,56	25,87	26,03	26,05	26,74	25,47	25,66	25,74	25,78	26,49	-0,09	-0,21	-0,30	-0,27	-0,24
10/01 05:00	25,45	25,68	25,83	25,84	26,60	25,31	25,43	25,48	25,52	26,32	-0,14	-0,25	-0,34	-0,32	-0,28
10/01 06:00	25,34	25,49	25,62	25,62	26,46	25,14	25,19	25,22	25,26	26,14	-0,19	-0,30	-0,39	-0,36	-0,32
10/01 07:00	25,23	25,37	25,44	25,45	26,34	24,98	25,02	24,99	25,03	25,98	-0,26	-0,35	-0,45	-0,41	-0,36
10/01 08:00	25,18	25,49	25,43	25,43	26,29	24,87	25,12	24,94	24,97	25,89	-0,32	-0,38	-0,50	-0,46	-0,41
10/01 09:00	25,14	25,62	25,52	25,52	26,31	24,75	25,22	24,99	25,02	25,87	-0,38	-0,40	-0,52	-0,49	-0,44
10/01 10:00	25,08	25,70	25,62	25,62	26,35	24,64	25,29	25,08	25,11	25,87	-0,44	-0,42	-0,55	-0,51	-0,47
10/01 11:00	25,05	25,79	25,78	25,78	26,41	24,55	25,34	25,22	25,25	25,92	-0,50	-0,44	-0,56	-0,53	-0,50
10/01 12:00	25,03	25,90	26,05	26,07	26,57	24,49	25,44	25,51	25,56	26,07	-0,54	-0,46	-0,54	-0,51	-0,50
10/01 13:00	25,01	25,98	26,23	26,26	26,68	24,43	25,49	25,72	25,78	26,19	-0,58	-0,48	-0,51	-0,48	-0,50
10/01 14:00	24,97	26,03	26,31	26,36	26,73	24,38	25,55	25,82	25,89	26,25	-0,59	-0,48	-0,49	-0,46	-0,48
10/01 15:00	24,92	26,04	26,29	26,36	26,71	24,33	25,57	25,82	25,91	26,25	-0,59	-0,47	-0,48	-0,45	-0,47
10/01 16:00	24,86	26,04	26,28	26,35	26,69	24,29	25,59	25,83	25,93	26,25	-0,57	-0,45	-0,45	-0,42	-0,44
10/01 17:00	24,79	25,88	26,08	26,15	26,56	24,24	25,45	25,64	25,74	26,13	-0,55	-0,43	-0,44	-0,41	-0,43
10/01 18:00	24,71	25,67	25,83	25,89	26,40	24,19	25,24	25,39	25,49	25,98	-0,51	-0,42	-0,44	-0,41	-0,42
10/01 19:00	24,65	25,53	25,62	25,67	26,28	24,18	25,11	25,19	25,27	25,86	-0,47	-0,42	-0,43	-0,40	-0,42
10/01 20:00	24,59	25,57	25,45	25,49	26,16	24,15	25,16	25,04	25,09	25,75	-0,44	-0,41	-0,41	-0,40	-0,42
10/01 21:00	24,55	25,47	25,32	25,33	26,07	24,13	25,07	24,91	24,93	25,65	-0,42	-0,40	-0,41	-0,40	-0,42
10/01 22:00	24,51	25,37	25,19	25,19	25,98	24,09	24,96	24,78	24,78	25,54	-0,41	-0,41	-0,42	-0,41	-0,44
10/01 23:00	24,45	25,25	25,07	25,05	25,87	24,02	24,83	24,62	24,61	25,41	-0,42	-0,42	-0,45	-0,44	-0,46
10/01 24:00	24,39	24,95	24,94	24,91	25,78	23,94	24,51	24,46	24,45	25,29	-0,44	-0,44	-0,48	-0,45	-0,49

Tabela 11- Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	17,76	18,53	19,34	19,38	19,92	17,69	18,41	19,19	19,24	19,79	-0,07	-0,11	-0,14	-0,14	-0,12
11/01 02:00	17,75	18,45	19,26	19,29	19,86	17,65	18,31	19,07	19,11	19,69	-0,10	-0,14	-0,19	-0,18	-0,16
11/01 03:00	17,73	18,40	19,18	19,19	19,79	17,60	18,21	18,93	18,97	19,59	-0,13	-0,18	-0,24	-0,23	-0,20
11/01 04:00	17,71	18,34	19,09	19,11	19,73	17,54	18,12	18,80	18,84	19,48	-0,17	-0,21	-0,29	-0,27	-0,24
11/01 05:00	17,68	18,28	19,01	19,02	19,65	17,47	18,03	18,67	18,70	19,37	-0,20	-0,25	-0,34	-0,32	-0,29
11/01 06:00	17,63	18,21	18,92	18,92	19,58	17,39	17,93	18,53	18,56	19,25	-0,24	-0,28	-0,38	-0,36	-0,33
11/01 07:00	17,58	18,15	18,83	18,83	19,49	17,31	17,82	18,40	18,42	19,13	-0,28	-0,32	-0,43	-0,40	-0,36
11/01 08:00	17,56	18,40	18,93	18,92	19,51	17,24	18,08	18,48	18,50	19,12	-0,32	-0,32	-0,44	-0,42	-0,39
11/01 09:00	17,54	18,72	19,21	19,21	19,67	17,20	18,44	18,80	18,82	19,23	-0,34	-0,29	-0,40	-0,39	-0,39
11/01 10:00	17,54	18,87	19,43	19,44	19,80	17,17	18,59	19,07	19,08	19,41	-0,37	-0,27	-0,36	-0,36	-0,39
11/01 11:00	17,54	18,93	19,57	19,59	19,89	17,16	18,65	19,22	19,25	19,51	-0,38	-0,28	-0,34	-0,34	-0,38
11/01 12:00	17,55	18,98	19,68	19,72	19,97	17,17	18,69	19,34	19,39	19,60	-0,39	-0,29	-0,33	-0,32	-0,37
11/01 13:00	17,57	19,08	20,03	20,09	20,22	17,19	18,80	19,78	19,87	19,89	-0,38	-0,28	-0,24	-0,23	-0,32
11/01 14:00	17,59	19,19	20,26	20,35	20,38	17,24	18,93	20,09	20,20	20,10	-0,36	-0,26	-0,17	-0,15	-0,27
11/01 15:00	17,60	19,24	20,25	20,36	20,37	17,28	19,02	20,09	20,24	20,14	-0,33	-0,23	-0,14	-0,12	-0,23
11/01 16:00	17,61	19,27	20,27	20,40	20,39	17,32	19,08	20,16	20,32	20,21	-0,28	-0,19	-0,10	-0,08	-0,19
11/01 17:00	17,60	19,13	20,07	20,20	20,26	17,37	18,96	19,96	20,12	20,11	-0,23	-0,16	-0,10	-0,08	-0,16
11/01 18:00	17,59	18,96	19,86	19,99	20,13	17,42	18,82	19,75	19,90	19,99	-0,17	-0,14	-0,10	-0,08	-0,14
11/01 19:00	17,60	18,94	19,72	19,83	20,05	17,49	18,82	19,63	19,76	19,93	-0,11	-0,12	-0,09	-0,08	-0,12
11/01 20:00	17,62	19,07	19,62	19,72	19,99	17,56	18,98	19,54	19,65	19,88	-0,06	-0,10	-0,07	-0,07	-0,11
11/01 21:00	17,65	19,05	19,53	19,62	19,93	17,62	18,97	19,47	19,55	19,82	-0,02	-0,08	-0,07	-0,07	-0,11
11/01 22:00	17,67	19,01	19,46	19,53	19,88	17,67	18,94	19,38	19,45	19,76	-0,01	-0,07	-0,08	-0,08	-0,12
11/01 23:00	17,69	18,98	19,39	19,44	19,83	17,69	18,91	19,29	19,35	19,69	0,00	-0,07	-0,10	-0,10	-0,13
11/01 24:00	17,70	18,75	19,32	19,36	19,77	17,70	18,67	19,19	19,24	19,62	-0,00	-0,08	-0,12	-0,12	-0,15

Tabela 12 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	15,82	16,75	17,99	18,02	18,23	16,41	17,18	18,36	18,36	18,69	0,59	0,44	0,37	0,34	0,46
12/01 02:00	15,82	16,66	17,88	17,90	18,16	16,38	17,06	18,19	18,19	18,58	0,56	0,40	0,31	0,29	0,42
12/01 03:00	15,80	16,57	17,75	17,77	18,08	16,33	16,93	18,01	18,01	18,46	0,52	0,36	0,26	0,24	0,38
12/01 04:00	15,76	16,46	17,60	17,61	17,99	16,24	16,79	17,81	17,80	18,32	0,48	0,32	0,20	0,19	0,33
12/01 05:00	15,71	16,35	17,44	17,45	17,88	16,14	16,63	17,59	17,58	18,17	0,43	0,28	0,14	0,13	0,28
12/01 06:00	15,66	16,24	17,29	17,28	17,78	16,04	16,47	17,37	17,37	18,01	0,38	0,23	0,08	0,08	0,23
12/01 07:00	15,59	16,12	17,13	17,12	17,67	15,93	16,30	17,15	17,15	17,85	0,33	0,18	0,02	0,02	0,18
12/01 08:00	15,55	16,17	17,06	17,05	17,62	15,83	16,31	17,04	17,03	17,75	0,27	0,14	-0,03	-0,02	0,13
12/01 09:00	15,52	16,35	17,22	17,21	17,69	15,734	16,48	17,19	17,18	17,78	0,22	0,13	-0,03	-0,03	0,10
12/01 10:00	15,50	16,52	17,48	17,48	17,84	15,67	16,64	17,47	17,47	17,92	0,16	0,12	-0,01	-0,02	0,08
12/01 11:00	15,51	16,66	17,81	17,82	18,04	15,63	16,77	17,84	17,83	18,13	0,12	0,11	0,03	0,02	0,09
12/01 12:00	15,51	16,73	18,07	18,09	18,22	15,59	16,82	18,14	18,15	18,32	0,08	0,09	0,07	0,05	0,09
12/01 13:00	15,52	16,79	18,45	18,50	18,51	15,56	16,86	18,604	18,63	18,65	0,05	0,07	0,15	0,12	0,14
12/01 14:00	15,52	16,87	18,64	18,71	18,64	15,55	16,93	18,833	18,88	18,82	0,03	0,06	0,19	0,17	0,18
12/01 15:00	15,50	16,86	18,44	18,53	18,51	15,52	16,93	18,588	18,66	18,70	0,02	0,07	0,15	0,13	0,19
12/01 16:00	15,46	16,77	18,21	18,29	18,37	15,49	16,84	18,301	18,39	18,57	0,03	0,07	0,10	0,09	0,19
12/01 17:00	15,42	16,71	18,09	18,19	18,32	15,47	16,78	18,194	18,29	18,53	0,05	0,08	0,10	0,10	0,21
12/01 18:00	15,38	16,51	17,81	17,89	18,17	15,44	16,59	17,879	17,97	18,37	0,07	0,08	0,07	0,08	0,19
12/01 19:00	15,35	16,49	17,64	17,71	18,07	15,44	16,56	17,681	17,77	18,25	0,09	0,08	0,04	0,07	0,18
12/01 20:00	15,33	16,60	17,49	17,55	17,99	15,43	16,68	17,517	17,59	18,15	0,10	0,07	0,03	0,04	0,16
12/01 21:00	15,31	16,55	17,36	17,40	17,90	15,41	16,62	17,356	17,41	18,03	0,11	0,07	0,00	0,01	0,13
12/01 22:00	15,28	16,48	17,22	17,26	17,81	15,38	16,53	17,191	17,24	17,90	0,10	0,05	-0,03	-0,02	0,09
12/01 23:00	15,26	16,42	17,11	17,13	17,73	15,34	16,45	17,035	17,07	17,78	0,08	0,03	-0,07	-0,06	0,05
12/01 24:00	15,24	16,18	17,01	17,02	17,65	15,29	16,18	16,891	16,92	17,66	0,06	0,01	-0,12	-0,10	0,00

Anexo B - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 5 cm espessura *Deltacool®*

Tabela 13 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	14,58	15,02	15,40	15,37	15,91	13,90	14,43	14,77	14,79	15,16	-0,66	-0,59	-0,63	-0,57	-0,74
01/01 02:00	14,56	14,94	15,33	15,29	15,86	13,89	14,32	14,67	14,68	15,09	-0,67	-0,61	-0,66	-0,60	-0,77
01/01 03:00	14,56	14,91	15,31	15,26	15,83	13,87	14,27	14,59	14,61	15,03	-0,69	-0,64	-0,70	-0,65	-0,80
01/01 04:00	14,55	14,88	15,27	15,23	15,80	13,83	14,21	14,53	14,54	14,97	-0,71	-0,67	-0,74	-0,68	-0,83
01/01 05:00	14,53	14,84	15,23	15,18	15,77	13,79	14,14	14,44	14,45	14,89	-0,74	-0,70	-0,79	-0,73	-0,86
01/01 06:00	14,51	14,80	15,19	15,14	15,73	13,73	14,07	14,35	14,36	14,82	-0,77	-0,73	-0,83	-0,77	-0,90
01/01 07:00	14,49	14,76	15,14	15,09	15,69	13,67	13,99	14,26	14,27	14,74	-0,81	-0,77	-0,88	-0,81	-0,94
01/01 08:00	14,47	14,82	15,11	15,06	15,66	13,62	14,02	14,18	14,19	14,68	-0,84	-0,80	-0,93	-0,86	-0,98
01/01 09:00	14,47	14,95	15,23	15,17	15,71	13,58	14,12	14,27	14,28	14,70	-0,88	-0,81	-0,95	-0,89	-1,00
01/01 10:00	14,47	15,08	15,39	15,34	15,81	13,56	14,26	14,43	14,44	14,78	-0,91	-0,82	-0,95	-0,90	-1,02
01/01 11:00	14,49	15,29	15,74	15,70	16,05	13,55	14,49	14,85	14,85	15,04	-0,94	-0,80	-0,88	-0,84	-1,00
01/01 12:00	14,51	15,30	15,87	15,86	16,15	13,55	14,57	15,05	15,05	15,17	-0,96	-0,79	-0,82	-0,80	-0,97
01/01 13:00	14,53	15,41	16,01	16,01	16,25	13,56	14,63	15,24	15,26	15,31	-0,97	-0,78	-0,76	-0,74	-0,93
01/01 14:00	14,54	15,45	16,05	16,06	16,28	13,58	14,68	15,34	15,37	15,39	-0,95	-0,76	-0,71	-0,69	-0,88
01/01 15:00	14,54	15,45	16,03	16,05	16,26	13,60	14,72	15,35	15,40	15,43	-0,93	-0,73	-0,67	-0,64	-0,82
01/01 16:00	14,52	15,41	15,96	15,98	16,21	13,62	14,71	15,32	15,38	15,43	-0,89	-0,70	-0,63	-0,59	-0,77
01/01 17:00	14,49	15,34	15,88	15,91	16,15	13,64	14,67	15,29	15,36	15,42	-0,84	-0,66	-0,59	-0,54	-0,72
01/01 18:00	14,45	15,22	15,70	15,73	16,02	13,66	14,57	15,13	15,20	15,34	-0,79	-0,63	-0,56	-0,52	-0,68
01/01 19:00	14,43	15,19	15,58	15,59	15,94	13,69	14,59	15,03	15,09	15,28	-0,73	-0,60	-0,55	-0,50	-0,66
01/01 20:00	14,41	15,34	15,49	15,49	15,89	13,72	14,76	14,96	15,01	15,24	-0,68	-0,57	-0,53	-0,48	-0,64
01/01 21:00	14,39	15,33	15,43	15,43	15,84	13,75	14,78	14,91	14,95	15,22	-0,64	-0,55	-0,52	-0,47	-0,63
01/01 22:00	14,39	15,29	15,38	15,37	15,80	13,78	14,76	14,85	14,89	15,16	-0,61	-0,53	-0,52	-0,48	-0,64
01/01 23:00	14,38	15,27	15,32	15,31	15,76	13,79	14,74	14,79	14,81	15,11	-0,59	-0,52	-0,53	-0,49	-0,65
01/01 24:00	14,37	15,04	15,27	15,25	15,73	13,78	14,52	14,72	14,74	15,06	-0,58	-0,52	-0,55	-0,51	-0,66

Tabela 14 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00:00	10,34	10,96	11,37	11,42	11,98	9,67	10,34	10,66	10,81	11,26	-0,66	-0,61	-0,70	-0,60	-0,71
02/01 02:00:00	10,35	10,93	11,38	11,42	11,97	9,66	10,28	10,62	10,75	11,20	-0,68	-0,65	-0,76	-0,67	-0,76
02/01 03:00:00	10,35	10,93	11,38	11,42	11,95	9,63	10,23	10,56	10,69	11,14	-0,71	-0,69	-0,81	-0,72	-0,81
02/01 04:00:00	10,35	10,92	11,37	11,41	11,93	9,59	10,18	10,50	10,62	11,07	-0,75	-0,73	-0,86	-0,78	-0,86
02/01 05:00:00	10,34	10,92	11,37	11,39	11,92	9,56	10,14	10,44	10,56	11,01	-0,78	-0,77	-0,92	-0,83	-0,90
02/01 06:00:00	10,34	10,92	11,36	11,39	11,90	9,52	10,11	10,39	10,50	10,95	-0,81	-0,81	-0,96	-0,88	-0,95
02/01 07:00:00	10,33	10,91	11,33	11,36	11,88	9,48	10,06	10,32	10,43	10,88	-0,84	-0,84	-1,00	-0,93	-0,99
02/01 08:00:00	10,32	10,99	11,33	11,35	11,86	9,44	10,11	10,28	10,38	10,82	-0,87	-0,87	-1,04	-0,97	-1,03
02/01 09:00:00	10,33	11,20	11,48	11,50	11,94	9,44	10,33	10,42	10,51	10,88	-0,89	-0,86	-1,05	-0,98	-1,06
02/01 10:00:00	10,38	11,48	11,74	11,78	12,14	9,48	10,65	10,75	10,83	11,08	-0,90	-0,83	-0,99	-0,95	-1,05
02/01 11:00:00	10,42	11,66	11,99	12,05	12,31	9,52	10,86	11,09	11,17	11,28	-0,89	-0,79	-0,91	-0,88	-1,03
02/01 12:00:00	10,47	11,68	12,05	12,11	12,33	9,58	10,91	11,18	11,26	11,33	-0,88	-0,77	-0,86	-0,84	-1,00
02/01 13:00:00	10,51	11,73	12,12	12,18	12,37	9,66	10,98	11,29	11,38	11,40	-0,85	-0,75	-0,82	-0,80	-0,97
02/01 14:00:00	10,56	11,86	12,39	12,46	12,55	9,75	11,16	11,67	11,78	11,65	-0,80	-0,70	-0,72	-0,68	-0,90
02/01 15:00:00	10,59	11,94	12,51	12,60	12,63	9,86	11,31	11,91	12,03	11,81	-0,73	-0,63	-0,59	-0,56	-0,81
02/01 16:00:00	10,59	11,89	12,38	12,48	12,55	9,93	11,32	11,85	11,99	11,80	-0,66	-0,57	-0,52	-0,49	-0,74
02/01 17:00:00	10,57	11,81	12,25	12,36	12,46	9,99	11,29	11,78	11,92	11,78	-0,57	-0,51	-0,46	-0,43	-0,67
02/01 18:00:00	10,54	11,66	12,08	12,18	12,34	10,06	11,21	11,66	11,79	11,73	-0,47	-0,44	-0,42	-0,38	-0,61
02/01 19:00:00	10,50	11,62	11,95	12,05	12,25	10,12	11,23	11,58	11,71	11,69	-0,38	-0,39	-0,36	-0,33	-0,55
02/01 20:00:00	10,48	11,74	11,86	11,95	12,19	10,18	11,41	11,55	11,66	11,67	-0,29	-0,33	-0,31	-0,28	-0,51
02/01 21:00:00	10,47	11,72	11,79	11,88	12,14	10,25	11,43	11,52	11,63	11,66	-0,22	-0,28	-0,27	-0,24	-0,48
02/01 22:00:00	10,47	11,69	11,75	11,82	12,11	10,30	11,45	11,50	11,59	11,65	-0,16	-0,24	-0,25	-0,22	-0,46
02/01 23:00:00	10,48	11,67	11,71	11,78	12,08	10,35	11,45	11,48	11,56	11,63	-0,12	-0,22	-0,23	-0,21	-0,44
02/01 24:00:00	10,48	11,46	11,68	11,74	12,05	10,39	11,26	11,44	11,52	11,61	-0,09	-0,20	-0,24	-0,22	-0,44

Tabela 15 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	14,37	15,29	15,81	15,89	16,21	14,80	15,53	15,97	16,05	16,35	0,42	0,23	0,16	0,15	0,13
03/01 02:00	14,35	15,19	15,71	15,79	16,16	14,76	15,39	15,83	15,90	16,26	0,40	0,19	0,11	0,10	0,10
03/01 03:00	14,34	15,12	15,63	15,71	16,11	14,72	15,27	15,69	15,76	16,17	0,37	0,15	0,05	0,05	0,06
03/01 04:00	14,29	15,02	15,52	15,59	16,04	14,63	15,12	15,51	15,57	16,05	0,33	0,10	-0,00	-0,01	0,01
03/01 05:00	14,23	14,89	15,38	15,44	15,95	14,51	14,94	15,29	15,36	15,91	0,28	0,05	-0,08	-0,08	-0,03
03/01 06:00	14,19	14,79	15,26	15,32	15,88	14,41	14,78	15,10	15,16	15,78	0,22	-0,00	-0,15	-0,15	-0,09
03/01 07:00	14,15	14,72	15,19	15,2	15,82	14,30	14,64	14,94	14,99	15,66	0,15	-0,07	-0,24	-0,23	-0,15
03/01 08:00	14,16	15,05	15,31	15,35	15,87	14,24	14,94	14,99	15,04	15,64	0,07	-0,11	-0,31	-0,30	-0,21
03/01 09:00	14,22	15,47	15,62	15,67	16,06	14,23	15,39	15,29	15,34	15,79	0,00	-0,08	-0,32	-0,32	-0,25
03/01 10:00	14,29	15,79	16,00	16,06	16,31	14,23	15,73	15,71	15,75	16,03	-0,06	-0,06	-0,29	-0,31	-0,27
03/01 11:00	14,37	15,99	16,39	16,48	16,59	14,26	15,95	16,18	16,24	16,34	-0,10	-0,04	-0,21	-0,24	-0,24
03/01 12:00	14,44	16,12	16,76	16,88	16,85	14,30	16,07	16,66	16,74	16,66	-0,13	-0,04	-0,10	-0,13	-0,19
03/01 13:00	14,49	16,18	16,98	17,12	17,02	14,35	16,14	16,96	17,09	16,89	-0,15	-0,03	-0,01	-0,03	-0,11
03/01 14:00	14,55	16,25	17,29	17,45	17,23	14,41	16,23	17,40	17,57	17,22	-0,13	-0,01	0,11	0,11	-0,00
03/01 15:00	14,58	16,34	17,39	17,60	17,32	14,48	16,37	17,66	17,87	17,44	-0,10	0,03	0,25	0,26	0,11
03/01 16:00	14,57	16,35	17,32	17,55	17,29	14,53	16,45	17,68	17,93	17,52	-0,04	0,10	0,35	0,37	0,24
03/01 17:00	14,52	16,18	17,02	17,26	17,09	14,55	16,34	17,42	17,69	17,42	0,03	0,16	0,39	0,42	0,34
03/01 18:00	14,46	15,93	16,70	16,93	16,88	14,59	16,16	17,12	17,39	17,30	0,12	0,22	0,41	0,44	0,41
03/01 19:00	14,40	15,82	16,46	16,67	16,74	14,63	16,09	16,90	17,15	17,21	0,22	0,26	0,44	0,47	0,47
03/01 20:00	14,36	15,88	16,28	16,45	16,64	14,68	16,19	16,76	16,97	17,14	0,32	0,30	0,47	0,49	0,50
03/01 21:00	14,32	15,79	16,13	16,31	16,55	14,71	16,13	16,61	16,79	17,07	0,39	0,34	0,48	0,48	0,51
03/01 22:00	14,31	15,71	16,02	16,19	16,49	14,74	16,07	16,49	16,65	16,99	0,43	0,35	0,46	0,46	0,50
03/01 23:00	14,30	15,66	15,94	16,09	16,44	14,76	16,01	16,37	16,52	16,92	0,45	0,35	0,43	0,42	0,48
03/01 24:00	14,30	15,42	15,87	16,01	16,40	14,75	15,75	16,25	16,38	16,83	0,44	0,33	0,37	0,36	0,43

Tabela 16 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,15	18,37	18,49	18,73	18,84	18,32	19,24	19,46	19,62	19,79	1,17	0,87	0,97	0,89	0,95
04/01 02:00	17,15	18,28	18,42	18,65	18,80	18,29	19,09	19,33	19,47	19,72	1,14	0,82	0,90	0,81	0,91
04/01 03:00	17,14	18,19	18,35	18,57	18,76	18,23	18,96	19,17	19,30	19,62	1,09	0,76	0,82	0,73	0,86
04/01 04:00	17,13	18,12	18,27	18,48	18,71	18,16	18,81	19,00	19,12	19,52	1,03	0,69	0,73	0,64	0,80
04/01 05:00	17,11	18,04	18,19	18,38	18,66	18,07	18,65	18,82	18,93	19,40	0,96	0,61	0,63	0,55	0,73
04/01 06:00	17,10	17,97	18,11	18,29	18,62	17,98	18,50	18,63	18,74	19,29	0,87	0,53	0,51	0,43	0,66
04/01 07:00	17,11	18,05	18,11	18,28	18,62	17,90	18,50	18,53	18,64	19,21	0,79	0,45	0,42	0,34	0,58
04/01 08:00	17,11	18,22	18,16	18,32	18,64	17,81	18,62	18,48	18,58	19,15	0,69	0,40	0,32	0,25	0,51
04/01 09:00	17,13	18,33	18,25	18,41	18,68	17,74	18,67	18,49	18,58	19,12	0,60	0,34	0,24	0,17	0,43
04/01 10:00	17,15	18,42	18,35	18,51	18,74	17,67	18,70	18,52	18,61	19,11	0,51	0,28	0,17	0,10	0,36
04/01 11:00	17,17	18,60	18,54	18,71	18,86	17,62	18,85	18,68	18,77	19,18	0,44	0,24	0,13	0,06	0,31
04/01 12:00	17,19	18,72	18,75	18,93	19,01	17,57	18,93	18,89	18,99	19,29	0,37	0,21	0,13	0,06	0,28
04/01 13:00	17,20	18,76	18,96	19,14	19,16	17,53	18,95	19,12	19,23	19,45	0,32	0,19	0,16	0,09	0,28
04/01 14:00	17,21	18,81	19,10	19,31	19,28	17,50	18,99	19,33	19,45	19,58	0,29	0,17	0,22	0,13	0,30
04/01 15:00	17,20	18,87	19,16	19,38	19,32	17,49	19,06	19,44	19,57	19,66	0,29	0,18	0,27	0,18	0,34
04/01 16:00	17,19	18,83	19,03	19,26	19,23	17,49	19,03	19,33	19,47	19,61	0,29	0,20	0,29	0,20	0,37
04/01 17:00	17,17	18,62	18,79	19,01	19,08	17,49	18,83	19,07	19,21	19,48	0,32	0,20	0,28	0,20	0,39
04/01 18:00	17,15	18,50	18,64	18,84	18,98	17,51	18,72	18,93	19,05	19,39	0,36	0,21	0,28	0,20	0,41
04/01 19:00	17,12	18,44	18,49	18,68	18,89	17,53	18,66	18,79	18,89	19,32	0,41	0,22	0,30	0,21	0,42
04/01 20:00	17,09	18,54	18,39	18,56	18,83	17,54	18,77	18,69	18,77	19,26	0,44	0,23	0,30	0,21	0,42
04/01 21:00	17,09	18,50	18,31	18,46	18,78	17,55	18,73	18,60	18,67	19,19	0,46	0,23	0,29	0,20	0,40
04/01 22:00	17,07	18,44	18,23	18,37	18,73	17,53	18,66	18,49	18,55	19,11	0,46	0,22	0,26	0,17	0,37
04/01 23:00	17,07	18,39	18,17	18,30	18,69	17,51	18,59	18,39	18,43	19,03	0,44	0,19	0,21	0,12	0,33
04/01 24:00	17,06	18,16	18,12	18,23	18,65	17,46	18,32	18,27	18,30	18,94	0,40	0,16	0,15	0,07	0,28

Tabela 17 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	20,41	21,38	21,14	21,32	21,50	21,70	22,37	22,26	22,33	22,64	1,29	0,99	1,11	1,01	1,13
05/01 02:00	20,39	21,26	21,05	21,21	21,45	21,63	22,18	22,08	22,14	22,54	1,23	0,92	1,03	0,93	1,08
05/01 03:00	20,36	21,14	20,94	21,09	21,39	21,52	21,99	21,87	21,93	22,42	1,16	0,84	0,92	0,83	1,02
05/01 04:00	20,31	21,01	20,82	20,95	21,32	21,38	21,76	21,63	21,68	22,27	1,06	0,74	0,81	0,72	0,95
05/01 05:00	20,29	20,93	20,74	20,87	21,28	21,26	21,58	21,43	21,48	22,15	0,96	0,64	0,69	0,60	0,87
05/01 06:00	20,30	21,14	20,72	20,83	21,28	21,14	21,70	21,28	21,32	22,06	0,84	0,55	0,56	0,48	0,78
05/01 07:00	20,34	21,61	20,82	20,92	21,35	21,07	22,17	21,27	21,30	22,04	0,73	0,55	0,44	0,37	0,69
05/01 08:00	20,38	21,89	20,97	21,07	21,43	21,00	22,42	21,32	21,35	22,04	0,62	0,53	0,34	0,28	0,60
05/01 09:00	20,43	22,18	21,14	21,24	21,54	20,96	22,69	21,41	21,45	22,07	0,52	0,51	0,26	0,20	0,53
05/01 10:00	20,49	22,40	21,37	21,48	21,66	20,94	22,90	21,58	21,65	22,13	0,45	0,49	0,20	0,17	0,46
05/01 11:00	20,55	22,54	21,64	21,76	21,83	20,95	23,02	21,82	21,95	22,26	0,39	0,47	0,18	0,18	0,42
05/01 12:00	20,60	22,58	21,87	22,01	22,01	20,97	23,03	22,06	22,25	22,42	0,36	0,44	0,19	0,23	0,41
05/01 13:00	20,65	22,60	22,07	22,23	22,16	21,00	23,02	22,31	22,55	22,59	0,35	0,42	0,24	0,31	0,42
05/01 14:00	20,69	22,71	22,20	22,40	22,26	21,06	23,14	22,51	22,81	22,73	0,36	0,43	0,30	0,41	0,47
05/01 15:00	20,71	22,83	22,24	22,46	22,29	21,13	23,31	22,62	22,98	22,82	0,41	0,48	0,38	0,51	0,53
05/01 16:00	20,71	22,88	22,17	22,41	22,25	21,20	23,43	22,64	23,02	22,86	0,48	0,55	0,47	0,61	0,60
05/01 17:00	20,69	22,82	22,05	22,31	22,19	21,28	23,47	22,62	23,02	22,87	0,58	0,64	0,57	0,70	0,68
05/01 18:00	20,65	22,64	21,92	22,20	22,11	21,37	23,37	22,61	23,00	22,88	0,71	0,72	0,68	0,79	0,77
05/01 19:00	20,60	22,40	21,74	22,01	21,98	21,46	23,19	22,53	22,87	22,83	0,85	0,79	0,79	0,86	0,85
05/01 20:00	20,56	22,35	21,55	21,81	21,87	21,54	23,20	22,44	22,73	22,78	0,98	0,84	0,89	0,91	0,91
05/01 21:00	20,53	22,21	21,40	21,65	21,78	21,63	23,11	22,37	22,61	22,74	1,10	0,89	0,97	0,95	0,96
05/01 22:00	20,52	22,09	21,29	21,53	21,72	21,69	23,02	22,31	22,49	22,71	1,17	0,92	1,01	0,96	0,98
05/01 23:00	20,52	22,01	21,22	21,44	21,67	21,74	22,94	22,24	22,39	22,67	1,21	0,92	1,02	0,95	0,99
05/01 24:00	20,52	21,74	21,15	21,35	21,63	21,74	22,64	22,14	22,26	22,61	1,21	0,90	0,99	0,90	0,98

Tabela 18 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	22,31	23,07	22,58	22,65	22,84	23,44	23,84	23,53	23,50	23,73	1,12	0,77	0,94	0,84	0,89
06/01 02:00	22,31	22,97	22,52	22,58	22,80	23,39	23,69	23,40	23,37	23,67	1,08	0,72	0,88	0,78	0,86
06/01 03:00	22,31	22,90	22,47	22,52	22,77	23,33	23,56	23,27	23,24	23,60	1,01	0,66	0,80	0,71	0,82
06/01 04:00	22,30	22,81	22,39	22,44	22,73	23,23	23,40	23,10	23,07	23,50	0,93	0,58	0,71	0,63	0,77
06/01 05:00	22,29	22,75	22,34	22,38	22,70	23,12	23,24	22,93	22,90	23,41	0,83	0,49	0,59	0,52	0,71
06/01 06:00	22,28	22,73	22,33	22,36	22,69	23,02	23,14	22,83	22,80	23,33	0,73	0,40	0,50	0,43	0,64
06/01 07:00	22,28	22,77	22,36	22,40	22,71	22,90	23,08	22,76	22,73	23,27	0,62	0,31	0,39	0,33	0,56
06/01 08:00	22,31	22,94	22,47	22,50	22,76	22,82	23,17	22,76	22,74	23,25	0,50	0,22	0,29	0,24	0,48
06/01 09:00	22,35	23,08	22,59	22,62	22,83	22,75	23,23	22,80	22,77	23,25	0,39	0,15	0,20	0,15	0,41
06/01 10:00	22,39	23,22	22,72	22,75	22,91	22,68	23,30	22,85	22,83	23,26	0,29	0,08	0,12	0,07	0,34
06/01 11:00	22,41	23,31	22,82	22,85	22,97	22,62	23,33	22,87	22,85	23,25	0,20	0,01	0,05	0,00	0,28
06/01 12:00	22,43	23,42	22,91	22,95	23,03	22,56	23,39	22,92	22,90	23,26	0,12	-0,03	0,00	-0,04	0,23
06/01 13:00	22,44	23,43	22,93	22,97	23,04	22,51	23,35	22,89	22,88	23,23	0,07	-0,07	-0,04	-0,09	0,18
06/01 14:00	22,45	23,47	22,96	23,00	23,07	22,48	23,36	22,89	22,88	23,21	0,03	-0,11	-0,07	-0,12	0,14
06/01 15:00	22,45	23,54	23,00	23,04	23,10	22,46	23,41	22,92	22,91	23,22	0,01	-0,12	-0,07	-0,12	0,11
06/01 16:00	22,43	23,56	23,00	23,04	23,11	22,45	23,44	22,93	22,92	23,21	0,01	-0,12	-0,07	-0,11	0,10
06/01 17:00	22,40	23,52	22,96	23,00	23,08	22,43	23,40	22,90	22,90	23,18	0,02	-0,11	-0,05	-0,10	0,09
06/01 18:00	22,36	23,42	22,88	22,92	23,03	22,41	23,31	22,84	22,84	23,11	0,04	-0,11	-0,03	-0,08	0,08
06/01 19:00	22,32	23,35	22,76	22,80	22,95	22,39	23,24	22,73	22,73	23,03	0,06	-0,10	-0,02	-0,06	0,08
06/01 20:00	22,27	23,39	22,62	22,65	22,86	22,36	23,28	22,60	22,60	22,94	0,09	-0,10	-0,01	-0,05	0,07
06/01 21:00	22,23	23,29	22,49	22,52	22,78	22,34	23,18	22,48	22,47	22,85	0,11	-0,10	-0,01	-0,04	0,06
06/01 22:00	22,19	23,19	22,39	22,41	22,72	22,31	23,08	22,37	22,36	22,77	0,12	-0,10	-0,01	-0,04	0,05
06/01 23:00	22,16	23,10	22,30	22,31	22,66	22,27	22,98	22,26	22,25	22,69	0,11	-0,12	-0,03	-0,06	0,02
06/01 24:00	22,14	22,84	22,23	22,24	22,62	22,22	22,69	22,16	22,15	22,62	0,08	-0,15	-0,06	-0,08	-0,00

Tabela 19 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	25,16	26,05	25,21	25,41	25,68	25,96	26,54	25,87	26,02	26,29	0,80	0,49	0,66	0,61	0,60
07/01 02:00	25,17	25,97	25,19	25,38	25,66	25,92	26,40	25,78	25,93	26,24	0,75	0,42	0,59	0,54	0,57
07/01 03:00	25,16	25,91	25,16	25,34	25,64	25,84	26,26	25,67	25,79	26,17	0,67	0,35	0,51	0,44	0,53
07/01 04:00	25,16	25,86	25,13	25,30	25,62	25,75	26,12	25,55	25,65	26,09	0,58	0,26	0,41	0,34	0,47
07/01 05:00	25,15	25,81	25,11	25,27	25,60	25,64	25,98	25,41	25,51	26,01	0,48	0,17	0,30	0,24	0,40
07/01 06:00	25,15	26,01	25,11	25,26	25,61	25,53	26,11	25,33	25,42	25,95	0,38	0,10	0,21	0,15	0,33
07/01 07:00	25,18	26,41	25,20	25,35	25,68	25,46	26,52	25,33	25,42	25,95	0,28	0,11	0,13	0,07	0,27
07/01 08:00	25,21	26,75	25,32	25,47	25,75	25,40	26,87	25,38	25,47	25,97	0,19	0,11	0,05	-0,00	0,21
07/01 09:00	25,25	26,99	25,47	25,61	25,84	25,37	27,10	25,47	25,56	26,00	0,12	0,11	0,00	-0,05	0,15
07/01 10:00	25,29	27,16	25,62	25,77	25,94	25,36	27,27	25,58	25,70	26,05	0,07	0,11	-0,04	-0,07	0,11
07/01 11:00	25,34	27,26	25,82	25,97	26,06	25,38	27,36	25,76	25,92	26,15	0,04	0,10	-0,05	-0,05	0,08
07/01 12:00	25,38	27,30	25,99	26,16	26,19	25,42	27,40	25,96	26,17	26,27	0,03	0,09	-0,03	0,00	0,08
07/01 13:00	25,42	27,31	26,14	26,34	26,30	25,46	27,40	26,16	26,42	26,40	0,04	0,09	0,01	0,08	0,10
07/01 14:00	25,45	27,39	26,24	26,46	26,38	25,53	27,51	26,32	26,63	26,52	0,07	0,12	0,07	0,17	0,14
07/01 15:00	25,46	27,46	26,27	26,51	26,40	25,60	27,63	26,42	26,78	26,59	0,13	0,16	0,15	0,26	0,19
07/01 16:00	25,47	27,50	26,21	26,48	26,37	25,68	27,74	26,45	26,84	26,64	0,21	0,23	0,23	0,35	0,26
07/01 17:00	25,46	27,48	26,16	26,44	26,34	25,77	27,79	26,49	26,89	26,68	0,30	0,31	0,33	0,45	0,34
07/01 18:00	25,44	27,35	26,08	26,37	26,29	25,86	27,74	26,53	26,91	26,71	0,42	0,39	0,44	0,54	0,42
07/01 19:00	25,40	27,20	25,96	26,25	26,20	25,96	27,67	26,52	26,86	26,70	0,55	0,46	0,56	0,61	0,50
07/01 20:00	25,37	27,14	25,81	26,10	26,11	26,06	27,66	26,48	26,77	26,68	0,68	0,52	0,66	0,67	0,57
07/01 21:00	25,35	26,99	25,69	25,96	26,03	26,15	27,56	26,45	26,68	26,66	0,80	0,57	0,75	0,71	0,62
07/01 22:00	25,33	26,86	25,60	25,86	25,97	26,22	27,47	26,43	26,60	26,64	0,88	0,60	0,82	0,74	0,66
07/01 23:00	25,35	26,80	25,56	25,80	25,94	26,30	27,42	26,41	26,54	26,63	0,94	0,62	0,84	0,74	0,69
07/01 24:00	25,37	26,55	25,53	25,74	25,92	26,33	27,16	26,37	26,46	26,61	0,95	0,61	0,84	0,72	0,69

Tabela 20 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	26,04	26,94	26,21	26,41	26,81	26,66	27,26	26,74	26,88	27,17	0,62	0,31	0,52	0,46	0,36
08/01 02:00	26,07	26,91	26,24	26,43	26,81	26,63	27,16	26,69	26,82	27,14	0,56	0,25	0,45	0,39	0,32
08/01 03:00	26,08	26,89	26,27	26,45	26,82	26,57	27,07	26,63	26,75	27,09	0,48	0,17	0,36	0,30	0,28
08/01 04:00	26,09	26,89	26,29	26,46	26,82	26,49	26,98	26,55	26,66	27,04	0,39	0,09	0,26	0,19	0,22
08/01 05:00	26,09	26,88	26,31	26,47	26,82	26,39	26,88	26,46	26,56	26,98	0,29	-0,00	0,15	0,09	0,15
08/01 06:00	26,11	27,21	26,32	26,47	26,85	26,29	27,14	26,37	26,46	26,93	0,18	-0,06	0,04	-0,01	0,08
08/01 07:00	26,15	27,71	26,43	26,57	26,92	26,25	27,69	26,38	26,46	26,95	0,09	-0,01	-0,04	-0,10	0,02
08/01 08:00	26,17	27,93	26,54	26,68	26,99	26,18	27,91	26,44	26,52	26,96	0,01	-0,01	-0,10	-0,16	-0,02
08/01 09:00	26,21	28,17	26,68	26,83	27,08	26,17	28,16	26,53	26,63	27,01	-0,03	-0,00	-0,15	-0,20	-0,07
08/01 10:00	26,28	28,38	26,87	27,02	27,19	26,21	28,39	26,69	26,82	27,09	-0,06	0,01	-0,17	-0,20	-0,10
08/01 11:00	26,35	28,50	27,09	27,25	27,34	26,28	28,53	26,92	27,09	27,23	-0,07	0,02	-0,16	-0,15	-0,11
08/01 12:00	26,42	28,54	27,33	27,51	27,51	26,36	28,57	27,21	27,44	27,41	-0,05	0,02	-0,12	-0,06	-0,09
08/01 13:00	26,47	28,54	27,54	27,75	27,66	26,45	28,58	27,50	27,79	27,61	-0,02	0,03	-0,04	0,04	-0,05
08/01 14:00	26,53	28,62	27,69	27,93	27,76	26,56	28,69	27,74	28,09	27,78	0,02	0,07	0,05	0,17	0,01
08/01 15:00	26,58	28,74	27,74	28,00	27,81	26,69	28,88	27,89	28,29	27,90	0,10	0,13	0,15	0,29	0,09
08/01 16:00	26,59	28,79	27,69	27,98	27,78	26,79	29,03	27,96	28,39	27,98	0,20	0,23	0,26	0,41	0,19
08/01 17:00	26,58	28,76	27,59	27,89	27,73	26,89	29,10	27,98	28,43	28,04	0,32	0,33	0,38	0,52	0,30
08/01 18:00	26,54	28,60	27,48	27,80	27,66	27,01	29,04	28,00	28,44	28,08	0,46	0,43	0,52	0,64	0,41
08/01 19:00	26,49	28,38	27,34	27,66	27,56	27,11	28,91	27,99	28,39	28,08	0,61	0,52	0,65	0,73	0,51
08/01 20:00	26,46	28,36	27,19	27,51	27,46	27,22	28,95	27,96	28,31	28,07	0,76	0,59	0,77	0,80	0,60
08/01 21:00	26,44	28,24	27,09	27,39	27,39	27,34	28,91	27,96	28,25	28,08	0,89	0,66	0,87	0,85	0,67
08/01 22:00	26,44	28,14	27,02	27,31	27,35	27,43	28,85	27,95	28,19	28,09	0,99	0,70	0,93	0,88	0,73
08/01 23:00	26,46	28,08	26,97	27,25	27,32	27,51	28,81	27,94	28,14	28,09	1,05	0,73	0,96	0,89	0,76
08/01 24:00	26,47	27,83	26,94	27,19	27,29	27,55	28,56	27,89	28,07	28,08	1,07	0,73	0,95	0,87	0,78

Tabela 21 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	26,12	26,63	26,54	26,54	27,10	26,33	26,57	26,62	26,51	27,10	0,20	-0,05	0,08	-0,02	0,00
09/01 02:00	26,13	26,55	26,50	26,49	27,06	26,28	26,44	26,50	26,39	27,02	0,14	-0,11	-0,00	-0,10	-0,04
09/01 03:00	26,13	26,50	26,46	26,44	27,03	26,20	26,32	26,37	26,26	26,93	0,07	-0,18	-0,09	-0,17	-0,09
09/01 04:00	26,11	26,43	26,40	26,37	26,98	26,09	26,17	26,20	26,10	26,82	-0,02	-0,26	-0,20	-0,27	-0,16
09/01 05:00	26,09	26,37	26,34	26,31	26,94	25,97	26,02	26,03	25,93	26,70	-0,12	-0,34	-0,31	-0,37	-0,24
09/01 06:00	26,06	26,31	26,29	26,25	26,90	25,83	25,87	25,88	25,78	26,58	-0,23	-0,44	-0,41	-0,46	-0,32
09/01 07:00	26,06	26,45	26,30	26,25	26,90	25,71	25,94	25,77	25,68	26,49	-0,34	-0,51	-0,52	-0,56	-0,40
09/01 08:00	26,06	26,75	26,40	26,35	26,94	25,61	26,19	25,78	25,69	26,46	-0,45	-0,55	-0,62	-0,65	-0,48
09/01 09:00	26,09	26,92	26,58	26,53	27,03	25,54	26,32	25,88	25,80	26,47	-0,55	-0,59	-0,70	-0,73	-0,55
09/01 10:00	26,16	27,23	26,88	26,84	27,20	25,51	26,60	26,13	26,06	26,59	-0,64	-0,63	-0,75	-0,78	-0,61
09/01 11:00	26,22	27,51	27,22	27,19	27,43	25,50	26,88	26,47	26,42	26,79	-0,71	-0,63	-0,75	-0,77	-0,64
09/01 12:00	26,27	27,68	27,56	27,55	27,67	25,51	27,04	26,87	26,85	27,04	-0,76	-0,63	-0,68	-0,70	-0,63
09/01 13:00	26,32	27,80	27,74	27,76	27,80	25,55	27,16	27,12	27,12	27,19	-0,77	-0,63	-0,62	-0,64	-0,60
09/01 14:00	26,36	27,93	27,89	27,93	27,88	25,61	27,34	27,33	27,37	27,32	-0,74	-0,59	-0,55	-0,55	-0,55
09/01 15:00	26,37	28,00	27,90	27,96	27,89	25,68	27,47	27,43	27,49	27,40	-0,69	-0,53	-0,47	-0,46	-0,49
09/01 16:00	26,35	27,96	27,80	27,87	27,83	25,75	27,51	27,41	27,51	27,42	-0,60	-0,45	-0,39	-0,36	-0,41
09/01 17:00	26,30	27,81	27,62	27,69	27,72	25,81	27,44	27,31	27,42	27,38	-0,49	-0,36	-0,30	-0,26	-0,33
09/01 18:00	26,23	27,59	27,41	27,48	27,59	25,87	27,30	27,19	27,31	27,33	-0,35	-0,28	-0,21	-0,17	-0,26
09/01 19:00	26,17	27,46	27,23	27,30	27,46	25,95	27,25	27,10	27,21	27,27	-0,22	-0,21	-0,12	-0,08	-0,19
09/01 20:00	26,13	27,47	27,07	27,13	27,36	26,03	27,33	27,02	27,12	27,22	-0,10	-0,14	-0,04	-0,00	-0,13
09/01 21:00	26,10	27,36	26,93	26,99	27,28	26,10	27,28	26,95	27,03	27,18	0,00	-0,08	0,02	0,04	-0,09
09/01 22:00	26,06	27,24	26,80	26,85	27,20	26,14	27,20	26,85	26,92	27,13	0,07	-0,03	0,05	0,07	-0,06
09/01 23:00	26,05	27,14	26,69	26,74	27,13	26,16	27,12	26,76	26,82	27,07	0,11	-0,02	0,06	0,07	-0,05
09/01 24:00	26,03	26,87	26,61	26,65	27,08	26,16	26,85	26,65	26,71	27,01	0,12	-0,02	0,04	0,05	-0,06

Tabela 22 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	25,44	26,23	26,52	26,56	26,96	25,82	26,29	26,39	26,43	26,94	0,38	0,05	-0,13	-0,12	-0,02
10/01 02:00	25,39	26,08	26,37	26,41	26,88	25,72	26,08	26,19	26,23	26,80	0,33	0,00	-0,18	-0,18	-0,07
10/01 03:00	25,33	25,94	26,23	26,26	26,79	25,60	25,88	25,97	26,01	26,65	0,26	-0,06	-0,25	-0,24	-0,13
10/01 04:00	25,27	25,79	26,06	26,09	26,69	25,46	25,66	25,73	25,77	26,49	0,19	-0,13	-0,33	-0,31	-0,19
10/01 05:00	25,19	25,64	25,90	25,92	26,58	25,30	25,43	25,48	25,52	26,32	0,11	-0,21	-0,41	-0,39	-0,26
10/01 06:00	25,12	25,49	25,73	25,74	26,47	25,14	25,19	25,22	25,25	26,14	0,01	-0,30	-0,50	-0,48	-0,33
10/01 07:00	25,06	25,41	25,60	25,61	26,40	24,97	25,02	24,99	25,03	25,98	-0,08	-0,39	-0,61	-0,58	-0,42
10/01 08:00	25,06	25,58	25,64	25,64	26,39	24,86	25,11	24,93	24,96	25,89	-0,20	-0,46	-0,71	-0,67	-0,50
10/01 09:00	25,07	25,74	25,78	25,78	26,45	24,75	25,22	24,99	25,02	25,86	-0,31	-0,52	-0,79	-0,75	-0,58
10/01 10:00	25,07	25,86	25,93	25,93	26,53	24,63	25,28	25,07	25,10	25,87	-0,43	-0,58	-0,85	-0,82	-0,65
10/01 11:00	25,09	25,98	26,12	26,13	26,63	24,55	25,34	25,21	25,25	25,91	-0,54	-0,64	-0,90	-0,87	-0,72
10/01 12:00	25,12	26,13	26,42	26,44	26,82	24,48	25,44	25,51	25,55	26,06	-0,63	-0,69	-0,91	-0,88	-0,75
10/01 13:00	25,14	26,23	26,62	26,65	26,95	24,43	25,49	25,71	25,77	26,18	-0,71	-0,73	-0,90	-0,88	-0,76
10/01 14:00	25,14	26,30	26,70	26,76	27,01	24,37	25,55	25,82	25,89	26,24	-0,76	-0,75	-0,88	-0,86	-0,76
10/01 15:00	25,12	26,33	26,69	26,75	26,99	24,32	25,57	25,81	25,90	26,24	-0,79	-0,76	-0,87	-0,84	-0,75
10/01 16:00	25,08	26,34	26,66	26,73	26,97	24,28	25,58	25,82	25,92	26,24	-0,79	-0,75	-0,83	-0,81	-0,72
10/01 17:00	25,02	26,18	26,45	26,52	26,83	24,24	25,44	25,64	25,74	26,13	-0,77	-0,73	-0,81	-0,78	-0,70
10/01 18:00	24,94	25,96	26,18	26,25	26,67	24,19	25,24	25,39	25,48	25,98	-0,74	-0,72	-0,79	-0,76	-0,69
10/01 19:00	24,87	25,82	25,96	26,02	26,54	24,17	25,10	25,19	25,26	25,86	-0,69	-0,71	-0,77	-0,75	-0,68
10/01 20:00	24,80	25,86	25,79	25,84	26,43	24,15	25,15	25,03	25,09	25,74	-0,65	-0,70	-0,75	-0,75	-0,68
10/01 21:00	24,76	25,76	25,66	25,68	26,34	24,13	25,06	24,90	24,93	25,64	-0,62	-0,70	-0,75	-0,75	-0,70
10/01 22:00	24,72	25,67	25,54	25,55	26,26	24,09	24,96	24,77	24,78	25,53	-0,62	-0,71	-0,76	-0,77	-0,72
10/01 23:00	24,66	25,56	25,42	25,42	26,18	24,02	24,82	24,61	24,61	25,41	-0,63	-0,73	-0,80	-0,80	-0,76
10/01 24:00	24,61	25,28	25,31	25,30	26,10	23,94	24,50	24,46	24,44	25,28	-0,67	-0,77	-0,85	-0,85	-0,81

Tabela 23 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,13	18,86	19,65	19,66	20,28	17,69	18,41	19,19	19,24	19,79	-0,43	-0,45	-0,46	-0,42	-0,48
11/01 02:00	18,13	18,81	19,61	19,61	20,24	17,65	18,31	19,07	19,11	19,69	-0,47	-0,49	-0,55	-0,50	-0,55
11/01 03:00	18,12	18,77	19,57	19,56	20,20	17,60	18,21	18,93	18,97	19,59	-0,51	-0,55	-0,63	-0,59	-0,61
11/01 04:00	18,11	18,73	19,52	19,51	20,16	17,54	18,12	18,80	18,84	19,48	-0,57	-0,61	-0,72	-0,67	-0,68
11/01 05:00	18,09	18,69	19,48	19,46	20,12	17,47	18,03	18,67	18,70	19,37	-0,62	-0,67	-0,81	-0,76	-0,76
11/01 06:00	18,08	18,66	19,43	19,40	20,08	17,39	17,93	18,53	18,56	19,25	-0,69	-0,73	-0,89	-0,84	-0,83
11/01 07:00	18,05	18,62	19,38	19,35	20,03	17,31	17,82	18,39	18,42	19,13	-0,75	-0,79	-0,98	-0,92	-0,90
11/01 08:00	18,05	18,91	19,51	19,47	20,09	17,24	18,08	18,48	18,50	19,12	-0,81	-0,83	-1,03	-0,97	-0,97
11/01 09:00	18,07	19,24	19,81	19,79	20,27	17,20	18,44	18,80	18,82	19,27	-0,86	-0,79	-1,01	-0,97	-0,99
11/01 10:00	18,08	19,38	20,04	20,03	20,42	17,17	18,59	19,07	19,08	19,41	-0,91	-0,79	-0,97	-0,95	-1,01
11/01 11:00	18,10	19,44	20,18	20,19	20,51	17,16	18,65	19,22	19,25	19,51	-0,94	-0,79	-0,96	-0,94	-1,01
11/01 12:00	18,13	19,49	20,29	20,31	20,59	17,17	18,69	19,34	19,39	19,60	-0,96	-0,81	-0,94	-0,91	-0,99
11/01 13:00	18,15	19,59	20,62	20,66	20,84	17,19	18,80	19,78	19,87	19,89	-0,96	-0,79	-0,84	-0,79	-0,94
11/01 14:00	18,18	19,69	20,81	20,87	20,97	17,24	18,93	20,09	20,20	20,10	-0,94	-0,77	-0,72	-0,67	-0,86
11/01 15:00	18,18	19,74	20,75	20,84	20,93	17,28	19,02	20,09	20,24	20,14	-0,90	-0,72	-0,66	-0,60	-0,79
11/01 16:00	18,17	19,74	20,74	20,84	20,92	17,32	19,08	20,16	20,32	20,21	-0,84	-0,67	-0,58	-0,52	-0,71
11/01 17:00	18,13	19,57	20,50	20,61	20,75	17,37	18,96	19,96	20,12	20,11	-0,77	-0,61	-0,54	-0,48	-0,65
11/01 18:00	18,09	19,39	20,26	20,36	20,59	17,42	18,82	19,75	19,90	19,99	-0,67	-0,57	-0,51	-0,45	-0,59
11/01 19:00	18,07	19,34	20,09	20,18	20,48	17,49	18,82	19,63	19,76	19,93	-0,58	-0,52	-0,47	-0,42	-0,55
11/01 20:00	18,05	19,45	19,97	20,04	20,40	17,56	18,98	19,54	19,65	19,88	-0,49	-0,48	-0,43	-0,39	-0,53
11/01 21:00	18,04	19,41	19,87	19,93	20,34	17,62	18,97	19,47	19,55	19,82	-0,41	-0,44	-0,40	-0,38	-0,52
11/01 22:00	18,03	19,35	19,78	19,83	20,28	17,67	18,94	19,38	19,45	19,76	-0,37	-0,41	-0,40	-0,38	-0,52
11/01 23:00	18,03	19,31	19,71	19,75	20,23	17,69	18,91	19,29	19,35	19,69	-0,34	-0,40	-0,42	-0,39	-0,53
11/01 24:00	18,02	19,07	19,65	19,67	20,18	17,69	18,67	19,19	19,24	19,62	-0,32	-0,40	-0,45	-0,43	-0,56

Tabela 24 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	15,15	16,18	17,39	17,46	17,59	16,40	17,18	18,35	18,36	18,69	1,25	0,99	0,95	0,89	1,10
12/01 02:00	15,15	16,10	17,32	17,37	17,54	16,37	17,05	18,19	18,19	18,58	1,22	0,95	0,87	0,82	1,03
12/01 03:00	15,14	16,03	17,23	17,27	17,49	16,32	16,93	18,01	18,01	18,45	1,17	0,89	0,78	0,73	0,96
12/01 04:00	15,12	15,95	17,12	17,16	17,42	16,24	16,78	17,80	17,80	18,31	1,12	0,83	0,68	0,64	0,88
12/01 05:00	15,09	15,86	17,00	17,03	17,35	16,14	16,62	17,58	17,58	18,16	1,05	0,75	0,57	0,54	0,80
12/01 06:00	15,06	15,78	16,89	16,92	17,29	16,04	16,46	17,36	17,36	18,01	0,97	0,68	0,47	0,44	0,71
12/01 07:00	15,03	15,70	16,78	16,80	17,22	15,92	16,30	17,14	17,14	17,85	0,89	0,59	0,36	0,34	0,63
12/01 08:00	15,02	15,78	16,77	16,79	17,20	15,82	16,30	17,03	17,03	17,74	0,80	0,51	0,25	0,24	0,53
12/01 09:00	15,02	16,00	16,98	16,99	17,32	15,73	16,48	17,18	17,18	17,78	0,70	0,47	0,20	0,18	0,46
12/01 10:00	15,04	16,19	17,27	17,29	17,50	15,66	16,64	17,47	17,46	17,92	0,61	0,44	0,19	0,16	0,41
12/01 11:00	15,09	16,36	17,61	17,65	17,73	15,62	16,77	17,84	17,83	18,12	0,53	0,41	0,22	0,18	0,39
12/01 12:00	15,13	16,44	17,87	17,94	17,92	15,58	16,81	18,14	18,14	18,32	0,45	0,37	0,26	0,20	0,39
12/01 13:00	15,16	16,52	18,24	18,33	18,21	15,56	16,85	18,60	18,62	18,65	0,39	0,33	0,35	0,28	0,43
12/01 14:00	15,19	16,61	18,39	18,51	18,32	15,54	16,93	18,83	18,88	18,82	0,35	0,32	0,43	0,36	0,49
12/01 15:00	15,19	16,60	18,17	18,30	18,16	15,52	16,92	18,58	18,66	18,70	0,32	0,32	0,41	0,35	0,53
12/01 16:00	15,17	16,51	17,94	18,07	18,01	15,49	16,83	18,30	18,39	18,56	0,32	0,32	0,35	0,32	0,55
12/01 17:00	15,13	16,46	17,83	17,95	17,94	15,46	16,78	18,19	18,29	18,52	0,33	0,32	0,35	0,33	0,57
12/01 18:00	15,08	16,26	17,55	17,66	17,78	15,44	16,59	17,87	17,97	18,36	0,35	0,32	0,32	0,31	0,58
12/01 19:00	15,05	16,24	17,38	17,48	17,68	15,43	16,56	17,68	17,76	18,25	0,38	0,32	0,29	0,28	0,56
12/01 20:00	15,03	16,36	17,25	17,33	17,61	15,43	16,67	17,51	17,58	18,14	0,40	0,31	0,26	0,25	0,53
12/01 21:00	15,00	16,31	17,13	17,19	17,53	15,41	16,62	17,35	17,41	18,02	0,40	0,30	0,22	0,21	0,48
12/01 22:00	14,97	16,24	17,02	17,07	17,47	15,37	16,53	17,19	17,23	17,90	0,40	0,28	0,17	0,16	0,43
12/01 23:00	14,96	16,20	16,93	16,98	17,41	15,34	16,45	17,03	17,07	17,78	0,37	0,25	0,09	0,09	0,36
12/01 24:00	14,95	15,97	16,86	16,90	17,37	15,29	16,18	16,89	16,92	17,65	0,34	0,20	0,02	0,02	0,28

Anexo C - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 2 cm espessura *Micronal®*

Tabela 25 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	14,11	14,73	15,06	15,12	15,55	13,92	14,43	14,77	14,79	15,16	-0,19	-0,30	-0,29	-0,33	-0,39
01/01 02:00	14,08	14,62	14,95	15,02	15,48	13,89	14,32	14,67	14,68	15,09	-0,19	-0,29	-0,29	-0,33	-0,39
01/01 03:00	14,07	14,56	14,89	14,95	15,42	13,87	14,27	14,59	14,61	15,03	-0,20	-0,29	-0,29	-0,34	-0,39
01/01 04:00	14,03	14,48	14,83	14,87	15,36	13,83	14,21	14,53	14,54	14,97	-0,20	-0,28	-0,29	-0,33	-0,39
01/01 05:00	13,98	14,40	14,72	14,78	15,28	13,79	14,14	14,44	14,45	14,89	-0,19	-0,26	-0,28	-0,33	-0,39
01/01 06:00	13,92	14,32	14,64	14,68	15,20	13,73	14,07	14,35	14,36	14,82	-0,119	-0,25	-0,28	-0,32	-0,38
01/01 07:00	13,85	14,22	14,53	14,58	15,11	13,67	13,99	14,26	14,27	14,74	-0,18	-0,23	-0,26	-0,31	-0,37
01/01 08:00	13,79	14,24	14,44	14,49	15,04	13,62	14,02	14,18	14,19	14,68	-0,17	-0,22	-0,26	-0,30	-0,36
01/01 09:00	13,74	14,36	14,55	14,59	15,07	13,58	14,13	14,27	14,28	14,70	-0,16	-0,23	-0,27	-0,31	-0,36
01/01 10:00	13,69	14,49	14,73	14,75	15,15	13,56	14,26	14,43	14,44	14,78	-0,14	-0,23	-0,30	-0,31	-0,37
01/01 11:00	13,67	14,74	15,23	15,20	15,45	13,55	14,49	14,85	14,85	15,04	-0,12	-0,25	-0,38	-0,35	-0,40
01/01 12:00	13,64	14,78	15,42	15,39	15,55	13,55	14,57	15,05	15,05	15,17	-0,10	-0,22	-0,37	-0,34	-0,38
01/01 13:00	13,64	14,82	15,61	15,59	15,68	13,56	14,63	15,24	15,26	15,31	-0,08	-0,19	-0,37	-0,33	-0,36
01/01 14:00	13,65	14,86	15,68	15,68	15,73	13,58	14,68	15,34	15,37	15,39	-0,07	-0,18	-0,34	-0,31	-0,34
01/01 15:00	13,68	14,89	15,68	15,70	15,75	13,60	14,72	15,35	15,40	15,43	-0,08	-0,18	-0,32	-0,30	-0,32
01/01 16:00	13,72	14,90	15,63	15,68	15,74	13,62	14,71	15,32	15,38	15,43	-0,10	-0,19	-0,31	-0,30	-0,31
01/01 17:00	13,76	14,89	15,60	15,66	15,74	13,64	14,67	15,29	15,36	15,42	-0,12	-0,22	-0,32	-0,31	-0,32
01/01 18:00	13,79	14,81	15,42	15,51	15,66	13,66	14,57	15,13	15,20	15,34	-0,13	-0,24	-0,29	-0,30	-0,32
01/01 19:00	13,84	14,86	15,31	15,40	15,61	13,69	14,59	15,03	15,09	15,28	-0,15	-0,26	-0,28	-0,31	-0,33
01/01 20:00	13,89	15,05	15,24	15,33	15,59	13,72	14,76	14,96	15,02	15,24	-0,16	-0,29	-0,28	-0,31	-0,34
01/01 21:00	13,93	15,09	15,19	15,28	15,57	13,75	14,78	14,91	14,95	15,21	-0,18	-0,31	-0,29	-0,32	-0,36
01/01 22:00	13,97	15,09	15,15	15,22	15,54	13,78	14,76	14,85	14,89	15,16	-0,19	-0,33	-0,30	-0,33	-0,38
01/01 23:00	13,98	15,07	15,09	15,15	15,49	13,79	14,74	14,79	14,81	15,11	-0,19	-0,33	-0,30	-0,34	-0,38
01/01 24:00	13,97	14,83	15,01	15,07	15,44	13,78	14,52	14,72	14,74	15,06	-0,19	-0,32	-0,30	-0,33	-0,38

Tabela 26 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	9,86	10,63	10,97	11,14	11,66	9,67	10,34	10,66	10,80	11,26	-0,18	-0,29	-0,30	-0,34	-0,40
02/01 02:00	9,82	10,54	10,90	11,08	11,59	9,65	10,27	10,61	10,74	11,20	-0,17	-0,26	-0,29	-0,33	-0,39
02/01 03:00	9,78	10,47	10,83	11,01	11,51	9,62	10,23	10,56	10,68	11,13	-0,15	-0,24	-0,27	-0,32	-0,37
02/01 04:00	9,73	10,39	10,76	10,92	11,43	9,59	10,18	10,50	10,62	11,07	-0,14	-0,21	-0,25	-0,30	-0,36
02/01 05:00	9,68	10,33	10,68	10,85	11,35	9,55	10,14	10,44	10,55	11,00	-0,12	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34
02/01 06:00	9,63	10,27	10,62	10,78	11,27	9,52	10,10	10,39	10,50	10,94	-0,11	-0,16	-0,22	-0,27	-0,33
02/01 07:00	9,58	10,21	10,53	10,69	11,20	9,48	10,06	10,32	10,42	10,87	-0,10	-0,15	-0,21	-0,26	-0,32
02/01 08:00	9,53	10,25	10,48	10,63	11,13	9,44	10,11	10,28	10,37	10,82	-0,09	-0,14	-0,20	-0,25	-0,31
02/01 09:00	9,52	10,50	10,65	10,77	11,19	9,44	10,33	10,42	10,51	10,88	-0,07	-0,17	-0,22	-0,26	-0,31
02/01 10:00	9,54	10,84	11,02	11,11	11,41	9,47	10,64	10,74	10,83	11,07	-0,06	-0,20	-0,27	-0,28	-0,33
02/01 11:00	9,57	11,06	11,40	11,45	11,62	9,52	10,86	11,08	11,16	11,27	-0,05	-0,20	-0,31	-0,29	-0,34
02/01 12:00	9,61	11,07	11,45	11,52	11,64	9,58	10,91	11,18	11,26	11,33	-0,03	-0,16	-0,27	-0,26	-0,30
02/01 13:00	9,68	11,11	11,52	11,61	11,68	9,65	10,97	11,28	11,38	11,40	-0,02	-0,14	-0,24	-0,23	-0,28
02/01 14:00	9,78	11,32	11,96	12,03	11,95	9,75	11,16	11,66	11,77	11,64	-0,03	-0,15	-0,29	-0,25	-0,30
02/01 15:00	9,90	11,49	12,23	12,30	12,13	9,85	11,30	11,91	12,03	11,81	-0,05	-0,18	-0,32	-0,27	-0,32
02/01 16:00	10,00	11,52	12,14	12,25	12,10	9,93	11,32	11,85	11,98	11,80	-0,06	-0,20	-0,29	-0,26	-0,30
02/01 17:00	10,08	11,52	12,06	12,19	12,08	9,99	11,29	11,78	11,92	11,78	-0,08	-0,22	-0,28	-0,27	-0,30
02/01 18:00	10,17	11,46	11,92	12,07	12,03	10,05	11,20	11,65	11,79	11,72	-0,11	-0,25	-0,27	-0,27	-0,30
02/01 19:00	10,25	11,51	11,85	12,00	12,01	10,12	11,23	11,58	11,71	11,69	-0,13	-0,28	-0,27	-0,28	-0,32
02/01 20:00	10,33	11,72	11,82	11,96	12,01	10,18	11,40	11,54	11,66	11,67	-0,14	-0,31	-0,28	-0,29	-0,33
02/01 21:00	10,40	11,77	11,81	11,93	12,01	10,24	11,43	11,52	11,62	11,66	-0,16	-0,33	-0,28	-0,31	-0,35
02/01 22:00	10,47	11,79	11,79	11,91	12,01	10,30	11,44	11,50	11,59	11,64	-0,17	-0,34	-0,29	-0,31	-0,36
02/01 23:00	10,52	11,80	11,77	11,88	12,00	10,35	11,44	11,47	11,55	11,63	-0,17	-0,35	-0,29	-0,32	-0,37
02/01 24:00	10,57	11,60	11,74	11,84	11,98	10,38	11,25	11,44	11,51	11,61	-0,18	-0,34	-0,29	-0,32	-0,37

Tabela 27 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	15,00	15,87	16,29	16,40	16,76	14,80	15,52	15,97	16,04	16,35	-0,19	-0,35	-0,32	-0,36	-0,40
03/01 02:00	14,95	15,71	16,14	16,25	16,66	14,76	15,38	15,83	15,90	16,26	-0,19	-0,32	-0,31	-0,35	-0,40
03/01 03:00	14,90	15,58	16,00	16,11	16,57	14,71	15,27	15,69	15,75	16,17	-0,19	-0,31	-0,30	-0,35	-0,40
03/01 04:00	14,81	15,41	15,80	15,91	16,44	14,63	15,12	15,51	15,57	16,05	-0,17	-0,28	-0,29	-0,33	-0,39
03/01 05:00	14,67	15,19	15,56	15,67	16,29	14,51	14,94	15,29	15,35	15,91	-0,16	-0,25	-0,26	-0,32	-0,37
03/01 06:00	14,55	15,01	15,36	15,47	16,15	14,40	14,78	15,10	15,16	15,78	-0,15	-0,23	-0,25	-0,31	-0,36
03/01 07:00	14,43	14,84	15,18	15,29	16,01	14,30	14,64	14,94	14,99	15,66	-0,13	-0,20	-0,23	-0,29	-0,35
03/01 08:00	14,34	15,16	15,23	15,32	15,98	14,23	14,93	14,99	15,04	15,64	-0,11	-0,22	-0,23	-0,28	-0,33
03/01 09:00	14,32	15,67	15,57	15,63	16,14	14,22	15,38	15,29	15,34	15,79	-0,09	-0,28	-0,28	-0,29	-0,35
03/01 10:00	14,30	16,01	16,04	16,07	16,40	14,23	15,72	15,70	15,75	16,03	-0,07	-0,29	-0,34	-0,32	-0,36
03/01 11:00	14,30	16,21	16,57	16,57	16,72	14,25	15,95	16,18	16,23	16,34	-0,04	-0,26	-0,39	-0,33	-0,38
03/01 12:00	14,32	16,29	17,08	17,07	17,04	14,30	16,07	16,65	16,73	16,66	-0,02	-0,21	-0,43	-0,34	-0,38
03/01 13:00	14,36	16,32	17,39	17,41	17,26	14,34	16,13	16,96	17,08	16,89	-0,02	-0,18	-0,43	-0,32	-0,37
03/01 14:00	14,44	16,41	17,88	17,91	17,61	14,40	16,23	17,40	17,56	17,22	-0,03	-0,18	-0,48	-0,34	-0,38
03/01 15:00	14,54	16,58	18,15	18,22	17,83	14,47	16,37	17,65	17,86	17,44	-0,06	-0,21	-0,50	-0,36	-0,38
03/01 16:00	14,62	16,71	18,16	18,30	17,90	14,52	16,44	17,67	17,92	17,52	-0,09	-0,26	-0,49	-0,37	-0,37
03/01 17:00	14,69	16,65	17,84	18,05	17,77	14,55	16,34	17,41	17,68	17,42	-0,13	-0,30	-0,43	-0,37	-0,34
03/01 18:00	14,76	16,50	17,50	17,75	17,64	14,58	16,15	17,11	17,38	17,30	-0,17	-0,34	-0,38	-0,36	-0,34
03/01 19:00	14,83	16,46	17,27	17,52	17,57	14,63	16,08	16,90	17,14	17,21	-0,20	-0,38	-0,37	-0,38	-0,36
03/01 20:00	14,91	16,61	17,13	17,37	17,54	14,68	16,19	16,75	16,96	17,14	-0,23	-0,42	-0,37	-0,40	-0,40
03/01 21:00	14,95	16,56	16,98	17,20	17,49	14,71	16,13	16,61	16,79	17,07	-0,24	-0,43	-0,37	-0,41	-0,41
03/01 22:00	14,98	16,50	16,86	17,06	17,43	14,74	16,06	16,48	16,65	16,99	-0,24	-0,43	-0,37	-0,41	-0,43
03/01 23:00	15,00	16,44	16,74	16,93	17,36	14,75	16,01	16,37	16,51	16,92	-0,24	-0,43	-0,37	-0,41	-0,44
03/01 24:00	14,99	16,16	16,61	16,79	17,28	14,75	15,75	16,24	16,37	16,83	-0,24	-0,40	-0,36	-0,41	-0,44

Tabela 28 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	18,72	19,87	19,98	20,18	20,40	18,32	19,24	19,46	19,62	19,79	-0,40	-0,63	-0,51	-0,56	-0,60
04/01 02:00	18,67	19,68	19,82	20,01	20,30	18,29	19,09	19,33	19,47	19,72	-0,38	-0,58	-0,49	-0,54	-0,58
04/01 03:00	18,59	19,49	19,63	19,82	20,19	18,23	18,96	19,17	19,30	19,62	-0,36	-0,54	-0,46	-0,52	-0,57
04/01 04:00	18,51	19,31	19,45	19,63	20,07	18,16	18,81	19,00	19,12	19,52	-0,34	-0,50	-0,44	-0,51	-0,55
04/01 05:00	18,40	19,12	19,24	19,42	19,94	18,07	18,65	18,82	18,93	19,40	-0,33	-0,45	-0,42	-0,49	-0,54
04/01 06:00	18,28	18,92	19,03	19,20	19,80	17,98	18,50	18,63	18,74	19,29	-0,31	-0,42	-0,40	-0,47	-0,52
04/01 07:00	18,18	18,90	18,90	19,07	19,69	17,90	18,50	18,53	18,63	19,21	-0,28	-0,40	-0,37	-0,44	-0,49
04/01 08:00	18,07	19,00	18,83	18,99	19,62	17,81	18,62	18,48	18,58	19,15	-0,25	-0,38	-0,35	-0,42	-0,47
04/01 09:00	17,96	19,04	18,83	18,98	19,57	17,74	18,67	18,49	18,58	19,12	-0,22	-0,36	-0,34	-0,40	-0,45
04/01 10:00	17,87	19,04	18,85	18,99	19,54	17,67	18,70	18,52	18,61	19,11	-0,20	-0,33	-0,33	-0,38	-0,43
04/01 11:00	17,79	19,17	19,03	19,15	19,61	17,62	18,85	18,68	18,77	19,18	-0,17	-0,33	-0,35	-0,38	-0,43
04/01 12:00	17,72	19,25	19,27	19,38	19,74	17,57	18,93	18,89	18,99	19,29	-0,15	-0,32	-0,39	-0,39	-0,44
04/01 13:00	17,67	19,25	19,55	19,64	19,91	17,53	18,96	19,12	19,23	19,45	-0,14	-0,30	-0,43	-0,41	-0,46
04/01 14:00	17,64	19,30	19,79	19,88	20,06	17,50	18,99	19,33	19,45	19,58	-0,13	-0,30	-0,46	-0,43	-0,47
04/01 15:00	17,64	19,38	19,91	20,01	20,13	17,49	19,06	19,44	19,57	19,66	-0,14	-0,32	-0,47	-0,44	-0,47
04/01 16:00	17,66	19,39	19,77	19,90	20,07	17,49	19,03	19,33	19,47	19,61	-0,17	-0,35	-0,44	-0,44	-0,46
04/01 17:00	17,70	19,20	19,47	19,64	19,92	17,49	18,83	19,07	19,29	19,48	-0,20	-0,37	-0,40	-0,43	-0,45
04/01 18:00	17,75	19,12	19,32	19,49	19,86	17,51	18,72	18,93	19,05	19,39	-0,24	-0,41	-0,40	-0,44	-0,46
04/01 19:00	17,80	19,10	19,19	19,36	19,81	17,53	18,66	18,79	18,89	19,32	-0,27	-0,44	-0,40	-0,46	-0,49
04/01 20:00	17,84	19,24	19,10	19,23	19,77	17,54	18,77	18,69	18,77	19,26	-0,29	-0,47	-0,41	-0,47	-0,51
04/01 21:00	17,86	19,22	19,01	19,14	19,71	17,55	18,74	18,60	18,67	19,19	-0,30	-0,48	-0,41	-0,48	-0,52
04/01 22:00	17,83	19,13	18,89	19,01	19,63	17,53	18,66	18,49	18,55	19,11	-0,30	-0,46	-0,39	-0,46	-0,52
04/01 23:00	17,80	19,04	18,77	18,88	19,54	17,51	18,59	18,39	18,43	19,03	-0,29	-0,45	-0,39	-0,45	-0,51
04/01 24:00	17,74	18,74	18,64	18,74	19,44	17,46	18,32	18,27	18,30	18,94	-0,28	-0,42	-0,37	-0,44	-0,51

Tabela 29 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	22,09	22,97	22,70	22,83	23,18	21,70	22,37	22,26	22,33	22,64	-0,39	-0,59	-0,44	-0,49	-0,54
05/01 02:00	22,00	22,72	22,50	22,61	23,06	21,63	22,18	22,08	22,14	22,54	-0,37	-0,53	-0,41	-0,46	-0,52
05/01 03:00	21,86	22,47	22,26	22,37	22,91	21,52	21,99	21,87	21,93	22,42	-0,34	-0,48	-0,38	-0,44	-0,49
05/01 04:00	21,70	22,19	21,99	22,09	22,74	21,38	21,76	21,63	21,68	22,27	-0,31	-0,42	-0,35	-0,41	-0,46
05/01 05:00	21,54	21,95	21,76	21,87	22,59	21,26	21,58	21,43	21,48	22,15	-0,28	-0,37	-0,32	-0,38	-0,44
05/01 06:00	21,39	22,07	21,57	21,67	22,46	21,14	21,70	21,28	21,32	22,06	-0,24	-0,36	-0,28	-0,35	-0,40
05/01 07:00	21,28	22,60	21,53	21,62	22,42	21,07	22,17	21,27	21,30	22,04	-0,21	-0,43	-0,26	-0,32	-0,37
05/01 08:00	21,17	22,83	21,56	21,65	22,39	21,00	22,42	21,32	21,35	22,04	-0,17	-0,40	-0,24	-0,29	-0,34
05/01 09:00	21,08	23,06	21,62	21,70	22,38	20,96	22,69	21,41	21,45	22,07	-0,11	-0,37	-0,21	-0,25	-0,30
05/01 10:00	21,01	23,23	21,77	21,86	22,41	20,94	22,90	21,58	21,65	22,13	-0,07	-0,33	-0,19	-0,21	-0,27
05/01 11:00	20,99	23,31	22,03	22,14	22,54	20,95	23,02	21,82	21,95	22,26	-0,03	-0,29	-0,21	-0,19	-0,27
05/01 12:00	20,99	23,27	22,30	22,43	22,70	20,97	23,03	22,06	22,25	22,42	-0,02	-0,24	-0,23	-0,18	-0,28
05/01 13:00	21,03	23,24	22,58	22,74	22,89	21,00	23,02	22,31	22,55	22,59	-0,02	-0,21	-0,26	-0,18	-0,29
05/01 14:00	21,12	23,39	22,81	23,02	23,05	21,06	23,14	22,51	22,81	22,73	-0,05	-0,24	-0,30	-0,20	-0,31
05/01 15:00	21,23	23,63	22,96	23,22	23,16	21,13	23,31	22,62	22,98	22,82	-0,10	-0,32	-0,33	-0,24	-0,34
05/01 16:00	21,36	23,85	23,01	23,31	23,23	21,20	23,43	22,64	23,02	22,86	-0,16	-0,41	-0,37	-0,29	-0,37
05/01 17:00	21,51	23,98	23,04	23,37	23,29	21,28	23,47	22,62	23,02	22,87	-0,23	-0,51	-0,41	-0,35	-0,42
05/01 18:00	21,66	23,96	23,07	23,41	23,36	21,37	23,37	22,61	23,00	22,88	-0,29	-0,59	-0,45	-0,41	-0,47
05/01 19:00	21,81	23,84	23,01	23,34	23,36	21,46	23,19	22,53	22,87	22,83	-0,35	-0,64	-0,47	-0,46	-0,52
05/01 20:00	21,93	23,89	22,93	23,23	23,35	21,54	23,20	22,44	22,73	22,78	-0,38	-0,68	-0,48	-0,49	-0,56
05/01 21:00	22,04	23,82	22,87	23,13	23,34	21,63	23,11	22,37	22,61	22,74	-0,41	-0,71	-0,49	-0,52	-0,59
05/01 22:00	22,12	23,72	22,79	23,02	23,31	21,69	23,02	22,31	22,49	22,71	-0,42	-0,70	-0,48	-0,52	-0,60
05/01 23:00	22,16	23,62	22,72	22,91	23,27	21,74	22,94	22,24	22,39	22,67	-0,42	-0,68	-0,47	-0,52	-0,60
05/01 24:00	22,14	23,28	22,59	22,77	23,19	21,74	22,64	22,14	22,26	22,61	-0,40	-0,63	-0,45	-0,50	-0,58

Tabela 30 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	23,73	24,30	23,85	23,84	24,14	23,44	23,84	23,53	23,50	23,73	-0,29	-0,46	-0,32	-0,34	-0,40
06/01 02:00	23,67	24,11	23,71	23,70	24,06	23,39	23,69	23,40	23,37	23,67	-0,28	-0,42	-0,30	-0,33	-0,38
06/01 03:00	23,61	23,96	23,57	23,57	23,98	23,33	23,56	23,27	23,24	23,60	-0,28	-0,39	-0,30	-0,32	-0,38
06/01 04:00	23,50	23,76	23,39	23,39	23,87	23,23	23,40	23,10	23,07	23,50	-0,27	-0,36	-0,28	-0,31	-0,37
06/01 05:00	23,38	23,57	23,20	23,20	23,76	23,12	23,24	22,93	22,90	23,41	-0,25	-0,32	-0,26	-0,30	-0,34
06/01 06:00	23,24	23,42	23,06	23,07	23,65	23,02	23,14	22,83	22,80	23,33	-0,22	-0,28	-0,23	-0,27	-0,32
06/01 07:00	23,10	23,32	22,97	22,98	23,56	22,90	23,08	22,76	22,73	23,27	-0,19	-0,23	-0,20	-0,24	-0,28
06/01 08:00	22,98	23,37	22,95	22,96	23,51	22,82	23,17	22,76	22,74	23,25	-0,16	-0,20	-0,18	-0,22	-0,25
06/01 09:00	22,89	23,41	22,97	22,98	23,48	22,75	23,23	22,80	22,77	23,25	-0,14	-0,17	-0,17	-0,20	-0,23
06/01 10:00	22,79	23,45	23,00	23,01	23,46	22,68	23,30	22,85	22,83	23,26	-0,10	-0,14	-0,15	-0,18	-0,20
06/01 11:00	22,69	23,43	22,99	23,00	23,42	22,62	23,33	22,87	22,85	23,25	-0,07	-0,10	-0,12	-0,14	-0,16
06/01 12:00	22,59	23,45	23,00	23,01	23,39	22,56	23,39	22,92	22,90	23,26	-0,02	-0,06	-0,08	-0,11	-0,13
06/01 13:00	22,51	23,36	22,93	22,95	23,32	22,51	23,35	22,89	22,88	23,23	0,00	-0,01	-0,04	-0,07	-0,09
06/01 14:00	22,45	23,35	22,91	22,93	23,29	22,48	23,36	22,89	22,88	23,21	0,03	0,00	-0,02	-0,05	-0,07
06/01 15:00	22,42	23,41	22,94	22,95	23,29	22,46	23,41	22,92	22,91	23,22	0,04	0,00	-0,02	-0,04	-0,07
06/01 16:00	22,40	23,45	22,96	22,97	23,29	22,45	23,44	22,93	22,92	23,21	0,04	-0,01	-0,02	-0,04	-0,07
06/01 17:00	22,39	23,44	22,94	22,95	23,27	22,43	23,40	22,90	22,90	23,18	0,04	-0,03	-0,03	-0,05	-0,09
06/01 18:00	22,38	23,36	22,88	22,90	23,22	22,41	23,31	22,84	22,84	23,11	0,02	-0,05	-0,04	-0,06	-0,10
06/01 19:00	22,38	23,33	22,79	22,81	23,16	22,39	23,24	22,73	22,73	23,03	0,00	-0,08	-0,05	-0,08	-0,13
06/01 20:00	22,38	23,41	22,68	22,70	23,10	22,36	23,28	22,60	22,60	22,94	-0,02	-0,12	-0,07	-0,10	-0,16
06/01 21:00	22,38	23,34	22,57	22,60	23,04	22,34	23,18	22,48	22,47	22,85	-0,04	-0,15	-0,09	-0,12	-0,18
06/01 22:00	22,37	23,25	22,47	22,50	22,97	22,31	23,08	22,37	22,36	22,77	-0,06	-0,17	-0,10	-0,13	-0,20
06/01 23:00	22,34	23,16	22,37	22,40	22,90	22,27	22,98	22,26	22,25	22,69	-0,07	-0,18	-0,11	-0,14	-0,20
06/01 24:00	22,30	22,87	22,27	22,30	22,83	22,22	22,69	22,16	22,15	22,62	-0,07	-0,17	-0,11	-0,14	-0,21

Tabela 31 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	26,27	27,04	26,20	26,39	26,72	25,96	26,54	25,87	26,02	26,29	-0,30	-0,49	-0,32	-0,36	-0,43
07/01 02:00	26,20	26,84	26,10	26,27	26,64	25,92	26,40	25,78	25,93	26,24	-0,28	-0,44	-0,31	-0,34	-0,40
07/01 03:00	26,09	26,64	25,94	26,10	26,54	25,84	26,26	25,67	25,79	26,17	-0,25	-0,37	-0,26	-0,31	-0,36
07/01 04:00	25,97	26,45	25,78	25,94	26,43	25,75	26,12	25,55	25,65	26,09	-0,22	-0,32	-0,23	-0,28	-0,33
07/01 05:00	25,83	26,25	25,61	25,77	26,31	25,64	25,98	25,41	25,51	26,01	-0,19	-0,27	-0,19	-0,25	-0,30
07/01 06:00	25,69	26,38	25,50	25,65	26,21	25,53	26,11	25,33	25,42	25,95	-0,16	-0,26	-0,16	-0,22	-0,26
07/01 07:00	25,59	26,85	25,48	25,62	26,19	25,46	26,52	25,33	25,42	25,95	-0,13	-0,33	-0,14	-0,20	-0,24
07/01 08:00	25,49	27,20	25,51	25,64	26,18	25,40	26,87	25,38	25,47	25,97	-0,09	-0,33	-0,12	-0,17	-0,21
07/01 09:00	25,41	27,41	25,57	25,70	26,19	25,37	27,10	25,47	25,56	26,00	-0,04	-0,30	-0,10	-0,13	-0,18
07/01 10:00	25,37	27,54	25,67	25,80	26,21	25,36	27,27	25,58	25,70	26,05	-0,00	-0,27	-0,08	-0,10	-0,15
07/01 11:00	25,36	27,58	25,86	26,00	26,30	25,38	27,36	25,76	25,92	26,15	0,02	-0,22	-0,09	-0,07	-0,14
07/01 12:00	25,38	27,59	26,07	26,24	26,43	25,42	27,40	25,96	26,17	26,27	0,03	-0,19	-0,11	-0,06	-0,15
07/01 13:00	25,44	27,59	26,30	26,50	26,58	25,46	27,40	26,16	26,42	26,40	0,02	-0,18	-0,14	-0,07	-0,17
07/01 14:00	25,53	27,73	26,49	26,73	26,71	25,53	27,51	26,32	26,63	26,52	0,00	-0,21	-0,17	-0,09	-0,19
07/01 15:00	25,64	27,91	26,63	26,90	26,81	25,60	27,63	26,42	26,78	26,59	-0,03	-0,27	-0,20	-0,12	-0,21
07/01 16:00	25,77	28,09	26,69	27,00	26,88	25,68	27,74	26,45	26,84	26,64	-0,09	-0,34	-0,23	-0,16	-0,24
07/01 17:00	25,92	28,22	26,77	27,11	26,98	25,77	27,79	26,49	26,89	26,68	-0,14	-0,42	-0,28	-0,22	-0,29
07/01 18:00	26,07	28,25	26,86	27,20	27,06	25,86	27,74	26,53	26,91	26,71	-0,20	-0,50	-0,32	-0,28	-0,34
07/01 19:00	26,22	28,24	26,88	27,20	27,10	25,96	27,67	26,52	26,86	26,70	-0,26	-0,57	-0,35	-0,33	-0,39
07/01 20:00	26,36	28,27	26,86	27,15	27,12	26,06	27,66	26,48	26,77	26,68	-0,30	-0,60	-0,37	-0,38	-0,44
07/01 21:00	26,48	28,19	26,83	27,09	27,13	26,15	27,56	26,45	26,68	26,66	-0,32	-0,62	-0,38	-0,40	-0,46
07/01 22:00	26,56	28,09	26,80	27,01	27,12	26,22	27,47	26,43	26,60	26,64	-0,33	-0,62	-0,37	-0,41	-0,47
07/01 23:00	26,64	28,03	26,79	26,96	27,12	26,30	27,42	26,41	26,54	26,63	-0,34	-0,61	-0,37	-0,42	-0,48
07/01 24:00	26,67	27,74	26,73	26,88	27,08	26,33	27,16	26,37	26,46	26,61	-0,33	-0,57	-0,35	-0,41	-0,46

Tabela 32 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	27,03	27,85	27,14	27,33	27,69	26,66	27,26	26,74	26,88	27,17	-0,38	-0,59	-0,40	-0,45	-0,52
08/01 02:00	26,97	27,68	27,05	27,23	27,61	26,63	27,16	26,70	26,82	27,14	-0,34	-0,51	-0,36	-0,41	-0,47
08/01 03:00	26,87	27,50	26,94	27,11	27,52	26,57	27,07	26,63	26,75	27,10	-0,29	-0,43	-0,31	-0,36	-0,42
08/01 04:00	26,73	27,33	26,82	26,98	27,41	26,49	26,98	26,55	26,66	27,04	-0,25	-0,35	-0,26	-0,32	-0,36
08/01 05:00	26,59	27,15	26,68	26,84	27,29	26,39	26,88	26,46	26,56	26,98	-0,20	-0,27	-0,22	-0,28	-0,32
08/01 06:00	26,45	27,39	26,55	26,69	27,20	26,30	27,14	26,37	26,46	26,93	-0,16	-0,25	-0,17	-0,23	-0,27
08/01 07:00	26,37	28,04	26,54	26,68	27,19	26,25	27,70	26,38	26,46	26,95	-0,13	-0,35	-0,16	-0,21	-0,25
08/01 08:00	26,27	28,24	26,57	26,70	27,18	26,18	27,91	26,44	26,52	26,96	-0,08	-0,33	-0,14	-0,18	-0,22
08/01 09:00	26,20	28,46	26,64	26,77	27,20	26,17	28,16	26,53	26,63	27,01	-0,03	-0,30	-0,11	-0,14	-0,19
08/01 10:00	26,21	28,67	26,79	26,92	27,25	26,21	28,39	26,69	26,82	27,09	0,01	-0,28	-0,10	-0,11	-0,17
08/01 11:00	26,25	28,77	27,03	27,18	27,39	26,28	28,52	26,92	27,09	27,23	0,03	-0,24	-0,11	-0,09	-0,17
08/01 12:00	26,32	28,78	27,35	27,52	27,59	26,36	28,57	27,21	27,44	27,41	0,03	-0,21	-0,14	-0,08	-0,18
08/01 13:00	26,43	28,78	27,70	27,89	27,82	26,45	28,58	27,50	27,80	27,61	0,02	-0,20	-0,19	-0,10	-0,21
08/01 14:00	26,58	28,94	27,98	28,22	28,02	26,56	28,70	27,74	28,09	27,78	-0,02	-0,24	-0,24	-0,13	-0,24
08/01 15:00	26,77	29,20	28,18	28,47	28,18	26,69	28,88	27,90	28,30	27,90	-0,08	-0,32	-0,28	-0,17	-0,28
08/01 16:00	26,94	29,44	28,28	28,61	28,29	26,79	29,03	27,96	28,39	27,98	-0,15	-0,41	-0,32	-0,22	-0,31
08/01 17:00	27,11	29,61	28,34	28,71	28,39	26,90	29,10	27,98	28,43	28,04	-0,21	-0,51	-0,37	-0,28	-0,35
08/01 18:00	27,28	29,62	28,41	28,78	28,48	27,01	29,04	28,00	28,44	28,08	-0,27	-0,58	-0,41	-0,34	-0,40
08/01 19:00	27,43	29,54	28,42	28,78	28,53	27,11	28,91	27,99	28,40	28,08	-0,32	-0,63	-0,43	-0,39	-0,45
08/01 20:00	27,58	29,61	28,40	28,73	28,55	27,22	28,95	27,96	28,31	28,07	-0,35	-0,66	-0,43	-0,42	-0,48
08/01 21:00	27,71	29,58	28,40	28,70	28,58	27,34	28,91	27,96	28,25	28,08	-0,37	-0,68	-0,44	-0,44	-0,50
08/01 22:00	27,81	29,52	28,38	28,64	28,59	27,43	28,85	27,95	28,20	28,09	-0,38	-0,67	-0,43	-0,45	-0,50
08/01 23:00	27,88	29,45	28,35	28,58	28,59	27,51	28,81	27,94	28,14	28,09	-0,37	-0,64	-0,41	-0,44	-0,50
08/01 24:00	27,90	29,16	28,29	28,50	28,56	27,55	28,56	27,90	28,07	28,08	-0,36	-0,60	-0,39	-0,42	-0,48

Tabela 33 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	26,49	26,88	26,84	26,80	27,45	26,33	26,57	26,62	26,51	27,10	-0,16	-0,30	-0,22	-0,28	-0,34
09/01 02:00	26,44	26,72	26,71	26,66	27,36	26,28	26,44	26,50	26,39	27,02	-0,16	-0,28	-0,21	-0,27	-0,33
09/01 03:00	26,36	26,57	26,58	26,53	27,26	26,20	26,32	26,37	26,26	26,93	-0,16	-0,25	-0,21	-0,26	-0,32
09/01 04:00	26,24	26,40	26,40	26,36	27,13	26,09	26,17	26,20	26,10	26,82	-0,15	-0,22	-0,20	-0,25	-0,31
09/01 05:00	26,11	26,22	26,22	26,18	27,00	25,97	26,02	26,03	25,93	26,70	-0,14	-0,19	-0,19	-0,24	-0,30
09/01 06:00	25,96	26,04	26,05	26,02	26,86	25,83	25,87	25,88	25,78	26,58	-0,13	-0,16	-0,17	-0,23	-0,28
09/01 07:00	25,83	26,11	25,93	25,90	26,76	25,71	25,94	25,77	25,68	26,49	-0,11	-0,17	-0,16	-0,22	-0,26
09/01 08:00	25,69	26,37	25,92	25,89	26,70	25,61	26,19	25,78	25,69	26,46	-0,08	-0,17	-0,14	-0,19	-0,24
09/01 09:00	25,58	26,47	26,01	25,97	26,68	25,54	26,32	25,88	25,80	26,47	-0,04	-0,14	-0,12	-0,16	-0,21
09/01 10:00	25,51	26,72	26,26	26,21	26,78	25,51	26,60	26,13	26,06	26,59	-0,00	-0,12	-0,12	-0,14	-0,19
09/01 11:00	25,45	26,97	26,61	26,55	26,97	25,50	26,88	26,47	26,42	26,79	0,04	-0,09	-0,14	-0,12	-0,17
09/01 12:00	25,42	27,08	27,03	26,96	27,20	25,51	27,04	26,87	26,85	27,04	0,08	-0,04	-0,16	-0,11	-0,16
09/01 13:00	25,44	27,16	27,26	27,21	27,32	25,55	27,16	27,12	27,12	27,19	0,10	-0,00	-0,14	-0,08	-0,13
09/01 14:00	25,51	27,35	27,47	27,45	27,44	25,61	27,34	27,33	27,37	27,32	0,10	-0,01	-0,13	-0,07	-0,11
09/01 15:00	25,60	27,52	27,57	27,58	27,52	25,68	27,47	27,43	27,49	27,40	0,08	-0,05	-0,14	-0,08	-0,11
09/01 16:00	25,70	27,62	27,56	27,61	27,55	25,75	27,51	27,41	27,51	27,42	0,04	-0,10	-0,15	-0,10	-0,13
09/01 17:00	25,80	27,60	27,47	27,55	27,54	25,81	27,44	27,31	27,42	27,38	0,00	-0,16	-0,16	-0,12	-0,15
09/01 18:00	25,92	27,53	27,38	27,48	27,53	25,87	27,30	27,19	27,31	27,33	-0,04	-0,22	-0,18	-0,17	-0,20
09/01 19:00	26,04	27,54	27,33	27,43	27,53	25,95	27,25	27,10	27,21	27,27	-0,09	-0,29	-0,22	-0,21	-0,26
09/01 20:00	26,17	27,70	27,29	27,39	27,54	26,03	27,33	27,02	27,12	27,22	-0,14	-0,36	-0,26	-0,26	-0,31
09/01 21:00	26,28	27,69	27,24	27,33	27,54	26,10	27,28	26,95	27,03	27,18	-0,18	-0,41	-0,29	-0,29	-0,35
09/01 22:00	26,34	27,62	27,15	27,23	27,50	26,14	27,20	26,85	26,92	27,13	-0,19	-0,41	-0,29	-0,30	-0,37
09/01 23:00	26,37	27,54	27,05	27,13	27,45	26,16	27,12	26,76	26,82	27,07	-0,20	-0,41	-0,29	-0,31	-0,38
09/01 24:00	26,37	27,24	26,94	27,02	27,39	26,16	26,85	26,65	26,71	27,01	-0,21	-0,39	-0,29	-0,31	-0,38

Tabela 34 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	25,88	26,45	26,56	26,66	27,23	25,82	26,29	26,39	26,43	26,94	-0,05	-0,16	-0,16	-0,22	-0,29
10/01 02:00	25,78	26,23	26,35	26,45	27,10	25,72	26,08	26,19	26,23	26,80	-0,06	-0,15	-0,16	-0,22	-0,29
10/01 03:00	25,67	26,03	26,14	26,24	26,96	25,60	25,88	25,97	26,01	26,65	-0,07	-0,15	-0,16	-0,22	-0,30
10/01 04:00	25,53	25,80	25,90	26,00	26,79	25,46	25,66	25,73	25,77	26,49	-0,07	-0,14	-0,16	-0,22	-0,30
10/01 05:00	25,37	25,56	25,64	25,74	26,62	25,30	25,43	25,48	25,52	26,32	-0,07	-0,13	-0,15	-0,22	-0,30
10/01 06:00	25,22	25,31	25,37	25,48	26,44	25,14	25,19	25,22	25,25	26,14	-0,07	-0,12	-0,15	-0,23	-0,30
10/01 07:00	25,04	25,13	25,14	25,25	26,27	24,97	25,02	24,99	25,03	25,98	-0,07	-0,11	-0,14	-0,22	-0,29
10/01 08:00	24,93	25,24	25,08	25,18	26,18	24,86	25,11	24,93	24,96	25,89	-0,06	-0,13	-0,14	-0,21	-0,29
10/01 09:00	24,80	25,35	25,14	25,23	26,15	24,75	25,22	24,99	25,02	25,86	-0,04	-0,13	-0,15	-0,21	-0,28
10/01 10:00	24,65	25,39	25,22	25,30	26,13	24,63	25,28	25,07	25,10	25,87	-0,01	-0,10	-0,15	-0,19	-0,26
10/01 11:00	24,54	25,41	25,36	25,43	26,16	24,55	25,34	25,21	25,25	25,91	0,01	-0,07	-0,15	-0,18	-0,24
10/01 12:00	24,45	25,49	25,70	25,75	26,32	24,48	25,44	25,51	25,55	26,06	0,03	-0,05	-0,18	-0,19	-0,25
10/01 13:00	24,39	25,53	25,92	25,97	26,43	24,43	25,49	25,71	25,77	26,18	0,04	-0,03	-0,21	-0,20	-0,25
10/01 14:00	24,33	25,58	26,03	26,09	26,48	24,37	25,55	25,82	25,89	26,24	0,04	-0,03	-0,21	-0,20	-0,23
10/01 15:00	24,28	25,62	26,02	26,10	26,47	24,32	25,57	25,81	25,90	26,24	0,04	-0,05	-0,20	-0,19	-0,22
10/01 16:00	24,26	25,67	26,05	26,14	26,48	24,28	25,58	25,82	25,92	26,24	0,01	-0,09	-0,22	-0,22	-0,24
10/01 17:00	24,25	25,57	25,84	25,96	26,37	24,24	25,44	25,64	25,74	26,13	-0,01	-0,12	-0,20	-0,22	-0,24
10/01 18:00	24,24	25,40	25,58	25,72	26,24	24,19	25,24	25,39	25,48	25,98	-0,04	-0,16	-0,19	-0,23	-0,25
10/01 19:00	24,25	25,30	25,39	25,52	26,15	24,17	25,10	25,19	25,26	25,86	-0,07	-0,20	-0,19	-0,26	-0,28
10/01 20:00	24,25	25,39	25,24	25,36	26,06	24,15	25,15	25,03	25,09	25,74	-0,10	-0,23	-0,20	-0,27	-0,31
10/01 21:00	24,24	25,32	25,12	25,22	25,98	24,13	25,06	24,90	24,93	25,64	-0,11	-0,25	-0,21	-0,28	-0,33
10/01 22:00	24,22	25,22	24,99	25,07	25,89	24,09	24,96	24,77	24,78	25,53	-0,12	-0,26	-0,21	-0,29	-0,35
10/01 23:00	24,14	25,07	24,82	24,89	25,76	24,02	24,82	24,61	24,61	25,41	-0,12	-0,25	-0,20	-0,28	-0,34
10/01 24:00	24,05	24,73	24,65	24,72	25,62	23,94	24,50	24,46	24,44	25,28	-0,11	-0,22	-0,19	-0,27	-0,33

Tabela 35- Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	17,94	18,82	19,60	19,70	20,31	17,69	18,41	19,19	19,24	19,80	-0,25	-0,41	-0,41	-0,46	-0,51
11/01 02:00	17,90	18,69	19,46	19,56	20,20	17,65	18,31	19,07	19,11	19,70	-0,24	-0,38	-0,40	-0,45	-0,51
11/01 03:00	17,84	18,56	19,32	19,41	20,09	17,60	18,21	18,93	18,97	19,59	-0,23	-0,35	-0,39	-0,44	-0,50
11/01 04:00	17,76	18,45	19,18	19,27	19,97	17,54	18,12	18,80	18,84	19,48	-0,22	-0,32	-0,37	-0,43	-0,49
11/01 05:00	17,68	18,32	19,03	19,12	19,85	17,47	18,03	18,67	18,70	19,37	-0,21	-0,30	-0,36	-0,42	-0,48
11/01 06:00	17,59	18,20	18,88	18,97	19,72	17,39	17,93	18,53	18,56	19,25	-0,20	-0,28	-0,35	-0,41	-0,47
11/01 07:00	17,49	18,08	18,73	18,82	19,59	17,31	17,82	18,40	18,42	19,13	-0,18	-0,25	-0,33	-0,40	-0,46
11/01 08:00	17,41	18,37	18,84	18,91	19,59	17,24	18,08	18,48	18,50	19,12	-0,17	-0,29	-0,36	-0,41	-0,47
11/01 09:00	17,36	18,78	19,23	19,26	19,77	17,20	18,44	18,80	18,82	19,27	-0,15	-0,35	-0,43	-0,44	-0,50
11/01 10:00	17,30	18,92	19,53	19,53	19,92	17,17	18,59	19,07	19,08	19,41	-0,12	-0,33	-0,46	-0,45	-0,50
11/01 11:00	17,25	18,92	19,66	19,68	19,98	17,16	18,65	19,22	19,25	19,51	-0,09	-0,28	-0,44	-0,43	-0,47
11/01 12:00	17,22	18,91	19,75	19,79	20,03	17,17	18,69	19,34	19,40	19,60	-0,05	-0,22	-0,41	-0,39	-0,43
11/01 13:00	17,22	18,98	20,24	20,26	20,34	17,19	18,80	19,78	19,87	19,90	-0,02	-0,18	-0,45	-0,39	-0,45
11/01 14:00	17,25	19,11	20,56	20,59	20,55	17,24	18,93	20,09	20,20	20,10	-0,02	-0,17	-0,47	-0,39	-0,44
11/01 15:00	17,31	19,21	20,53	20,61	20,55	17,28	19,02	20,10	20,24	20,14	-0,03	-0,19	-0,43	-0,37	-0,41
11/01 16:00	17,37	19,30	20,60	20,71	20,62	17,32	19,08	20,16	20,32	20,21	-0,05	-0,22	-0,44	-0,39	-0,41
11/01 17:00	17,45	19,22	20,37	20,52	20,51	17,37	18,96	19,96	20,12	20,11	-0,08	-0,26	-0,41	-0,40	-0,40
11/01 18:00	17,53	19,12	20,14	20,30	20,41	17,42	18,82	19,75	19,90	19,99	-0,12	-0,30	-0,38	-0,40	-0,41
11/01 19:00	17,64	19,17	20,01	20,18	20,37	17,49	18,82	19,63	19,76	19,93	-0,15	-0,35	-0,39	-0,42	-0,44
11/01 20:00	17,74	19,37	19,94	20,09	20,35	17,56	18,98	19,54	19,65	19,88	-0,18	-0,40	-0,40	-0,44	-0,47
11/01 21:00	17,83	19,40	19,87	20,00	20,31	17,62	18,97	19,47	19,55	19,82	-0,21	-0,42	-0,41	-0,45	-0,50
11/01 22:00	17,89	19,38	19,79	19,91	20,27	17,67	18,94	19,38	19,45	19,76	-0,22	-0,44	-0,41	-0,46	-0,51
11/01 23:00	17,92	19,35	19,71	19,81	20,21	17,69	18,91	19,29	19,35	19,69	-0,23	-0,44	-0,41	-0,46	-0,52
11/01 24:00	17,93	19,09	19,60	19,70	20,13	17,70	18,67	19,20	19,24	19,62	-0,23	-0,42	-0,41	-0,46	-0,52

Tabela 36 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

	Micronal®(2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,66	17,62	18,82	18,87	19,23	16,40	17,18	18,35	18,36	18,69	-0,25	-0,43	-0,46	-0,51	-0,54
12/01 02:00	16,63	17,47	18,65	18,70	19,12	16,37	17,05	18,19	18,19	18,58	-0,25	-0,41	-0,45	-0,50	-0,54
12/01 03:00	16,57	17,32	18,46	18,51	18,99	16,32	16,93	18,01	18,01	18,45	-0,24	-0,39	-0,44	-0,49	-0,53
12/01 04:00	16,47	17,14	18,23	18,28	18,84	16,24	16,78	17,80	17,80	18,31	-0,23	-0,36	-0,42	-0,48	-0,52
12/01 05:00	16,36	16,95	17,99	18,04	18,68	16,14	16,62	17,58	17,58	18,16	-0,22	-0,33	-0,40	-0,46	-0,51
12/01 06:00	16,25	16,77	17,76	17,82	18,52	16,04	16,46	17,36	17,36	18,01	-0,21	-0,31	-0,39	-0,45	-0,51
12/01 07:00	16,13	16,59	17,53	17,59	18,36	15,92	16,30	17,14	17,14	17,85	-0,20	-0,29	-0,38	-0,45	-0,50
12/01 08:00	16,02	16,59	17,41	17,47	18,25	15,82	16,30	17,03	17,03	17,74	-0,19	-0,28	-0,38	-0,44	-0,50
12/01 09:00	15,91	16,79	17,60	17,63	18,30	15,73	16,48	17,18	17,18	17,78	-0,17	-0,31	-0,41	-0,45	-0,51
12/01 10:00	15,81	16,94	17,94	17,93	18,45	15,66	16,64	17,47	17,46	17,92	-0,15	-0,30	-0,46	-0,46	-0,53
12/01 11:00	15,75	17,05	18,35	18,32	18,66	15,62	16,77	17,84	17,83	18,12	-0,12	-0,28	-0,51	-0,48	-0,54
12/01 12:00	15,68	17,05	18,67	18,63	18,85	15,58	16,81	18,14	18,14	18,32	-0,10	-0,23	-0,53	-0,49	-0,52
12/01 13:00	15,64	17,04	19,20	19,13	19,19	15,56	16,85	18,60	18,62	18,65	-0,07	-0,19	-0,59	-0,51	-0,54
12/01 14:00	15,62	17,11	19,44	19,40	19,34	15,54	16,93	18,83	18,88	18,82	-0,07	-0,18	-0,60	-0,51	-0,52
12/01 15:00	15,60	17,11	19,07	19,11	19,14	15,52	16,92	18,58	18,66	18,70	-0,08	-0,18	-0,49	-0,45	-0,44
12/01 16:00	15,59	17,03	18,71	18,80	18,96	15,49	16,83	18,30	18,39	18,56	-0,09	-0,19	-0,41	-0,41	-0,39
12/01 17:00	15,58	17,01	18,61	18,71	18,94	15,46	16,78	18,19	18,29	18,52	-0,12	-0,22	-0,42	-0,42	-0,41
12/01 18:00	15,59	16,84	18,26	18,39	18,78	15,44	16,59	17,87	17,97	18,36	-0,14	-0,25	-0,38	-0,42	-0,41
12/01 19:00	15,60	16,85	18,06	18,19	18,69	15,43	16,56	17,68	17,76	18,25	-0,16	-0,28	-0,38	-0,43	-0,43
12/01 20:00	15,61	16,98	17,89	18,02	18,60	15,43	16,67	17,51	17,58	18,14	-0,18	-0,31	-0,37	-0,43	-0,45
12/01 21:00	15,59	16,94	17,72	17,84	18,49	15,41	16,62	17,35	17,41	18,02	-0,18	-0,32	-0,37	-0,43	-0,46
12/01 22:00	15,55	16,84	17,54	17,66	18,37	15,37	16,53	17,19	17,23	17,90	-0,17	-0,31	-0,35	-0,42	-0,46
12/01 23:00	15,51	16,76	17,38	17,49	18,25	15,34	16,45	17,03	17,07	17,78	-0,17	-0,30	-0,35	-0,42	-0,47
12/01 24:00	15,47	16,47	17,23	17,33	18,13	15,29	16,18	16,89	16,92	17,65	-0,17	-0,29	-0,34	-0,41	-0,47

Anexo D - Tabelas Temperaturas Edifícios de Baixa Eficiência – 5 cm espessura *Micronal®*

Tabela 37 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	14,34	15,05	15,41	15,50	16,01	13,92	14,43	14,77	14,79	15,16	-0,41	-0,62	-0,64	-0,71	-0,85
01/01 02:00	14,32	14,94	15,31	15,40	15,95	13,89	14,32	14,67	14,68	15,09	-0,43	-0,61	-0,64	-0,72	-0,86
01/01 03:00	14,32	14,89	15,26	15,35	15,91	13,87	14,27	14,59	14,61	15,03	-0,45	-0,62	-0,66	-0,74	-0,87
01/01 04:00	14,29	14,83	15,20	15,29	15,85	13,83	14,21	14,53	14,54	14,97	-0,46	-0,62	-0,67	-0,75	-0,88
01/01 05:00	14,26	14,76	15,12	15,21	15,79	13,79	14,14	14,44	14,45	14,90	-0,47	-0,61	-0,68	-0,76	-0,89
01/01 06:00	14,22	14,68	15,04	15,13	15,72	13,73	14,07	14,35	14,36	14,82	-0,48	-0,61	-0,69	-0,77	-0,89
01/01 07:00	14,16	14,60	14,94	15,04	15,64	13,67	13,99	14,26	14,27	14,74	-0,49	-0,61	-0,69	-0,77	-0,90
01/01 08:00	14,12	14,63	14,88	14,98	15,59	13,62	14,02	14,18	14,19	14,68	-0,49	-0,61	-0,69	-0,78	-0,91
01/01 09:00	14,08	14,78	15,01	15,09	15,63	13,58	14,13	14,27	14,28	14,70	-0,49	-0,64	-0,74	-0,81	-0,93
01/01 10:00	14,05	14,93	15,23	15,28	15,74	13,56	14,26	14,43	14,44	14,78	-0,49	-0,67	-0,79	-0,84	-0,95
01/01 11:00	14,04	15,21	15,79	15,76	16,06	13,55	14,49	14,85	14,85	15,04	-0,48	-0,71	-0,94	-0,91	-1,02
01/01 12:00	14,02	15,27	16,02	15,98	16,19	13,55	14,57	15,05	15,05	15,17	-0,47	-0,70	-0,98	-0,93	-1,02
01/01 13:00	14,01	15,31	16,22	16,17	16,32	13,56	14,63	15,24	15,26	15,31	-0,45	-0,67	-0,98	-0,91	-1,01
01/01 14:00	14,01	15,33	16,29	16,25	16,36	13,58	14,68	15,34	15,37	15,40	-0,42	-0,64	-0,95	-0,87	-0,96
01/01 15:00	14,01	15,34	16,26	16,24	16,34	13,60	14,72	15,35	15,40	15,43	-0,40	-0,62	-0,90	-0,83	-0,91
01/01 16:00	14,02	15,31	16,17	16,18	16,29	13,62	14,71	15,32	15,38	15,43	-0,39	-0,60	-0,85	-0,79	-0,86
01/01 17:00	14,02	15,26	16,09	16,12	16,25	13,64	14,67	15,29	15,36	15,42	-0,37	-0,58	-0,80	-0,76	-0,82
01/01 18:00	14,03	15,14	15,85	15,92	16,12	13,66	14,57	15,13	15,20	15,34	-0,36	-0,57	-0,72	-0,71	-0,78
01/01 19:00	14,04	15,16	15,69	15,78	16,04	13,69	14,59	15,03	15,09	15,28	-0,35	-0,56	-0,66	-0,68	-0,76
01/01 20:00	14,07	15,33	15,59	15,68	15,99	13,72	14,76	14,96	15,02	15,24	-0,34	-0,57	-0,63	-0,66	-0,75
01/01 21:00	14,11	15,36	15,52	15,61	15,97	13,75	14,78	14,91	14,95	15,21	-0,35	-0,58	-0,61	-0,66	-0,76
01/01 22:00	14,14	15,37	15,46	15,56	15,94	13,78	14,76	14,85	14,89	15,16	-0,36	-0,60	-0,61	-0,64	-0,78
01/01 23:00	14,16	15,35	15,39	15,49	15,90	13,79	14,74	14,79	14,81	15,11	-0,36	-0,60	-0,61	-0,67	-0,79
01/01 24:00	14,16	15,12	15,32	15,41	15,86	13,78	14,52	14,72	14,74	15,06	-0,37	-0,60	-0,61	-0,67	-0,79

Tabela 38 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	10,07	10,94	11,31	11,49	12,07	9,67	10,34	10,66	10,81	11,26	-0,40	-0,60	-0,65	-0,69	-0,81
02/01 02:00	10,01	10,86	11,27	11,46	12,02	9,66	10,28	10,62	10,75	11,20	-0,41	-0,58	-0,66	-0,71	-0,82
02/01 03:00	10,04	10,81	11,23	11,41	11,97	9,63	10,23	10,56	10,69	11,14	-0,41	-0,58	-0,66	-0,73	-0,83
02/01 04:00	10,00	10,75	11,17	11,35	11,90	9,59	10,18	10,50	10,62	11,07	-0,41	-0,56	-0,68	-0,73	-0,83
02/01 05:00	9,97	10,70	11,11	11,30	11,84	9,56	10,14	10,44	10,56	11,01	-0,42	-0,56	-0,68	-0,74	-0,84
02/01 06:00	9,94	10,66	11,06	11,25	11,79	9,52	10,11	10,39	10,50	10,95	-0,42	-0,55	-0,67	-0,75	-0,84
02/01 07:00	9,89	10,61	10,99	11,17	11,72	9,48	10,06	10,32	10,43	10,88	-0,42	-0,54	-0,67	-0,75	-0,84
02/01 08:00	9,86	10,66	10,95	11,13	11,67	9,44	10,11	10,28	10,38	10,82	-0,41	-0,55	-0,67	-0,75	-0,85
02/01 09:00:	9,85	10,92	11,14	11,29	11,75	9,44	10,33	10,42	10,51	10,88	-0,40	-0,590	-0,72	-0,78	-0,87
02/01 10:00	9,87	11,29	11,55	11,65	11,99	9,48	10,65	10,75	10,83	11,08	-0,39	-0,65	-0,80	-0,81	-0,91
02/01 11:00	9,90	11,54	11,95	12,01	12,22	9,52	10,86	11,09	11,17	11,28	-0,38	-0,68	-0,87	-0,84	-0,95
02/01 12:00	9,94	11,56	12,02	12,07	12,24	9,58	10,91	11,18	11,26	11,33	-0,35	-0,65	-0,84	-0,81	-0,91
02/01 13:00	9,98	11,57	12,07	12,14	12,26	9,66	10,98	11,29	11,38	11,40	-0,33	-0,60	-0,78	-0,76	-0,86
02/01 14:00	10,05	11,74	12,48	12,52	12,51	9,75	11,16	11,67	11,78	11,65	-0,30	-0,58	-0,81	-0,74	-0,87
02/01 15:00	10,14	11,88	12,73	12,76	12,67	9,86	11,31	11,91	12,03	11,81	-0,28	-0,57	-0,82	-0,72	-0,86
02/01 16:00	10,19	11,87	12,60	12,66	12,59	9,93	11,32	11,85	11,99	11,80	-0,26	-0,55	-0,75	-0,68	-0,80
02/01 17:00	10,23	11,82	12,46	12,55	12,52	9,99	11,29	11,78	11,92	11,78	-0,23	-0,52	-0,68	-0,63	-0,74
02/01 18:00	10,27	11,71	12,26	12,38	12,42	10,06	11,21	11,66	11,79	11,73	-0,21	-0,50	-0,60	-0,58	-0,69
02/01 19:00	10,31	11,71	12,12	12,26	12,35	10,12	11,23	11,58	11,71	11,69	-0,19	-0,48	-0,54	-0,54	-0,66
02/01 20:00	10,36	11,89	12,04	12,18	12,32	10,18	11,41	11,55	11,66	11,67	-0,17	-0,48	-0,50	-0,52	-0,65
02/01 21:00	10,41	11,92	11,99	12,14	12,31	10,25	11,43	11,52	11,63	11,66	-0,16	-0,49	-0,47	-0,51	-0,65
02/01 22:00	10,47	11,94	11,97	12,10	12,29	10,30	11,45	11,50	11,59	11,65	-0,17	-0,49	-0,46	-0,51	-0,65
02/01 23:00	10,52	11,95	11,94	12,07	12,29	10,35	11,45	11,48	11,56	11,63	-0,17	-0,501	-0,46	-0,51	-0,66
02/01 24:00	10,57	11,75	11,91	12,03	12,27	10,39	11,26	11,44	11,52	11,61	-0,18	-0,50	-0,47	-0,52	-0,66

Tabela 39 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	14,96	15,98	16,44	16,58	16,99	14,80	15,53	15,97	16,05	16,35	-0,16	-0,46	-0,47	-0,53	-0,64
03/01 02:00	14,93	15,83	16,31	16,45	16,91	14,76	15,39	15,83	15,90	16,26	-0,17	-0,45	-0,48	-0,55	-0,65
03/01 03:00	14,91	15,72	16,19	16,33	16,84	14,72	15,27	15,69	15,76	16,17	-0,19	-0,45	-0,50	-0,57	-0,67
03/01 04:00	14,84	15,56	16,01	16,15	16,73	14,63	15,12	15,51	15,57	16,06	-0,21	-0,44	-0,50	-0,58	-0,67
03/01 05:00	14,72	15,37	15,80	15,94	16,59	14,51	14,94	15,30	15,36	15,91	-0,21	-0,42	-0,50	-0,58	-0,67
03/01 06:00	14,64	15,20	15,62	15,76	16,47	14,41	14,78	15,10	15,16	15,79	-0,23	-0,42	-0,51	-0,60	-0,69
03/01 07:00	14,54	15,06	15,46	15,61	16,36	14,30	14,64	14,94	14,99	15,66	-0,24	-0,41	-0,52	-0,61	-0,69
03/01 08:00	14,49	15,42	15,55	15,68	16,35	14,24	14,94	14,99	15,04	15,65	-0,25	-0,48	-0,56	-0,64	-0,71
03/01 09:00	14,45	16,00	15,95	16,04	16,55	14,23	15,39	15,30	15,34	15,79	-0,27	-0,61	-0,66	-0,70	-0,76
03/01 10:00	14,51	16,41	16,50	16,52	16,86	14,23	15,73	15,71	15,75	16,03	-0,28	-0,69	-0,79	-0,77	-0,83
03/01 11:00	14,53	16,65	17,10	17,06	17,22	14,26	15,95	16,18	16,24	16,34	-0,27	-0,70	-0,92	-0,83	-0,88
03/01 12:00	14,56	16,74	17,66	17,58	17,57	14,30	16,07	16,66	16,74	16,66	-0,26	-0,67	-1,01	-0,85	-0,91
03/01 13:00	14,59	16,76	17,99	17,91	17,79	14,35	16,14	16,96	17,09	16,90	-0,24	-0,62	-1,03	-0,82	-0,89
03/01 14:00	14,64	16,81	18,47	18,37	18,11	14,41	16,23	17,40	17,57	17,22	-0,23	-0,58	-1,07	-0,80	-0,88
03/01 15:00	14,69	16,92	18,71	18,64	18,28	14,48	16,37	17,65	17,87	17,44	-0,21	-0,55	-1,06	-0,77	-0,84
03/01 16:00	14,73	16,98	18,67	18,65	18,29	14,53	16,45	17,68	17,93	17,53	-0,20	-0,53	-0,99	-0,73	-0,76
03/01 17:00	14,74	16,86	18,26	18,33	18,07	14,55	16,34	17,42	17,69	17,43	-0,18	-0,51	-0,85	-0,65	-0,64
03/01 18:00	14,75	16,63	17,80	17,95	17,85	14,59	16,16	17,12	17,38	17,30	-0,16	-0,48	-0,68	-0,56	-0,55
03/01 19:00	14,77	16,54	17,47	17,66	17,71	14,63	16,09	16,90	17,15	17,21	-0,14	-0,45	-0,56	-0,51	-0,50
03/01 20:00	14,81	16,65	17,26	17,46	17,64	14,68	16,19	16,76	16,97	17,15	-0,13	-0,46	-0,50	-0,49	-0,49
03/01 21:00	14,84	16,59	17,07	17,28	17,57	14,71	16,13	16,61	16,80	17,07	-0,12	-0,45	-0,46	-0,48	-0,50
03/01 22:00	14,87	16,52	16,93	17,14	17,52	14,74	16,07	16,49	16,65	16,99	-0,13	-0,46	-0,44	-0,48	-0,52
03/01 23:00	14,90	16,48	16,82	17,02	17,47	14,76	16,01	16,37	16,52	16,92	-0,15	-0,46	-0,45	-0,51	-0,55
03/01 24:00	14,92	16,22	16,71	16,90	17,41	14,75	15,75	16,25	16,38	16,84	-0,17	-0,47	-0,46	-0,53	-0,57

Tabela 40 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	18,45	19,79	19,86	20,09	20,33	18,32	19,24	19,46	19,62	19,80	-0,13	-0,55	-0,39	-0,47	-0,53
04/01 02:00	18,44	19,63	19,73	19,96	20,26	18,29	19,10	19,33	19,47	19,72	-0,15	-0,53	-0,40	-0,48	-0,54
04/01 03:00	18,41	19,47	19,59	19,81	20,17	18,23	18,96	19,17	19,30	19,63	-0,17	-0,52	-0,42	-0,51	-0,55
04/01 04:00	18,36	19,32	19,44	19,66	20,08	18,16	18,81	19,00	19,12	19,52	-0,20	-0,51	-0,44	-0,53	-0,57
04/01 05:00	18,30	19,16	19,28	19,49	19,98	18,07	18,65	18,82	18,93	19,40	-0,22	-0,51	-0,46	-0,56	-0,58
04/01 06:00	18,22	18,99	19,10	19,31	19,88	17,98	18,50	18,63	18,74	19,29	-0,24	-0,50	-0,47	-0,57	-0,59
04/01 07:00	18,15	19,02	19,02	19,22	19,80	17,90	18,50	18,53	18,63	19,21	-0,25	-0,51	-0,49	-0,59	-0,60
04/01 08:00	18,08	19,16	18,99	19,19	19,76	17,81	18,62	18,48	18,58	19,15	-0,27	-0,54	-0,51	-0,61	-0,61
04/01 09:00	18,02	19,25	19,04	19,22	19,75	17,74	18,67	18,49	18,58	19,12	-0,28	-0,57	-0,55	-0,64	-0,64
04/01 10:00	17,96	19,29	19,10	19,27	19,76	17,67	18,70	18,52	18,61	19,11	-0,29	-0,59	-0,59	-0,66	-0,66
04/01 11:00	17,90	19,47	19,33	19,47	19,87	17,62	18,85	18,68	18,77	19,18	-0,29	-0,62	-0,65	-0,70	-0,69
04/01 12:00	17,85	19,58	19,62	19,73	20,03	17,57	18,93	18,89	18,99	19,30	-0,29	-0,65	-0,73	-0,74	-0,74
04/01 13:00	17,80	19,59	19,94	20,01	20,23	17,53	18,95	19,12	19,23	19,45	-0,27	-0,64	-0,81	-0,78	-0,78
04/01 14:00	17,76	19,62	20,20	20,25	20,38	17,50	18,99	19,33	19,45	19,58	-0,26	-0,63	-0,87	-0,80	-0,80
04/01 15:00	17,74	19,68	20,31	20,36	20,45	17,49	19,06	19,44	19,57	19,66	-0,24	-0,63	-0,87	-0,79	-0,79
04/01 16:00	17,72	19,65	20,12	20,22	20,34	17,49	19,03	19,33	19,46	19,61	-0,23	-0,62	-0,80	-0,75	-0,73
04/01 17:00	17,72	19,41	19,75	19,90	20,14	17,50	18,83	19,07	19,21	19,48	-0,22	-0,58	-0,68	-0,69	-0,66
04/01 18:00	17,73	19,28	19,53	19,70	20,03	17,51	18,72	18,93	19,05	19,40	-0,22	-0,56	-0,60	-0,65	-0,63
04/01 19:00	17,75	19,22	19,35	19,53	19,94	17,53	18,66	18,79	18,90	19,32	-0,22	-0,55	-0,55	-0,63	-0,62
04/01 20:00	17,78	19,34	19,22	19,40	19,89	17,54	18,77	18,69	18,77	19,26	-0,23	-0,57	-0,53	-0,63	-0,63
04/01 21:00	17,80	19,32	19,12	19,30	19,84	17,55	18,74	18,60	18,67	19,19	-0,25	-0,58	-0,52	-0,63	-0,65
04/01 22:00	17,79	19,24	19,01	19,18	19,77	17,53	18,66	18,49	18,55	19,11	-0,26	-0,58	-0,51	-0,63	-0,66
04/01 23:00	17,79	19,18	18,91	19,08	19,71	17,51	18,59	18,39	18,43	19,03	-0,28	-0,59	-0,52	-0,65	-0,68
04/01 24:00	17,76	18,90	18,81	18,96	19,64	17,46	18,32	18,27	18,30	18,94	-0,30	-0,58	-0,54	-0,67	-0,70

Tabela 41 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	21,79	22,82	22,48	22,62	22,99	21,70	22,38	22,26	22,34	22,64	-0,08	-0,45	-0,22	-0,29	-0,34
05/01 02:00	21,75	22,62	22,32	22,46	22,90	21,63	22,19	22,09	22,15	22,54	-0,11	-0,43	-0,24	-0,31	-0,36
05/01 03:00	21,67	22,41	22,13	22,27	22,79	21,53	21,99	21,88	21,93	22,42	-0,14	-0,42	-0,26	-0,34	-0,36
05/01 04:00	21,55	22,17	21,91	22,04	22,65	21,39	21,77	21,64	21,68	22,28	-0,16	-0,40	-0,27	-0,36	-0,37
05/01 05:00	21,45	21,97	21,73	21,87	22,54	21,26	21,58	21,44	21,48	22,15	-0,19	-0,39	-0,29	-0,39	-0,39
05/01 06:00	21,35	22,14	21,59	21,72	22,45	21,15	21,70	21,29	21,32	22,06	-0,20	-0,44	-0,30	-0,40	-0,39
05/01 07:00	21,30	22,78	21,61	21,73	22,46	21,07	22,17	21,27	21,30	22,04	-0,22	-0,61	-0,34	-0,43	-0,41
05/01 08:00	21,24	23,09	21,71	21,82	22,48	21,00	22,43	21,32	21,36	22,05	-0,24	-0,67	-0,38	-0,46	-0,44
05/01 09:00	21,19	23,41	21,82	21,92	22,52	20,96	22,69	21,41	21,46	22,07	-0,23	-0,71	-0,41	-0,46	-0,45
05/01 10:00	21,15	23,63	22,02	22,11	22,59	20,94	22,90	21,58	21,66	22,13	-0,21	-0,73	-0,44	-0,45	-0,45
05/01 11:00	21,14	23,73	22,32	22,40	22,74	20,96	23,02	21,83	21,95	22,27	-0,18	-0,71	-0,50	-0,45	-0,48
05/01 12:00	21,13	23,67	22,61	22,68	22,93	20,98	23,03	22,07	22,25	22,43	-0,15	-0,64	-0,54	-0,43	-0,50
05/01 13:00	21,13	23,59	22,89	22,95	23,10	21,01	23,03	22,32	22,56	22,59	-0,12	-0,56	-0,56	-0,39	-0,51
05/01 14:00	21,17	23,68	23,08	23,18	23,23	21,07	23,15	22,52	22,82	22,73	-0,10	-0,53	-0,57	-0,36	-0,50
05/01 15:00	21,22	23,84	23,18	23,31	23,30	21,13	23,32	22,63	22,98	22,83	-0,09	-0,53	-0,55	-0,33	-0,47
05/01 16:00	21,29	23,98	23,15	23,33	23,30	21,20	23,44	22,64	23,03	22,86	-0,08	-0,54	-0,51	-0,30	-0,44
05/01 17:00	21,36	24,03	23,08	23,30	23,29	21,28	23,47	22,63	23,03	22,88	-0,08	-0,56	-0,46	-0,28	-0,41
05/01 18:00	21,44	23,94	23,02	23,27	23,28	21,37	23,37	22,62	23,00	22,88	-0,07	-0,57	-0,40	-0,27	-0,40
05/01 19:00	21,51	23,74	22,87	23,13	23,23	21,46	23,20	22,54	22,88	22,84	-0,05	-0,55	-0,33	-0,26	-0,39
05/01 20:00	21,58	23,73	22,71	22,98	23,17	21,55	23,21	22,45	22,73	22,79	-0,04	-0,53	-0,27	-0,25	-0,39
05/01 21:00	21,66	23,64	22,61	22,87	23,14	21,63	23,11	22,38	22,61	22,75	-0,03	-0,52	-0,23	-0,26	-0,39
05/01 22:00	21,74	23,54	22,52	22,76	23,11	21,70	23,02	22,31	22,50	22,71	-0,04	-0,51	-0,21	-0,27	-0,40
05/01 23:00	21,80	23,45	22,46	22,68	23,09	21,75	22,94	22,25	22,39	22,67	-0,06	-0,51	-0,21	-0,29	-0,42
05/01 24:00	21,83	23,14	22,36	22,57	23,03	21,74	22,65	22,14	22,26	22,61	-0,08	-0,50	-0,2203	-0,31	-0,42

Tabela 42 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	23,43	24,17	2360	23,62	23,93	23,44	23,85	23,53	23,50	23,74	0,01	-0,32	-0,07	-0,11	-0,19
06/01 02:00	23,42	24,00	23,50	23,51	23,88	23,39	23,70	23,41	23,38	23,67	-0,02	-0,31	-0,09	-0,14	-0,20
06/01 03:00	23,40	23,88	23,40	23,42	23,83	23,34	23,56	23,28	23,24	23,60	-0,07	-0,32	-0,13	-0,18	-0,22
06/01 04:00	23,35	23,72	23,27	23,29	23,75	23,24	23,40	23,11	23,08	23,51	-0,11	-0,32	-0,16	-0,21	-0,24
06/01 05:00	23,27	23,57	23,13	23,16	23,66	23,13	23,25	22,94	22,91	23,41	-0,14	-0,32	-0,19	-0,25	-0,25
06/01 06:00	23,19	23,46	23,03	23,06	23,59	23,02	23,14	22,83	22,80	23,34	-0,172	-0,32	-0,20	-0,26	-0,26
06/01 07:00	23,09	23,40	22,98	23,01	23,54	22,91	23,09	22,76	22,74	23,28	-0,18	-0,31	-0,22	-0,27	-0,26
06/01 08:00	23,03	23,50	23,02	23,04	23,53	22,82	23,17	22,77	22,74	23,26	-0,20	-0,33	-0,25	-0,30	-0,27
06/01 09:00	22,98	23,58	23,09	23,11	23,54	22,75	23,23	22,80	22,78	23,25	-0,27	-0,35	-0,29	-0,33	-0,29
06/01 10:00	22,92	23,68	23,17	23,18	23,56	22,69	23,31	22,86	22,83	23,26	-0,24	-0,37	-0,31	-0,35	-0,29
06/01 11:00	22,85	23,69	23,20	23,21	23,54	22,62	23,33	22,88	22,86	23,26	-0,23	-0,36	-0,32	-0,35	-0,29
06/01 12:00	22,77	23,74	23,23	23,24	23,54	22,57	23,39	22,92	22,90	23,27	-0,20	-0,35	-0,31	-0,34	-0,27
06/01 13:00	22,69	23,65	23,17	23,19	23,48	22,52	23,35	22,90	22,88	23,23	-0,17	-0,30	-0,28	-0,31	-0,25
06/01 14:00	22,63	23,64	23,15	23,18	23,45	22,49	23,36	22,89	22,88	23,22	-0,14	-0,28	-0,26	-0,29	-0,23
06/01 15:00	22,58	23,70	23,17	23,19	23,46	22,47	23,42	22,92	22,91	23,22	-0,12	-0,28	-0,25	-0,28	-0,24
06/01 16:00	22,55	23,73	23,18	23,20	23,46	22,45	23,44	22,93	22,93	23,22	-0,10	-0,29	-0,24	-0,27	-0,24
06/01 17:00	22,51	23,71	23,14	23,16	23,43	22,43	23,41	22,91	22,90	23,18	-0,08	-0,230	-0,24	-0,26	-0,25
06/01 18:00	22,48	23,61	23,07	23,09	23,38	22,41	23,31	22,84	22,84	23,12	-0,07	-0,30	-0,22	-0,25	-0,26
06/01 19:00	22,45	23,55	22,95	22,98	23,31	22,39	23,24	22,74	22,73	23,04	-0,06	-0,30	-0,21	-0,25	-0,27
06/01 20:00	22,44	23,60	22,80	22,85	23,23	22,37	23,29	22,61	22,60	22,94	-0,07	-0,32	-0,20	-0,24	-0,29
06/01 21:00	22,42	23,52	22,67	22,72	23,16	22,34	23,19	22,48	22,48	22,86	-0,07	-0,33	-0,19	-0,24	-0,31
06/01 22:00	22,40	23,42	22,56	22,61	23,10	22,31	23,08	22,37	22,37	22,78	-0,08	-0,33	-0,19	-0,25	-0,32
06/01 23:00	22,378	23,32	22,46	22,52	23,04	22,28	22,98	22,27	22,26	22,70	-0,10	-0,34	-0,20	-0,26	-0,34
06/01 24:00	22,354	23,04	22,37	22,43	22,97	22,23	22,69	22,16	22,15	22,62	-0,13	-0,35	-0,21	-0,27	-0,35

Tabela 43 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	26,02	26,96	25,98	26,20	26,58	25,97	26,54	25,88	26,02	26,29	-0,05	-0,42	-0,10	-0,18	-0,28
07/01 02:00	26,00	26,80	25,92	26,13	26,52	25,93	26,41	25,79	25,93	26,24	-0,08	-0,40	-0,13	-0,19	-0,28
07/01 03:00	25,95	26,65	25,81	26,01	26,45	25,85	26,27	25,68	25,79	26,17	-0,10	-0,38	-0,13	-0,21	-0,28
07/01 04:00	25,88	26,49	25,71	25,91	26,37	25,75	26,13	25,55	25,66	26,10	-0,13	-0,36	-0,16	-0,25	-0,28
07/01 05:00	25,79	26,34	25,60	25,79	26,29	25,64	25,99	25,42	25,51	26,01	-0,15	-0,35	-0,19	-0,28	-0,28
07/01 06:00	25,70	26,53	25,52	25,70	26,23	25,53	26,12	25,34	25,43	25,95	-0,17	-0,41	-0,19	-0,28	-0,28
07/01 07:00	25,65	27,08	25,55	25,73	26,25	25,46	26,53	25,34	25,42	25,95	-0,19	-0,55	-0,22	-0,30	-0,30
07/01 08:00	25,60	27,51	25,63	25,79	26,28	25,40	26,87	25,39	25,47	25,97	-0,19	-0,64	-0,25	-0,32	-0,31
07/01 09:00	25,55	27,78	25,74	25,88	26,32	25,37	27,10	25,47	25,56	26,01	-0,18	-0,68	-0,27	-0,32	-0,31
07/01 10:00	25,51	27,96	25,86	26,00	26,37	25,37	27,28	25,59	25,70	26,06	-0,15	-0,68	-0,28	-0,30	-0,31
07/01 11:00	25,50	28,00	26,07	26,20	26,47	25,39	27,36	25,77	25,93	26,16	-0,11	-0,64	-0,30	-0,27	-0,31
07/01 12:00	25,50	27,99	26,28	26,41	26,60	25,42	27,40	25,96	26,17	26,28	-0,08	-0,59	-0,32	-0,24	-0,32
07/01 13:00	25,52	27,93	26,49	26,63	26,73	25,47	27,41	26,16	26,43	26,41	-0,05	-0,52	-0,33	-0,20	-0,32
07/01 14:00	25,56	28,01	26,65	26,81	26,84	25,53	27,52	26,32	26,64	26,52	-0,03	-0,50	-0,33	-0,17	-0,32
07/01 15:00	25,61	28,12	26,74	26,92	26,90	25,60	27,64	26,43	26,79	26,60	-0,01	-0,49	-0,31	-0,14	-0,30
07/01 16:00	25,68	28,23	26,73	26,95	26,91	25,68	27,74	26,45	26,84	26,64	0,00	-0,49	-0,28	-0,11	-0,27
07/01 17:00	25,77	28,29	26,74	26,99	26,94	25,78	27,80	26,50	26,89	26,69	0,01	-0,49	-0,24	-0,10	-0,26
07/01 18:00	25,85	28,25	26,74	27,01	26,96	25,87	27,75	26,53	26,92	26,71	0,02	-0,50	-0,21	-0,09	-0,25
07/01 19:00	25,93	28,18	26,69	26,96	26,96	25,97	27,68	26,53	26,87	26,71	0,03	-0,50	-0,16	-0,09	-0,25
07/01 20:00	26,02	28,15	26,59	26,87	26,92	26,06	27,67	26,49	26,78	26,68	0,04	-0,48	-0,10	-0,09	-0,24
07/01 21:00	26,10	28,03	26,52	26,78	26,90	26,15	27,57	26,46	26,69	26,66	0,05	-0,46	-0,06	-0,10	-0,24
07/01 22:00	26,17	27,92	26,46	26,71	26,89	26,23	27,48	26,43	26,60	26,65	0,06	-0,44	-0,03	-0,10	-0,24
07/01 23:00	26,26	27,87	26,45	26,67	26,89	26,30	27,42	26,42	26,54	26,64	0,04	-0,44	-0,03	-0,13	-0,25
07/01 24:00	26,32	27,60	26,42	26,62	26,87	26,33	27,17	26,38	26,47	26,62	0,01	-0,43	-0,04	-0,15	-0,25

Tabela 44 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	26,74	27,75	26,89	27,12	27,54	26,66	27,26	26,74	26,88	27,17	-0,08	-0,49	-0,15	-0,24	-0,37
08/01 02:00	26,74	27,61	26,86	27,07	27,50	26,63	27,16	26,70	26,82	27,14	-0,10	-0,45	-0,16	-0,25	-0,36
08/01 03:00	26,69	27,49	26,80	27,01	27,44	26,57	27,07	26,63	26,75	27,10	-0,12	-0,42	-0,17	-0,26	-0,34
08/01 04:00	26,63	27,36	26,74	26,93	27,37	26,49	26,98	26,55	26,66	27,04	-0,14	-0,38	-0,18	-0,27	-0,33
08/01 05:00	26,54	27,24	26,66	26,85	27,29	26,39	26,88	26,46	26,56	26,98	-0,15	-0,36	-0,20	-0,29	-0,31
08/01 06:00	26,46	27,53	26,58	26,76	27,24	26,30	27,14	26,37	26,46	26,93	-0,16	-0,39	-0,20	-0,30	-0,30
08/01 07:00	26,43	28,29	26,63	26,80	27,27	26,25	27,70	26,38	26,46	26,95	-0,18	-0,59	-0,24	-0,33	-0,33
08/01 08:00	26,36	28,57	26,71	26,86	27,30	26,18	27,91	26,44	26,52	26,96	-0,17	-0,66	-0,27	-0,34	-0,34
08/01 09:00	26,32	28,84	26,81	26,96	27,34	26,17	28,16	26,53	26,63	27,01	-0,14	-0,69	-0,28	-0,33	-0,33
08/01 10:00	26,32	29,09	26,99	27,12	27,42	26,21	28,39	26,69	26,82	27,09	-0,11	-0,70	-0,30	-0,30	-0,33
08/01 11:00	26,35	29,18	27,24	27,36	27,57	26,28	28,52	26,92	27,09	27,23	-0,07	-0,66	-0,32	-0,27	-0,34
08/01 12:00	26,39	29,16	27,56	27,68	27,77	26,36	28,54	27,21	27,44	27,41	-0,03	-0,60	-0,35	-0,24	-0,36
08/01 13:00	26,45	29,10	27,88	27,99	27,98	26,45	28,58	27,50	27,80	27,61	-0,00	-0,52	-0,37	-0,20	-0,37
08/01 14:00	26,55	29,18	28,12	28,26	28,14	26,56	28,70	27,74	28,09	27,78	0,01	-0,49	-0,38	-0,17	-0,36
08/01 15:00	26,67	29,36	28,26	28,43	28,25	26,69	28,88	27,90	28,30	27,90	0,02	-0,48	-0,36	-0,13	-0,34
08/01 16:00	26,77	29,52	28,28	28,49	28,28	26,79	29,03	27,96	28,39	27,98	0,02	-0,49	-0,33	-0,10	-0,30
08/01 17:00	26,87	29,60	28,26	28,51	28,30	26,90	29,10	27,98	28,43	28,04	0,03	-0,50	-0,28	-0,08	-0,27
08/01 18:00	26,96	29,54	28,23	28,51	28,32	27,01	29,04	28,00	28,44	28,08	0,05	-0,50	-0,23	-0,07	-0,25
08/01 19:00	27,05	29,38	28,15	28,45	28,30	27,11	28,91	27,99	28,39	28,08	0,07	-0,47	-0,16	-0,05	-0,22
08/01 20:00	27,14	29,39	28,06	28,35	28,27	27,22	28,95	27,96	28,31	28,07	0,09	-0,44	-0,10	-0,04	-0,20
08/01 21:00	27,24	29,33	28,01	28,29	28,28	27,34	28,91	27,96	28,25	28,08	0,10	-0,42	-0,04	-0,04	-0,20
08/01 22:00	27,33	29,26	27,97	28,24	28,27	27,43	28,85	27,95	28,20	28,09	0,11	-0,40	-0,02	-0,04	-0,19
08/01 23:00	27,41	29,20	27,95	28,20	28,28	27,51	28,81	27,94	28,14	28,09	0,10	-0,39	-0,01	-0,06	-0,19
08/01 24:00	27,47	28,93	27,91	28,14	28,26	27,55	28,56	27,90	28,07	28,08	0,08	-0,37	-0,02	-0,07	-0,18

Tabela 45 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	26,40	26,93	26,83	26,86	27,54	26,33	26,58	26,63	26,52	27,11	-0,07	-0,35	-0,21	-0,34	-0,44
09/01 02:00	26,40	26,80	26,75	26,77	27,48	26,28	26,45	26,50	26,39	27,03	-0,11	-0,35	-0,25	-0,38	-0,45
09/01 03:00	26,36	26,68	26,66	26,67	27,41	26,20	26,32	26,37	26,27	26,93	-0,16	-0,36	-0,29	-0,41	-0,47
09/01 04:00	26,30	26,54	26,53	26,55	27,32	26,09	26,18	26,20	26,10	26,82	-0,20	-0,37	-0,33	-0,45	-0,49
09/01 05:00	26,22	26,41	26,40	26,42	27,22	25,97	26,03	26,03	25,94	26,70	-0,25	-0,38	-0,37	-0,48	-0,51
09/01 06:00	26,12	26,27	26,27	26,29	27,11	25,84	25,88	25,88	25,79	26,58	-0,29	-0,39	-0,39	-0,50	-0,53
09/01 07:00	26,03	26,38	26,19	26,22	27,05	25,72	25,94	25,78	25,69	26,50	-0,32	-0,44	-0,42	-0,53	-0,55
09/01 08:00	25,94	26,70	26,23	26,25	27,03	25,61	26,20	25,78	25,70	26,47	-0,33	-0,51	-0,45	-0,55	-0,57
09/01 09:00	25,87	26,86	26,37	26,38	27,05	25,54	26,33	25,88	25,81	26,48	-0,33	-0,53	-0,48	-0,57	-0,58
09/01 10:00	25,84	27,17	26,68	26,66	27,19	25,52	26,60	26,13	26,06	26,59	-0,37	-0,57	-0,54	-0,59	-0,59
09/01 11:00	25,80	27,46	27,09	27,03	27,42	25,51	26,88	26,47	26,42	26,80	-0,30	-0,58	-0,62	-0,61	-0,62
09/01 12:00	25,77	27,59	27,55	27,45	27,68	25,51	27,04	26,88	26,85	27,04	-0,26	-0,54	-0,67	-0,60	-0,63
09/01 13:00	25,77	27,65	27,77	27,68	27,79	25,56	27,17	27,12	27,13	27,20	-0,21	-0,49	-0,65	-0,55	-0,60
09/01 14:00	25,79	27,79	27,95	27,87	27,88	25,62	27,34	27,34	27,37	27,33	-0,17	-0,45	-0,61	-0,50	-0,55
09/01 15:00	25,82	27,91	27,99	27,94	27,91	25,69	27,45	27,43	27,50	27,40	-0,13	-0,43	-0,56	-0,44	-0,50
09/01 16:00	25,85	27,93	27,91	27,90	27,87	25,75	27,51	27,42	27,51	27,42	-0,10	-0,42	-0,49	-0,39	-0,45
09/01 17:00	25,87	27,84	27,73	27,76	27,79	25,81	27,44	27,32	27,43	27,39	-0,06	-0,39	-0,41	-0,33	-0,41
09/01 18:00	25,91	27,68	27,55	27,61	27,72	25,88	27,30	27,20	27,31	27,33	-0,03	-0,38	-0,35	-0,30	-0,39
09/01 19:00	25,97	27,63	27,42	27,50	27,67	25,95	27,25	27,11	27,22	27,28	-0,02	-0,38	-0,31	-0,28	-0,39
09/01 20:00	26,05	27,74	27,31	27,40	27,64	26,03	27,34	27,03	27,13	27,23	-0,02	-0,40	-0,28	-0,27	-0,41
09/01 21:00	26,13	27,70	27,22	27,31	27,61	26,10	27,29	26,95	27,04	27,19	-0,03	-0,41	-0,27	-0,27	-0,43
09/01 22:00	26,18	27,61	27,11	27,20	27,57	26,14	27,21	26,86	26,93	27,13	-0,04	-0,41	-0,25	-0,27	-0,43
09/01 23:00	26,22	27,54	27,01	27,11	27,52	26,17	27,13	26,76	26,82	27,08	-0,05	-0,41	-0,26	-0,28	-0,45
09/01 24:00	26,25	27,26	26,92	27,01	27,47	26,17	26,85	26,66	26,71	27,02	-0,08	-0,41	-0,27	-0,30	-0,46

Tabela 46 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	25,90	26,62	26,78	26,91	27,52	25,83	26,29	26,39	26,44	26,94	-0,07	-0,33	-0,38	-0,45	-0,58
10/01 02:00	25,82	26,42	26,59	26,73	27,40	25,72	26,08	26,19	26,24	26,80	-0,10	-0,33	-0,40	-0,49	-0,59
10/01 03:00	25,74	26,23	26,40	26,54	27,28	25,61	25,88	25,98	26,02	26,66	-0,13	-0,34	-0,42	-0,52	-0,62
10/01 04:00	25,63	26,02	26,17	26,32	27,13	25,47	25,66	25,74	25,78	26,50	-0,16	-0,35	-0,44	-0,54	-0,64
10/01 05:00	25,50	25,79	25,94	26,09	26,98	25,31	25,43	25,48	25,52	26,32	-0,19	-0,36	-0,45	-0,57	-0,66
10/01 06:00	25,37	25,57	25,70	25,86	26,83	25,14	25,19	25,22	25,26	26,14	-0,23	-0,38	-0,48	-0,60	-0,69
10/01 07:00	25,24	25,42	25,49	25,66	26,68	24,98	25,02	24,99	25,03	25,98	-0,26	-0,40	-0,50	-0,62	-0,70
10/01 08:00	25,16	25,57	25,47	25,63	26,62	24,87	25,12	24,94	24,97	25,89	-0,29	-0,45	-0,53	-0,66	-0,73
10/01 09:00	25,08	25,74	25,58	25,72	26,63	24,75	25,22	24,99	25,02	25,87	-0,32	-0,51	-0,59	-0,70	-0,77
10/01 10:00	24,98	25,82	25,72	25,84	26,66	24,64	25,29	25,08	25,11	25,87	-0,34	-0,54	-0,64	-0,73	-0,79
10/01 11:00	24,90	25,89	25,91	26,01	26,73	24,55	25,34	25,22	25,25	25,92	-0,35	-0,55	-0,70	-0,76	-0,81
10/01 12:00	24,84	26,00	26,30	26,37	26,92	24,49	25,44	25,51	25,56	26,07	-0,35	-0,56	-0,79	-0,81	-0,86
10/01 13:00	24,79	26,06	26,57	26,61	27,07	24,43	25,50	25,72	25,78	26,19	-0,36	-0,56	-0,86	-0,84	-0,88
10/01 14:00	24,73	26,11	26,69	26,73	27,12	24,38	25,55	25,82	25,90	26,25	-0,35	-0,56	-0,87	-0,84	-0,87
10/01 15:00	24,66	26,13	26,67	26,73	27,08	24,33	25,57	25,82	25,91	26,25	-0,33	-0,56	-0,85	-0,82	-0,83
10/01 16:00	24,61	26,15	26,66	26,73	27,07	24,29	25,59	25,83	25,93	26,25	-0,33	-0,56	-0,83	-0,81	-0,82
10/01 17:00	24,56	26,00	26,40	26,51	26,91	24,24	25,45	25,64	25,74	26,13	-0,31	-0,56	-0,75	-0,76	-0,78
10/01 18:00	24,50	25,79	26,06	26,21	26,73	24,20	25,24	25,39	25,49	25,98	-0,30	-0,54	-0,67	-0,72	-0,75
10/01 19:00	24,47	25,65	25,80	25,97	26,60	24,18	25,11	25,19	25,27	25,86	-0,30	-0,54	-0,61	-0,70	-0,74
10/01 20:00	24,45	25,70	25,61	25,78	26,50	24,15	25,16	25,04	25,09	25,75	-0,29	-0,54	-0,57	-0,69	-0,75
10/01 21:00	24,43	25,62	25,46	25,62	26,41	24,13	25,07	24,91	24,93	25,65	-0,30	-0,55	-0,55	-0,69	-0,76
10/01 22:00	24,41	25,53	25,32	25,48	26,32	24,10	24,96	24,78	24,78	25,54	-0,31	-0,57	-0,54	-0,70	-0,79
10/01 23:00	24,35	25,39	25,16	25,31	26,21	24,02	24,83	24,62	24,61	25,41	-0,32	-0,56	-0,54	-0,70	-0,80
10/01 24:00	24,28	25,07	25,01	25,15	26,10	23,94	24,51	24,46	24,45	25,29	-0,34	-0,56	-0,54	-0,71	-0,81

Tabela 47 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,03	19,03	19,88	20,01	20,65	17,69	18,41	19,19	19,24	19,80	-0,34	-0,62	-0,68	-0,77	-0,85
11/01 02:00	18,02	18,92	19,77	19,90	20,57	17,65	18,31	19,07	19,11	19,70	-0,36	-0,61	-0,70	-0,79	-0,87
11/01 03:00	17,99	18,82	19,67	19,80	20,48	17,60	18,21	18,93	18,97	19,59	-0,38	-0,61	-0,74	-0,83	-0,89
11/01 04:00	17,95	18,73	19,56	19,69	20,40	17,54	18,12	18,80	18,84	19,48	-0,40	-0,61	-0,76	-0,85	-0,91
11/01 05:00	17,89	18,64	19,50	19,58	20,30	17,47	18,03	18,67	18,70	19,37	-0,42	-0,61	-0,78	-0,88	-0,93
11/01 06:00	17,83	18,54	19,33	19,46	20,20	17,39	17,93	18,53	18,56	19,25	-0,44	-0,61	-0,79	-0,90	-0,95
11/01 07:00	17,76	18,44	19,19	19,34	20,10	17,31	17,82	18,40	18,42	19,13	-0,45	-0,61	-0,79	-0,91	-0,97
11/01 08:00	17,71	18,76	19,34	19,45	20,13	17,24	18,08	18,48	18,50	19,12	-0,46	-0,68	-0,85	-0,95	-1,01
11/01 09:00	17,67	19,24	19,79	19,84	20,36	17,20	18,44	18,80	18,82	19,27	-0,47	-0,80	-0,99	-1,02	-1,09
11/01 10:00	17,64	19,43	20,15	20,16	20,55	17,17	18,59	19,07	19,08	19,41	-0,46	-0,83	-1,08	-1,07	-1,13
11/01 11:00	17,60	19,45	20,33	20,33	20,64	17,16	18,65	19,22	19,25	19,51	-0,44	-0,81	-1,11	-1,08	-1,13
11/01 12:00	17,57	19,44	20,44	20,44	20,69	17,17	18,69	19,34	19,40	19,60	-0,40	-0,75	-1,10	-1,04	-1,09
11/01 13:00	17,55	19,50	20,93	20,89	21,00	17,19	18,80	19,78	19,87	19,90	-0,36	-0,70	-1,15	-1,03	-1,11
11/01 14:00	17,56	19,59	21,26	21,21	21,20	17,24	18,93	20,09	20,20	20,10	-0,32	-0,66	-1,17	-1,00	-1,09
11/01 15:00	17,57	19,65	21,20	21,19	21,17	17,28	19,02	20,10	20,24	20,14	-0,29	-0,63	-1,10	-0,95	-1,02
11/01 16:00	17,59	19,70	21,22	21,24	21,18	17,32	19,08	20,16	20,32	20,21	-0,27	-0,62	-1,06	-0,92	-0,98
11/01 17:00	17,61	19,56	20,92	20,99	21,01	17,37	18,96	19,96	20,12	20,11	-0,25	-0,60	-0,95	-0,87	-0,91
11/01 18:00	17,65	19,40	20,59	20,71	20,85	17,42	18,82	19,75	19,90	19,99	-0,23	-0,58	-0,83	-0,81	-0,85
11/01 19:00	17,71	19,40	20,38	20,53	20,76	17,49	18,82	19,63	19,76	19,93	-0,22	-0,58	-0,75	-0,77	-0,83
11/01 20:00	17,78	19,57	20,25	20,40	20,71	17,56	18,98	19,54	19,65	19,88	-0,22	-0,60	-0,71	-0,76	-0,83
11/01 21:00	17,85	19,58	20,15	20,30	20,66	17,62	18,97	19,47	19,55	19,82	-0,22	-0,61	-0,68	-0,75	-0,84
11/01 22:00	17,91	19,56	20,05	20,20	20,62	17,67	18,94	19,38	19,45	19,76	-0,24	-0,62	-0,67	-0,75	-0,86
11/01 23:00	17,95	19,54	19,97	20,11	20,57	17,69	18,91	19,29	19,35	19,69	-0,26	-0,63	-0,67	-0,76	-0,87
11/01 24:00	17,97	19,29	19,87	20,00	20,50	17,70	18,67	19,20	19,24	19,62	-0,27	-0,62	-0,68	-0,77	-0,88

Tabela 48 - Análise de temperaturas para o edifício de baixa eficiência (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,44	17,56	18,88	18,95	19,26	16,41	17,18	18,36	18,36	18,70	-0,03	-0,37	-0,53	-0,58	-0,57
12/01 02:00	16,43	17,43	18,74	18,80	19,18	16,38	17,06	18,20	18,20	18,58	-0,06	-0,37	-0,54	-0,60	-0,60
12/01 03:00	16,41	17,30	18,57	18,64	19,08	16,33	16,93	18,01	18,01	18,46	-0,08	-0,37	-0,56	-0,62	-0,62
12/01 04:00	16,35	17,15	18,38	18,44	18,96	16,24	16,79	17,81	17,80	18,32	-0,10	-0,37	-0,57	-0,64	-0,64
12/01 05:00	16,27	16,99	18,17	18,24	18,82	16,14	16,63	17,59	17,58	18,17	-0,12	-0,36	-0,58	-0,66	-0,66
12/01 06:00	16,19	16,83	17,97	18,05	18,70	16,04	16,47	17,37	17,37	18,01	-0,15	-0,37	-0,60	-0,68	-0,68
12/01 07:00	16,10	16,68	17,77	17,86	18,57	15,93	16,30	17,15	17,15	17,85	-0,18	-0,38	-0,62	-0,71	-0,71
12/01 08:00	16,03	16,71	17,69	17,78	18,49	15,83	16,31	17,04	17,03	17,75	-0,20	-0,41	-0,66	-0,74	-0,75
12/01 09:00	15,96	16,96	17,94	17,98	18,59	15,74	16,48	17,19	17,18	17,79	-0,22	-0,48	-0,75	-0,80	-0,80
12/01 10:00	15,90	17,17	18,34	18,33	18,79	15,67	16,64	17,47	17,47	17,92	-0,23	-0,53	-0,87	-0,87	-0,87
12/01 11:00	15,87	17,33	18,84	18,78	19,07	15,63	16,77	17,84	17,83	18,13	-0,24	-0,55	-1,00	-0,95	-0,94
12/01 12:00	15,83	17,36	19,23	19,14	19,29	15,59	16,82	18,14	18,15	18,32	-0,24	-0,54	-1,09	-0,99	-0,97
12/01 13:00	15,79	17,36	19,82	19,67	19,66	15,56	16,86	18,60	18,63	18,65	-0,23	-0,50	-1,22	-1,04	-1,01
12/01 14:00	15,77	17,42	20,09	19,94	19,82	15,55	16,93	18,83	18,88	18,82	-0,23	-0,49	-1,26	-1,06	-1,00
12/01 15:00	15,74	17,39	19,69	19,63	19,58	15,52	16,93	18,59	18,66	18,70	-0,22	-0,47	-1,10	-0,97	-0,88
12/01 16:00	15,71	17,28	19,26	19,27	19,34	15,49	16,84	18,30	18,39	18,57	-0,21	-0,44	-0,95	-0,88	-0,77
12/01 17:00	15,67	17,22	19,09	19,13	19,26	15,47	16,78	18,19	18,29	18,53	-0,21	-0,43	-0,90	-0,84	-0,73
12/01 18:00	15,65	17,02	18,68	18,77	19,06	15,44	16,59	17,88	17,97	18,37	-0,21	-0,43	-0,80	-0,79	-0,70
12/01 19:00	15,65	17,00	18,42	18,54	18,95	15,44	16,56	17,68	17,77	18,25	-0,21	-0,44	-0,74	-0,77	-0,69
12/01 20:00	15,64	17,13	18,22	18,35	18,85	15,43	16,68	17,52	17,59	18,15	-0,21	-0,46	-0,70	-0,76	-0,71
12/01 21:00	15,63	17,09	18,04	18,17	18,76	15,41	16,62	17,36	17,41	18,03	-0,21	-0,47	-0,68	-0,76	-0,73
12/01 22:00	15,59	17,00	17,86	17,99	18,65	15,38	16,53	17,19	17,24	17,90	-0,22	-0,47	-0,67	-0,76	-0,75
12/01 23:00	15,57	16,94	17,71	17,85	18,56	15,34	16,45	17,04	17,07	17,78	-0,23	-0,48	-0,68	-0,77	-0,78
12/01 24:00	15,55	16,68	17,58	17,71	18,47	15,30	16,18	16,89	16,92	17,66	-0,25	-0,49	-0,68	-0,79	-0,81

Anexo E - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 2 cm espessura *Deltacool®*

Tabela 49- Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	16,64	17,43	17,98	17,96	18,29	15,98	16,82	17,39	17,41	17,68	-0,66	-0,61	-0,58	-0,55	-0,60
01/01 02:00	16,61	17,35	17,92	17,89	18,24	15,95	16,74	17,32	17,33	17,62	-0,66	-0,61	-0,60	-0,56	-0,61
01/01 03:00	16,61	17,33	17,89	17,86	18,20	15,95	16,71	17,28	17,29	17,58	-0,66	-0,62	-0,61	-0,57	-0,62
01/01 04:00	16,59	17,30	17,85	17,82	18,17	15,93	16,68	17,23	17,24	17,53	-0,66	-0,62	-0,62	-0,58	-0,63
01/01 05:00	16,57	17,27	17,80	17,77	18,12	15,90	16,64	17,17	17,18	17,48	-0,66	-0,62	-0,63	-0,59	-0,64
01/01 06:00	16,54	17,23	17,75	17,72	18,08	15,88	16,60	17,11	17,12	17,43	-0,67	-0,63	-0,64	-0,60	-0,65
01/01 07:00	16,51	17,19	17,70	17,66	18,03	15,84	16,56	17,04	17,05	17,37	-0,67	-0,63	-0,66	-0,62	-0,66
01/01 08:00	16,50	17,25	17,66	17,63	18,00	15,82	16,61	16,99	17,01	17,33	-0,67	-0,63	-0,67	-0,63	-0,67
01/01 09:00	16,48	17,32	17,72	17,69	18,02	15,81	16,69	17,06	17,07	17,35	-0,68	-0,63	-0,66	-0,63	-0,67
01/01 10:00	16,49	17,40	17,86	17,83	18,09	15,81	16,77	17,21	17,22	17,42	-0,68	-0,63	-0,65	-0,61	-0,67
01/01 11:00	16,51	17,53	18,24	18,22	18,28	15,83	16,92	17,66	17,66	17,65	-0,68	-0,62	-0,58	-0,56	-0,64
01/01 12:00	16,53	17,58	18,33	18,32	18,37	15,86	16,96	17,79	17,79	17,76	-0,68	-0,61	-0,54	-0,53	-0,61
01/01 13:00	16,56	17,62	18,47	18,47	18,47	15,89	17,01	17,97	17,96	17,89	-0,67	-0,61	-0,50	-0,50	-0,58
01/01 14:00	16,58	17,64	18,49	18,49	18,52	15,91	17,04	18,01	18,01	17,96	-0,66	-0,60	-0,48	-0,48	-0,56
01/01 15:00	16,58	17,65	18,47	18,48	18,52	15,93	17,06	18,01	18,01	17,98	-0,65	-0,59	-0,46	-0,46	-0,54
01/01 16:00	16,57	17,62	18,41	18,42	18,50	15,93	17,03	17,95	17,96	17,97	-0,64	-0,59	-0,46	-0,46	-0,52
01/01 17:00	16,55	17,57	18,35	18,35	18,46	15,91	16,98	17,89	17,90	17,95	-0,63	-0,58	-0,46	-0,45	-0,51
01/01 18:00	16,52	17,49	18,20	18,20	18,38	15,89	16,91	17,73	17,75	17,86	-0,63	-0,58	-0,47	-0,46	-0,51
01/01 19:00	16,49	17,51	18,11	18,10	18,32	15,87	16,93	17,62	17,64	17,80	-0,62	-0,58	-0,48	-0,46	-0,52
01/01 20:00	16,47	17,66	18,03	18,02	18,26	15,85	17,09	17,54	17,55	17,74	-0,62	-0,57	-0,50	-0,47	-0,52
01/01 21:00	16,46	17,66	17,98	17,97	18,22	15,85	17,09	17,48	17,49	17,70	-0,61	-0,57	-0,51	-0,48	-0,53
01/01 22:00	16,45	17,65	17,93	17,92	18,19	15,84	17,08	17,42	17,44	17,65	-0,61	-0,57	-0,51	-0,48	-0,53
01/01 23:00	16,43	17,62	17,88	17,86	18,14	15,82	17,06	17,35	17,37	17,60	-0,60	-0,56	-0,52	-0,49	-0,54
01/01 24:00	16,40	17,40	17,82	17,81	18,10	15,80	16,84	17,29	17,30	17,55	-0,60	-0,56	-0,53	-0,50	-0,55

Tabela 50- Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
02/01 01:00	12,77	13,80	14,44	14,46	14,82	12,46	13,52	14,12	14,18	14,52	-0,31	-0,28	-0,31	-0,27	-0,30
02/01 02:00	12,78	13,78	14,42	14,44	14,80	12,46	13,49	14,09	14,15	14,49	-0,32	-0,29	-0,33	-0,29	-0,31
02/01 03:00	12,78	13,77	14,39	14,41	14,77	12,46	13,48	14,05	14,11	14,45	-0,32	-0,29	-0,35	-0,31	-0,33
02/01 04:00	12,77	13,76	14,36	14,38	14,75	12,45	13,46	13,99	14,06	14,41	-0,32	-0,30	-0,36	-0,32	-0,34
02/01 05:00	12,77	13,76	14,34	14,36	14,72	12,44	13,45	13,96	14,02	14,37	-0,33	-0,31	-0,38	-0,33	-0,35
02/01 06:00	12,77	13,76	14,31	14,33	14,70	12,44	13,45	13,92	13,98	14,34	-0,33	-0,31	-0,39	-0,35	-0,36
02/01 07:00	12,76	13,75	14,28	14,30	14,67	12,42	13,43	13,88	13,94	14,29	-0,34	-0,32	-0,40	-0,36	-0,38
02/01 08:00	12,75	13,82	14,26	14,27	14,65	12,41	13,50	13,84	13,90	14,26	-0,34	-0,32	-0,41	-0,37	-0,39
02/01 09:00	12,75	13,95	14,34	14,36	14,69	12,41	13,64	13,94	13,99	14,31	-0,34	-0,31	-0,40	-0,37	-0,39
02/01 10:00	12,79	14,12	14,61	14,63	14,84	12,45	13,82	14,24	14,29	14,47	-0,34	-0,30	-0,37	-0,34	-0,37
02/01 11:00	12,84	14,24	14,86	14,89	14,99	12,51	13,96	14,54	14,59	14,64	-0,34	-0,29	-0,32	-0,30	-0,34
02/01 12:00	12,90	14,29	14,87	14,91	15,03	12,58	13,99	14,57	14,62	14,70	-0,33	-0,29	-0,30	-0,29	-0,33
02/01 13:00	12,96	14,35	14,94	14,98	15,09	12,65	14,06	14,65	14,70	14,77	-0,32	-0,29	-0,29	-0,28	-0,32
02/01 14:00	13,01	14,44	15,21	15,25	15,24	12,71	14,16	14,97	15,02	14,96	-0,30	-0,28	-0,24	-0,23	-0,28
02/01 15:00	13,05	14,48	15,31	15,36	15,32	12,76	14,22	15,12	15,17	15,07	-0,28	-0,27	-0,19	-0,19	-0,25
02/01 16:00	13,06	14,46	15,19	15,24	15,29	12,79	14,20	15,01	15,06	15,05	-0,27	-0,26	-0,18	-0,18	-0,23
02/01 17:00	13,04	14,40	15,09	15,15	15,24	12,79	14,15	14,91	14,97	15,01	-0,25	-0,25	-0,18	-0,18	-0,22
02/01 18:00	13,01	14,31	14,95	14,99	15,15	12,78	14,06	14,76	14,82	14,93	-0,24	-0,25	-0,19	-0,18	-0,22
02/01 19:00	12,98	14,30	14,84	14,89	15,08	12,75	14,06	14,64	14,71	14,86	-0,23	-0,24	-0,20	-0,18	-0,22
02/01 20:00	12,95	14,44	14,76	14,81	15,03	12,74	14,20	14,56	14,62	14,81	-0,22	-0,24	-0,20	-0,18	-0,22
02/01 21:00	12,95	14,44	14,72	14,76	14,99	12,74	14,21	14,51	14,57	14,77	-0,21	-0,23	-0,21	-0,19	-0,23
02/01 22:00	12,94	14,43	14,68	14,72	14,97	12,74	14,20	14,46	14,53	14,74	-0,20	-0,23	-0,21	-0,19	-0,23
02/01 23:00	12,94	14,41	14,65	14,68	14,94	12,75	14,19	14,42	14,48	14,70	-0,19	-0,22	-0,22	-0,20	-0,24
02/01 24:00	12,94	14,22	14,61	14,65	14,91	12,75	13,99	14,38	14,44	14,66	-0,19	-0,22	-0,23	-0,21	-0,24

Tabela 51 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	15,63	16,71	17,79	17,83	18,05	15,81	16,85	17,85	17,91	18,13	0,18	0,13	0,06	0,07	0,08
03/01 02:00	15,60	16,63	17,71	17,75	17,99	15,77	16,75	17,75	17,80	18,06	0,17	0,13	0,04	0,05	0,06
03/01 03:00	15,58	16,57	17,64	17,68	17,94	15,75	16,68	17,66	17,72	17,98	0,17	0,12	0,02	0,03	0,05
03/01 04:00	15,52	16,48	17,53	17,57	17,86	15,68	16,58	17,53	17,58	17,88	0,16	0,11	0,00	0,02	0,03
03/01 05:00	15,44	16,36	17,40	17,43	17,76	15,59	16,46	17,38	17,42	17,77	0,15	0,10	-0,02	-0,01	0,01
03/01 06:00	15,40	16,28	17,30	17,33	17,68	15,52	16,37	17,26	17,30	17,67	0,13	0,09	-0,05	-0,03	-0,01
03/01 07:00	15,35	16,22	17,22	17,25	17,62	15,47	16,29	17,15	17,19	17,58	0,12	0,07	-0,07	-0,05	-0,03
03/01 08:00	15,34	16,45	17,22	17,24	17,61	15,44	16,53	17,14	17,18	17,57	0,10	0,08	-0,09	-0,07	-0,05
03/01 09:00	15,38	16,71	17,42	17,45	17,74	15,47	16,81	17,35	17,39	17,70	0,09	0,09	-0,07	-0,06	-0,04
03/01 10:00	15,45	16,92	17,79	17,83	17,93	15,53	17,02	17,77	17,80	17,91	0,08	0,10	-0,02	-0,02	-0,02
03/01 11:00	15,52	17,06	18,23	18,28	18,17	15,60	17,18	18,28	18,31	18,19	0,08	0,11	0,05	0,03	0,02
03/01 12:00	15,61	17,16	18,63	18,69	18,41	15,70	17,28	18,75	18,78	18,48	0,08	0,11	0,13	0,10	0,06
03/01 13:00	15,69	17,24	18,83	18,90	18,59	15,78	17,35	19,01	19,04	18,70	0,09	0,12	0,18	0,15	0,11
03/01 14:00	15,75	17,30	19,18	19,26	18,80	15,86	17,42	19,44	19,48	18,97	0,10	0,12	0,26	0,21	0,17
03/01 15:00	15,80	17,36	19,28	19,38	18,92	15,92	17,48	19,61	19,65	19,14	0,12	0,13	0,32	0,27	0,22
03/01 16:00	15,81	17,37	19,20	19,31	18,95	15,94	17,51	19,55	19,61	19,20	0,13	0,14	0,35	0,30	0,26
03/01 17:00	15,79	17,29	18,91	19,02	18,84	15,93	17,43	19,25	19,31	19,10	0,14	0,14	0,34	0,29	0,27
03/01 18:00	15,74	17,14	18,67	18,77	18,70	15,90	17,29	18,97	19,05	18,97	0,15	0,15	0,30	0,28	0,27
03/01 19:00	15,69	17,09	18,48	18,58	18,59	15,84	17,23	18,75	18,84	18,85	0,16	0,15	0,27	0,26	0,26
03/01 20:00	15,65	17,19	18,35	18,45	18,51	15,80	17,34	18,60	18,69	18,77	0,16	0,15	0,25	0,24	0,25
03/01 21:00	15,59	17,13	18,22	18,30	18,43	15,75	17,28	18,44	18,53	18,67	0,16	0,15	0,22	0,23	0,24
03/01 22:00	15,56	17,07	18,12	18,20	18,37	15,72	17,22	18,32	18,41	18,59	0,15	0,15	0,20	0,20	0,22
03/01 23:00	15,55	17,04	18,05	18,13	18,32	15,70	17,18	18,23	18,31	18,52	0,15	0,15	0,17	0,18	0,20
03/01 24:00	15,53	16,82	17,98	18,06	18,27	15,68	16,96	18,13	18,22	18,45	0,15	0,14	0,15	0,16	0,18

Tabela 52 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,41	18,54	19,43	19,58	19,61	17,73	18,81	19,73	19,88	19,93	0,32	0,27	0,30	0,30	0,31
04/01 02:00	17,39	18,46	19,37	19,51	19,56	17,70	18,72	19,64	19,79	19,85	0,31	0,26	0,28	0,28	0,30
04/01 03:00	17,36	18,39	19,29	19,43	19,50	17,67	18,64	19,55	19,69	19,78	0,31	0,25	0,26	0,26	0,28
04/01 04:00	17,34	18,33	19,23	19,36	19,44	17,64	18,57	19,46	19,59	19,70	0,30	0,24	0,23	0,23	0,26
04/01 05:00	17,31	18,26	19,15	19,28	19,38	17,60	18,49	19,36	19,48	19,62	0,29	0,23	0,21	0,21	0,24
04/01 06:00	17,29	18,21	19,08	19,20	19,33	17,56	18,43	19,27	19,39	19,55	0,28	0,22	0,19	0,18	0,22
04/01 07:00	17,28	18,26	19,06	19,17	19,30	17,54	18,47	19,22	19,33	19,50	0,26	0,21	0,16	0,16	0,20
04/01 08:00	17,28	18,38	19,06	19,17	19,29	17,53	18,59	19,20	19,31	19,47	0,25	0,21	0,14	0,14	0,18
04/01 09:00	17,29	18,45	19,09	19,20	19,31	17,53	18,66	19,23	19,33	19,48	0,24	0,21	0,13	0,13	0,17
04/01 10:00	17,31	18,51	19,15	19,25	19,35	17,54	18,72	19,28	19,37	19,50	0,23	0,20	0,13	0,12	0,16
04/01 11:00	17,33	18,63	19,29	19,39	19,43	17,55	18,83	19,43	19,52	19,60	0,22	0,20	0,14	0,13	0,16
04/01 12:00	17,35	18,70	19,47	19,58	19,55	17,57	18,91	19,64	19,73	19,73	0,22	0,20	0,17	0,15	0,18
04/01 13:00	17,37	18,74	19,68	19,79	19,69	17,59	18,94	19,89	19,97	19,90	0,22	0,20	0,21	0,18	0,21
04/01 14:00	17,39	18,77	19,83	19,95	19,80	17,61	18,98	20,09	20,17	20,04	0,22	0,20	0,25	0,22	0,24
04/01 15:00	17,40	18,80	19,87	19,99	19,87	17,63	19,01	20,16	20,24	20,13	0,22	0,20	0,28	0,24	0,26
04/01 16:00	17,41	18,79	19,77	19,89	19,83	17,64	18,99	20,05	20,14	20,10	0,23	0,21	0,29	0,25	0,27
04/01 17:00	17,41	18,68	19,62	19,74	19,73	17,64	18,88	19,88	19,97	19,99	0,24	0,20	0,26	0,23	0,27
04/01 18:00	17,39	18,61	19,52	19,63	19,67	17,63	18,81	19,76	19,85	19,92	0,24	0,20	0,24	0,21	0,26
04/01 19:00	17,37	18,60	19,42	19,53	19,60	17,60	18,79	19,64	19,72	19,85	0,23	0,19	0,22	0,20	0,25
04/01 20:00	17,35	18,74	19,34	19,44	19,55	17,58	18,93	19,54	19,62	19,77	0,23	0,19	0,20	0,18	0,23
04/01 21:00	17,34	18,73	19,27	19,37	19,50	17,56	18,91	19,45	19,53	19,71	0,22	0,18	0,18	0,16	0,21
04/01 22:00	17,31	18,69	19,20	19,29	19,44	17,53	18,87	19,36	19,43	19,64	0,22	0,18	0,16	0,14	0,19
04/01 23:00	17,30	18,66	19,15	19,23	19,40	17,51	18,83	19,28	19,35	19,57	0,21	0,18	0,13	0,12	0,18
04/01 24:00	17,28	18,44	19,09	19,17	19,35	17,48	18,61	19,20	19,27	19,51	0,20	0,17	0,11	0,10	0,16

Tabela 53 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	19,64	20,45	20,99	21,10	21,13	19,98	20,73	21,31	21,41	21,46	0,34	0,29	0,31	0,30	0,33
05/01 02:00	19,60	20,34	20,92	21,02	21,06	19,93	20,62	21,21	21,30	21,37	0,33	0,28	0,29	0,28	0,31
05/01 03:00	19,56	20,25	20,83	20,92	20,99	19,87	20,52	21,10	21,8	21,28	0,31	0,26	0,27	0,26	0,29
05/01 04:00	19,50	20,15	20,73	20,81	20,92	19,79	20,40	20,97	21,04	21,18	0,30	0,25	0,24	0,23	0,27
05/01 05:00	19,46	20,09	20,66	20,74	20,86	19,74	20,32	20,87	20,94	21,10	0,28	0,24	0,21	0,20	0,24
05/01 06:00	19,44	20,21	20,61	20,68	20,82	19,70	20,45	20,80	20,86	21,04	0,26	0,23	0,18	0,18	0,22
05/01 07:00	19,45	20,49	20,65	20,72	20,84	19,69	20,74	20,81	20,87	21,04	0,24	0,25	0,16	0,16	0,20
05/01 08:00	19,48	20,70	20,73	20,79	20,89	19,71	20,96	20,89	20,94	21,08	0,23	0,26	0,15	0,15	0,19
05/01 09:00	19,52	20,89	20,82	20,88	20,95	19,74	21,16	20,97	21,02	21,14	0,22	0,27	0,15	0,14	0,19
05/01 10:00	19,59	21,04	20,92	20,98	21,04	19,80	21,32	21,08	21,13	21,23	0,21	0,27	0,16	0,14	0,19
05/01 11:00	19,66	21,15	21,07	21,14	21,19	19,88	21,43	21,25	21,30	21,39	0,22	0,27	0,18	0,16	0,21
05/01 12:00	19,73	21,20	21,26	21,34	21,34	19,96	21,47	21,47	21,53	21,58	0,23	0,27	0,21	0,19	0,23
05/01 13:00	19,81	21,23	21,44	21,52	21,49	20,05	21,50	21,69	21,75	21,76	0,24	0,26	0,25	0,23	0,27
05/01 14:00	19,87	21,32	21,56	21,66	21,60	20,13	21,58	21,84	21,92	21,90	0,26	0,26	0,28	0,27	0,30
05/01 15:00	19,92	21,38	21,61	21,72	21,66	20,19	21,65	21,92	22,01	21,98	0,27	0,27	0,31	0,29	0,32
05/01 16:00	19,93	21,40	21,62	21,74	21,66	20,22	21,68	21,95	22,06	22,00	0,29	0,27	0,32	0,32	0,34
05/01 17:00	19,93	21,37	21,61	21,73	21,64	20,24	21,65	21,94	22,06	21,99	0,30	0,28	0,33	0,33	0,35
05/01 18:00	19,91	21,26	21,54	21,67	21,60	20,23	21,54	21,88	22,01	21,95	0,32	0,29	0,34	0,34	0,36
05/01 19:00	19,87	21,15	21,42	21,56	21,52	20,19	21,44	21,76	21,90	21,87	0,33	0,28	0,33	0,34	0,35
05/01 20:00	19,82	21,19	21,30	21,43	21,43	20,15	21,48	21,62	21,76	21,77	0,33	0,28	0,32	0,33	0,35
05/01 21:00	19,78	21,11	21,20	21,33	21,36	20,11	21,39	21,51	21,65	21,69	0,33	0,28	0,31	0,31	0,33
05/01 22:00	19,74	21,03	21,12	21,24	21,29	20,07	21,31	21,41	21,54	21,61	0,33	0,28	0,29	0,30	0,32
05/01 23:00	19,72	20,97	21,05	21,18	21,24	20,04	21,24	21,33	21,46	21,54	0,32	0,28	0,27	0,28	0,30
05/01 24:00	19,69	20,72	20,99	21,10	21,18	20,01	20,99	21,24	21,36	21,46	0,31	0,27	0,26	0,26	0,28

Tabela 54- Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	21,01	21,58	21,79	21,83	21,82	21,23	21,71	21,97	21,99	21,99	0,21	0,13	0,18	0,16	0,18
06/01 02:00	20,99	21,50	21,73	21,77	21,77	21,20	21,62	21,90	21,92	21,93	0,21	0,12	0,17	0,14	0,16
06/01 03:00	20,98	21,44	21,69	21,72	21,73	21,17	21,56	21,84	21,85	21,88	0,20	0,12	0,15	0,13	0,15
06/01 04:00	20,95	21,38	21,63	21,66	21,68	21,13	21,49	21,76	21,77	21,81	0,19	0,11	0,13	0,11	0,13
06/01 05:00	20,93	21,33	21,58	21,61	21,64	21,10	21,43	21,69	21,70	21,76	0,17	0,10	0,11	0,09	0,12
06/01 06:00	20,91	21,31	21,56	21,58	21,62	21,07	21,40	21,65	21,65	21,72	0,16	0,09	0,09	0,07	0,10
06/01 07:00	20,91	21,33	21,56	21,58	21,61	21,05	21,41	21,64	21,64	21,70	0,14	0,08	0,07	0,06	0,09
06/01 08:00	20,93	21,47	21,60	21,62	21,64	21,05	21,54	21,66	21,66	21,71	0,12	0,07	0,06	0,04	0,08
06/01 09:00	20,96	21,56	21,67	21,68	21,68	21,07	21,63	21,72	21,72	21,75	0,11	0,07	0,05	0,03	0,07
06/01 10:00	20,99	21,66	21,74	21,75	21,73	21,10	21,73	21,79	21,78	21,79	0,10	0,07	0,05	0,03	0,06
06/01 11:00	21,03	21,73	21,79	21,80	21,77	21,12	21,79	21,83	21,82	21,83	0,09	0,06	0,04	0,02	0,06
06/01 12:00	21,05	21,81	21,85	21,86	21,82	21,14	21,87	21,89	21,88	21,88	0,09	0,06	0,04	0,02	0,06
06/01 13:00	21,08	21,83	21,86	21,87	21,84	21,17	21,88	21,90	21,89	21,89	0,08	0,05	0,04	0,02	0,06
06/01 14:00	21,10	21,87	21,89	21,90	21,86	21,18	21,92	21,92	21,92	21,92	0,08	0,05	0,04	0,02	0,06
06/01 15:00	21,11	21,92	21,92	21,94	21,89	21,19	21,97	21,96	21,96	21,95	0,08	0,05	0,04	0,02	0,06
06/01 16:00	21,11	21,93	21,94	21,95	21,90	21,19	21,98	21,98	21,98	21,96	0,08	0,05	0,05	0,03	0,06
06/01 17:00	21,10	21,91	21,91	21,93	21,88	21,18	21,96	21,96	21,96	21,95	0,08	0,05	0,05	0,03	0,07
06/01 18:00	21,07	21,84	21,86	21,87	21,85	21,15	21,89	21,91	21,91	21,92	0,09	0,05	0,05	0,03	0,07
06/01 19:00	21,03	21,82	21,78	21,80	21,79	21,12	21,87	21,83	21,83	21,86	0,09	0,04	0,05	0,03	0,07
06/01 20:00	20,99	21,92	21,70	21,71	21,73	21,08	21,96	21,74	21,74	21,79	0,09	0,04	0,04	0,03	0,06
06/01 21:00	20,95	21,86	21,62	21,63	21,67	21,03	21,90	21,66	21,65	21,73	0,09	0,04	0,03	0,02	0,05
06/01 22:00	20,91	21,80	21,56	21,56	21,62	20,99	21,84	21,58	21,57	21,67	0,09	0,04	0,02	0,01	0,04
06/01 23:00	20,88	21,75	21,50	21,50	21,57	20,96	21,78	21,51	21,50	21,61	0,08	0,04	0,01	0,00	0,03
06/01 24:00	20,86	21,51	21,45	21,45	21,53	20,93	21,54	21,45	21,44	21,55	0,07	0,03	-0,00	-0,01	0,02

Tabela 55 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	22,9	23,65	23,71	23,83	23,79	23,15	23,75	23,82	23,95	23,91	0,15	0,10	0,11	0,12	0,11
07/01 02:00	22,99	23,59	23,67	23,79	23,76	23,13	23,68	23,77	23,89	23,86	0,14	0,09	0,09	0,10	0,10
07/01 03:00	22,97	23,54	23,63	23,74	23,72	23,10	23,62	23,71	23,83	23,81	0,13	0,08	0,08	0,08	0,08
07/01 04:00	22,95	23,49	23,59	23,70	23,69	23,07	23,57	23,65	23,76	23,75	0,12	0,07	0,06	0,06	0,07
07/01 05:00	22,93	23,46	23,55	23,66	23,65	23,03	23,52	23,59	23,70	23,70	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
07/01 06:00	22,91	23,59	23,53	23,63	23,63	23,00	23,65	23,55	23,65	23,67	0,09	0,06	0,02	0,02	0,04
07/01 07:00	22,92	23,83	23,57	23,67	23,65	22,99	23,91	23,58	23,68	23,68	0,07	0,08	0,01	0,01	0,03
07/01 08:00	22,94	24,06	23,63	23,73	23,70	23,01	24,16	23,64	23,73	23,72	0,06	0,09	0,01	0,01	0,02
07/01 09:00	22,98	24,22	23,72	23,81	23,76	23,04	24,32	23,73	23,81	23,78	0,06	0,10	0,01	0,01	0,03
07/01 10:00	23,03	24,34	23,82	23,91	23,83	23,09	24,45	23,84	23,93	23,86	0,06	0,11	0,02	0,02	0,03
07/01 11:00	23,09	24,41	23,95	24,04	23,94	23,16	24,52	23,99	24,08	23,98	0,07	0,11	0,04	0,04	0,04
07/01 12:00	23,15	24,46	24,09	24,18	24,05	23,23	24,57	24,16	24,25	24,12	0,08	0,11	0,07	0,06	0,07
07/01 13:00	23,22	24,49	24,21	24,32	24,17	23,31	24,59	24,31	24,41	24,27	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10
07/01 14:00	23,27	24,55	24,31	24,43	24,26	23,38	24,66	24,45	24,55	24,38	0,11	0,10	0,13	0,12	0,12
07/01 15:00	23,30	24,58	24,34	24,46	24,30	23,42	24,69	24,49	24,61	24,45	0,13	0,11	0,16	0,15	0,15
07/01 16:00	23,32	24,60	24,37	24,50	24,31	23,47	24,71	24,54	24,67	24,47	0,14	0,11	0,17	0,17	0,16
07/01 17:00	23,34	24,58	24,38	24,52	24,31	23,49	24,70	24,56	24,71	24,49	0,16	0,12	0,19	0,19	0,18
07/01 18:00	23,31	24,49	24,33	24,48	24,29	23,49	24,62	24,53	24,68	24,48	0,17	0,13	0,20	0,21	0,19
07/01 19:00	23,29	24,44	24,25	24,40	24,24	23,47	24,57	24,46	24,61	24,43	0,19	0,13	0,21	0,22	0,20
07/01 20:00	23,25	24,49	24,16	24,31	24,17	23,45	24,62	24,36	24,52	24,37	0,19	0,13	0,20	0,21	0,20
07/01 21:00	23,22	24,40	24,08	24,23	24,11	23,42	24,53	24,28	24,43	24,30	0,20	0,13	0,19	0,20	0,19
07/01 22:00	23,20	24,32	24,02	24,16	24,06	23,39	24,45	24,20	24,35	24,24	0,20	0,13	0,18	0,19	0,18
07/01 23:00	23,19	24,28	23,98	24,12	24,03	23,38	24,41	24,15	24,29	24,19	0,20	0,13	0,17	0,17	0,17
07/01 24:00	23,18	24,05	23,94	24,07	23,99	23,37	24,17	24,10	24,23	24,14	0,19	0,13	0,16	0,16	0,16

Tabela 56 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	23,75	24,44	24,65	24,78	24,79	23,75	24,38	24,63	24,77	24,76	0,01	-0,05	-0,01	-0,00	-0,03
08/01 02:00	23,75	24,40	24,64	24,76	24,77	23,75	24,34	24,60	24,73	24,72	0,00	-0,06	-0,03	-0,02	-0,04
08/01 03:00	23,75	24,38	24,62	24,73	24,75	23,74	24,31	24,57	24,69	24,69	-0,01	-0,07	-0,05	-0,04	-0,06
08/01 04:00	23,75	24,37	24,60	24,71	24,73	23,73	24,29	24,53	24,65	24,65	-0,02	-0,08	-0,07	-0,06	-0,08
08/01 05:00	23,75	24,36	24,58	24,69	24,71	23,71	24,28	24,49	24,61	24,62	-0,03	-0,09	-0,09	-0,08	-0,09
08/01 06:00	23,74	24,58	24,56	24,66	24,69	23,70	24,50	24,45	24,56	24,59	-0,05	-0,08	-0,10	-0,10	-0,10
08/01 07:00	23,76	24,87	24,60	24,70	24,72	23,70	24,81	24,49	24,59	24,60	-0,06	-0,05	-0,11	-0,11	-0,11
08/01 08:00	23,78	25,03	24,67	24,76	24,76	23,71	24,99	24,56	24,65	24,65	-0,06	-0,04	-0,11	-0,11	-0,11
08/01 09:00	23,82	25,20	24,77	24,86	24,82	23,76	25,17	24,66	24,75	24,72	-0,06	-0,03	-0,10	-0,11	-0,11
08/01 10:00	23,90	25,35	24,88	24,97	24,91	23,84	25,33	24,79	24,87	24,81	-0,06	-0,02	-0,09	-0,10	-0,10
08/01 11:00	23,9	25,45	25,00	25,11	25,04	23,94	25,44	24,94	25,03	24,97	-0,05	-0,02	-0,06	-0,07	-0,08
08/01 12:00	24,07	25,50	25,19	25,29	25,20	24,04	25,48	25,16	25,26	25,15	-0,03	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04
08/01 13:00	24,15	25,52	25,37	25,49	25,35	24,14	25,51	25,39	25,49	25,34	-0,01	-0,02	0,02	0,01	-0,01
08/01 14:00	24,24	25,60	25,51	25,64	25,47	24,25	25,59	25,57	25,68	25,50	0,02	-0,01	0,06	0,05	0,03
08/01 15:00	24,32	25,69	25,61	25,74	25,55	24,36	25,68	25,70	25,83	25,61	0,04	-0,00	0,09	0,08	0,06
08/01 16:00	24,34	25,71	25,64	25,78	25,56	24,40	25,71	25,75	25,89	25,65	0,07	0,01	0,12	0,11	0,09
08/01 17:00	24,34	25,67	25,63	25,79	25,55	24,42	25,69	25,77	25,92	25,65	0,09	0,02	0,13	0,14	0,10
08/01 18:00	24,32	25,57	25,58	25,74	25,52	24,42	25,60	25,72	25,89	25,63	0,10	0,03	0,15	0,15	0,12
08/01 19:00	24,28	25,47	25,47	25,64	25,45	24,39	25,50	25,62	25,80	25,57	0,12	0,03	0,15	0,16	0,12
08/01 20:00	24,23	25,52	25,37	25,54	25,38	24,36	25,56	25,52	25,69	25,50	0,13	0,03	0,15	0,16	0,12
08/01 21:00	24,20	25,45	25,29	25,46	25,32	24,33	25,49	25,43	25,61	25,44	0,14	0,04	0,14	0,15	0,12
08/01 22:00	24,17	25,38	25,23	25,39	25,27	24,31	25,42	25,36	25,53	25,39	0,14	0,04	0,13	0,14	0,11
08/01 23:00	24,16	25,32	25,18	25,34	25,23	24,29	25,37	25,30	25,47	25,33	0,14	0,04	0,12	0,13	0,10
08/01 24:00	24,14	25,09	25,13	25,29	25,19	24,28	25,13	25,25	25,40	25,28	0,14	0,04	0,11	0,11	0,09

Tabela 57 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	24,01	24,43	25,17	25,18	25,28	24,08	24,45	25,19	25,18	25,32	0,07	0,02	0,02	-0,00	0,04
09/01 02:00	24,00	24,37	25,13	25,14	25,24	24,06	24,38	25,13	25,12	25,26	0,06	0,01	0,00	-0,02	0,02
09/01 03:00	23,99	24,32	25,09	25,09	25,20	24,03	24,33	25,07	25,05	25,19	0,04	0,00	-0,02	-0,04	-0,00
09/01 04:00	23,96	24,28	25,04	25,03	25,15	23,99	24,27	24,99	24,97	25,12	0,03	-0,01	-0,04	-0,06	-0,02
09/01 05:00	23,94	24,23	24,98	24,97	25,10	23,95	24,21	24,92	24,89	25,05	0,01	-0,02	-0,07	-0,08	-0,04
09/01 06:00	23,91	24,19	24,93	24,91	25,05	23,91	24,16	24,84	24,81	24,99	-0,01	-0,03	-0,09	-0,11	-0,06
09/01 07:00	23,90	24,28	24,92	24,90	25,03	23,87	24,25	24,81	24,77	24,95	-0,02	-0,04	-0,11	-0,13	-0,08
09/01 08:00	23,90	24,49	24,95	24,93	25,05	23,86	24,46	24,83	24,79	24,95	-0,04	-0,03	-0,13	-0,14	-0,10
09/01 09:00	23,93	24,61	25,03	25,01	25,10	23,88	24,58	24,90	24,86	24,99	-0,06	-0,03	-0,13	-0,15	-0,10
09/01 10:00	23,99	24,81	25,21	25,19	25,23	23,93	24,78	25,09	25,05	25,13	-0,07	-0,03	-0,12	-0,14	-0,10
09/01 11:00	24,06	25,01	25,49	25,47	25,41	23,99	24,98	25,40	25,36	25,33	-0,07	-0,02	-0,09	-0,11	-0,08
09/01 12:00	24,14	25,13	25,80	25,79	25,62	24,07	25,11	25,76	25,72	25,57	-0,07	-0,02	-0,04	-0,07	-0,05
09/01 13:00	24,23	25,24	25,95	25,95	25,75	24,17	25,22	25,96	25,92	25,74	-0,06	-0,02	0,00	-0,03	-0,02
09/01 14:00	24,30	25,35	26,08	26,08	25,86	24,25	25,34	26,11	26,08	25,87	-0,04	-0,02	0,04	-0,00	0,01
09/01 15:00	24,34	25,41	26,10	26,11	25,90	24,31	25,40	26,16	26,14	25,94	-0,03	-0,01	0,06	0,02	0,03
09/01 16:00	24,34	25,40	26,05	26,06	25,89	24,33	25,39	26,12	26,10	25,95	-0,01	-0,00	0,07	0,04	0,06
09/01 17:00	24,31	25,30	25,93	25,95	25,83	24,31	25,30	26,01	26,00	25,90	0,00	0,00	0,08	0,05	0,07
09/01 18:00	24,26	25,16	25,81	25,83	25,75	24,27	25,16	25,88	25,88	25,82	0,02	0,01	0,07	0,05	0,07
09/01 19:00	24,20	25,09	25,69	25,70	25,66	24,23	25,10	25,75	25,76	25,73	0,03	0,01	0,07	0,05	0,07
09/01 20:00	24,15	25,17	25,58	25,60	25,58	24,18	25,17	25,64	25,65	25,65	0,03	0,01	0,06	0,05	0,07
09/01 21:00	24,11	25,10	25,49	25,51	25,52	24,15	25,11	25,54	25,55	25,57	0,04	0,01	0,05	0,04	0,06
09/01 22:00	24,08	25,02	25,40	25,42	25,45	24,11	25,03	25,44	25,46	25,50	0,04	0,01	0,04	0,04	0,05
09/01 23:00	24,04	24,95	25,33	25,34	25,39	24,08	24,97	25,36	25,37	25,42	0,04	0,01	0,03	0,02	0,03
09/01 24:00	24,01	24,71	25,26	25,28	25,33	24,05	24,72	25,27	25,29	25,35	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02

Tabela 58 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	23,73	24,40	25,58	25,60	25,71	23,98	24,58	25,57	25,60	25,75	0,24	0,18	-0,01	0,00	0,04
10/01 02:00	23,68	24,28	25,48	25,49	25,63	23,91	24,46	25,45	25,48	25,65	0,23	0,17	-0,03	-0,01	0,02
10/01 03:00	23,63	24,19	25,38	25,39	25,54	23,85	24,34	25,33	25,35	25,55	0,22	0,16	-0,05	-0,03	0,00
10/01 04:00	23,56	24,08	25,26	25,27	25,45	23,77	24,22	25,19	25,21	25,44	0,21	0,14	-0,07	-0,05	-0,01
10/01 05:00	23,50	23,97	25,14	25,14	25,36	23,68	24,10	25,04	25,07	25,32	0,19	0,13	-0,10	-0,07	-0,04
10/01 06:00	23,43	23,86	25,02	25,02	25,26	23,60	23,97	24,90	24,92	25,20	0,17	0,11	-0,12	-0,10	-0,06
10/01 07:00	23,37	23,80	24,92	24,92	25,18	23,52	23,90	24,78	24,80	25,10	0,15	0,10	-0,15	-0,12	-0,08
10/01 08:00	23,37	23,94	24,92	24,91	25,16	23,49	24,03	24,74	24,76	25,06	0,12	0,09	-0,17	-0,14	-0,10
10/01 09:00	23,37	24,05	24,97	24,96	25,19	23,47	24,13	24,79	24,81	25,07	0,10	0,09	-0,18	-0,16	-0,12
10/01 10:00	23,37	24,12	25,06	25,05	25,24	23,46	24,20	24,88	24,89	25,11	0,08	0,08	-0,18	-0,16	-0,12
10/01 11:00	23,40	24,21	25,19	25,19	25,32	23,47	24,28	25,02	25,04	25,19	0,07	0,08	-0,17	-0,15	-0,12
10/01 12:00	23,44	24,31	25,45	25,45	25,47	23,50	24,38	25,31	25,33	25,36	0,06	0,07	-0,14	-0,13	-0,11
10/01 13:00	23,48	24,39	25,62	25,63	25,59	23,53	24,45	25,51	25,53	25,50	0,05	0,06	-0,11	-0,10	-0,09
10/01 14:00	23,50	24,45	25,70	25,72	25,66	23,55	24,51	25,62	25,64	25,59	0,05	0,06	-0,08	-0,08	-0,07
10/01 15:00	23,51	24,47	25,69	25,71	25,67	23,55	24,52	25,62	25,64	25,61	0,04	0,06	-0,07	-0,07	-0,06
10/01 16:00	23,49	24,46	25,67	25,69	25,68	23,54	24,52	25,61	25,64	25,63	0,04	0,06	-0,06	-0,06	-0,04
10/01 17:00	23,46	24,38	25,52	25,54	25,59	23,50	24,43	25,45	25,48	25,55	0,04	0,05	-0,07	-0,06	-0,04
10/01 18:00	23,40	24,25	25,36	25,38	25,48	23,44	24,29	25,28	25,30	25,43	0,04	0,04	-0,09	-0,07	-0,05
10/01 19:00	23,35	24,20	25,23	25,25	25,39	23,39	24,23	25,13	25,16	25,33	0,03	0,03	-0,11	-0,09	-0,06
10/01 20:00	23,30	24,30	25,12	25,13	25,30	23,32	24,33	24,99	25,02	25,23	0,03	0,03	-0,13	-0,11	-0,08
10/01 21:00	23,25	24,25	25,02	25,02	25,23	23,27	24,27	24,87	24,90	25,13	0,02	0,02	-0,15	-0,12	-0,09
10/01 22:00	23,21	24,19	24,93	24,93	25,16	23,22	24,20	24,76	24,79	25,04	0,01	0,01	-0,17	-0,14	-0,11
10/01 23:00	23,16	24,12	24,83	24,82	25,08	23,15	24,12	24,64	24,66	24,95	-0,00	0,01	-0,19	-0,16	-0,13
10/01 24:00	23,11	23,87	24,74	24,73	25,01	23,09	23,86	24,53	24,55	24,85	-0,02	-0,00	-0,21	-0,18	-0,15

Tabela 59 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,66	19,64	21,19	21,18	21,41	18,45	19,45	21,00	21,03	21,24	-0,21	-0,19	-0,18	-0,16	-0,16
11/01 02:00	18,65	19,59	21,13	21,13	21,36	18,44	19,39	20,93	20,94	21,18	-0,21	-0,20	-0,21	-0,18	-0,18
11/01 03:00	18,64	19,56	21,07	21,07	21,31	18,42	19,35	20,84	20,86	21,11	-0,22	-0,21	-0,23	-0,21	-0,21
11/01 04:00	18,63	19,53	21,02	21,01	21,27	18,40	19,31	20,77	20,78	21,04	-0,23	-0,22	-0,26	-0,23	-0,23
11/01 05:00	18,61	19,51	20,97	20,95	21,22	18,38	19,28	20,69	20,70	20,97	-0,24	-0,23	-0,28	-0,25	-0,25
11/01 06:00	18,59	19,48	20,91	20,89	21,17	18,35	19,24	20,60	20,62	20,90	-0,24	-0,24	-0,31	-0,27	-0,27
11/01 07:00	18,58	19,45	20,85	20,83	21,12	18,32	19,20	20,52	20,54	20,83	-0,25	-0,24	-0,33	-0,230	-0,29
11/01 08:00	18,56	19,66	20,89	20,87	21,14	18,30	19,41	20,56	20,57	20,84	-0,26	-0,24	-0,34	-0,31	-0,30
11/01 09:00	18,57	19,86	21,15	21,14	21,27	18,30	19,63	20,85	20,86	20,98	-0,27	-0,23	-0,30	-0,28	-0,29
11/01 10:00	18,59	19,94	21,38	21,38	21,39	18,32	19,72	21,12	21,12	21,13	-0,27	-0,22	-0,26	-0,25	-0,27
11/01 11:00	18,63	19,99	21,50	21,50	21,49	18,36	19,78	21,27	21,27	21,23	-0,27	-0,22	-0,24	-0,23	-0,25
11/01 12:00	18,67	20,05	21,61	21,61	21,57	18,40	19,83	21,39	21,39	21,33	-0,27	-0,22	-0,22	-0,22	-0,23
11/01 13:00	18,72	20,13	22,00	22,02	21,78	18,45	19,91	21,85	21,85	21,59	-0,26	-0,22	-0,15	-0,16	-0,20
11/01 14:00	18,75	20,20	22,17	22,20	21,92	18,50	19,99	22,08	22,09	21,76	-0,25	-0,21	-0,09	-0,11	-0,15
11/01 15:00	18,78	20,23	22,09	22,12	21,93	18,54	20,03	22,01	22,03	21,80	-0,24	-0,20	-0,08	-0,09	-0,13
11/01 16:00	18,78	20,23	22,10	22,14	21,95	18,55	20,04	22,04	22,07	21,84	-0,23	-0,20	-0,05	-0,07	-0,11
11/01 17:00	18,76	20,14	21,87	21,91	21,85	18,55	19,95	21,80	21,83	21,75	-0,22	-0,19	-0,07	-0,08	-0,10
11/01 18:00	18,74	20,04	21,69	21,73	21,74	18,53	19,85	21,60	21,63	21,63	-0,21	-0,19	-0,09	-0,09	-0,11
11/01 19:00	18,72	20,04	21,57	21,60	21,66	18,52	19,85	21,45	21,49	21,55	-0,20	-0,19	-0,11	-0,10	-0,11
11/01 20:00	18,70	20,18	21,47	21,50	21,60	18,50	19,99	21,34	21,38	21,48	-0,19	-0,18	-0,13	-0,12	-0,12
11/01 21:00	18,68	20,16	21,38	21,41	21,54	18,49	19,98	21,24	21,28	21,41	-0,19	-0,18	-0,15	-0,13	-0,13
11/01 22:00	18,66	20,12	21,31	21,33	21,48	18,48	19,94	21,14	21,18	21,34	-0,18	-0,18	-0,16	-0,14	-0,15
11/01 23:00	18,65	20,09	21,24	21,25	21,43	18,47	19,91	21,06	21,09	21,27	-0,18	-0,18	-0,18	-0,16	-0,16
11/01 24:00	18,63	19,87	21,17	21,18	21,37	18,46	19,69	20,97	21,00	21,20	-0,18	-0,18	-0,20	-0,17	-0,18

Tabela 60 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Deltacool® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,48	17,61	19,74	19,77	19,79	16,81	17,89	20,10	20,11	20,20	0,32	0,28	0,35	0,33	0,40
12/01 02:00	16,47	17,54	19,66	19,69	19,73	16,79	17,81	19,99	19,99	20,11	0,32	0,27	0,32	0,31	0,38
12/01 03:00	16,45	17,48	19,57	19,59	19,67	16,76	17,74	19,87	19,88	20,02	0,31	0,26	0,30	0,28	0,36
12/01 04:00	16,41	17,41	19,47	19,48	19,59	16,72	17,66	19,73	19,74	19,92	0,31	0,25	0,27	0,25	0,33
12/01 05:00	16,37	17,33	19,35	19,37	19,51	16,66	17,57	19,59	19,59	19,82	0,30	0,24	0,23	0,22	0,31
12/01 06:00	16,33	17,26	19,25	19,26	19,43	16,61	17,49	19,45	19,46	19,71	0,28	0,23	0,20	0,19	0,28
12/01 07:00	16,29	17,20	19,16	19,16	19,36	16,56	17,42	19,32	19,33	19,61	0,27	0,22	0,17	0,16	0,25
12/01 08:00	16,27	17,27	19,12	19,12	19,32	16,53	17,49	19,26	19,26	19,55	0,26	0,21	0,14	0,14	0,23
12/01 09:00	16,26	17,40	19,25	19,25	19,38	16,50	17,62	19,39	19,39	19,60	0,24	0,22	0,14	0,14	0,22
12/01 10:00	16,27	17,51	19,52	19,53	19,52	16,50	17,73	19,69	19,68	19,74	0,23	0,22	0,17	0,16	0,22
12/01 11:00	16,32	17,62	19,86	19,88	19,70	16,54	17,84	20,08	20,07	19,95	0,22	0,22	0,22	0,19	0,24
12/01 12:00	16,37	17,69	20,12	20,15	19,88	16,58	17,91	20,39	20,38	20,15	0,21	0,22	0,27	0,23	0,27
12/01 13:00	16,41	17,75	20,59	20,63	20,13	16,62	17,97	20,93	20,92	20,45	0,21	0,22	0,35	0,29	0,32
12/01 14:00	16,46	17,83	20,70	20,75	20,26	16,67	18,05	21,10	21,09	20,62	0,21	0,22	0,40	0,34	0,36
12/01 15:00	16,47	17,84	20,38	20,43	20,18	16,69	18,07	20,76	20,76	20,54	0,21	0,22	0,38	0,32	0,36
12/01 16:00	16,46	17,80	20,17	20,22	20,08	16,68	18,02	20,51	20,51	20,43	0,21	0,22	0,35	0,30	0,36
12/01 17:00	16,44	17,75	20,10	20,14	20,04	16,65	17,97	20,43	20,43	20,40	0,21	0,22	0,33	0,29	0,36
12/01 18:00	16,41	17,65	19,88	19,92	19,92	16,62	17,87	20,18	20,19	20,27	0,21	0,22	0,29	0,27	0,34
12/01 19:00	16,38	17,67	19,76	19,80	19,85	16,59	17,88	20,02	20,04	20,17	0,21	0,21	0,26	0,24	0,33
12/01 20:00	16,36	17,81	19,65	19,68	19,78	16,56	18,03	19,88	19,90	20,08	0,20	0,21	0,23	0,22	0,31
12/01 21:00	16,32	17,79	19,54	19,56	19,70	16,52	17,990	19,74	19,76	19,99	0,20	0,21	0,20	0,19	0,28
12/01 22:00	16,29	17,74	19,43	19,45	19,63	16,48	17,95	19,60	19,62	19,89	0,19	0,20	0,17	0,18	0,26
12/01 23:00	16,27	17,71	19,35	19,36	19,57	16,45	17,91	19,49	19,51	19,81	0,18	0,20	0,14	0,14	0,23
12/01 24:00	16,25	17,51	19,28	19,29	19,52	16,43	17,70	19,39	19,41	19,73	0,18	0,19	0,11	0,12	0,21

Anexo F - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 5 cm espessura Deltacool®

Tabela 61 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	17,27	18,05	18,42	18,35	18,74	15,98	16,82	17,39	17,41	17,68	-1,29	-1,23	-1,02	-0,95	-1,06
01/01 02:00	17,24	17,98	18,36	18,29	18,69	15,95	16,74	17,32	17,33	17,62	-1,29	-1,24	-1,03	-0,95	-1,07
01/01 03:00	17,23	17,96	18,33	18,26	18,66	15,95	16,71	17,28	17,29	17,58	-1,29	-1,25	-1,05	-0,97	-1,08
01/01 04:00	17,22	17,93	18,29	18,22	18,63	15,93	16,68	17,23	17,24	17,53	-1,29	-1,25	-1,06	-0,98	-1,09
01/01 05:00	17,19	17,90	18,25	18,17	18,59	15,90	16,64	17,17	17,18	17,48	-1,29	-1,26	-1,08	-0,99	-1,11
01/01 06:00	17,17	17,87	18,20	18,12	18,55	15,88	16,60	17,11	17,12	17,43	-1,29	-1,26	-1,09	-1,00	-1,12
01/01 07:00	17,14	17,83	18,15	18,07	18,50	15,84	16,56	17,04	17,05	17,37	-1,29	-1,27	-1,11	-1,02	-1,13
01/01 08:00	17,12	17,89	18,12	18,03	18,48	15,82	16,61	16,99	17,01	17,33	-1,30	-1,28	-1,12	-1,03	-1,15
01/01 09:00	17,11	17,97	18,20	18,11	18,51	15,81	16,69	17,06	17,07	17,35	-1,30	-1,28	-1,14	-1,05	-1,16
01/01 10:00	17,12	18,0	18,34	18,26	18,58	15,81	16,77	17,21	17,21	17,42	-1,31	-1,27	-1,13	-1,05	-1,16
01/01 11:00	17,14	18,18	18,76	18,69	18,79	15,83	16,92	17,66	17,66	17,65	-1,31	-1,26	-1,10	-1,03	-1,15
01/01 12:00	17,17	18,22	18,85	18,79	18,89	15,86	16,96	17,79	17,79	17,76	-1,32	-1,26	-1,05	-1,00	-1,13
01/01 13:00	17,20	18,26	18,98	18,94	18,99	15,89	17,01	17,97	17,96	17,89	-1,32	-1,25	-1,02	-0,98	-1,10
01/01 14:00	17,22	18,28	18,99	18,97	19,02	15,91	17,04	18,01	18,01	17,96	-1,31	-1,24	-0,98	-0,96	-1,07
01/01 15:00	17,23	18,28	18,97	18,95	19,02	15,93	17,06	18,01	18,01	17,98	-1,30	-1,23	-0,96	-0,93	-1,04
01/01 16:00	17,22	18,25	18,90	18,87	18,99	15,93	17,03	17,95	17,96	17,97	-1,29	-1,22	-0,94	-0,92	-1,01
01/01 17:00	17,20	18,19	18,82	18,80	18,95	15,91	16,98	17,89	17,90	17,95	-1,28	-1,21	-0,93	-0,90	-0,99
01/01 18:00	17,17	18,11	18,66	18,64	18,85	15,89	16,91	17,73	17,75	17,86	-1,27	-1,20	-0,93	-0,89	-0,99
01/01 19:00	17,14	18,13	18,56	18,53	18,78	15,87	16,93	17,62	17,64	17,80	-1,26	-1,20	-0,94	-0,89	-0,98
01/01 20:00	17,11	18,28	18,48	18,44	18,72	15,85	17,09	17,54	17,55	17,74	-1,25	-1,19	-0,94	-0,89	-0,98
01/01 21:00	17,09	18,28	18,42	18,38	18,68	15,85	17,09	17,48	17,49	17,70	-1,24	-1,19	-0,95	-0,89	-0,98
01/01 22:00	17,07	18,26	18,37	18,33	18,64	15,84	17,08	17,42	17,44	17,65	-1,24	-1,18	-0,95	-0,89	-0,97
01/01 23:00	17,05	18,23	18,31	18,26	18,59	15,82	17,06	17,35	17,37	17,60	-1,23	-1,18	-0,96	-0,89	-0,99
01/01 24:00	17,02	18,01	18,26	18,20	18,55	15,80	16,84	17,29	17,30	17,55	-1,22	-1,17	-0,97	-0,90	-0,99

Tabela 62 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	13,03	14,09	14,66	14,64	15,05	12,46	13,52	14,12	14,18	14,52	-0,574	-0,57	-0,53	-0,46	-0,53
02/01 02:00	13,04	14,07	14,65	14,63	15,03	12,46	13,49	14,09	14,15	14,49	-0,578	-0,58	-0,56	-0,48	-0,55
02/01 03:00	13,04	14,07	14,63	14,60	15,01	12,46	13,48	14,05	14,11	14,45	-0,583	-0,59	-0,58	-0,50	-0,57
02/01 04:00	13,03	14,06	14,60	14,58	14,99	12,45	13,46	13,99	14,06	14,41	-0,588	-0,60	-0,60	-0,51	-0,58
02/01 05:00	13,03	14,06	14,58	14,56	14,97	12,44	13,45	13,96	14,02	14,37	-0,59	-0,61	-0,62	-0,53	-0,60
02/01 06:00	13,04	14,06	14,56	14,54	14,96	12,44	13,45	13,92	13,98	14,34	-0,60	-0,62	-0,64	-0,55	-0,62
02/01 07:00	13,03	14,06	14,53	14,51	14,93	12,42	13,43	13,88	13,94	14,29	-0,61	-0,63	-0,66	-0,57	-0,64
02/01 08:00	13,02	14,14	14,52	14,49	14,92	12,41	13,50	13,84	13,90	14,26	-0,61	-0,64	-0,68	-0,59	-0,66
02/01 09:00	13,03	14,27	14,62	14,60	14,98	12,41	13,64	13,94	13,99	14,31	-0,62	-0,63	-0,69	-0,60	-0,67
02/01 10:00	13,07	14,44	14,91	14,90	15,14	12,45	13,82	14,24	14,29	14,47	-0,62	-0,62	-0,67	-0,60	-0,67
02/01 11:00	13,13	14,56	15,17	15,17	15,30	12,51	13,95	14,54	14,59	14,64	-0,62	-0,61	-0,63	-0,58	-0,65
02/01 12:00	13,19	14,60	15,18	15,18	15,34	12,58	13,99	14,57	14,62	14,70	-0,62	-0,60	-0,60	-0,56	-0,63
02/01 13:00	13,26	14,65	15,24	15,25	15,39	12,65	14,06	14,65	14,70	14,77	-0,61	-0,60	-0,59	-0,55	-0,62
02/01 14:00	13,31	14,74	15,53	15,55	15,56	12,71	14,16	14,97	15,02	14,96	-0,60	-0,58	-0,56	-0,53	-0,60
02/01 15:00	13,34	14,78	15,63	15,66	15,64	12,76	14,22	15,12	15,17	15,07	-0,58	-0,57	-0,51	-0,49	-0,56
02/01 16:00	13,36	14,75	15,49	15,53	15,59	12,79	14,20	15,01	15,06	15,05	-0,56	-0,55	-0,48	-0,46	-0,53
02/01 17:00	13,34	14,69	15,37	15,42	15,53	12,79	14,15	14,91	14,97	15,01	-0,55	-0,54	-0,46	-0,45	-0,51
02/01 18:00	13,30	14,59	15,21	15,25	15,43	12,78	14,06	14,76	14,82	14,93	-0,53	-0,53	-0,46	-0,43	-0,50
02/01 19:00	13,26	14,58	15,10	15,13	15,35	12,75	14,06	14,64	14,71	14,86	-0,51	-0,52	-0,45	-0,42	-0,49
02/01 20:00	13,22	14,71	15,01	15,04	15,29	12,74	14,20	14,56	14,62	14,81	-0,49	-0,51	-0,45	-0,42	-0,48
02/01 21:00	13,21	14,71	14,96	14,98	15,25	12,74	14,21	14,51	14,57	14,77	-0,47	-0,50	-0,45	-0,41	-0,48
02/01 22:00	13,20	14,69	14,91	14,93	15,22	12,74	14,20	14,46	14,53	14,74	-0,46	-0,49	-0,45	-0,41	-0,48
02/01 23:00	13,19	14,67	14,87	14,89	15,18	12,75	14,19	14,42	14,48	14,70	-0,44	-0,48	-0,45	-0,41	-0,48
02/01 24:00	13,18	14,47	14,84	14,85	15,15	12,75	13,99	14,38	14,44	14,66	-0,43	-0,48	-0,46	-0,41	-0,49

Tabela 63 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	15,45	16,54	17,67	17,72	17,93	15,81	16,85	17,85	17,91	18,13	0,36	0,30	0,18	0,18	0,20
03/01 02:00	15,41	16,46	17,59	17,63	17,87	15,77	16,75	17,75	17,80	18,06	0,36	0,30	0,16	0,17	0,18
03/01 03:00	15,39	16,40	17,52	17,56	17,82	15,75	16,68	17,66	17,72	17,98	0,36	0,28	0,14	0,15	0,16
03/01 04:00	15,33	16,32	17,42	17,45	17,74	15,68	16,58	17,53	17,58	17,88	0,35	0,27	0,12	0,13	0,14
03/01 05:00	15,25	16,21	17,28	17,31	17,65	15,59	16,46	17,38	17,42	17,77	0,34	0,25	0,09	0,11	0,12
03/01 06:00	15,20	16,13	17,19	17,22	17,57	15,53	16,37	17,26	17,30	17,67	0,32	0,23	0,06	0,09	0,10
03/01 07:00	15,16	16,08	17,12	17,13	17,51	15,47	16,29	17,15	17,19	17,58	0,31	0,22	0,03	0,06	0,07
03/01 08:00	15,15	16,32	17,13	17,14	17,52	15,44	16,53	17,14	17,18	17,57	0,29	0,21	0,00	0,03	0,05
03/01 09:00	15,20	16,58	17,35	17,37	17,66	15,47	16,81	17,35	17,39	17,70	0,27	0,22	0,00	0,02	0,03
03/01 10:00	15,27	16,79	17,75	17,78	17,88	15,53	17,02	17,77	17,80	17,91	0,26	0,24	0,01	0,02	0,03
03/01 11:00	15,36	16,93	18,22	18,26	18,13	15,60	17,18	18,28	18,31	18,19	0,25	0,25	0,06	0,05	0,06
03/01 12:00	15,46	17,02	18,62	18,69	18,38	15,70	17,28	18,75	18,78	18,48	0,24	0,26	0,13	0,09	0,09
03/01 13:00	15,54	17,09	18,82	18,91	18,56	15,78	17,35	19,01	19,04	18,70	0,24	0,26	0,20	0,14	0,14
03/01 14:00	15,62	17,15	19,18	19,29	18,77	15,86	17,42	19,44	19,48	18,97	0,24	0,27	0,27	0,19	0,20
03/01 15:00	15,67	17,21	19,27	19,40	18,88	15,92	17,48	19,60	19,65	19,14	0,25	0,28	0,34	0,25	0,26
03/01 16:00	15,69	17,21	19,16	19,30	18,88	15,94	17,51	19,55	19,61	19,20	0,25	0,30	0,40	0,30	0,32
03/01 17:00	15,67	17,12	18,83	18,98	18,74	15,93	17,43	19,25	19,31	19,10	0,27	0,31	0,42	0,34	0,36
03/01 18:00	15,62	16,97	18,56	18,70	18,58	15,90	17,29	18,97	19,05	18,97	0,28	0,32	0,41	0,35	0,38
03/01 19:00	15,56	16,91	18,36	18,49	18,46	15,84	17,23	18,75	18,8	18,85	0,29	0,32	0,40	0,35	0,39
03/01 20:00	15,51	17,02	18,22	18,34	18,37	15,80	17,34	18,60	18,69	18,77	0,30	0,32	0,38	0,3	0,40
03/01 21:00	15,44	16,95	18,07	18,18	18,28	15,75	17,28	18,44	18,53	18,67	0,31	0,32	0,37	0,35	0,39
03/01 22:00	15,40	16,90	17,97	18,07	18,21	15,72	17,22	18,32	18,41	18,58	0,31	0,32	0,35	0,34	0,38
03/01 23:00	15,38	16,86	17,89	17,98	18,15	15,70	17,18	18,23	18,31	18,52	0,32	0,32	0,34	0,33	0,37
03/01 24:00	15,36	16,65	17,82	17,90	18,10	15,68	16,96	18,13	18,22	18,45	0,32	0,31	0,31	0,32	0,35

Tabela 64 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,17	18,48	19,24	19,41	19,42	17,73	18,81	19,73	19,88	19,93	0,56	0,32	0,49	0,47	0,50
04/01 02:00	17,15	18,27	19,19	19,35	19,37	17,70	18,72	19,64	19,79	19,85	0,55	0,45	0,46	0,44	0,48
04/01 03:00	17,12	18,19	19,11	19,27	19,32	17,67	18,64	19,55	19,69	19,78	0,55	0,45	0,44	0,42	0,46
04/01 04:00	17,09	18,12	19,04	19,19	19,26	17,64	18,57	19,46	19,59	19,70	0,55	0,44	0,42	0,40	0,44
04/01 05:00	17,06	18,07	18,97	19,11	19,20	17,60	18,49	19,36	19,48	19,62	0,54	0,42	0,39	0,37	0,42
04/01 06:00	17,03	18,01	18,90	19,03	19,14	17,5	18,43	19,27	19,39	19,55	0,53	0,42	0,37	0,35	0,40
04/01 07:00	17,01	17,96	18,84	18,96	19,09	17,54	18,47	19,22	19,33	19,50	0,54	0,51	0,38	0,37	0,41
04/01 08:00	17,00	18,01	18,82	18,94	19,07	17,53	18,59	19,20	19,31	19,47	0,52	0,57	0,39	0,37	0,40
04/01 09:00	17,00	18,14	18,83	18,94	19,07	17,53	18,66	19,23	19,33	19,48	0,52	0,52	0,40	0,38	0,41
04/01 10:00	17,02	18,22	18,88	18,99	19,09	17,54	18,72	19,28	19,37	19,50	0,52	0,49	0,40	0,39	0,41
04/01 11:00	17,04	18,29	18,94	19,05	19,14	17,55	18,83	19,43	19,52	19,60	0,51	0,55	0,48	0,47	0,46
04/01 12:00	17,07	18,41	19,10	19,21	19,24	17,57	18,91	19,64	19,73	19,73	0,50	0,50	0,54	0,52	0,49
04/01 13:00	17,10	18,48	19,31	19,43	19,38	17,59	18,94	19,89	19,97	19,90	0,49	0,46	0,58	0,54	0,52
04/01 14:00	17,13	18,52	19,53	19,66	19,53	17,61	18,98	20,09	20,17	20,04	0,48	0,46	0,56	0,51	0,51
04/01 15:00	17,16	18,55	19,70	19,84	19,65	17,63	19,01	20,16	20,24	20,13	0,47	0,46	0,46	0,40	0,48
04/01 16:00	17,18	18,58	19,73	19,89	19,71	17,64	18,99	20,05	20,14	20,10	0,46	0,41	0,32	0,25	0,39
04/01 17:00	17,19	18,56	19,61	19,78	19,66	17,64	18,88	19,88	19,97	19,99	0,45	0,32	0,26	0,19	0,33
04/01 18:00	17,20	18,45	19,45	19,60	19,56	17,63	18,81	19,76	19,85	19,92	0,44	0,35	0,31	0,24	0,37
04/01 19:00	17,18	18,39	19,35	19,49	19,48	17,60	18,79	19,64	19,72	19,85	0,42	0,41	0,29	0,23	0,36
04/01 20:00	17,15	18,38	19,24	19,38	19,41	17,58	18,93	19,54	19,62	19,77	0,43	0,55	0,30	0,24	0,36
04/01 21:00	17,13	18,52	19,16	19,29	19,35	17,56	18,91	19,45	19,53	19,71	0,43	0,39	0,29	0,24	0,36
04/01 22:00	17,11	18,51	19,09	19,21	19,30	17,53	18,87	19,36	19,43	19,64	0,42	0,36	0,27	0,23	0,34
04/01 23:00	17,08	18,47	19,01	19,12	19,24	17,51	18,83	19,28	19,35	19,57	0,42	0,36	0,27	0,23	0,33
04/01 24:00:	17,06	18,45	18,96	19,06	19,20	17,48	18,61	19,20	19,27	19,51	0,42	0,16	0,25	0,21	0,31

Tabela 65 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	19,31	20,12	20,71	20,83	20,85	19,98	20,73	21,31	21,41	21,46	0,67	0,61	0,60	0,57	0,60
05/01 02:00	19,26	20,02	20,63	20,74	20,78	19,93	20,62	21,21	21,30	21,37	0,67	0,60	0,58	0,56	0,59
05/01 03:00	19,21	19,93	20,54	20,65	20,71	19,87	20,52	21,10	21,18	21,28	0,66	0,58	0,56	0,53	0,57
05/01 04:00	19,15	19,84	20,44	20,54	20,63	19,79	20,40	20,97	21,04	21,18	0,64	0,56	0,53	0,51	0,55
05/01 05:00	19,12	19,79	20,37	20,46	20,58	19,74	20,32	20,87	20,94	21,10	0,62	0,54	0,50	0,48	0,52
05/01 06:00	19,10	19,92	20,33	20,41	20,54	19,70	20,45	20,80	20,86	21,04	0,60	0,52	0,47	0,45	0,50
05/01 07:00	19,11	20,21	20,38	20,45	20,57	19,69	20,74	20,81	20,87	21,04	0,58	0,53	0,44	0,42	0,47
05/01 08:00	19,15	20,41	20,47	20,54	20,63	19,71	20,96	20,89	20,94	21,08	0,56	0,54	0,42	0,40	0,45
05/01 09:00	19,20	20,60	20,57	20,64	20,70	19,74	21,16	20,97	21,02	21,14	0,54	0,55	0,40	0,38	0,44
05/01 10:00	19,27	20,76	20,69	20,76	20,80	19,80	21,32	21,08	21,13	21,23	0,53	0,56	0,39	0,37	0,43
05/01 11:00	19,36	20,86	20,86	20,94	20,97	19,88	21,43	21,25	21,30	21,39	0,52	0,57	0,39	0,36	0,43
05/01 12:00	19,45	20,90	21,07	21,16	21,14	19,96	21,47	21,47	21,53	21,58	0,52	0,57	0,40	0,37	0,44
05/01 13:00	19,53	20,94	21,27	21,37	21,31	20,05	21,50	21,69	21,75	21,76	0,51	0,56	0,42	0,38	0,45
05/01 14:00	19,61	21,02	21,40	21,51	21,43	20,13	21,58	21,84	21,92	21,90	0,52	0,56	0,44	0,41	0,47
05/01 15:00	19,67	21,09	21,46	21,58	21,49	20,19	21,65	21,92	22,01	21,98	0,52	0,57	0,47	0,43	0,50
05/01 16:00	19,69	21,10	21,47	21,60	21,48	20,22	21,68	21,95	22,06	22,00	0,53	0,58	0,48	0,45	0,52
05/01 17:00	19,69	21,06	21,45	21,59	21,46	20,24	21,65	21,94	22,06	21,99	0,55	0,59	0,50	0,47	0,53
05/01 18:00	19,66	20,95	21,37	21,52	21,41	20,23	21,54	21,88	22,01	21,95	0,56	0,60	0,51	0,49	0,55
05/01 19:00	19,61	20,84	21,24	21,39	21,31	20,19	21,44	21,76	21,90	21,87	0,58	0,60	0,52	0,50	0,56
05/01 20:00	19,55	20,88	21,10	21,25	21,21	20,15	21,48	21,62	21,76	21,77	0,60	0,60	0,52	0,51	0,56
05/01 21:00	19,50	20,79	20,98	21,13	21,13	20,11	21,39	21,51	21,65	21,69	0,61	0,60	0,52	0,51	0,56
05/01 22:00	19,45	20,71	20,89	21,03	21,05	20,07	21,31	21,41	21,54	21,61	0,62	0,60	0,52	0,51	0,56
05/01 23:00	19,41	20,65	20,81	20,95	20,99	20,04	21,24	21,33	21,46	21,54	0,63	0,60	0,52	0,51	0,55
05/01 24:00	19,37	20,40	20,73	20,86	20,92	20,01	20,99	21,24	21,36	21,46	0,63	0,59	0,51	0,50	0,54

Tabela 66 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	20,85	21,45	21,65	21,71	21,70	21,23	21,71	21,97	21,99	21,99	0,38	0,26	0,32	0,27	0,29
06/01 02:00	20,82	21,37	21,59	21,65	21,65	21,19	21,62	21,90	21,92	21,93	0,38	0,25	0,31	0,27	0,29
06/01 03:00	20,80	21,32	21,55	21,60	21,61	21,17	21,56	21,84	21,85	21,88	0,37	0,24	0,30	0,26	0,27
06/01 04:00	20,77	21,26	21,49	21,53	21,55	21,13	21,49	21,76	21,77	21,81	0,36	0,23	0,28	0,24	0,26
06/01 05:00	20,75	21,21	21,44	21,48	21,51	21,10	21,43	21,69	21,70	21,76	0,35	0,21	0,26	0,22	0,25
06/01 06:00	20,74	21,21	21,42	21,45	21,49	21,07	21,40	21,65	21,65	21,72	0,33	0,20	0,24	0,20	0,23
06/01 07:00	20,73	21,23	21,42	21,45	21,49	21,05	21,41	21,64	21,64	21,70	0,32	0,18	0,21	0,18	0,21
06/01 08:00	20,76	21,37	21,47	21,50	21,52	21,05	21,54	21,66	21,66	21,71	0,30	0,17	0,20	0,16	0,20
06/01 09:00	20,80	21,48	21,55	21,57	21,57	21,07	21,63	21,72	21,72	21,75	0,28	0,16	0,17	0,15	0,18
06/01 10:00	20,84	21,58	21,62	21,65	21,62	21,10	21,73	21,79	21,78	21,79	0,266	0,15	0,16	0,13	0,17
06/01 11:00	20,88	21,65	21,68	21,71	21,67	21,12	21,79	21,83	21,82	21,83	0,24	0,14	0,15	0,11	0,16
06/01 12:00	20,92	21,73	21,76	21,78	21,73	21,14	21,87	21,89	21,88	21,88	0,22	0,13	0,13	0,10	0,15
06/01 13:00	20,96	21,76	21,78	21,80	21,75	21,17	21,88	21,90	21,89	21,89	0,21	0,13	0,12	0,09	0,15
06/01 14:00	20,98	21,80	21,81	21,84	21,78	21,18	21,92	21,92	21,92	21,92	0,20	0,12	0,11	0,08	0,14
06/01 15:00	21,00	21,85	21,86	21,89	21,81	21,19	21,97	21,96	21,96	21,95	0,19	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 16:00	21,01	21,87	21,88	21,91	21,83	21,19	21,98	21,98	21,98	21,96	0,19	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 17:00	20,99	21,84	21,86	21,89	21,82	21,18	21,96	21,96	21,96	21,95	0,18	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 18:00	20,97	21,78	21,81	21,84	21,78	21,15	21,89	21,91	21,91	21,92	0,18	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 19:00	20,93	21,76	21,73	21,76	21,73	21,12	21,87	21,83	21,83	21,86	0,19	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 20:00	20,89	21,86	21,65	21,67	21,67	21,08	21,96	21,74	21,74	21,79	0,19	0,11	0,10	0,07	0,13
06/01 21:00	20,85	21,80	21,57	21,59	21,61	21,03	21,90	21,66	21,65	21,73	0,19	0,10	0,10	0,06	0,12
06/01 22:00	20,81	21,74	21,50	21,51	21,55	20,99	21,84	21,58	21,57	21,67	0,19	0,10	0,08	0,06	0,11
06/01 23:00	20,77	21,69	21,43	21,45	21,50	20,96	21,78	21,51	21,50	21,61	0,19	0,10	0,08	0,06	0,11
06/01 24:00	20,75	21,46	21,38	21,39	21,46	20,93	21,54	21,4	21,44	21,55	0,18	0,09	0,07	0,05	0,09

Tabela 67 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	22,83	23,49	23,57	23,69	23,66	23,15	23,75	23,82	23,95	23,91	0,31	0,26	0,25	0,25	0,25
07/01 02:00	22,81	23,44	23,53	23,65	23,62	23,13	23,68	23,77	23,89	23,86	0,32	0,24	0,24	0,24	0,24
07/01 03:00	22,79	23,39	23,49	23,60	23,58	23,10	23,62	23,71	23,83	23,81	0,31	0,23	0,22	0,23	0,22
07/01 04:00	22,77	23,35	23,45	23,55	23,55	23,07	23,57	23,65	23,76	23,75	0,30	0,21	0,20	0,21	0,21
07/01 05:00	22,75	23,33	23,41	23,51	23,51	23,03	23,52	23,59	23,70	23,70	0,28	0,19	0,18	0,19	0,19
07/01 06:00	22,74	23,46	23,39	23,49	23,50	23,00	23,65	23,55	23,65	23,67	0,26	0,18	0,16	0,17	0,17
07/01 07:00	22,75	23,71	23,44	23,53	23,53	22,99	23,91	23,58	23,68	23,68	0,25	0,20	0,14	0,15	0,16
07/01 08:00	22,78	23,94	23,51	23,60	23,58	23,01	24,16	23,64	23,73	23,72	0,23	0,21	0,13	0,13	0,15
07/01 09:00	22,82	24,09	23,61	23,70	23,64	23,04	24,32	23,73	23,81	23,78	0,22	0,23	0,12	0,12	0,14
07/01 10:00	22,88	24,21	23,72	23,81	23,73	23,09	24,45	23,84	23,93	23,86	0,21	0,24	0,12	0,11	0,14
07/01 11:00	22,95	24,28	23,87	23,97	23,85	23,16	24,52	23,99	24,08	23,98	0,21	0,24	0,12	0,11	0,14
07/01 12:00	23,03	24,32	24,02	24,12	23,98	23,23	24,57	24,16	24,25	24,12	0,21	0,24	0,14	0,12	0,15
07/01 13:00	23,10	24,35	24,15	24,27	24,11	23,31	24,59	24,31	24,41	24,27	0,21	0,24	0,16	0,14	0,17
07/01 14:00	23,16	24,41	24,27	24,39	24,19	23,38	24,66	24,45	24,55	24,38	0,22	0,25	0,18	0,16	0,19
07/01 15:00	23,19	24,44	24,29	24,43	24,24	23,42	24,69	24,49	24,61	24,45	0,23	0,25	0,20	0,19	0,21
07/01 16:00	23,22	24,45	24,32	24,46	24,25	23,47	24,71	24,54	24,67	24,47	0,24	0,26	0,22	0,21	0,23
07/01 17:00	23,24	24,43	24,33	24,47	24,25	23,49	24,70	24,56	24,71	24,49	0,26	0,27	0,24	0,23	0,24
07/01 18:00	23,21	24,34	24,28	24,43	24,22	23,49	24,62	24,53	24,68	24,48	0,28	0,28	0,25	0,25	0,26
07/01 19:00	23,17	24,28	24,19	24,34	24,16	23,47	24,57	24,46	24,61	24,43	0,30	0,29	0,27	0,27	0,28
07/01 20:00	23,13	24,32	24,08	24,24	24,08	23,45	24,62	24,36	24,52	24,37	0,32	0,29	0,28	0,28	0,29
07/01 21:00	23,09	24,24	23,98	24,14	24,01	23,42	24,53	24,28	24,43	24,30	0,34	0,30	0,29	0,29	0,29
07/01 22:00	23,04	24,16	23,90	24,05	23,95	23,40	24,45	24,20	24,35	24,24	0,35	0,30	0,30	0,30	0,29
07/01 23:00	23,02	24,11	23,85	23,99	23,90	23,38	24,41	24,15	24,29	24,19	0,37	0,30	0,30	0,30	0,29
07/01 24:00	22,99	23,88	23,80	23,94	23,86	23,37	24,17	24,10	24,23	24,14	0,38	0,29	0,30	0,29	0,29

Tabela 68 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	23,74	24,47	24,64	24,76	24,79	23,75	24,38	24,63	24,77	24,76	0,01	-0,08	-0,00	0,01	-0,03
08/01 02:00	23,74	24,43	24,62	24,73	24,77	23,75	24,34	24,60	24,73	24,72	0,01	-0,09	-0,01	0,00	-0,04
08/01 03:00	23,74	24,42	24,59	24,70	24,74	23,74	24,31	24,57	24,69	24,69	0,01	-0,11	-0,03	-0,01	-0,06
08/01 04:00	23,73	24,42	24,58	24,68	24,72	23,73	24,29	24,53	24,65	24,65	-0,00	-0,12	-0,05	-0,03	-0,07
08/01 05:00	23,73	24,41	24,56	24,66	24,70	23,71	24,28	24,49	24,61	24,62	-0,02	-0,14	-0,07	-0,05	-0,09
08/01 06:00	23,73	24,64	24,54	24,63	24,69	23,70	24,50	24,45	24,56	24,59	-0,03	-0,14	-0,09	-0,07	-0,10
08/01 07:00	23,75	24,93	24,60	24,69	24,72	23,70	24,81	24,49	24,59	24,60	-0,05	-0,12	-0,11	-0,10	-0,12
08/01 08:00	23,77	25,09	24,68	24,76	24,78	23,71	24,99	24,56	24,65	24,65	-0,06	-0,10	-0,12	-0,11	-0,13
08/01 09:00	23,83	25,25	24,78	24,87	24,85	23,76	25,17	24,66	24,75	24,72	-0,07	-0,08	-0,12	-0,12	-0,13
08/01 10:00	23,91	25,40	24,91	24,99	24,95	23,84	25,33	24,79	24,87	24,81	-0,07	-0,07	-0,12	-0,12	-0,13
08/01 11:00	24,01	25,49	25,06	25,15	25,09	23,94	25,44	24,94	25,03	24,97	-0,07	-0,05	-0,11	-0,12	-0,13
08/01 12:00	24,10	25,53	25,26	25,36	25,26	24,04	25,48	25,16	25,26	25,15	-0,06	-0,05	-0,09	-0,10	-0,11
08/01 13:00	24,19	25,55	25,45	25,56	25,43	24,14	25,51	25,39	25,49	25,34	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08
08/01 14:00	24,28	25,63	25,60	25,72	25,55	24,25	25,59	25,57	25,68	25,50	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,05
08/01 15:00	24,37	25,71	25,69	25,83	25,63	24,36	25,68	25,70	25,83	25,61	-0,01	-0,03	0,01	-0,00	-0,02
08/01 16:00	24,39	25,72	25,72	25,86	25,64	24,40	25,71	25,75	25,89	25,65	0,01	-0,01	0,04	0,03	0,01
08/01 17:00	24,39	25,68	25,71	25,86	25,62	24,42	25,69	25,77	25,92	25,65	0,04	0,01	0,06	0,06	0,04
08/01 18:00	24,36	25,57	25,64	25,80	25,57	24,42	25,60	25,72	25,89	25,63	0,06	0,03	0,09	0,09	0,06
08/01 19:00	24,30	25,48	25,51	25,68	25,49	24,39	25,50	25,62	25,80	25,57	0,09	0,04	0,11	0,11	0,08
08/01 20:00	24,25	25,51	25,39	25,56	25,41	24,36	25,56	25,52	25,69	25,50	0,12	0,05	0,12	0,13	0,10
08/01 21:00	24,19	25,43	25,29	25,46	25,33	24,33	25,49	25,43	25,61	25,44	0,14	0,06	0,14	0,15	0,11
08/01 22:00	24,15	25,36	25,21	25,38	25,27	24,31	25,42	25,36	25,53	25,39	0,16	0,06	0,15	0,15	0,11
08/01 23:00	24,12	25,30	25,15	25,31	25,22	24,29	25,37	25,30	25,47	25,33	0,18	0,07	0,16	0,16	0,12
08/01 24:00	24,09	25,06	25,09	25,24	25,17	24,28	25,13	25,25	25,40	25,28	0,19	0,07	0,16	0,16	0,12

Tabela 69 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	23,94	24,41	25,11	25,15	25,23	24,08	24,45	25,19	25,18	25,32	0,15	0,04	0,08	0,03	0,09
09/01 02:00	23,92	24,35	25,07	25,10	25,19	24,06	24,38	25,13	25,12	25,26	0,14	0,03	0,06	0,02	0,07
09/01 03:00	23,90	24,31	25,03	25,04	25,14	24,03	24,33	25,07	25,05	25,19	0,13	0,01	0,04	0,00	0,05
09/01 04:00	23,88	24,27	24,98	24,98	25,10	23,99	24,27	24,99	24,97	25,12	0,11	0,00	0,02	-0,02	0,03
09/01 05:00	23,86	24,24	24,93	24,93	25,05	23,95	24,21	24,92	24,89	25,05	0,09	-0,02	-0,01	-0,04	0,00
09/01 06:00	23,84	24,20	24,88	24,88	25,01	23,91	24,16	24,84	24,81	24,99	0,07	-0,04	-0,04	-0,07	-0,02
09/01 07:00	23,83	24,30	24,88	24,87	24,99	23,87	24,25	24,81	24,77	24,95	0,05	-0,06	-0,07	-0,10	-0,05
09/01 08:00	23,84	24,52	24,93	24,91	25,02	23,86	24,46	24,83	24,79	24,95	0,02	-0,06	-0,10	-0,12	-0,07
09/01 09:00	23,88	24,64	25,02	25,01	25,09	23,88	24,58	24,90	24,86	25,00	0,00	-0,06	-0,12	-0,14	-0,09
09/01 10:00	23,95	24,85	25,22	25,20	25,23	23,93	24,78	25,09	25,05	25,13	-0,03	-0,06	-0,13	-0,16	-0,10
09/01 11:00	24,03	25,04	25,52	25,51	25,43	23,99	24,98	25,40	25,36	25,33	-0,04	-0,06	-0,12	-0,16	-0,10
09/01 12:00	24,13	25,16	25,86	25,86	25,66	24,07	25,11	25,76	25,72	25,57	-0,05	-0,05	-0,09	-0,14	-0,08
09/01 13:00	24,23	25,27	26,02	26,04	25,80	24,17	25,22	25,96	25,92	25,74	-0,06	-0,05	-0,06	-0,12	-0,06
09/01 14:00	24,31	25,38	26,14	26,18	25,91	24,25	25,34	26,11	26,08	25,87	-0,06	-0,04	-0,03	-0,10	-0,03
09/01 15:00	24,36	25,43	26,17	26,21	25,95	24,31	25,40	26,16	26,14	25,94	-0,05	-0,03	0,00	-0,07	-0,01
09/01 16:00	24,37	25,41	26,11	26,15	25,93	24,33	25,39	26,12	26,10	25,95	-0,04	-0,02	0,01	-0,05	0,01
09/01 17:00	24,34	25,31	25,98	26,03	25,86	24,31	25,30	26,01	26,00	25,90	-0,03	-0,01	0,03	-0,03	0,03
09/01 18:00	24,28	25,16	25,85	25,89	25,77	24,27	25,16	25,88	25,88	25,82	-0,01	0,00	0,03	-0,02	0,05
09/01 19:00	24,22	25,09	25,72	25,76	25,68	24,23	25,10	25,75	25,76	25,73	0,01	0,00	0,04	0,00	0,05
09/01 20:00	24,16	25,16	25,60	25,64	25,59	24,18	25,17	25,64	25,65	25,65	0,02	0,01	0,04	0,01	0,06
09/01 21:00	24,11	25,10	25,50	25,53	25,51	24,15	25,11	25,54	25,55	25,57	0,04	0,01	0,04	0,02	0,06
09/01 22:00	24,06	25,02	25,40	25,43	25,44	24,11	25,03	25,44	25,46	25,50	0,05	0,02	0,04	0,03	0,06
09/01 23:00	24,02	24,95	25,32	25,34	25,37	24,08	24,97	25,36	25,37	25,42	0,06	0,02	0,04	0,03	0,05
09/01 24:0	23,98	24,70	25,24	25,26	25,31	24,05	24,72	25,27	25,29	25,35	0,07	0,02	0,03	0,03	0,04

Tabela 70 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	23,48	24,20	25,48	25,49	25,59	23,98	24,58	25,57	25,60	25,75	0,50	0,38	0,09	0,11	0,16
10/01 02:00	23,43	24,09	25,38	25,39	25,51	23,91	24,46	25,45	25,48	25,65	0,49	0,37	0,07	0,09	0,14
10/01 03:00	23,38	24,00	25,28	25,28	25,43	23,85	24,34	25,33	25,35	25,55	0,47	0,35	0,04	0,07	0,12
10/01 04:00	23,31	23,90	25,17	25,17	25,34	23,77	24,22	25,19	25,21	25,44	0,46	0,33	0,02	0,05	0,09
10/01 05:00	23,25	23,79	25,05	25,05	25,25	23,68	24,10	25,04	25,07	25,32	0,44	0,30	-0,01	0,02	0,07
10/01 06:00	23,18	23,69	24,94	24,93	25,16	23,60	23,97	24,90	24,92	25,20	0,41	0,28	-0,04	0,00	0,04
10/01 07:00	23,13	23,65	24,85	24,83	25,09	23,52	23,90	24,78	24,80	25,10	0,39	0,25	-0,07	-0,03	0,01
10/01 08:00	23,13	23,79	24,85	24,83	25,08	23,49	24,03	24,74	24,76	25,06	0,36	0,23	-0,11	-0,06	-0,02
10/01 09:00	23,14	23,91	24,93	24,90	25,12	23,47	24,13	24,79	24,81	25,07	0,33	0,22	-0,13	-0,09	-0,04
10/01 10:00	23,16	23,99	25,03	25,00	25,18	23,46	24,20	24,88	24,89	25,11	0,30	0,21	-0,15	-0,11	-0,06
10/01 11:00	23,20	24,08	25,18	25,16	25,27	23,47	24,28	25,02	25,04	25,19	0,27	0,20	-0,16	-0,12	-0,08
10/01 12:00	23,26	24,19	25,46	25,45	25,44	23,50	24,38	25,31	25,33	25,36	0,25	0,19	-0,15	-0,13	-0,08
10/01 13:00	23,31	24,28	25,64	25,65	25,57	23,53	24,45	25,51	25,53	25,50	0,22	0,18	-0,13	-0,12	-0,07
10/01 14:00	23,34	24,34	25,73	25,74	25,65	23,55	24,51	25,62	25,64	25,59	0,21	0,17	-0,11	-0,11	-0,06
10/01 15:00	23,36	24,36	25,72	25,74	25,66	23,55	24,52	25,62	25,64	25,61	0,19	0,17	-0,10	-0,10	-0,05
10/01 16:00	23,36	24,36	25,70	25,73	25,67	23,54	24,52	25,61	25,64	25,63	0,18	0,16	-0,09	-0,09	-0,04
10/01 17:00	23,33	24,27	25,54	25,57	25,58	23,50	24,43	25,45	25,48	25,55	0,17	0,15	-0,09	-0,09	-0,03
10/01 18:00	23,28	24,15	25,38	25,40	25,46	23,44	24,29	25,28	25,30	25,43	0,16	0,14	-0,10	-0,10	-0,03
10/01 19:00	23,23	24,10	25,25	25,26	25,36	23,39	24,23	25,13	25,16	25,33	0,15	0,13	-0,12	-0,10	-0,04
10/01 20:00	23,18	24,21	25,13	25,13	25,28	23,32	24,33	24,99	25,02	25,23	0,15	0,12	-0,14	-0,11	-0,05
10/01 21:00	23,13	24,16	25,02	25,02	25,20	23,27	24,27	24,87	24,90	25,13	0,14	0,11	-0,15	-0,13	-0,07
10/01 22:00	23,09	24,11	24,93	24,93	25,13	23,22	24,20	24,76	24,79	25,04	0,13	0,10	-0,17	-0,14	-0,08
10/01 23:00	23,03	24,04	24,83	24,81	25,05	23,15	24,12	24,64	24,66	24,95	0,12	0,08	-0,19	-0,15	-0,11
10/01 24:00	22,99	23,79	24,74	24,72	24,98	23,09	23,86	24,53	24,55	24,85	0,10	0,07	-0,21	-0,17	-0,13

Tabela 71 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,86	19,86	21,32	21,30	21,55	18,45	19,45	21,00	21,03	21,24	-0,41	-0,41	-0,31	-0,27	-0,30
11/01 02:00	18,84	19,81	21,26	21,24	21,50	18,44	19,39	20,93	20,94	21,18	-0,41	-0,42	-0,34	-0,29	-0,33
11/01 03:00	18,83	19,78	21,21	21,18	21,46	18,42	19,35	20,84	20,86	21,11	-0,41	-0,43	-0,37	-0,32	-0,35
11/01 04:00	18,82	19,76	21,16	21,12	21,42	18,40	19,31	20,77	20,78	21,04	-0,42	-0,45	-0,40	-0,34	-0,38
11/01 05:00	18,81	19,74	21,11	21,07	21,38	18,38	19,28	20,69	20,70	20,97	-0,43	-0,46	-0,43	-0,37	-0,40
11/01 06:00	18,79	19,72	21,06	21,02	21,33	18,35	19,24	20,60	20,62	20,90	-0,44	-0,48	-0,46	-0,40	-0,43
11/01 07:00	18,77	19,69	21,01	20,96	21,29	18,32	19,20	20,52	20,54	20,83	-0,45	-0,49	-0,49	-0,43	-0,46
11/01 08:00	18,77	19,91	21,08	21,03	21,32	18,30	19,41	20,56	20,57	20,84	-0,46	-0,50	-0,52	-0,46	-0,48
11/01 09:00	18,78	20,11	21,37	21,32	21,48	18,30	19,63	20,85	20,86	20,98	-0,48	-0,48	-0,52	-0,46	-0,49
11/01 10:00	18,81	20,20	21,61	21,58	21,61	18,32	19,72	21,12	21,12	21,13	-0,49	-0,47	-0,49	-0,45	-0,49
11/01 11:00	18,85	20,24	21,73	21,71	21,71	18,36	19,78	21,27	21,27	21,23	-0,49	-0,47	-0,47	-0,44	-0,48
11/01 12:00	18,90	20,30	21,84	21,83	21,79	18,40	19,83	21,39	21,39	21,33	-0,50	-0,47	-0,45	-0,44	-0,46
11/01 13:00	18,95	20,38	22,26	22,26	22,03	18,45	19,91	21,85	21,85	21,59	-0,50	-0,46	-0,41	-0,41	-0,44
11/01 14:00	19,00	20,45	22,43	22,46	22,16	18,50	19,99	22,08	22,09	21,76	-0,50	-0,46	-0,35	-0,37	-0,40
11/01 15:00	19,03	20,47	22,33	22,37	22,16	18,54	20,03	22,01	22,03	21,80	-0,49	-0,44	-0,31	-0,34	-0,36
11/01 16:00	19,03	20,47	22,33	22,37	22,17	18,55	20,04	22,04	22,07	21,84	-0,48	-0,43	-0,29	-0,31	-0,33
11/01 17:00	19,02	20,37	22,08	22,12	22,05	18,55	19,95	21,80	21,83	21,75	-0,47	-0,42	-0,28	-0,29	-0,31
11/01 18:00	18,99	20,26	21,88	21,92	21,93	18,53	19,85	21,60	21,63	21,63	-0,46	-0,41	-0,28	-0,29	-0,30
11/01 19:00	18,96	20,26	21,75	21,78	21,84	18,52	19,85	21,45	21,49	21,55	-0,44	-0,41	-0,30	-0,29	-0,29
11/01 20:00	18,93	20,40	21,65	21,67	21,77	18,50	19,99	21,34	21,38	21,48	-0,43	-0,41	-0,31	-0,29	-0,30
11/01 21:00	18,90	20,38	21,55	21,57	21,71	18,49	19,98	21,24	21,28	21,41	-0,41	-0,40	-0,32	-0,29	-0,30
11/01 22:00	18,88	20,34	21,47	21,48	21,65	18,48	19,94	21,14	21,18	21,34	-0,40	-0,39	-0,33	-0,29	-0,31
11/01 23:00	18,86	20,30	21,40	21,39	21,59	18,47	19,91	21,06	21,09	21,27	-0,39	-0,39	-0,34	-0,30	-0,32
11/01 24:00	18,84	20,08	21,32	21,32	21,54	18,46	19,69	20,97	21,00	21,20	-0,38	-0,39	-0,35	-0,31	-0,34

Tabela 72 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Deltacool® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,37	17,49	19,56	19,61	19,61	16,81	17,89	20,10	20,11	20,20	0,43	0,40	0,54	0,49	0,58
12/01 02:00	16,35	17,42	19,47	19,52	19,55	16,79	17,81	19,99	20,00	20,11	0,44	0,39	0,51	0,47	0,56
12/01 03:00	16,32	17,36	19,39	19,43	19,49	16,76	17,74	19,87	19,88	20,02	0,44	0,38	0,48	0,45	0,53
12/01 04:00	16,28	17,29	19,28	19,32	19,42	16,72	17,66	19,73	19,74	19,92	0,43	0,37	0,45	0,42	0,50
12/01 05:00	16,24	17,22	19,18	19,21	19,34	16,66	17,57	19,59	19,59	19,82	0,43	0,36	0,41	0,39	0,47
12/01 06:00	16,20	17,15	19,08	19,11	19,27	16,61	17,49	19,45	19,46	19,71	0,42	0,34	0,37	0,35	0,44
12/01 07:00	16,16	17,09	18,99	19,01	19,20	16,56	17,42	19,32	19,33	19,61	0,40	0,32	0,33	0,32	0,41
12/01 08:00	16,14	17,18	18,97	18,98	19,18	16,53	17,49	19,26	19,26	19,55	0,39	0,31	0,29	0,28	0,37
12/01 09:00	16,13	17,31	19,13	19,13	19,26	16,50	17,62	19,39	19,39	19,60	0,37	0,30	0,27	0,26	0,35
12/01 10:00	16,15	17,43	19,42	19,44	19,41	16,50	17,73	19,69	19,68	19,74	0,35	0,31	0,27	0,24	0,33
12/01 11:00	16,20	17,54	19,78	19,82	19,61	16,54	17,84	20,08	20,07	19,95	0,33	0,31	0,29	0,25	0,34
12/01 12:00	16,26	17,60	20,06	20,11	19,79	16,58	17,91	20,39	20,38	20,15	0,32	0,31	0,33	0,27	0,36
12/01 13:00	16,31	17,66	20,55	20,62	20,06	16,62	17,97	20,93	20,92	20,45	0,31	0,31	0,39	0,30	0,39
12/01 14:00	16,37	17,74	20,64	20,74	20,19	16,67	18,05	21,10	21,09	20,62	0,30	0,31	0,46	0,35	0,44
12/01 15:00	16,39	17,75	20,28	20,39	20,07	16,69	18,07	20,76	20,76	20,54	0,29	0,32	0,48	0,37	0,47
12/01 16:00	16,39	17,70	20,05	20,15	19,95	16,68	18,02	20,51	20,51	20,43	0,29	0,32	0,46	0,36	0,48
12/01 17:00	16,37	17,65	19,98	20,08	19,91	16,65	17,97	20,43	20,43	20,40	0,29	0,32	0,44	0,36	0,49
12/01 18:00	16,33	17,55	19,76	19,84	19,78	16,62	17,87	20,18	20,19	20,27	0,28	0,32	0,42	0,35	0,48
12/01 19:00	16,31	17,57	19,63	19,70	19,70	16,59	17,88	20,02	20,04	20,17	0,28	0,31	0,39	0,33	0,47
12/01 20:00	16,28	17,72	19,52	19,58	19,63	16,56	18,03	19,88	19,90	20,08	0,28	0,31	0,36	0,32	0,45
12/01 21:00	16,24	17,70	19,41	19,46	19,56	16,52	18,00	19,74	19,76	19,99	0,28	0,30	0,33	0,30	0,43
12/01 22:00	16,20	17,65	19,30	19,34	19,49	16,48	17,95	19,60	19,62	19,89	0,27	0,30	0,29	0,27	0,40
12/01 23:00	16,18	17,62	19,23	19,26	19,43	16,45	17,91	19,49	19,51	19,81	0,27	0,29	0,26	0,25	0,38
12/01 24:00	16,17	17,42	19,16	19,18	19,38	16,43	17,70	19,39	19,41	19,73	0,26	0,28	0,23	0,22	0,35

Anexo G - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 2 cm espessura *Micronal®*

Tabela 73 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	16,23	17,16	17,69	17,75	18,05	15,98	16,82	17,39	17,41	17,68	-0,26	-0,34	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 02:00	16,20	17,07	17,62	17,68	17,99	15,95	16,74	17,32	17,33	17,62	-0,25	-0,32	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 03:00	16,19	17,03	17,58	17,63	17,95	15,95	16,71	17,28	17,29	17,58	-0,25	-0,32	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 04:00	16,17	16,99	17,53	17,58	17,90	15,93	16,68	17,23	17,24	17,53	-0,25	-0,31	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 05:00	16,15	16,95	17,47	17,52	17,85	15,90	16,64	17,17	17,18	17,48	-0,24	-0,31	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 06:00	16,12	16,90	17,41	17,46	17,80	15,88	16,60	17,11	17,12	17,43	-0,24	-0,30	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 07:00	16,08	16,86	17,34	17,39	17,74	15,84	16,56	17,04	17,05	17,37	-0,24	-0,30	-0,30	-0,34	-0,37
01/01 08:00	16,06	16,91	17,30	17,35	17,70	15,82	16,61	17,00	17,01	17,33	-0,24	-0,30	-0,30	-0,35	-0,37
01/01 09:00	16,05	17,03	17,40	17,44	17,74	15,81	16,69	17,06	17,07	17,35	-0,24	-0,33	-0,34	-0,37	-0,39
01/01 10:00	16,05	17,13	17,59	17,61	17,83	15,81	16,77	17,21	17,22	17,42	-0,24	-0,36	-0,38	-0,40	-0,41
01/01 11:00	16,07	17,32	18,14	18,12	18,10	15,83	16,92	17,66	17,66	17,65	-0,24	-0,40	-0,48	-0,46	-0,46
01/01 12:00	16,10	17,37	18,27	18,25	18,21	15,86	16,96	17,79	17,79	17,76	-0,25	-0,41	-0,47	-0,46	-0,45
01/01 13:00	16,14	17,41	18,44	18,42	18,34	15,89	17,01	17,97	17,96	17,89	-0,25	-0,40	-0,48	-0,46	-0,45
01/01 14:00	16,17	17,44	18,47	18,46	18,39	15,91	17,04	18,01	18,01	17,96	-0,25	-0,40	-0,45	-0,44	-0,43
01/01 15:00	16,18	17,45	18,43	18,43	18,40	15,93	17,06	18,01	18,01	17,98	-0,26	-0,39	-0,42	-0,42	-0,41
01/01 16:00	16,18	17,41	18,34	18,36	18,36	15,93	17,03	17,95	17,96	17,97	-0,25	-0,38	-0,39	-0,40	-0,39
01/01 17:00	16,16	17,35	18,26	18,29	18,33	15,91	16,98	17,89	17,90	17,95	-0,25	-0,36	-0,37	-0,39	-0,38
01/01 18:00	16,14	17,25	18,05	18,10	18,22	15,89	16,91	17,73	17,75	17,86	-0,25	-0,35	-0,32	-0,35	-0,35
01/01 19:00	16,12	17,26	17,92	17,97	18,14	15,87	16,93	17,62	17,64	17,80	-0,24	-0,33	-0,30	-0,33	-0,34
01/01 20:00	16,09	17,42	17,82	17,88	18,08	15,85	17,09	17,54	17,55	17,74	-0,24	-0,33	-0,29	-0,33	-0,34
01/01 21:00	16,08	17,43	17,76	17,81	18,03	15,85	17,09	17,48	17,49	17,70	-0,23	-0,34	-0,28	-0,32	-0,33
01/01 22:00	16,06	17,41	17,69	17,75	17,98	15,84	17,08	17,42	17,44	17,65	-0,23	-0,33	-0,27	-0,31	-0,33
01/01 23:00	16,04	17,39	17,62	17,68	17,93	15,82	17,06	17,35	17,37	17,60	-0,22	-0,33	-0,27	-0,31	-0,33
01/01 24:00	16,02	17,16	17,56	17,61	17,88	15,80	16,84	17,29	17,30	17,55	-0,22	-0,32	-0,27	-0,31	-0,33

Tabela 74 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	12,46	13,60	14,21	14,30	14,65	12,46	13,52	14,12	14,18	14,52	0,00	-0,07	-0,08	-0,12	-0,13
02/01 02:00	12,46	13,55	14,17	14,27	14,61	12,46	13,49	14,09	14,15	14,49	0,00	-0,06	-0,09	-0,12	-0,13
02/01 03:00	12,46	13,54	14,14	14,23	14,58	12,46	13,48	14,05	14,11	14,45	-0,01	-0,06	-0,09	-0,12	-0,13
02/01 04:00	12,45	13,52	14,09	14,19	14,54	12,45	13,46	14,00	14,06	14,41	-0,01	-0,06	-0,09	-0,13	-0,14
02/01 05:00	12,45	13,52	14,06	14,16	14,51	12,44	13,45	13,96	14,02	14,37	-0,01	-0,06	-0,10	-0,14	-0,14
02/01 06:00	12,45	13,51	14,03	14,12	14,48	12,44	13,45	13,92	13,98	14,34	-0,01	-0,07	-0,10	-0,14	-0,15
02/01 07:00	12,44	13,50	13,98	14,08	14,44	12,42	13,43	13,88	13,94	14,29	-0,01	-0,07	-0,11	-0,15	-0,15
02/01 08:00	12,43	13,58	13,96	14,05	14,42	12,41	13,50	13,84	13,90	14,26	-0,01	-0,08	-0,12	-0,15	-0,16
02/01 09:00	12,43	13,77	14,10	14,18	14,49	12,41	13,64	13,94	13,99	14,31	-0,02	-0,13	-0,16	-0,18	-0,18
02/01 10:00	12,47	14,01	14,47	14,52	14,69	12,45	13,82	14,24	14,29	14,47	-0,02	-0,19	-0,23	-0,23	-0,22
02/01 11:00	12,53	14,17	14,82	14,85	14,88	12,51	13,95	14,54	14,59	14,64	-0,03	-0,22	-0,28	-0,26	-0,24
02/01 12:00	12,61	14,20	14,81	14,86	14,92	12,58	14,00	14,57	14,62	14,70	-0,03	-0,20	-0,24	-0,24	-0,22
02/01 13:00	12,68	14,25	14,87	14,92	14,98	12,65	14,06	14,65	14,70	14,77	-0,04	-0,19	-0,22	-0,22	-0,21
02/01 14:00	12,75	14,36	15,25	15,28	15,20	12,71	14,16	14,97	15,02	14,96	-0,04	-0,20	-0,28	-0,26	-0,24
02/01 15:00	12,81	14,43	15,41	15,44	15,31	12,76	14,22	15,12	15,17	15,07	-0,05	-0,21	-0,29	-0,26	-0,24
02/01 16:00	12,84	14,40	15,23	15,28	15,25	12,79	14,20	15,01	15,06	15,05	-0,05	-0,20	-0,22	-0,22	-0,20
02/01 17:00	12,84	14,33	15,09	15,16	15,19	12,79	14,15	14,91	14,97	15,01	-0,04	-0,18	-0,18	-0,19	-0,18
02/01 18:00	12,81	14,22	14,90	14,98	15,09	12,78	14,06	14,76	14,82	14,93	-0,04	-0,16	-0,14	-0,16	-0,16
02/01 19:00	12,78	14,20	14,76	14,85	15,01	12,75	14,06	14,64	14,71	14,86	-0,03	-0,14	-0,12	-0,15	-0,15
02/01 20:00	12,76	14,34	14,67	14,76	14,95	12,74	14,20	14,56	14,62	14,81	-0,02	-0,13	-0,11	-0,14	-0,14
02/01 21:00	12,75	14,35	14,61	14,70	14,91	12,74	14,21	14,51	14,57	14,77	-0,01	-0,14	-0,10	-0,13	-0,14
02/01 22:00	12,75	14,33	14,56	14,65	14,87	12,74	14,20	14,46	14,53	14,74	-0,01	-0,13	-0,09	-0,12	-0,13
02/01 23:00	12,75	14,32	14,51	14,60	14,83	12,75	14,19	14,42	14,48	14,70	0,00	-0,13	-0,09	-0,12	-0,13
02/01 24:00	12,75	14,11	14,47	14,56	14,80	12,75	14,00	14,38	14,44	14,66	0,00	-0,12	-0,08	-0,12	-0,13

Tabela 75 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	15,70	16,81	17,87	17,97	18,20	15,81	16,85	17,85	17,91	18,13	0,10	0,04	-0,03	-0,06	-0,07
03/01 02:00	15,66	16,69	17,77	17,87	18,12	15,77	16,75	17,75	17,80	18,06	0,11	0,06	-0,02	-0,06	-0,07
03/01 03:00	15,63	16,62	17,69	17,78	18,05	15,75	16,68	17,66	17,72	17,98	0,11	0,07	-0,02	-0,06	-0,07
03/01 04:00	15,57	16,51	17,55	17,65	17,95	15,68	16,58	17,53	17,58	17,88	0,12	0,08	-0,02	-0,06	-0,07
03/01 05:00	15,47	16,37	17,39	17,49	17,84	15,59	16,46	17,38	17,42	17,77	0,12	0,09	-0,02	-0,06	-0,07
03/01 06:00	15,40	16,27	17,27	17,37	17,74	15,53	16,37	17,26	17,30	17,67	0,13	0,10	-0,02	-0,07	-0,07
03/01 07:00	15,35	16,19	17,17	17,26	17,66	15,47	16,29	17,15	17,19	17,58	0,13	0,11	-0,02	-0,07	-0,07
03/01 08:00	15,31	16,49	17,18	17,27	17,65	15,44	16,53	17,14	17,18	17,57	0,13	0,04	-0,05	-0,09	-0,09
03/01 09:00	15,36	16,88	17,46	17,52	17,82	15,47	16,81	17,35	17,39	17,70	0,12	-0,07	-0,11	-0,13	-0,12
03/01 10:00	15,42	17,15	17,97	17,99	18,08	15,53	17,02	17,77	17,80	17,91	0,11	-0,12	-0,20	-0,19	-0,17
03/01 11:00	15,50	17,32	18,57	18,56	18,39	15,60	17,18	18,28	18,31	18,19	0,10	-0,14	-0,29	-0,25	-0,21
03/01 12:00	15,61	17,41	19,09	19,06	18,71	15,70	17,28	18,75	18,78	18,48	0,09	-0,13	-0,34	-0,28	-0,23
03/01 13:00	15,70	17,46	19,34	19,31	18,92	15,78	17,35	19,01	19,04	18,70	0,08	-0,11	-0,33	-0,27	-0,22
03/01 14:00	15,79	17,52	19,81	19,77	19,21	15,86	17,42	19,44	19,48	18,97	0,07	-0,10	-0,37	-0,30	-0,24
03/01 15:00	15,86	17,58	19,96	19,93	19,36	15,92	17,48	19,61	19,65	19,14	0,06	-0,10	-0,35	-0,28	-0,22
03/01 16:00	15,89	17,60	19,83	19,84	19,37	15,94	17,51	19,55	19,61	19,20	0,05	-0,09	-0,28	-0,23	-0,17
03/01 17:00	15,88	17,50	19,40	19,46	19,21	15,93	17,43	19,25	19,31	19,10	0,05	-0,07	-0,16	-0,15	-0,10
03/01 18:00	15,84	17,32	19,05	19,14	19,03	15,90	17,29	18,97	19,05	18,97	0,06	-0,03	-0,08	-0,09	-0,06
03/01 19:00	15,78	17,24	18,80	18,91	18,90	15,84	17,23	18,75	18,84	18,85	0,07	0,00	-0,05	-0,07	-0,04
03/01 20:00	15,73	17,33	18,63	18,74	18,80	15,80	17,34	18,60	18,69	18,77	0,07	0,01	-0,03	-0,06	-0,04
03/01 21:00	15,67	17,26	18,45	18,57	18,70	15,75	17,28	18,44	18,53	18,67	0,08	0,01	-0,01	-0,04	-0,03
03/01 22:00	15,62	17,19	18,32	18,44	18,61	15,72	17,22	18,32	18,41	18,59	0,09	0,03	0,00	-0,04	-0,03
03/01 23:00	15,60	17,15	18,22	18,35	18,55	15,70	17,18	18,23	18,31	18,52	0,10	0,03	0,00	-0,03	-0,03
03/01 24:00	15,57	16,91	18,13	18,25	18,47	15,68	16,96	18,13	18,22	18,45	0,11	0,05	0,01	-0,03	-0,03

Tabela 76 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,59	18,73	19,69	19,87	19,92	17,73	18,81	19,73	19,88	19,93	0,13	0,08	0,04	0,01	0,01
04/01 02:00	17,56	18,62	19,60	19,77	19,84	17,70	18,72	19,64	19,79	19,85	0,14	0,10	0,04	0,01	0,01
04/01 03:00	17,53	18,53	19,51	19,67	19,77	17,67	18,64	19,55	19,69	19,78	0,14	0,11	0,05	0,01	0,01
04/01 04:00	17,49	18,45	19,42	19,58	19,69	17,64	18,57	19,46	19,59	19,70	0,15	0,12	0,05	0,01	0,01
04/01 05:00	17,45	18,36	19,32	19,48	19,61	17,60	18,49	19,36	19,48	19,62	0,15	0,13	0,05	0,01	0,01
04/01 06:00	17,41	18,29	19,23	19,38	19,54	17,56	18,43	19,27	19,39	19,55	0,15	0,14	0,04	0,00	0,00
04/01 07:00	17,40	18,35	19,18	19,34	19,50	17,54	18,47	19,22	19,33	19,50	0,15	0,11	0,04	-0,01	0,00
04/01 08:00	17,38	18,51	19,18	19,33	19,48	17,53	18,59	19,20	19,31	19,47	0,15	0,08	0,02	-0,02	-0,01
04/01 09:00	17,38	18,61	19,23	19,37	19,50	17,53	18,66	19,23	19,33	19,48	0,14	0,05	0,00	-0,04	-0,02
04/01 10:00	17,40	18,68	19,30	19,43	19,54	17,54	18,72	19,28	19,37	19,50	0,14	0,04	-0,02	-0,05	-0,04
04/01 11:00	17,42	18,83	19,50	19,61	19,66	17,55	18,83	19,43	19,52	19,60	0,13	0,00	-0,07	-0,09	-0,06
04/01 12:00	17,45	18,93	19,76	19,85	19,82	17,57	18,91	19,64	19,73	19,73	0,12	-0,02	-0,12	-0,12	-0,09
04/01 13:00	17,47	18,96	20,05	20,13	20,01	17,59	18,94	19,89	19,97	19,90	0,12	-0,02	-0,17	-0,15	-0,12
04/01 14:00	17,50	19,00	20,28	20,34	20,17	17,61	18,98	20,09	20,17	20,04	0,11	-0,02	-0,19	-0,17	-0,13
04/01 15:00	17,52	19,03	20,34	20,41	20,24	17,63	19,01	20,16	20,24	20,13	0,11	-0,02	-0,18	-0,16	-0,12
04/01 16:00	17,54	19,01	20,17	20,27	20,18	17,64	18,99	20,05	20,14	20,10	0,10	-0,02	-0,12	-0,13	-0,08
04/01 17:00	17,54	18,86	19,93	20,05	20,04	17,64	18,88	19,88	19,97	20,00	0,10	0,02	-0,05	-0,08	-0,04
04/01 18:00	17,53	18,76	19,79	19,92	19,96	17,63	18,81	19,76	19,85	19,92	0,10	0,04	-0,03	-0,07	-0,03
04/01 19:00	17,50	18,73	19,66	19,79	19,87	17,60	18,79	19,64	19,72	19,85	0,10	0,06	-0,02	-0,06	-0,03
04/01 20:00	17,48	18,86	19,55	19,68	19,80	17,58	18,93	19,54	19,62	19,77	0,11	0,06	-0,01	-0,06	-0,02
04/01 21:00	17,45	18,85	19,46	19,58	19,73	17,56	18,91	19,45	19,53	19,71	0,11	0,06	-0,01	-0,05	-0,02
04/01 22:00	17,41	18,80	19,36	19,48	19,66	17,53	18,87	19,36	19,43	19,64	0,11	0,06	0,00	-0,05	-0,02
04/01 23:00	17,39	18,77	19,28	19,40	19,60	17,51	18,83	19,28	19,35	19,57	0,12	0,07	0,00	-0,05	-0,02
04/01 24:00	17,36	18,53	19,20	19,32	19,53	17,48	18,61	19,20	19,27	19,51	0,12	0,08	0,00	-0,05	-0,03

Tabela 77 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	19,84	20,61	21,24	21,36	21,41	19,98	20,73	21,31	21,41	21,46	0,13	0,12	0,07	0,05	0,05
05/01 02:00	19,79	20,48	21,14	21,25	21,32	19,93	20,62	21,21	21,30	21,37	0,14	0,14	0,08	0,05	0,05
05/01 03:00	19,72	20,36	21,02	21,13	21,23	19,87	20,52	21,10	21,18	21,28	0,15	0,16	0,08	0,05	0,05
05/01 04:00	19,64	20,23	20,89	21,00	21,13	19,79	20,40	20,97	21,04	21,18	0,15	0,17	0,08	0,05	0,05
05/01 05:00	19,59	20,15	20,79	20,90	21,05	19,74	20,32	20,87	20,94	21,10	0,15	0,18	0,08	0,05	0,05
05/01 06:00	19,55	20,33	20,72	20,82	21,00	19,70	20,45	20,80	20,86	21,04	0,15	0,11	0,07	0,04	0,04
05/01 07:00	19,54	20,77	20,76	20,85	21,01	19,69	20,74	20,81	20,87	21,04	0,15	-0,03	0,05	0,02	0,03
05/01 08:00	19,57	21,01	20,86	20,94	21,06	19,71	20,96	20,89	20,94	21,08	0,14	-0,05	0,03	0,00	0,02
05/01 09:00	19,61	21,26	20,97	21,04	21,14	19,74	21,16	20,97	21,02	21,14	0,13	-0,10	0,01	-0,02	0,00
05/01 10:00	19,68	21,45	21,10	21,16	21,25	19,80	21,32	21,08	21,13	21,23	0,12	-0,13	-0,02	-0,03	-0,01
05/01 11:00	19,77	21,55	21,31	21,36	21,43	19,88	21,43	21,25	21,30	21,39	0,11	-0,12	-0,06	-0,06	-0,04
05/01 12:00	19,86	21,56	21,57	21,61	21,64	19,96	21,47	21,47	21,53	21,58	0,10	-0,10	-0,09	-0,08	-0,07
05/01 13:00	19,96	21,57	21,81	21,85	21,84	20,05	21,50	21,69	21,75	21,76	0,09	-0,07	-0,12	-0,10	-0,08
05/01 14:00	20,05	21,65	21,97	22,02	21,98	20,13	21,58	21,84	21,92	21,90	0,08	-0,07	-0,13	-0,10	-0,08
05/01 15:00	20,12	21,73	22,04	22,10	22,05	20,19	21,65	21,92	22,01	21,98	0,07	-0,08	-0,12	-0,09	-0,07
05/01 16:00	20,16	21,76	22,04	22,13	22,05	20,22	21,68	21,95	22,06	22,00	0,06	-0,08	-0,10	-0,07	-0,05
05/01 17:00	20,18	21,72	22,02	22,12	22,03	20,24	21,65	21,94	22,06	21,99	0,06	-0,07	-0,08	-0,06	-0,04
05/01 18:00	20,16	21,59	21,94	22,05	21,98	20,23	21,54	21,88	22,01	21,95	0,06	-0,04	-0,06	-0,04	-0,02
05/01 19:00	20,12	21,44	21,78	21,91	21,88	20,19	21,44	21,76	21,90	21,87	0,07	0,00	-0,03	-0,02	-0,01
05/01 20:00	20,07	21,44	21,62	21,76	21,77	20,15	21,48	21,62	21,76	21,77	0,08	0,04	0,00	0,00	0,01
05/01 21:00	20,01	21,33	21,49	21,64	21,67	20,11	21,39	21,51	21,65	21,69	0,09	0,06	0,02	0,01	0,01
05/01 22:00	19,96	21,23	21,38	21,52	21,59	20,07	21,31	21,41	21,54	21,61	0,11	0,08	0,03	0,02	0,02
05/01 23:00	19,92	21,15	21,29	21,43	21,51	20,04	21,24	21,33	21,46	21,54	0,12	0,09	0,04	0,03	0,02
05/01 24:00	19,88	20,88	21,19	21,33	21,43	20,01	20,99	21,24	21,36	21,46	0,13	0,11	0,05	0,03	0,03

Tabela 78 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	21,12	21,63	21,91	21,95	21,95	21,23	21,71	21,97	21,99	21,99	0,10	0,08	0,06	0,04	0,04
06/01 02:00	21,09	21,51	21,84	21,88	21,89	21,20	21,62	21,90	21,92	21,93	0,11	0,11	0,06	0,04	0,04
06/01 03:00	21,06	21,44	21,78	21,81	21,84	21,17	21,56	21,84	21,85	21,88	0,11	0,12	0,07	0,04	0,04
06/01 04:00	21,02	21,36	21,70	21,73	21,77	21,13	21,49	21,76	21,77	21,81	0,12	0,13	0,07	0,04	0,04
06/01 05:00	20,98	21,29	21,63	21,66	21,71	21,10	21,43	21,69	21,70	21,76	0,12	0,14	0,07	0,04	0,04
06/01 06:00	20,95	21,27	21,59	21,62	21,68	21,07	21,40	21,65	21,65	21,72	0,12	0,14	0,06	0,03	0,04
06/01 07:00	20,93	21,28	21,58	21,61	21,66	21,05	21,41	21,64	21,64	21,70	0,11	0,13	0,05	0,02	0,04
06/01 08:00	20,94	21,44	21,63	21,65	21,69	21,05	21,54	21,66	21,66	21,71	0,11	0,11	0,04	0,01	0,03
06/01 09:00	20,97	21,55	21,70	21,72	21,73	21,07	21,63	21,72	21,72	21,75	0,10	0,08	0,02	0,00	0,02
06/01 10:00	21,00	21,67	21,78	21,80	21,79	21,10	21,73	21,79	21,78	21,79	0,09	0,06	0,00	-0,01	0,01
06/01 11:00	21,03	21,75	21,83	21,85	21,83	21,12	21,79	21,83	21,82	21,83	0,08	0,04	0,00	-0,02	0,00
06/01 12:00	21,06	21,84	21,91	21,92	21,88	21,14	21,87	21,89	21,88	21,88	0,08	0,02	-0,02	-0,03	0,00
06/01 13:00	21,10	21,86	21,91	21,93	21,90	21,17	21,88	21,90	21,89	21,89	0,07	0,02	-0,01	-0,03	0,00
06/01 14:00	21,12	21,90	21,94	21,96	21,92	21,18	21,92	21,92	21,92	21,92	0,06	0,02	-0,02	-0,04	-0,01
06/01 15:00	21,14	21,97	22,00	22,01	21,96	21,19	21,97	21,96	21,96	21,95	0,05	0,00	-0,03	-0,05	-0,02
06/01 16:00	21,14	22,00	22,02	22,03	21,98	21,19	21,98	21,98	21,98	21,96	0,05	-0,02	-0,04	-0,05	-0,02
06/01 17:00	21,13	21,97	22,00	22,01	21,97	21,18	21,96	21,96	21,96	21,95	0,05	-0,02	-0,04	-0,05	-0,02
06/01 18:00	21,10	21,89	21,94	21,95	21,93	21,15	21,89	21,91	21,91	21,92	0,05	-0,01	-0,03	-0,05	-0,02
06/01 19:00	21,06	21,86	21,85	21,87	21,87	21,12	21,87	21,83	21,83	21,86	0,05	0,01	-0,02	-0,04	-0,01
06/01 20:00	21,02	21,94	21,75	21,77	21,80	21,08	21,96	21,74	21,74	21,79	0,06	0,02	-0,01	-0,03	-0,01
06/01 21:00	20,97	21,88	21,66	21,68	21,73	21,03	21,90	21,66	21,65	21,73	0,06	0,02	0,00	-0,03	0,00
06/01 22:00	20,93	21,81	21,57	21,60	21,67	21,00	21,84	21,58	21,57	21,67	0,07	0,03	0,00	-0,02	0,00
06/01 23:00	20,89	21,74	21,50	21,52	21,61	20,96	21,78	21,51	21,50	21,61	0,07	0,04	0,01	-0,02	0,00
06/01 24:00	20,85	21,49	21,44	21,46	21,55	20,93	21,54	21,45	21,44	21,55	0,08	0,05	0,01	-0,01	0,00

Tabela 79 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	23,03	23,64	23,76	23,91	23,87	23,15	23,75	23,82	23,95	23,91	0,12	0,12	0,06	0,04	0,03
07/01 02:00	23,00	23,55	23,71	23,85	23,82	23,13	23,68	23,77	23,89	23,86	0,12	0,13	0,06	0,04	0,04
07/01 03:00	22,97	23,48	23,64	23,79	23,77	23,10	23,62	23,71	23,83	23,81	0,13	0,14	0,06	0,04	0,04
07/01 04:00	22,94	23,42	23,59	23,73	23,72	23,07	23,57	23,65	23,76	23,75	0,13	0,15	0,06	0,04	0,04
07/01 05:00	22,91	23,37	23,53	23,67	23,67	23,03	23,52	23,59	23,70	23,70	0,13	0,15	0,06	0,03	0,03
07/01 06:00	22,87	23,56	23,50	23,63	23,64	23,00	23,65	23,55	23,65	23,67	0,13	0,09	0,06	0,02	0,03
07/01 07:00	22,87	23,94	23,55	23,67	23,66	23,00	23,91	23,58	23,68	23,68	0,12	-0,03	0,04	0,01	0,02
07/01 08:00	22,89	24,25	23,63	23,74	23,72	23,01	24,16	23,64	23,73	23,72	0,12	-0,09	0,02	-0,01	0,01
07/01 09:00	22,93	24,45	23,73	23,84	23,79	23,04	24,32	23,73	23,81	23,78	0,11	-0,13	0,00	-0,02	0,00
07/01 10:00	22,99	24,60	23,86	23,96	23,88	23,09	24,45	23,84	23,93	23,86	0,10	-0,15	-0,02	-0,03	-0,01
07/01 11:00	23,06	24,65	24,04	24,13	24,01	23,16	24,52	23,99	24,08	23,98	0,10	-0,13	-0,05	-0,05	-0,03
07/01 12:00	23,15	24,68	24,23	24,31	24,17	23,23	24,57	24,16	24,25	24,12	0,09	-0,12	-0,07	-0,06	-0,04
07/01 13:00	23,24	24,69	24,40	24,48	24,33	23,31	24,59	24,31	24,41	24,27	0,08	-0,09	-0,09	-0,07	-0,06
07/01 14:00	23,31	24,75	24,54	24,63	24,44	23,38	24,66	24,45	24,55	24,38	0,07	-0,10	-0,09	-0,07	-0,06
07/01 15:00	23,36	24,78	24,58	24,68	24,49	23,42	24,69	24,49	24,61	24,45	0,06	-0,09	-0,08	-0,06	-0,05
07/01 16:00	23,41	24,80	24,61	24,72	24,51	23,47	24,71	24,54	24,67	24,47	0,06	-0,09	-0,07	-0,05	-0,03
07/01 17:00	23,44	24,78	24,62	24,74	24,52	23,49	24,70	24,56	24,71	24,49	0,05	-0,08	-0,06	-0,04	-0,03
07/01 18:00	23,43	24,68	24,57	24,71	24,50	23,49	24,62	24,53	24,68	24,48	0,06	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02
07/01 19:00	23,41	24,60	24,48	24,62	24,44	23,47	24,57	24,46	24,61	24,43	0,06	-0,03	-0,02	-0,01	0,00
07/01 20:00	23,37	24,61	24,36	24,51	24,36	23,45	24,62	24,36	24,52	24,37	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01
07/01 21:00	23,34	24,50	24,25	24,41	24,28	23,42	24,53	24,28	24,43	24,30	0,09	0,03	0,02	0,02	0,02
07/01 22:00	23,30	24,40	24,16	24,32	24,22	23,39	24,45	24,20	24,35	24,24	0,10	0,05	0,04	0,03	0,03
07/01 23:00	23,27	24,34	24,10	24,25	24,16	23,38	24,41	24,15	24,29	24,19	0,11	0,07	0,05	0,04	0,03
07/01 24:00	23,25	24,09	24,04	24,19	24,11	23,37	24,17	24,10	24,23	24,14	0,12	0,08	0,06	0,04	0,04

Tabela 80 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	23,65	24,30	24,59	24,76	24,75	23,75	24,38	24,63	24,77	24,76	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01
08/01 02:00	23,64	24,24	24,56	24,72	24,72	23,75	24,34	24,60	24,73	24,72	0,11	0,10	0,05	0,02	0,01
08/01 03:00	23,63	24,21	24,52	24,68	24,68	23,74	24,31	24,57	24,69	24,69	0,11	0,11	0,05	0,01	0,01
08/01 04:00	23,62	24,18	24,49	24,64	24,65	23,73	24,29	24,53	24,65	24,65	0,11	0,11	0,04	0,01	0,01
08/01 05:00	23,60	24,17	24,45	24,60	24,61	23,71	24,28	24,49	24,61	24,62	0,11	0,11	0,04	0,01	0,00
08/01 06:00	23,59	24,47	24,42	24,56	24,59	23,70	24,50	24,45	24,56	24,59	0,11	0,02	0,03	0,00	0,00
08/01 07:00	23,60	24,96	24,48	24,61	24,62	23,70	24,81	24,49	24,59	24,60	0,10	-0,14	0,01	-0,02	-0,01
08/01 08:00	23,62	25,14	24,57	24,69	24,67	23,71	24,99	24,56	24,65	24,65	0,10	-0,15	-0,01	-0,04	-0,03
08/01 09:00	23,67	25,36	24,69	24,80	24,75	23,76	25,17	24,66	24,75	24,72	0,09	-0,19	-0,03	-0,05	-0,04
08/01 10:00	23,76	25,55	24,84	24,94	24,86	23,84	25,33	24,79	24,87	24,81	0,08	-0,21	-0,05	-0,06	-0,05
08/01 11:00	23,87	25,64	25,02	25,11	25,03	23,94	25,44	24,94	25,03	24,97	0,07	-0,21	-0,08	-0,08	-0,07
08/01 12:00	23,98	25,66	25,27	25,36	25,24	24,04	25,48	25,16	25,26	25,15	0,06	-0,18	-0,11	-0,10	-0,09
08/01 13:00	24,09	25,65	25,52	25,60	25,45	24,14	25,51	25,39	25,49	25,34	0,05	-0,15	-0,13	-0,11	-0,11
08/01 14:00	24,21	25,73	25,71	25,79	25,61	24,25	25,59	25,57	25,68	25,50	0,04	-0,14	-0,14	-0,11	-0,10
08/01 15:00	24,33	25,83	25,83	25,92	25,70	24,36	25,68	25,70	25,83	25,61	0,03	-0,14	-0,13	-0,10	-0,09
08/01 16:00	24,38	25,86	25,86	25,97	25,72	24,40	25,71	25,75	25,89	25,65	0,03	-0,14	-0,11	-0,08	-0,07
08/01 17:00	24,40	25,82	25,86	25,99	25,71	24,42	25,69	25,77	25,92	25,65	0,03	-0,13	-0,09	-0,06	-0,06
08/01 18:00	24,39	25,70	25,79	25,94	25,68	24,42	25,60	25,72	25,89	25,63	0,03	-0,11	-0,07	-0,05	-0,04
08/01 19:00	24,35	25,57	25,66	25,82	25,60	24,39	25,50	25,62	25,80	25,57	0,04	-0,06	-0,04	-0,02	-0,02
08/01 20:00	24,31	25,58	25,53	25,70	25,51	24,36	25,56	25,52	25,69	25,50	0,05	-0,02	-0,01	0,00	-0,01
08/01 21:00	24,26	25,49	25,42	25,60	25,44	24,33	25,49	25,43	25,61	25,44	0,07	0,00	0,01	0,01	0,00
08/01 22:00	24,23	25,40	25,33	25,51	25,37	24,31	25,42	25,36	25,53	25,39	0,08	0,02	0,02	0,02	0,01
08/01 23:00	24,20	25,33	25,26	25,44	25,32	24,29	25,37	25,30	25,47	25,33	0,10	0,03	0,04	0,03	0,02
08/01 24:00	24,17	25,08	25,20	25,37	25,26	24,28	25,13	25,25	25,40	25,28	0,11	0,05	0,05	0,03	0,02

Tabela 81 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	23,96	24,33	25,15	25,19	25,30	24,08	24,45	25,19	25,18	25,32	0,12	0,13	0,04	-0,01	0,01
09/01 02:00	23,94	24,24	25,09	25,12	25,24	24,06	24,38	25,13	25,12	25,26	0,12	0,14	0,04	-0,01	0,01
09/01 03:00	23,91	24,18	25,03	25,05	25,18	24,03	24,33	25,07	25,05	25,19	0,12	0,15	0,04	-0,01	0,01
09/01 04:00	23,87	24,11	24,95	24,98	25,11	23,99	24,27	24,99	24,97	25,12	0,12	0,16	0,04	-0,01	0,01
09/01 05:00	23,83	24,05	24,88	24,90	25,05	23,95	24,21	24,92	24,89	25,05	0,12	0,16	0,04	-0,01	0,01
09/01 06:00	23,79	24,00	24,81	24,83	24,98	23,91	24,16	24,84	24,81	24,99	0,12	0,16	0,03	-0,02	0,00
09/01 07:00	23,76	24,13	24,78	24,80	24,95	23,87	24,25	24,81	24,77	24,95	0,12	0,12	0,02	-0,03	0,00
09/01 08:00	23,75	24,40	24,83	24,83	24,97	23,86	24,46	24,83	24,79	24,95	0,11	0,05	0,00	-0,05	-0,02
09/01 09:00	23,77	24,55	24,93	24,93	25,03	23,88	24,58	24,90	24,86	25,00	0,10	0,02	-0,03	-0,07	-0,03
09/01 10:00	23,84	24,81	25,16	25,14	25,19	23,93	24,78	25,09	25,05	25,13	0,09	-0,02	-0,07	-0,10	-0,06
09/01 11:00	23,91	25,05	25,53	25,49	25,43	23,99	24,98	25,40	25,36	25,33	0,08	-0,07	-0,14	-0,14	-0,10
09/01 12:00	24,01	25,19	25,95	25,90	25,70	24,07	25,11	25,76	25,72	25,57	0,06	-0,08	-0,19	-0,18	-0,13
09/01 13:00	24,12	25,30	26,15	26,09	25,86	24,17	25,22	25,96	25,92	25,74	0,05	-0,08	-0,19	-0,17	-0,12
09/01 14:00	24,22	25,43	26,30	26,25	25,99	24,25	25,34	26,11	26,08	25,87	0,04	-0,09	-0,18	-0,17	-0,11
09/01 15:00	24,29	25,51	26,32	26,29	26,04	24,31	25,40	26,16	26,14	25,94	0,03	-0,10	-0,16	-0,15	-0,10
09/01 16:00	24,31	25,49	26,25	26,23	26,03	24,33	25,39	26,12	26,10	25,95	0,02	-0,09	-0,13	-0,13	-0,08
09/01 17:00	24,29	25,37	26,10	26,10	25,96	24,31	25,30	26,01	26,00	25,90	0,02	-0,07	-0,09	-0,10	-0,06
09/01 18:00	24,24	25,19	25,94	25,96	25,86	24,27	25,16	25,88	25,88	25,82	0,03	-0,03	-0,06	-0,08	-0,04
09/01 19:00	24,19	25,10	25,80	25,82	25,76	24,23	25,10	25,75	25,76	25,73	0,04	0,00	-0,04	-0,06	-0,03
09/01 20:00	24,13	25,16	25,67	25,70	25,67	24,18	25,17	25,64	25,65	25,65	0,05	0,01	-0,03	-0,05	-0,02
09/01 21:00	24,08	25,09	25,56	25,59	25,59	24,15	25,11	25,54	25,55	25,57	0,06	0,02	-0,01	-0,04	-0,02
09/01 22:00	24,04	24,99	25,44	25,48	25,51	24,11	25,03	25,44	25,46	25,50	0,08	0,04	0,00	-0,03	-0,01
09/01 23:00	23,99	24,91	25,35	25,38	25,43	24,08	24,97	25,36	25,37	25,42	0,09	0,05	0,01	-0,02	-0,01
09/01 24:00	23,95	24,65	25,26	25,30	25,36	24,05	24,72	25,27	25,29	25,35	0,09	0,07	0,02	-0,01	0,00

Tabela 82 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	23,82	24,43	25,59	25,66	25,79	23,98	24,58	25,57	25,60	25,75	0,16	0,16	-0,02	-0,06	-0,04
10/01 02:00	23,75	24,28	25,46	25,53	25,69	23,91	24,46	25,45	25,48	25,65	0,16	0,18	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 03:00	23,69	24,16	25,34	25,41	25,59	23,85	24,34	25,33	25,35	25,55	0,16	0,19	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 04:00	23,61	24,02	25,20	25,27	25,47	23,77	24,22	25,19	25,21	25,44	0,17	0,20	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 05:00	23,51	23,89	25,05	25,13	25,36	23,68	24,10	25,04	25,07	25,32	0,17	0,21	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 06:00	23,43	23,75	24,91	24,98	25,24	23,60	23,97	24,90	24,92	25,20	0,17	0,22	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 07:00	23,35	23,68	24,79	24,86	25,14	23,52	23,90	24,78	24,80	25,10	0,17	0,22	-0,01	-0,06	-0,04
10/01 08:00	23,32	23,85	24,77	24,84	25,11	23,49	24,03	24,74	24,76	25,06	0,17	0,18	-0,02	-0,07	-0,05
10/01 09:00	23,31	23,99	24,85	24,91	25,14	23,47	24,13	24,79	24,81	25,07	0,16	0,14	-0,06	-0,10	-0,07
10/01 10:00	23,30	24,09	24,97	25,02	25,20	23,46	24,20	24,88	24,89	25,11	0,16	0,11	-0,09	-0,12	-0,09
10/01 11:00	23,32	24,19	25,14	25,18	25,30	23,47	24,28	25,02	25,04	25,19	0,15	0,09	-0,12	-0,14	-0,11
10/01 12:00	23,37	24,31	25,50	25,51	25,50	23,50	24,38	25,31	25,33	25,36	0,14	0,07	-0,19	-0,19	-0,14
10/01 13:00	23,41	24,39	25,73	25,73	25,66	23,53	24,45	25,51	25,53	25,50	0,12	0,06	-0,21	-0,20	-0,15
10/01 14:00	23,44	24,46	25,83	25,84	25,74	23,55	24,51	25,62	25,64	25,59	0,11	0,05	-0,21	-0,21	-0,15
10/01 15:00	23,45	24,48	25,81	25,83	25,75	23,55	24,52	25,62	25,64	25,61	0,10	0,04	-0,19	-0,19	-0,14
10/01 16:00	23,44	24,48	25,80	25,82	25,77	23,54	24,52	25,61	25,64	25,63	0,10	0,04	-0,18	-0,19	-0,13
10/01 17:00	23,40	24,37	25,59	25,64	25,65	23,50	24,43	25,45	25,48	25,55	0,09	0,06	-0,13	-0,16	-0,11
10/01 18:00	23,35	24,21	25,37	25,44	25,52	23,44	24,29	25,28	25,30	25,43	0,09	0,08	-0,09	-0,13	-0,09
10/01 19:00	23,29	24,13	25,20	25,27	25,40	23,39	24,23	25,13	25,16	25,33	0,10	0,10	-0,07	-0,12	-0,08
10/01 20:00	23,22	24,22	25,05	25,13	25,30	23,32	24,33	24,99	25,02	25,23	0,10	0,11	-0,06	-0,11	-0,07
10/01 21:00	23,16	24,16	24,93	25,00	25,20	23,27	24,27	24,87	24,90	25,13	0,11	0,11	-0,05	-0,10	-0,07
10/01 22:00	23,11	24,09	24,81	24,89	25,12	23,22	24,20	24,76	24,79	25,04	0,11	0,11	-0,05	-0,10	-0,07
10/01 23:00	23,03	24,00	24,68	24,76	25,02	23,15	24,12	24,64	24,66	24,95	0,12	0,12	-0,04	-0,10	-0,07
10/01 24:00	22,97	23,73	24,57	24,64	24,92	23,09	23,86	24,53	24,55	24,85	0,12	0,13	-0,04	-0,10	-0,07

Tabela 83 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,39	19,45	21,05	21,12	21,33	18,45	19,45	21,00	21,03	21,24	0,06	0,00	-0,05	-0,09	-0,09
11/01 02:00	18,37	19,37	20,98	21,04	21,27	18,44	19,39	20,93	20,94	21,18	0,06	0,02	-0,05	-0,10	-0,09
11/01 03:00	18,35	19,33	20,90	20,96	21,20	18,42	19,35	20,84	20,86	21,11	0,06	0,02	-0,05	-0,10	-0,09
11/01 04:00	18,34	19,29	20,82	20,89	21,14	18,40	19,31	20,77	20,78	21,04	0,06	0,03	-0,06	-0,11	-0,10
11/01 05:00	18,31	19,25	20,75	20,81	21,08	18,38	19,28	20,69	20,70	20,97	0,06	0,03	-0,06	-0,11	-0,10
11/01 06:00	18,29	19,21	20,67	20,74	21,01	18,35	19,24	20,60	20,62	20,90	0,06	0,03	-0,07	-0,12	-0,11
11/01 07:00	18,26	19,18	20,60	20,66	20,95	18,32	19,20	20,52	20,54	20,83	0,06	0,03	-0,08	-0,13	-0,12
11/01 08:00	18,25	19,45	20,68	20,73	20,98	18,30	19,41	20,56	20,57	20,84	0,06	-0,03	-0,12	-0,16	-0,14
11/01 09:00	18,25	19,76	21,06	21,08	21,17	18,30	19,63	20,85	20,86	20,98	0,05	-0,13	-0,21	-0,22	-0,19
11/01 10:00	18,27	19,88	21,38	21,38	21,34	18,32	19,72	21,12	21,12	21,13	0,05	-0,15	-0,26	-0,25	-0,21
11/01 11:00	18,32	19,92	21,53	21,52	21,44	18,36	19,78	21,27	21,27	21,23	0,04	-0,14	-0,26	-0,26	-0,21
11/01 12:00	18,37	19,96	21,64	21,65	21,54	18,40	19,83	21,39	21,39	21,33	0,03	-0,13	-0,25	-0,25	-0,21
11/01 13:00	18,43	20,04	22,19	22,16	21,84	18,45	19,91	21,85	21,85	21,59	0,03	-0,13	-0,34	-0,31	-0,25
11/01 14:00	18,48	20,13	22,44	22,41	22,02	18,50	19,99	22,08	22,09	21,76	0,02	-0,14	-0,36	-0,32	-0,25
11/01 15:00	18,52	20,17	22,31	22,30	22,01	18,54	20,03	22,01	22,03	21,80	0,01	-0,14	-0,30	-0,27	-0,22
11/01 16:00	18,54	20,17	22,32	22,33	22,05	18,55	20,04	22,04	22,07	21,84	0,01	-0,13	-0,28	-0,26	-0,20
11/01 17:00	18,54	20,06	22,00	22,04	21,91	18,55	19,95	21,80	21,83	21,75	0,01	-0,11	-0,19	-0,20	-0,16
11/01 18:00	18,52	19,93	21,73	21,80	21,76	18,53	19,85	21,60	21,63	21,63	0,01	-0,08	-0,14	-0,17	-0,13
11/01 19:00	18,50	19,91	21,57	21,64	21,67	18,52	19,85	21,45	21,49	21,55	0,02	-0,06	-0,12	-0,15	-0,12
11/01 20:00	18,48	20,05	21,44	21,52	21,59	18,50	19,99	21,34	21,38	21,48	0,03	-0,06	-0,10	-0,14	-0,11
11/01 21:00	18,46	20,03	21,33	21,41	21,52	18,49	19,98	21,24	21,28	21,41	0,03	-0,06	-0,09	-0,13	-0,11
11/01 22:00	18,44	19,99	21,23	21,31	21,45	18,48	19,94	21,14	21,18	21,34	0,04	-0,05	-0,09	-0,13	-0,11
11/01 23:00	18,42	19,96	21,14	21,22	21,38	18,47	19,91	21,06	21,09	21,27	0,05	-0,05	-0,08	-0,12	-0,11
11/01 24:00	18,40	19,72	21,05	21,12	21,31	18,46	19,69	20,97	21,00	21,20	0,05	-0,03	-0,08	-0,12	-0,11

Tabela 84 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Micronal® (2cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,69	17,83	20,09	20,13	20,19	16,81	17,89	20,10	20,11	20,20	0,11	0,06	0,01	-0,02	0,01
12/01 02:00	16,67	17,73	19,98	20,02	20,11	16,79	17,81	19,99	20,00	20,11	0,12	0,08	0,01	-0,03	0,00
12/01 03:00	16,64	17,65	19,86	19,90	20,02	16,76	17,74	19,87	19,88	20,02	0,12	0,09	0,01	-0,03	0,00
12/01 04:00	16,59	17,56	19,72	19,77	19,93	16,72	17,66	19,73	19,74	19,92	0,13	0,10	0,01	-0,03	0,00
12/01 05:00	16,53	17,46	19,58	19,63	19,82	16,66	17,57	19,59	19,59	19,82	0,13	0,11	0,01	-0,04	-0,01
12/01 06:00	16,48	17,37	19,45	19,50	19,73	16,61	17,49	19,45	19,46	19,71	0,13	0,12	0,00	-0,04	-0,01
12/01 07:00	16,43	17,29	19,32	19,37	19,63	16,56	17,42	19,32	19,33	19,61	0,13	0,13	0,00	-0,05	-0,02
12/01 08:00	16,39	17,37	19,28	19,32	19,58	16,53	17,49	19,26	19,26	19,55	0,13	0,12	-0,02	-0,06	-0,03
12/01 09:00	16,37	17,56	19,48	19,50	19,67	16,50	17,62	19,39	19,39	19,60	0,13	0,06	-0,09	-0,11	-0,07
12/01 10:00	16,37	17,72	19,86	19,85	19,85	16,50	17,73	19,69	19,68	19,74	0,13	0,02	-0,17	-0,17	-0,11
12/01 11:00	16,42	17,85	20,33	20,28	20,10	16,54	17,84	20,08	20,07	19,95	0,12	0,00	-0,25	-0,22	-0,15
12/01 12:00	16,47	17,91	20,67	20,62	20,31	16,58	17,91	20,39	20,38	20,15	0,11	0,00	-0,28	-0,24	-0,17
12/01 13:00	16,52	17,96	21,30	21,22	20,66	16,62	17,97	20,93	20,92	20,45	0,10	0,01	-0,37	-0,30	-0,21
12/01 14:00	16,58	18,05	21,45	21,37	20,81	16,67	18,05	21,10	21,09	20,62	0,09	0,00	-0,35	-0,29	-0,19
12/01 15:00	16,60	18,06	20,97	20,95	20,65	16,69	18,07	20,76	20,76	20,54	0,08	0,01	-0,21	-0,20	-0,11
12/01 16:00	16,60	18,00	20,64	20,66	20,51	16,68	18,02	20,51	20,51	20,43	0,08	0,02	-0,13	-0,15	-0,07
12/01 17:00	16,57	17,94	20,56	20,58	20,47	16,65	17,97	20,43	20,43	20,40	0,08	0,04	-0,13	-0,15	-0,07
12/01 18:00	16,54	17,82	20,25	20,30	20,31	16,62	17,87	20,18	20,19	20,27	0,08	0,06	-0,07	-0,11	-0,04
12/01 19:00	16,51	17,82	20,08	20,13	20,21	16,59	17,88	20,02	20,04	20,17	0,08	0,07	-0,06	-0,10	-0,04
12/01 20:00	16,47	17,96	19,93	19,99	20,12	16,56	18,03	19,88	19,90	20,08	0,09	0,07	-0,05	-0,09	-0,04
12/01 21:00	16,43	17,94	19,78	19,84	20,03	16,52	18,00	19,74	19,76	19,99	0,09	0,06	-0,05	-0,09	-0,04
12/01 22:00	16,38	17,88	19,64	19,70	19,93	16,48	17,95	19,60	19,62	19,89	0,10	0,07	-0,04	-0,09	-0,04
12/01 23:00	16,35	17,84	19,53	19,59	19,85	16,45	17,91	19,49	19,51	19,81	0,10	0,07	-0,04	-0,09	-0,04
12/01 24:00	16,33	17,62	19,43	19,50	19,78	16,43	17,70	19,39	19,41	19,73	0,10	0,08	-0,04	-0,09	-0,05

Anexo H - Tabelas Temperaturas Edifícios Mais Eficiente – 5 cm espessura *Micronal®*

Tabela 85 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de janeiro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JANEIRO															
01/01 01:00	16,24	17,26	17,83	17,91	18,23	15,98	16,82	17,39	17,41	17,68	-0,26	-0,44	-0,43	-0,51	-0,55
01/01 02:00	16,20	17,16	17,75	17,84	18,17	15,95	16,74	17,32	17,33	17,62	-0,25	-0,42	-0,43	-0,50	-0,55
01/01 03:00	16,20	17,12	17,70	17,80	18,13	15,95	16,71	17,28	17,29	17,58	-0,25	-0,40	-0,42	-0,50	-0,55
01/01 04:00	16,18	17,08	17,65	17,74	18,09	15,93	16,68	17,23	17,24	17,53	-0,25	-0,39	-0,42	-0,50	-0,55
01/01 05:00	16,15	17,03	17,59	17,69	18,04	15,90	16,64	17,17	17,18	17,48	-0,25	-0,39	-0,42	-0,51	-0,55
01/01 06:00	16,12	16,98	17,53	17,63	17,98	15,88	16,60	17,11	17,12	17,43	-0,25	-0,38	-0,43	-0,51	-0,56
01/01 07:00	16,09	16,93	17,47	17,56	17,93	15,84	16,56	17,04	17,05	17,37	-0,24	-0,38	-0,43	-0,51	-0,56
01/01 08:00	16,07	16,99	17,43	17,52	17,89	15,82	16,61	17,00	17,01	17,33	-0,25	-0,38	-0,43	-0,52	-0,57
01/01 09:00	16,05	17,11	17,54	17,62	17,94	15,81	16,69	17,06	17,07	17,35	-0,25	-0,42	-0,48	-0,55	-0,59
01/01 10:00	16,06	17,24	17,76	17,81	18,05	15,81	16,77	17,21	17,22	17,42	-0,25	-0,46	-0,55	-0,59	-0,62
01/01 11:00	16,08	17,44	18,36	18,35	18,34	15,83	16,92	17,66	17,66	17,65	-0,26	-0,53	-0,70	-0,69	-0,70
01/01 12:00	16,12	17,51	18,53	18,50	18,47	15,86	16,96	17,79	17,79	17,76	-0,27	-0,55	-0,74	-0,71	-0,71
01/01 13:00	16,16	17,56	18,72	18,69	18,61	15,89	17,01	17,97	17,96	17,89	-0,27	-0,55	-0,75	-0,72	-0,72
01/01 14:00	16,19	17,60	18,75	18,73	18,65	15,91	17,04	18,01	18,01	17,96	-0,28	-0,55	-0,74	-0,71	-0,70
01/01 15:00	16,21	17,60	18,71	18,70	18,65	15,93	17,06	18,01	18,01	17,98	-0,29	-0,55	-0,70	-0,68	-0,66
01/01 16:00	16,22	17,56	18,61	18,61	18,60	15,93	17,03	17,95	17,96	17,97	-0,29	-0,53	-0,65	-0,65	-0,63
01/01 17:00	16,20	17,49	18,51	18,53	18,55	15,91	16,98	17,89	17,90	17,95	-0,29	-0,51	-0,62	-0,62	-0,60
01/01 18:00	16,17	17,40	18,27	18,32	18,43	15,89	16,91	17,73	17,75	17,86	-0,28	-0,49	-0,54	-0,57	-0,56
01/01 19:00	16,15	17,40	18,12	18,18	18,33	15,87	16,93	17,62	17,64	17,80	-0,27	-0,47	-0,49	-0,54	-0,54
01/01 20:00	16,12	17,55	18,00	18,07	18,26	15,85	17,09	17,54	17,55	17,74	-0,27	-0,46	-0,46	-0,52	-0,52
01/01 21:00	16,10	17,56	17,92	17,99	18,21	15,85	17,09	17,48	17,49	17,70	-0,26	-0,46	-0,44	-0,50	-0,51
01/01 22:00	16,09	17,54	17,85	17,93	18,16	15,84	17,08	17,42	17,44	17,65	-0,25	-0,46	-0,43	-0,49	-0,51
01/01 23:00	16,06	17,51	17,77	17,85	18,11	15,82	17,06	17,35	17,37	17,60	-0,24	-0,46	-0,42	-0,48	-0,51
01/01 24:00	16,03	17,28	17,70	17,78	18,06	15,80	16,84	17,29	17,30	17,55	-0,23	-0,44	-0,41	-0,47	-0,50

Tabela 86 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de fevereiro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
FEVEREIRO															
02/01 01:00	12,49	13,73	14,36	14,47	14,83	12,46	13,52	14,12	14,18	14,52	-0,03	-0,21	-0,24	-0,29	-0,31
02/01 02:00	12,48	13,68	14,33	14,44	14,80	12,46	13,49	14,09	14,15	14,49	-0,03	-0,19	-0,24	-0,29	-0,32
02/01 03:00	12,48	13,67	14,29	14,40	14,77	12,46	13,48	14,05	14,11	14,45	-0,03	-0,19	-0,25	-0,30	-0,33
02/01 04:00	12,48	13,65	14,25	14,36	14,74	12,45	13,46	14,00	14,06	14,41	-0,03	-0,18	-0,25	-0,30	-0,33
02/01 05:00	12,47	13,64	14,22	14,33	14,71	12,44	13,45	13,96	14,02	14,37	-0,03	-0,19	-0,26	-0,31	-0,34
02/01 06:00	12,47	13,63	14,19	14,31	14,69	12,44	13,45	13,92	13,98	14,34	-0,04	-0,19	-0,27	-0,32	-0,35
02/01 07:00	12,47	13,62	14,15	14,27	14,66	12,42	13,43	13,88	13,94	14,29	-0,04	-0,19	-0,27	-0,33	-0,36
02/01 08:00	12,46	13,71	14,13	14,25	14,63	12,41	13,50	13,84	13,90	14,26	-0,05	-0,20	-0,29	-0,34	-0,37
02/01 09:00	12,47	13,91	14,28	14,38	14,71	12,41	13,64	13,94	13,99	14,31	-0,05	-0,27	-0,34	-0,38	-0,40
02/01 10:00	12,51	14,17	14,70	14,75	14,93	12,45	13,82	14,24	14,29	14,47	-0,06	-0,35	-0,45	-0,46	-0,46
02/01 11:00	12,58	14,36	15,09	15,11	15,15	12,51	13,95	14,54	14,59	14,64	-0,07	-0,40	-0,55	-0,51	-0,51
02/01 12:00	12,65	14,40	15,10	15,12	15,20	12,58	14,00	14,57	14,62	14,70	-0,08	-0,40	-0,52	-0,50	-0,49
02/01 13:00	12,73	14,45	15,15	15,18	15,25	12,65	14,06	14,65	14,70	14,77	-0,09	-0,39	-0,50	-0,49	-0,48
02/01 14:00	12,81	14,57	15,54	15,55	15,47	12,71	14,16	14,97	15,02	14,96	-0,10	-0,41	-0,57	-0,53	-0,51
02/01 15:00	12,87	14,64	15,72	15,72	15,59	12,76	14,22	15,12	15,17	15,07	-0,10	-0,42	-0,60	-0,54	-0,52
02/01 16:00	12,90	14,61	15,54	15,56	15,52	12,79	14,20	15,01	15,06	15,05	-0,10	-0,41	-0,53	-0,49	-0,47
02/01 17:00	12,89	14,54	15,37	15,42	15,44	12,79	14,15	14,91	14,97	15,01	-0,10	-0,39	-0,46	-0,45	-0,43
02/01 18:00	12,87	14,41	15,15	15,22	15,32	12,78	14,06	14,76	14,82	14,93	-0,09	-0,35	-0,39	-0,40	-0,39
02/01 19:00	12,83	14,38	14,98	15,07	15,22	12,75	14,06	14,64	14,71	14,86	-0,08	-0,32	-0,34	-0,36	-0,36
02/01 20:00	12,80	14,51	14,87	14,96	15,16	12,74	14,20	14,56	14,62	14,81	-0,06	-0,31	-0,31	-0,34	-0,35
02/01 21:00	12,78	14,52	14,79	14,89	15,11	12,74	14,21	14,51	14,57	14,77	-0,05	-0,31	-0,28	-0,32	-0,34
02/01 22:00	12,77	14,50	14,73	14,83	15,07	12,74	14,20	14,46	14,53	14,74	-0,03	-0,30	-0,27	-0,30	-0,33
02/01 23:00	12,76	14,48	14,67	14,77	15,02	12,75	14,19	14,42	14,48	14,70	-0,02	-0,29	-0,25	-0,29	-0,33
02/01 24:00	12,76	14,27	14,62	14,72	14,99	12,75	14,00	14,38	14,44	14,66	-0,01	-0,27	-0,24	-0,28	-0,32

Tabela 87 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de março.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MARÇO															
03/01 01:00	15,59	16,80	17,96	18,06	18,29	15,81	16,85	17,85	17,91	18,13	0,22	0,05	-0,11	-0,16	-0,16
03/01 02:00	15,55	16,67	17,85	17,96	18,21	15,77	16,75	17,75	17,80	18,06	0,23	0,08	-0,10	-0,15	-0,16
03/01 03:00	15,51	16,58	17,76	17,87	18,14	15,75	16,68	17,66	17,72	17,98	0,23	0,10	-0,09	-0,15	-0,16
03/01 04:00	15,44	16,47	17,62	17,74	18,05	15,68	16,58	17,53	17,58	17,88	0,24	0,12	-0,09	-0,15	-0,16
03/01 05:00	15,35	16,32	17,46	17,57	17,93	15,59	16,46	17,38	17,42	17,77	0,25	0,13	-0,08	-0,15	-0,16
03/01 06:00	15,28	16,21	17,33	17,45	17,84	15,53	16,37	17,26	17,30	17,67	0,25	0,15	-0,08	-0,15	-0,17
03/01 07:00	15,22	16,13	17,23	17,35	17,75	15,47	16,29	17,15	17,19	17,58	0,25	0,16	-0,08	-0,16	-0,17
03/01 08:00	15,19	16,44	17,25	17,36	17,76	15,44	16,53	17,14	17,18	17,57	0,25	0,09	-0,11	-0,18	-0,19
03/01 09:00	15,23	16,86	17,56	17,64	17,94	15,47	16,81	17,35	17,39	17,70	0,25	-0,05	-0,21	-0,25	-0,25
03/01 10:00	15,30	17,17	18,12	18,14	18,23	15,53	17,02	17,77	17,80	17,91	0,23	-0,15	-0,35	-0,34	-0,32
03/01 11:00	15,39	17,37	18,78	18,74	18,57	15,60	17,18	18,28	18,31	18,19	0,22	-0,20	-0,50	-0,43	-0,39
03/01 12:00	15,50	17,48	19,36	19,28	18,91	15,70	17,28	18,75	18,78	18,48	0,20	-0,20	-0,61	-0,50	-0,44
03/01 13:00	15,60	17,54	19,64	19,55	19,13	15,78	17,35	19,01	19,04	18,70	0,18	-0,19	-0,63	-0,51	-0,44
03/01 14:00	15,70	17,60	20,14	20,03	19,42	15,86	17,42	19,44	19,48	18,97	0,16	-0,18	-0,70	-0,55	-0,45
03/01 15:00	15,77	17,66	20,31	20,19	19,57	15,92	17,48	19,61	19,65	19,14	0,14	-0,18	-0,70	-0,54	-0,43
03/01 16:00	15,81	17,67	20,17	20,09	19,57	15,94	17,51	19,55	19,61	19,20	0,13	-0,17	-0,62	-0,48	-0,37
03/01 17:00	15,81	17,57	19,70	19,68	19,37	15,93	17,43	19,25	19,31	19,10	0,13	-0,14	-0,45	-0,36	-0,26
03/01 18:00	15,76	17,37	19,27	19,31	19,15	15,90	17,29	18,97	19,05	18,97	0,13	-0,08	-0,30	-0,26	-0,18
03/01 19:00	15,70	17,27	18,97	19,04	18,98	15,84	17,23	18,75	18,84	18,85	0,14	-0,03	-0,22	-0,20	-0,13
03/01 20:00	15,64	17,35	18,76	18,85	18,87	15,80	17,34	18,60	18,69	18,77	0,16	-0,01	-0,16	-0,16	-0,10
03/01 21:00	15,57	17,27	18,56	18,66	18,76	15,75	17,28	18,44	18,53	18,67	0,18	0,01	-0,12	-0,13	-0,09
03/01 22:00	15,52	17,19	18,41	18,52	18,66	15,72	17,22	18,32	18,41	18,59	0,19	0,03	-0,09	-0,11	-0,08
03/01 23:00	15,49	17,14	18,30	18,41	18,59	15,70	17,18	18,23	18,31	18,52	0,21	0,05	-0,07	-0,10	-0,07
03/01 24:00	15,46	16,89	18,19	18,31	18,52	15,68	16,96	18,13	18,22	18,45	0,22	0,07	-0,05	-0,09	-0,07

Tabela 88 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de abril.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
ABRIL															
04/01 01:00	17,45	18,68	19,69	19,85	19,91	17,73	18,81	19,73	19,88	19,93	0,27	0,12	0,04	0,03	0,02
04/01 02:00	17,42	18,56	19,59	19,76	19,84	17,70	18,72	19,64	19,79	19,85	0,29	0,16	0,06	0,03	0,02
04/01 03:00	17,38	18,46	19,49	19,66	19,76	17,67	18,64	19,55	19,69	19,78	0,29	0,18	0,06	0,03	0,02
04/01 04:00	17,34	18,37	19,39	19,56	19,69	17,64	18,57	19,46	19,59	19,70	0,30	0,20	0,07	0,03	0,02
04/01 05:00	17,29	18,28	19,29	19,46	19,61	17,60	18,49	19,36	19,48	19,62	0,31	0,21	0,07	0,02	0,01
04/01 06:00	17,25	18,20	19,20	19,37	19,54	17,56	18,43	19,27	19,39	19,55	0,31	0,23	0,07	0,01	0,01
04/01 07:00	17,24	18,26	19,16	19,33	19,50	17,54	18,47	19,22	19,33	19,50	0,31	0,20	0,06	0,00	0,00
04/01 08:00	17,22	18,43	19,17	19,33	19,49	17,53	18,59	19,20	19,31	19,47	0,30	0,16	0,03	-0,02	-0,02
04/01 09:00	17,23	18,54	19,23	19,38	19,52	17,53	18,66	19,23	19,33	19,48	0,30	0,12	0,00	-0,05	-0,04
04/01 10:00	17,25	18,62	19,31	19,45	19,57	17,54	18,72	19,28	19,37	19,50	0,29	0,09	-0,04	-0,08	-0,06
04/01 11:00	17,27	18,80	19,53	19,65	19,70	17,55	18,83	19,43	19,52	19,60	0,28	0,04	-0,11	-0,13	-0,10
04/01 12:00	17,30	18,91	19,84	19,92	19,88	17,57	18,91	19,64	19,73	19,73	0,27	0,00	-0,20	-0,19	-0,15
04/01 13:00	17,34	18,96	20,17	20,22	20,09	17,59	18,94	19,89	19,97	19,90	0,26	-0,02	-0,28	-0,24	-0,19
04/01 14:00	17,37	19,01	20,42	20,45	20,26	17,61	18,98	20,09	20,17	20,04	0,24	-0,03	-0,34	-0,28	-0,22
04/01 15:00	17,40	19,04	20,51	20,53	20,34	17,63	19,01	20,16	20,24	20,13	0,23	-0,04	-0,35	-0,29	-0,22
04/01 16:00	17,42	19,02	20,33	20,39	20,27	17,64	18,99	20,05	20,14	20,10	0,22	-0,03	-0,28	-0,25	-0,17
04/01 17:00	17,42	18,87	20,06	20,15	20,11	17,64	18,88	19,88	19,97	20,00	0,22	0,01	-0,18	-0,18	-0,11
04/01 18:00	17,41	18,76	19,88	20,00	20,00	17,63	18,81	19,76	19,85	19,92	0,22	0,05	-0,12	-0,15	-0,08
04/01 19:00	17,38	18,71	19,73	19,85	19,91	17,60	18,79	19,64	19,72	19,85	0,22	0,08	-0,09	-0,13	-0,06
04/01 20:00	17,36	18,84	19,60	19,74	19,83	17,58	18,93	19,54	19,62	19,77	0,23	0,09	-0,07	-0,12	-0,05
04/01 21:00	17,33	18,82	19,50	19,64	19,76	17,56	18,91	19,45	19,53	19,71	0,23	0,09	-0,05	-0,11	-0,05
04/01 22:00	17,29	18,76	19,39	19,53	19,68	17,53	18,87	19,36	19,43	19,64	0,24	0,10	-0,04	-0,10	-0,05
04/01 23:00	17,26	18,72	19,31	19,45	19,62	17,51	18,83	19,28	19,35	19,57	0,24	0,11	-0,03	-0,10	-0,05
04/01 24:00	17,23	18,49	19,23	19,37	19,56	17,48	18,61	19,20	19,27	19,51	0,25	0,12	-0,02	-0,10	-0,05

Tabela 89 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de maio.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
MAIO															
05/01 01:00	19,68	20,53	21,18	21,29	21,34	19,98	20,73	21,31	21,41	21,46	0,29	0,21	0,13	0,12	0,11
05/01 02:00	19,62	20,38	21,07	21,18	21,26	19,93	20,62	21,21	21,30	21,37	0,31	0,24	0,15	0,12	0,11
05/01 03:00	19,55	20,25	20,95	21,06	21,17	19,87	20,52	21,10	21,18	21,28	0,31	0,27	0,15	0,12	0,12
05/01 04:00	19,47	20,11	20,81	20,93	21,07	19,79	20,40	20,97	21,04	21,18	0,32	0,29	0,16	0,12	0,11
05/01 05:00	19,42	20,01	20,71	20,83	20,99	19,74	20,32	20,87	20,94	21,10	0,33	0,31	0,16	0,11	0,11
05/01 06:00	19,37	20,21	20,65	20,76	20,94	19,70	20,45	20,80	20,86	21,04	0,32	0,23	0,15	0,10	0,10
05/01 07:00	19,37	20,69	20,69	20,80	20,96	19,69	20,74	20,81	20,87	21,04	0,32	0,05	0,12	0,08	0,08
05/01 08:00	19,40	20,97	20,81	20,90	21,02	19,71	20,96	20,89	20,94	21,08	0,31	-0,01	0,08	0,04	0,06
05/01 09:00	19,45	21,25	20,93	21,01	21,11	19,74	21,16	20,97	21,02	21,14	0,30	-0,10	0,04	0,01	0,03
05/01 10:00	19,52	21,47	21,08	21,15	21,23	19,80	21,32	21,08	21,13	21,23	0,28	-0,16	0,00	-0,02	0,00
05/01 11:00	19,62	21,60	21,31	21,36	21,43	19,88	21,43	21,25	21,30	21,39	0,26	-0,17	-0,06	-0,06	-0,04
05/01 12:00	19,72	21,62	21,60	21,63	21,66	19,96	21,47	21,47	21,53	21,58	0,24	-0,16	-0,13	-0,10	-0,08
05/01 13:00	19,83	21,63	21,87	21,88	21,87	20,05	21,50	21,69	21,75	21,76	0,22	-0,13	-0,18	-0,13	-0,11
05/01 14:00	19,93	21,71	22,05	22,06	22,02	20,13	21,58	21,84	21,92	21,90	0,20	-0,13	-0,21	-0,14	-0,12
05/01 15:00	20,01	21,79	22,13	22,14	22,09	20,19	21,65	21,92	22,01	21,98	0,18	-0,14	-0,20	-0,13	-0,11
05/01 16:00	20,06	21,82	22,13	22,16	22,08	20,22	21,68	21,95	22,06	22,00	0,16	-0,14	-0,18	-0,11	-0,08
05/01 17:00	20,08	21,77	22,10	22,15	22,05	20,24	21,65	21,94	22,06	21,99	0,16	-0,12	-0,15	-0,08	-0,06
05/01 18:00	20,07	21,63	22,00	22,07	21,99	20,23	21,54	21,88	22,01	21,95	0,16	-0,08	-0,12	-0,05	-0,03
05/01 19:00	20,02	21,46	21,83	21,92	21,87	20,19	21,44	21,76	21,90	21,87	0,17	-0,02	-0,07	-0,02	0,00
05/01 20:00	19,96	21,44	21,64	21,75	21,75	20,15	21,48	21,62	21,76	21,77	0,19	0,04	-0,02	0,01	0,02
05/01 21:00	19,89	21,31	21,49	21,61	21,65	20,11	21,39	21,51	21,65	21,69	0,21	0,08	0,01	0,04	0,04
05/01 22:00	19,83	21,19	21,36	21,49	21,55	20,07	21,31	21,41	21,54	21,61	0,24	0,11	0,05	0,05	0,05
05/01 23:00	19,78	21,10	21,26	21,39	21,47	20,04	21,24	21,33	21,46	21,54	0,26	0,15	0,07	0,07	0,06
05/01 24:00	19,73	20,81	21,15	21,28	21,39	20,01	20,99	21,24	21,36	21,46	0,28	0,18	0,09	0,08	0,07

Tabela 90 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de junho.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JUNHO															
06/01 01:00	21,00	21,59	21,86	21,91	21,90	21,23	21,71	21,97	21,99	21,99	0,23	0,12	0,11	0,08	0,09
06/01 02:00	20,96	21,47	21,78	21,83	21,84	21,20	21,62	21,90	21,92	21,93	0,24	0,16	0,12	0,09	0,10
06/01 03:00	20,93	21,38	21,71	21,76	21,78	21,17	21,56	21,84	21,85	21,88	0,25	0,18	0,13	0,09	0,10
06/01 04:00	20,88	21,28	21,63	21,68	21,71	21,13	21,49	21,76	21,77	21,81	0,25	0,20	0,14	0,09	0,10
06/01 05:00	20,84	21,21	21,56	21,61	21,66	21,10	21,43	21,69	21,70	21,76	0,25	0,22	0,14	0,09	0,10
06/01 06:00	20,82	21,18	21,52	21,57	21,62	21,07	21,40	21,65	21,65	21,72	0,25	0,22	0,13	0,08	0,10
06/01 07:00	20,80	21,20	21,52	21,57	21,61	21,05	21,41	21,64	21,64	21,70	0,25	0,21	0,12	0,07	0,09
06/01 08:00	20,81	21,35	21,57	21,61	21,64	21,05	21,54	21,66	21,66	21,71	0,24	0,19	0,09	0,05	0,07
06/01 09:00	20,85	21,48	21,65	21,69	21,69	21,07	21,63	21,72	21,72	21,75	0,23	0,15	0,07	0,03	0,06
06/01 10:00	20,89	21,61	21,75	21,78	21,76	21,10	21,73	21,79	21,78	21,79	0,21	0,12	0,04	0,00	0,04
06/01 11:00	20,92	21,70	21,81	21,84	21,80	21,12	21,79	21,83	21,82	21,83	0,19	0,09	0,02	-0,01	0,03
06/01 12:00	20,96	21,81	21,90	21,92	21,87	21,14	21,87	21,89	21,88	21,88	0,18	0,06	-0,01	-0,03	0,01
06/01 13:00	21,01	21,84	21,91	21,93	21,88	21,17	21,88	21,90	21,89	21,89	0,16	0,05	-0,01	-0,04	0,01
06/01 14:00	21,04	21,89	21,95	21,97	21,91	21,18	21,92	21,92	21,92	21,92	0,14	0,03	-0,02	-0,05	0,00
06/01 15:00	21,06	21,96	22,01	22,03	21,96	21,19	21,97	21,96	21,96	21,95	0,13	0,00	-0,05	-0,07	-0,01
06/01 16:00	21,07	22,00	22,04	22,05	21,98	21,19	21,98	21,98	21,98	21,96	0,12	-0,02	-0,06	-0,08	-0,02
06/01 17:00	21,06	21,98	22,03	22,04	21,97	21,18	21,96	21,96	21,96	21,95	0,12	-0,03	-0,07	-0,08	-0,02
06/01 18:00	21,03	21,91	21,97	21,98	21,93	21,15	21,89	21,91	21,91	21,92	0,12	-0,02	-0,06	-0,08	-0,02
06/01 19:00	20,99	21,86	21,87	21,90	21,87	21,12	21,87	21,83	21,83	21,86	0,12	0,00	-0,04	-0,07	-0,01
06/01 20:00	20,95	21,94	21,76	21,79	21,79	21,08	21,96	21,74	21,74	21,79	0,13	0,02	-0,02	-0,05	0,00
06/01 21:00	20,90	21,88	21,66	21,70	21,72	21,03	21,90	21,66	21,65	21,73	0,14	0,03	-0,01	-0,04	0,01
06/01 22:00	20,85	21,80	21,58	21,61	21,66	21,00	21,84	21,58	21,57	21,67	0,15	0,04	0,00	-0,04	0,01
06/01 23:00	20,80	21,73	21,49	21,53	21,60	20,96	21,78	21,51	21,50	21,61	0,16	0,05	0,01	-0,03	0,01
06/01 24:00	20,76	21,47	21,43	21,47	21,54	20,93	21,54	21,45	21,44	21,55	0,17	0,07	0,02	-0,02	0,01

Tabela 91 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de julho.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
JULHO															
07/01 01:00	22,90	23,57	23,71	23,86	23,83	23,15	23,75	23,82	23,95	23,91	0,25	0,18	0,11	0,09	0,08
07/01 02:00	22,87	23,47	23,65	23,80	23,78	23,13	23,68	23,77	23,89	23,86	0,26	0,22	0,12	0,09	0,08
07/01 03:00	22,83	23,38	23,58	23,73	23,72	23,10	23,62	23,71	23,83	23,81	0,27	0,24	0,12	0,09	0,08
07/01 04:00	22,80	23,32	23,52	23,67	23,67	23,07	23,57	23,65	23,76	23,75	0,27	0,25	0,13	0,09	0,08
07/01 05:00	22,77	23,26	23,47	23,62	23,62	23,03	23,52	23,59	23,70	23,70	0,27	0,26	0,13	0,08	0,08
07/01 06:00	22,74	23,46	23,44	23,58	23,59	23,00	23,65	23,55	23,65	23,67	0,27	0,19	0,12	0,07	0,07
07/01 07:00	22,74	23,88	23,50	23,63	23,63	23,00	23,91	23,58	23,68	23,68	0,26	0,04	0,09	0,05	0,06
07/01 08:00	22,76	24,23	23,59	23,71	23,69	23,01	24,16	23,64	23,73	23,72	0,25	-0,07	0,05	0,02	0,04
07/01 09:00	22,80	24,47	23,71	23,82	23,76	23,04	24,32	23,73	23,81	23,78	0,24	-0,14	0,02	0,00	0,02
07/01 10:00	22,86	24,64	23,85	23,95	23,86	23,09	24,45	23,84	23,93	23,86	0,23	-0,19	-0,01	-0,03	0,00
07/01 11:00	22,94	24,72	24,05	24,13	24,01	23,16	24,52	23,99	24,08	23,98	0,21	-0,20	-0,05	-0,05	-0,02
07/01 12:00	23,03	24,75	24,25	24,33	24,17	23,23	24,57	24,16	24,25	24,12	0,20	-0,19	-0,09	-0,08	-0,05
07/01 13:00	23,13	24,76	24,44	24,50	24,34	23,31	24,59	24,31	24,41	24,27	0,18	-0,17	-0,13	-0,09	-0,07
07/01 14:00	23,21	24,82	24,59	24,65	24,45	23,38	24,66	24,45	24,55	24,38	0,17	-0,16	-0,15	-0,10	-0,07
07/01 15:00	23,27	24,85	24,63	24,70	24,51	23,42	24,69	24,49	24,61	24,45	0,15	-0,16	-0,14	-0,09	-0,07
07/01 16:00	23,32	24,86	24,66	24,74	24,52	23,47	24,71	24,54	24,67	24,47	0,15	-0,15	-0,12	-0,07	-0,05
07/01 17:00	23,35	24,83	24,67	24,76	24,52	23,49	24,70	24,56	24,71	24,49	0,14	-0,13	-0,11	-0,05	-0,03
07/01 18:00	23,35	24,73	24,61	24,71	24,49	23,49	24,62	24,53	24,68	24,48	0,14	-0,10	-0,08	-0,03	-0,01
07/01 19:00	23,32	24,64	24,50	24,62	24,42	23,47	24,57	24,46	24,61	24,43	0,15	-0,06	-0,05	0,00	0,01
07/01 20:00	23,28	24,62	24,36	24,49	24,33	23,45	24,62	24,36	24,52	24,37	0,17	-0,01	0,00	0,03	0,04
07/01 21:00	23,23	24,50	24,24	24,38	24,25	23,42	24,53	24,28	24,43	24,30	0,19	0,04	0,04	0,05	0,05
07/01 22:00	23,18	24,38	24,13	24,28	24,17	23,39	24,45	24,20	24,35	24,24	0,22	0,07	0,07	0,07	0,07
07/01 23:00	23,15	24,30	24,06	24,20	24,11	23,38	24,41	24,15	24,29	24,19	0,24	0,11	0,09	0,09	0,08
07/01 24:00	23,12	24,03	23,99	24,13	24,05	23,37	24,17	24,10	24,23	24,14	0,26	0,14	0,12	0,10	0,09

Tabela 92 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de agosto.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
AGOSTO															
08/01 01:00	23,53	24,29	24,57	24,74	24,75	23,75	24,38	24,63	24,77	24,76	0,22	0,10	0,06	0,03	0,01
08/01 02:00	23,52	24,21	24,53	24,70	24,71	23,75	24,34	24,60	24,73	24,72	0,23	0,13	0,08	0,04	0,01
08/01 03:00	23,50	24,16	24,49	24,65	24,68	23,74	24,31	24,57	24,69	24,69	0,24	0,15	0,08	0,04	0,01
08/01 04:00	23,49	24,13	24,45	24,62	24,64	23,73	24,29	24,53	24,65	24,65	0,24	0,16	0,08	0,03	0,01
08/01 05:00	23,48	24,11	24,42	24,58	24,61	23,71	24,28	24,49	24,61	24,62	0,24	0,17	0,08	0,02	0,01
08/01 06:00	23,47	24,44	24,39	24,55	24,59	23,70	24,50	24,45	24,56	24,59	0,23	0,06	0,07	0,01	0,00
08/01 07:00	23,48	24,98	24,46	24,61	24,63	23,70	24,81	24,49	24,59	24,60	0,22	-0,17	0,03	-0,02	-0,02
08/01 08:00	23,51	25,20	24,56	24,70	24,69	23,71	24,99	24,56	24,65	24,65	0,21	-0,22	-0,01	-0,05	-0,05
08/01 09:00	23,56	25,46	24,70	24,82	24,78	23,76	25,17	24,66	24,75	24,72	0,20	-0,29	-0,04	-0,07	-0,06
08/01 10:00	23,66	25,67	24,86	24,97	24,90	23,84	25,33	24,79	24,87	24,81	0,18	-0,34	-0,07	-0,10	-0,08
08/01 11:00	23,77	25,79	25,06	25,15	25,08	23,94	25,44	24,94	25,03	24,97	0,17	-0,35	-0,11	-0,12	-0,11
08/01 12:00	23,89	25,81	25,33	25,41	25,30	24,04	25,48	25,16	25,26	25,15	0,15	-0,33	-0,17	-0,15	-0,15
08/01 13:00	24,01	25,80	25,60	25,66	25,52	24,14	25,51	25,39	25,49	25,34	0,14	-0,29	-0,21	-0,17	-0,17
08/01 14:00	24,13	25,86	25,81	25,86	25,68	24,25	25,59	25,57	25,68	25,50	0,12	-0,28	-0,24	-0,18	-0,18
08/01 15:00	24,26	25,96	25,93	25,99	25,78	24,36	25,68	25,70	25,83	25,61	0,10	-0,28	-0,23	-0,16	-0,17
08/01 16:00	24,31	25,99	25,96	26,03	25,78	24,40	25,71	25,75	25,89	25,65	0,09	-0,27	-0,21	-0,14	-0,14
08/01 17:00	24,33	25,94	25,95	26,03	25,76	24,42	25,69	25,77	25,92	25,65	0,09	-0,26	-0,18	-0,11	-0,11
08/01 18:00	24,33	25,81	25,87	25,97	25,72	24,42	25,60	25,72	25,89	25,63	0,09	-0,22	-0,15	-0,08	-0,08
08/01 19:00	24,29	25,66	25,72	25,84	25,62	24,39	25,50	25,62	25,80	25,57	0,11	-0,15	-0,10	-0,04	-0,05
08/01 20:00	24,23	25,65	25,56	25,70	25,52	24,36	25,56	25,52	25,69	25,50	0,13	-0,09	-0,05	-0,01	-0,02
08/01 21:00	24,17	25,54	25,43	25,58	25,44	24,33	25,49	25,43	25,61	25,44	0,16	-0,05	0,00	0,02	0,01
08/01 22:00	24,13	25,43	25,33	25,49	25,36	24,31	25,42	25,36	25,53	25,39	0,18	-0,01	0,03	0,04	0,02
08/01 23:00	24,09	25,34	25,24	25,40	25,30	24,29	25,37	25,30	25,47	25,33	0,21	0,02	0,06	0,06	0,04
08/01 24:00	24,05	25,07	25,16	25,33	25,24	24,28	25,13	25,25	25,40	25,28	0,23	0,06	0,08	0,08	0,05

Tabela 93 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de setembro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
SETEMBRO															
09/01 01:00	23,83	24,26	25,13	25,20	25,28	24,08	24,45	25,19	25,18	25,32	0,25	0,20	0,06	-0,03	0,03
09/01 02:00	23,80	24,15	25,06	25,14	25,22	24,06	24,38	25,13	25,12	25,26	0,26	0,23	0,07	-0,02	0,03
09/01 03:00	23,77	24,08	25,00	25,07	25,16	24,03	24,33	25,07	25,05	25,19	0,26	0,25	0,07	-0,02	0,03
09/01 04:00	23,73	24,01	24,92	24,99	25,10	23,99	24,27	24,99	24,97	25,12	0,26	0,26	0,07	-0,03	0,03
09/01 05:00	23,69	23,94	24,85	24,92	25,03	23,95	24,21	24,92	24,89	25,05	0,26	0,27	0,07	-0,03	0,02
09/01 06:00	23,65	23,89	24,78	24,85	24,97	23,91	24,16	24,84	24,81	24,99	0,25	0,28	0,06	-0,04	0,01
09/01 07:00	23,63	24,02	24,76	24,83	24,95	23,87	24,25	24,81	24,77	24,95	0,24	0,22	0,04	-0,06	0,00
09/01 08:00	23,62	24,32	24,82	24,87	24,98	23,86	24,46	24,83	24,79	24,95	0,23	0,14	0,01	-0,08	-0,02
09/01 09:00	23,66	24,49	24,94	24,98	25,05	23,88	24,58	24,90	24,86	25,00	0,22	0,08	-0,04	-0,12	-0,05
09/01 10:00	23,73	24,78	25,19	25,21	25,22	23,93	24,78	25,09	25,05	25,13	0,20	0,01	-0,11	-0,16	-0,09
09/01 11:00	23,82	25,05	25,61	25,59	25,48	23,99	24,98	25,40	25,36	25,33	0,18	-0,07	-0,21	-0,23	-0,15
09/01 12:00	23,92	25,21	26,08	26,02	25,78	24,07	25,11	25,76	25,72	25,57	0,15	-0,10	-0,31	-0,30	-0,20
09/01 13:00	24,04	25,34	26,30	26,23	25,95	24,17	25,22	25,96	25,92	25,74	0,13	-0,12	-0,34	-0,31	-0,21
09/01 14:00	24,15	25,48	26,46	26,39	26,08	24,25	25,34	26,11	26,08	25,87	0,10	-0,14	-0,34	-0,31	-0,21
09/01 15:00	24,23	25,56	26,49	26,43	26,13	24,31	25,40	26,16	26,14	25,94	0,08	-0,16	-0,33	-0,29	-0,19
09/01 16:00	24,27	25,55	26,40	26,36	26,10	24,33	25,39	26,12	26,10	25,95	0,07	-0,15	-0,28	-0,26	-0,16
09/01 17:00	24,25	25,43	26,24	26,22	26,02	24,31	25,30	26,01	26,00	25,90	0,07	-0,12	-0,23	-0,22	-0,12
09/01 18:00	24,20	25,24	26,05	26,06	25,91	24,27	25,16	25,88	25,88	25,82	0,08	-0,08	-0,17	-0,18	-0,09
09/01 19:00	24,14	25,13	25,88	25,90	25,80	24,23	25,10	25,75	25,76	25,73	0,09	-0,03	-0,13	-0,15	-0,07
09/01 20:00	24,07	25,17	25,74	25,77	25,70	24,18	25,17	25,64	25,65	25,65	0,11	0,00	-0,10	-0,12	-0,05
09/01 21:00	24,01	25,08	25,61	25,64	25,61	24,15	25,11	25,54	25,55	25,57	0,14	0,03	-0,07	-0,09	-0,04
09/01 22:00	23,95	24,98	25,48	25,52	25,52	24,11	25,03	25,44	25,46	25,50	0,16	0,06	-0,04	-0,07	-0,02
09/01 23:00	23,90	24,88	25,37	25,42	25,44	24,08	24,97	25,36	25,37	25,42	0,18	0,08	-0,02	-0,05	-0,02
09/01 24:00	23,85	24,60	25,27	25,32	25,36	24,05	24,72	25,27	25,29	25,35	0,20	0,11	0,00	-0,04	-0,01

Tabela 94 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de outubro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
OUTUBRO															
10/01 01:00	23,64	24,30	25,63	25,72	25,82	23,98	24,58	25,57	25,60	25,75	0,34	0,29	-0,06	-0,12	-0,07
10/01 02:00	23,57	24,14	25,50	25,59	25,72	23,91	24,46	25,45	25,48	25,65	0,34	0,31	-0,05	-0,12	-0,07
10/01 03:00	23,50	24,01	25,38	25,47	25,62	23,85	24,34	25,33	25,35	25,55	0,35	0,34	-0,05	-0,12	-0,07
10/01 04:00	23,42	23,87	25,24	25,33	25,51	23,77	24,22	25,19	25,21	25,44	0,35	0,35	-0,05	-0,12	-0,08
10/01 05:00	23,33	23,72	25,09	25,19	25,40	23,68	24,10	25,04	25,07	25,32	0,36	0,37	-0,05	-0,12	-0,08
10/01 06:00	23,24	23,58	24,94	25,05	25,28	23,60	23,97	24,90	24,92	25,20	0,36	0,39	-0,04	-0,13	-0,08
10/01 07:00	23,16	23,51	24,82	24,93	25,19	23,52	23,90	24,78	24,80	25,10	0,36	0,39	-0,05	-0,13	-0,09
10/01 08:00	23,14	23,68	24,81	24,91	25,16	23,49	24,03	24,74	24,76	25,06	0,36	0,35	-0,07	-0,15	-0,10
10/01 09:00	23,13	23,85	24,91	25,00	25,21	23,47	24,13	24,79	24,81	25,07	0,34	0,29	-0,12	-0,19	-0,14
10/01 10:00	23,13	23,96	25,05	25,12	25,28	23,46	24,20	24,88	24,89	25,11	0,33	0,24	-0,17	-0,23	-0,17
10/01 11:00	23,16	24,08	25,25	25,30	25,40	23,47	24,28	25,02	25,04	25,19	0,31	0,20	-0,23	-0,27	-0,20
10/01 12:00	23,21	24,22	25,65	25,66	25,62	23,50	24,38	25,31	25,33	25,36	0,29	0,17	-0,33	-0,34	-0,26
10/01 13:00	23,26	24,31	25,91	25,91	25,79	23,53	24,45	25,51	25,53	25,50	0,27	0,14	-0,40	-0,38	-0,29
10/01 14:00	23,30	24,39	26,04	26,03	25,89	23,55	24,51	25,62	25,64	25,59	0,25	0,12	-0,42	-0,40	-0,30
10/01 15:00	23,32	24,42	26,03	26,03	25,90	23,55	24,52	25,62	25,64	25,61	0,23	0,10	-0,41	-0,39	-0,28
10/01 16:00	23,32	24,43	26,01	26,02	25,91	23,54	24,52	25,61	25,64	25,63	0,22	0,09	-0,40	-0,38	-0,27
10/01 17:00	23,29	24,32	25,79	25,82	25,78	23,50	24,43	25,45	25,48	25,55	0,21	0,11	-0,33	-0,34	-0,24
10/01 18:00	23,24	24,15	25,54	25,61	25,63	23,44	24,29	25,28	25,30	25,43	0,20	0,14	-0,27	-0,30	-0,20
10/01 19:00	23,18	24,06	25,35	25,43	25,50	23,39	24,23	25,13	25,16	25,33	0,21	0,17	-0,22	-0,28	-0,18
10/01 20:00	23,11	24,14	25,19	25,28	25,39	23,32	24,33	24,99	25,02	25,23	0,21	0,18	-0,20	-0,26	-0,17
10/01 21:00	23,05	24,08	25,05	25,14	25,30	23,27	24,27	24,87	24,90	25,13	0,22	0,19	-0,18	-0,25	-0,16
10/01 22:00	22,99	24,00	24,92	25,02	25,21	23,22	24,20	24,76	24,79	25,04	0,23	0,20	-0,16	-0,24	-0,16
10/01 23:00	22,92	23,91	24,79	24,89	25,11	23,15	24,12	24,64	24,66	24,95	0,23	0,21	-0,15	-0,23	-0,16
10/01 24:00	22,85	23,64	24,67	24,77	25,02	23,09	23,86	24,53	24,55	24,85	0,24	0,22	-0,14	-0,23	-0,16

Tabela 95 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de novembro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
NOVEMBRO															
11/01 01:00	18,33	19,49	21,19	21,27	21,46	18,45	19,45	21,00	21,03	21,24	0,12	-0,04	-0,18	-0,24	-0,22
11/01 02:00	18,31	19,41	21,10	21,19	21,40	18,44	19,39	20,93	20,94	21,18	0,12	-0,02	-0,18	-0,24	-0,23
11/01 03:00	18,29	19,36	21,02	21,11	21,34	18,42	19,35	20,84	20,86	21,11	0,12	-0,01	-0,18	-0,25	-0,23
11/01 04:00	18,27	19,31	20,95	21,04	21,28	18,40	19,31	20,77	20,78	21,04	0,12	0,00	-0,18	-0,26	-0,24
11/01 05:00	18,25	19,27	20,88	20,97	21,23	18,38	19,28	20,69	20,70	20,97	0,12	0,00	-0,19	-0,27	-0,25
11/01 06:00	18,23	19,23	20,80	20,90	21,17	18,35	19,24	20,60	20,62	20,90	0,12	0,01	-0,20	-0,28	-0,26
11/01 07:00	18,21	19,20	20,73	20,83	21,11	18,32	19,20	20,52	20,54	20,83	0,11	0,01	-0,21	-0,29	-0,28
11/01 08:00	18,19	19,49	20,82	20,90	21,15	18,30	19,41	20,56	20,57	20,84	0,11	-0,07	-0,27	-0,33	-0,31
11/01 09:00	18,20	19,83	21,25	21,28	21,37	18,30	19,63	20,85	20,86	20,98	0,10	-0,20	-0,40	-0,43	-0,38
11/01 10:00	18,23	19,97	21,63	21,62	21,56	18,32	19,72	21,12	21,12	21,13	0,09	-0,25	-0,51	-0,49	-0,44
11/01 11:00	18,28	20,03	21,80	21,78	21,68	18,36	19,78	21,27	21,27	21,23	0,08	-0,26	-0,54	-0,51	-0,45
11/01 12:00	18,33	20,08	21,93	21,91	21,78	18,40	19,83	21,39	21,39	21,33	0,07	-0,25	-0,54	-0,52	-0,45
11/01 13:00	18,40	20,17	22,51	22,45	22,09	18,45	19,91	21,85	21,85	21,59	0,06	-0,26	-0,66	-0,59	-0,50
11/01 14:00	18,46	20,26	22,80	22,71	22,28	18,50	19,99	22,08	22,09	21,76	0,04	-0,27	-0,72	-0,62	-0,52
11/01 15:00	18,50	20,31	22,67	22,61	22,27	18,54	20,03	22,01	22,03	21,80	0,03	-0,27	-0,66	-0,58	-0,47
11/01 16:00	18,53	20,30	22,67	22,62	22,29	18,55	20,04	22,04	22,07	21,84	0,03	-0,27	-0,62	-0,55	-0,45
11/01 17:00	18,52	20,19	22,31	22,31	22,13	18,55	19,95	21,80	21,83	21,75	0,03	-0,24	-0,51	-0,48	-0,38
11/01 18:00	18,50	20,04	22,00	22,04	21,96	18,53	19,85	21,60	21,63	21,63	0,03	-0,19	-0,40	-0,41	-0,32
11/01 19:00	18,48	20,01	21,80	21,86	21,84	18,52	19,85	21,45	21,49	21,55	0,04	-0,16	-0,35	-0,37	-0,29
11/01 20:00	18,45	20,14	21,65	21,72	21,76	18,50	19,99	21,34	21,38	21,48	0,05	-0,15	-0,31	-0,34	-0,28
11/01 21:00	18,43	20,12	21,52	21,60	21,68	18,49	19,98	21,24	21,28	21,41	0,07	-0,14	-0,28	-0,32	-0,27
11/01 22:00	18,40	20,07	21,40	21,49	21,60	18,48	19,94	21,14	21,18	21,34	0,08	-0,13	-0,26	-0,31	-0,27
11/01 23:00	18,38	20,03	21,30	21,39	21,53	18,47	19,91	21,06	21,09	21,27	0,09	-0,12	-0,24	-0,29	-0,26
11/01 24:00	18,35	19,79	21,20	21,29	21,46	18,46	19,69	20,97	21,00	21,20	0,10	-0,10	-0,23	-0,29	-0,26

Tabela 96 - Análise de temperaturas para o edifício mais eficiente (com PCM e sem PCM) relativa ao mês de dezembro.

Mês	Micronal® (5cm espessura)					SEM PCM					DIFERENÇA (SEM PCM - COM PCM)				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5					
DEZEMBRO															
12/01 01:00	16,55	17,81	20,13	20,16	20,17	16,81	17,89	20,10	20,11	20,20	0,25	0,08	-0,03	-0,05	0,02
12/01 02:00	16,53	17,70	20,01	20,05	20,10	16,79	17,81	19,99	20,00	20,11	0,26	0,11	-0,02	-0,05	0,02
12/01 03:00	16,49	17,61	19,89	19,93	20,01	16,76	17,74	19,87	19,88	20,02	0,27	0,13	-0,02	-0,05	0,01
12/01 04:00	16,44	17,51	19,75	19,80	19,92	16,72	17,66	19,73	19,74	19,92	0,28	0,15	-0,02	-0,06	0,00
12/01 05:00	16,38	17,41	19,61	19,66	19,82	16,66	17,57	19,59	19,59	19,82	0,28	0,17	-0,02	-0,07	-0,01
12/01 06:00	16,33	17,31	19,48	19,53	19,73	16,61	17,49	19,45	19,46	19,71	0,29	0,18	-0,03	-0,07	-0,02
12/01 07:00	16,28	17,22	19,35	19,41	19,64	16,56	17,42	19,32	19,33	19,61	0,29	0,19	-0,03	-0,08	-0,03
12/01 08:00	16,24	17,30	19,32	19,37	19,60	16,53	17,49	19,26	19,26	19,55	0,29	0,18	-0,06	-0,11	-0,05
12/01 09:00	16,22	17,51	19,55	19,57	19,71	16,50	17,62	19,39	19,39	19,60	0,28	0,11	-0,15	-0,18	-0,10
12/01 10:00	16,23	17,69	19,97	19,95	19,92	16,50	17,73	19,69	19,68	19,74	0,27	0,04	-0,29	-0,26	-0,17
12/01 11:00	16,27	17,84	20,50	20,42	20,19	16,54	17,84	20,08	20,07	19,95	0,26	0,00	-0,42	-0,35	-0,24
12/01 12:00	16,33	17,91	20,89	20,79	20,43	16,58	17,91	20,39	20,38	20,15	0,25	0,00	-0,51	-0,41	-0,28
12/01 13:00	16,39	17,97	21,58	21,42	20,80	16,62	17,97	20,93	20,92	20,45	0,23	0,00	-0,65	-0,51	-0,35
12/01 14:00	16,45	18,07	21,77	21,61	20,96	16,67	18,05	21,10	21,09	20,62	0,22	-0,01	-0,68	-0,52	-0,34
12/01 15:00	16,49	18,08	21,28	21,17	20,78	16,69	18,07	20,76	20,76	20,54	0,20	-0,01	-0,52	-0,42	-0,25
12/01 16:00	16,49	18,01	20,89	20,85	20,60	16,68	18,02	20,51	20,51	20,43	0,19	0,01	-0,38	-0,33	-0,17
12/01 17:00	16,47	17,94	20,77	20,74	20,54	16,65	17,97	20,43	20,43	20,40	0,18	0,03	-0,34	-0,31	-0,14
12/01 18:00	16,44	17,81	20,43	20,44	20,37	16,62	17,87	20,18	20,19	20,27	0,18	0,06	-0,25	-0,25	-0,10
12/01 19:00	16,41	17,80	20,23	20,26	20,25	16,59	17,88	20,02	20,04	20,17	0,18	0,08	-0,21	-0,22	-0,08
12/01 20:00	16,37	17,94	20,06	20,10	20,16	16,56	18,03	19,88	19,90	20,08	0,19	0,09	-0,18	-0,21	-0,07
12/01 21:00	16,33	17,91	19,90	19,95	20,06	16,52	18,00	19,74	19,76	19,99	0,19	0,08	-0,16	-0,19	-0,07
12/01 22:00	16,28	17,86	19,74	19,80	19,97	16,48	17,95	19,60	19,62	19,89	0,20	0,09	-0,15	-0,19	-0,08
12/01 23:00	16,24	17,82	19,63	19,69	19,89	16,45	17,91	19,49	19,51	19,81	0,21	0,09	-0,14	-0,19	-0,08
12/01 24:00	16,22	17,59	19,52	19,59	19,82	16,43	17,70	19,39	19,41	19,73	0,21	0,10	-0,13	-0,19	-0,09

Anexo I - Proposta Projeto apresentado no âmbito do Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior

Programa de Cooperação Técnica e Científica entre o Município de Oeiras e as Instituições de Ensino Superior

Projeto

"Uso de Novos Materiais na Adaptação Energética de Edifícios às Alterações Climáticas"

Tiago Miguel Albano Flambó

(estudante do Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento da Universidade Aberta)

Orientador: Professor Doutor Fernando José Pires Caetano

(Prof. Auxiliar da Universidade Aberta)

30 de novembro de 2020

Nome do Projeto:

Uso de Novos Materiais na Adaptação Energética de Edifícios às Alterações Climáticas.

Autores do Projeto:

Tiago Miguel Albano Flambó (estudante do Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento da Universidade Aberta)

Prof. Doutor Fernando José Pires Caetano (Prof. Auxiliar da Universidade Aberta)

Identifique o problema a que o Projeto pretende dar resposta (máx: 2.000 caracteres):

O consumo energético tem fortes implicações sobre o meio ambiente no qual os edifícios têm um peso significativo. Este projeto procurará dar um contributo para que o edificado possa vir a ter um menor impacto no consumo energético no sentido de se reduzirem as alterações climáticas.

As necessidades de consumo energético conflituam com o objetivo de reduzir a emissão de gases com efeito de estufa. O consumo de energia primária aumentou cerca de 49% nos últimos vinte anos e a utilização dos edifícios é responsável por cerca de 41% de toda a energia consumida, o que corresponde a 30% do total de gases com efeito de estufa emitidos. Torna-se necessário incrementar padrões de eficiência energética dos edifícios, por via do melhoramento do conforto térmico pelo uso de materiais que permitam baixar a dependência energética dos edifícios.

A aplicação destes materiais, no âmbito do trabalho de doutoramento, mostra ser possível melhorar o conforto térmico de edifícios, apresentando, como seria expectável, mais benefícios em edifícios de baixa eficiência energética.

Em Portugal a grande maioria do parque habitacional representa uma construção pós-1970, o que significa que se encontra envelhecido, com necessidades de reabilitação que pode e deve ter em conta as questões energéticas, como forma de contributo para a sustentabilidade ambiental. Habitações construídas entre 1960 e 2005, 95% detêm classificação energética igual ou inferior a «C». A análise da última revisão do PDM de Oeiras permite constatar que existe uma grande prevalência de edifícios anteriores a 1981. No documento Habitar Oeiras – Plano Estratégico 2006-2015, constata-se que a percentagem do edificado clássico anterior a 1981 ascende a 61%.

Este projeto estudará o potencial de aplicação de materiais em situações que possam corresponder a uma tipificação do edificado do Concelho de Oeiras, para que o município possa ter indicadores significativos para a mitigação e adaptação no combate às alterações climáticas.

Descreva detalhadamente o Projeto e os respetivos objetivos (máx: 8.000 caracteres):

A forma encontrada para o desenvolvimento do projeto tem como base de partida o conhecimento já adquirido no trabalho em curso da tese de doutoramento do candidato TF. O caminho a desenvolver ao longo do projeto envolverá a realização de um conjunto de passos, sequenciados, que terão também uma responsabilidade bipartida entre os autores do Projeto e a Câmara Municipal de Oeiras.

O primeiro passo corresponde à identificação e levantamento da tipologia de habitações na região. Neste âmbito será necessária a identificação de “habitações-tipo”, representativas de uma ou mais classes energéticas. A diferenciação por habitação será de extrema importância para a possibilidade de materializar a replicação do Projeto, critério que será detalhado, mais à frente. Para se alcançar este objetivo será importante contar com a disponibilidade da Câmara Municipal de Oeiras.

Seguidamente procurar-se-á definir a (ou as) habitação-tipo, ou edifício, que será objeto de estudo neste trabalho.

Após este passo é ainda necessário que a Câmara Municipal de Oeiras forneça dados relativos ao tipo de construção, nomeadamente Projeto de Arquitetura, Projetos de Estabilidade, Projeto de Especialidades e Certificação Energética (caso já tenha sido efetuada alguma).

Será ainda necessário obter um perfil de temperaturas diárias médias, e demais dados climatéricos, dos anos mais recentes, da região onde estas habitações/edifícios se encontram.

Com estes dados será possível proceder à modelação da arquitetura e estrutura com recurso a software CYPECad, da CYPE. Para o desenvolvimento deste Projeto terá de ser solicitada uma extensão da licença, enquadrada para este âmbito. Com todos estes dados será possível introduzir diversos ”inputs”, tais como, dimensões de pilares, vigas e lajes, constituição de paredes interiores e exteriores, pormenores da cobertura, pé-direito, localização de vãos (portas e janelas), entre muitos outros dados.

Para a simulação dos ganhos energéticos do “edifício modificado”, através da introdução dos dados das propriedades de materiais, chamados materiais de mudança de fase (Phase Change Materials – sigla em inglês), terá que ser realizada a seleção destes materiais, que obedece a alguns critérios, como a sua adequação ao espectro de temperaturas operacionais (quer isto dizer que a escolha do PCM deve ser adequada à utilização-tipo em causa – adequação à temperatura local) e a escolha de um “contentor” que possa acomodar o PCM em condições de segurança e utilização adequada. Existem outras propriedades que terão de ser tidas em conta, tais como o ponto de fusão, a variação de densidade, a inflamabilidade, estabilidade química, condutividade térmica, calor latente, disponibilidade no mercado e preço acessível.

A escolha dos materiais a adotar neste Projeto deverá ser conseguida através do balanço entre as propriedades anteriormente mencionados e o perfil climatérico do município de Oeiras (valores de temperatura diários). Desta forma será possível escolher um material com as características (ponto de fusão e cristalização) adequados, procurando-se rentabilizar a capacidade energética do material.

Após a escolha do material de mudança de fase serão introduzidos os seus dados para a realização dos cálculos. A modelação é feita com recurso a outro programa de cálculo automático. Este programa permite a introdução de todas as características físico-químicas correspondentes às características dos materiais de mudança de fase, sendo também incluído o perfil climatérico do município de Oeiras. Este perfil climatérico corresponde ao espetro de temperaturas e humidades anuais verificadas na região, obrigando desta forma o edifício a responder a esta envolvente exterior.

Será obtida uma série de dados de extrema importância para o desenvolvimento do projeto. Desde logo é possível retirar os perfis de temperatura interior do edifício, por zonas e por hora de cada dia do ano. Esta informação, confrontada com a informação relativa à temperatura exterior do edifício, permitirá a comparação entre os modelos com e sem recurso a PCM. Será possível medir a vantagem da utilização destes materiais para o conforto térmico do edifício. O tratamento dos dados recolhidos relativos às temperaturas interiores permite retirar outras conclusões consideradas relevantes para o desenvolvimento do projeto, tal como a amplitude térmica do interior ao longo do período considerado.

Acresce ainda que se o edifício a ser analisado dispuser de sistema de ventilação, será possível analisar os valores relativos aos consumos energéticos devidos ao seu aquecimento e arrefecimento através destes meios. À semelhança do descrito acima, será possível fazer uma análise comparativa das soluções com e sem integração de materiais de mudança de fase na estrutura habitacional.

A análise não se esgota nos dados já mencionados. Após a análise das temperaturas e consumos poderá ser interessante efetuar a análise da rentabilidade do investimento. A amortização e rentabilidade de soluções com PCM são fortemente influenciadas pelo preço das soluções construtivas e a sua durabilidade. No entanto, e dado que o recurso a materiais de mudança de fase está em franco desenvolvimento, o investimento pode não ser atrativo se só estiver em causa o vetor económico pelo que a análise da rentabilidade da introdução de PCM não se deverá cingir à questão económica. O combate às alterações climáticas necessitará, obrigatoriamente, de um investimento avultado, cujo retorno poderá não ser palpável para esta geração. Conseguindo-se diminuir o consumo energético de uma habitação, estaremos a diminuir as necessidades energéticas globais do país e a diminuir a libertação de gases de efeito de estufa para a atmosfera. Tendencialmente, e com recurso a edifícios mais eficientes e equilibrados, será possível reduzir a utilização de equipamentos (ar-condicionado, aquecedores a óleo, entre outros), diminuindo de forma direta as necessidades de consumo de energia. Torna-se enganador julgar que o incremento de níveis de consumo pode ser compensado pelo incremento de produção energética com base em "energia verde". A menor densidade energética e intermitência, em alguns casos, das soluções alternativas para produção de energia pode não ser suficiente para as necessidades.

Pelos motivos mencionados e tendo por base uma sociedade que cada vez mais valoriza as práticas da sustentabilidade, entende-se que este projeto pela via da promoção da utilização de materiais conducentes à eficiência energética dos edifícios, permite ao município de Oeiras estar na vanguarda das grandes questões ambientais e em particular no estudo e promoção de vias conducentes a uma sustentabilidade ambiental através de uma fulcral redução das emissões de gases de efeito de estufa e alterações climáticas.

Os objetivos deste Projeto centram-se nos seguintes vetores:

1. Perceber e enquadrar a problemática da necessidade de energia, no que concerne ao edificado, com particular incidência no município de Oeiras;
2. Pesquisa de materiais inovadores, referidos como Materiais de Mudança de Fase, que apresentem potencial para o uso em edifícios;
3. Estudo da viabilidade e vantagem energética do uso de Materiais de Mudança de Fase em edifícios, tendo em vista o controlo térmico e, particularmente, a forma como influenciam a eficiência energética;
4. Estudo da sustentabilidade ambiental e económica relacionadas com o ciclo de vida destes materiais;
5. A contribuição potencial que o uso de PCM poderá ter na aplicação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com consequências diretas no Objetivo N.º 13, e ainda com ligação aos Objetivos, desde o 7 até ao 12.

Apresente de forma detalhada a metodologia de trabalho do Projeto (máx: 10.000 caracteres):

A definição da metodologia de um projeto compreende um conjunto de definições tais como o tipo de estudo a realizar, a amostra, os métodos e abordagens utilizados, os métodos de recolha de dados e os locais de recolha de dados.

O desenho do projeto assenta numa filosofia positivista, com a utilização do método indutivo e uma estratégia assente na investigação experimental. A abordagem positivista almeja a "objetividade e neutralidade em direção a um conhecimento positivo da realidade a partir de uma perspetiva metodológica claramente definida para a explicação do objeto em pesquisa". Esta deverá ser a abordagem mais adequada na medida em que o objeto da pesquisa é perfeitamente mensurável, implica conceitos científicos muito precisos, permite descobrir a relação entre os vários fatores e privilegia a análise estatística da questão. De referir ainda que o positivismo recusa a subjetividade. Quanto ao método, o indutivismo parece ser o mais adequado, na medida em que é um método científico que "estabelece regras e leis gerais com base na generalização da regra dos resultados observados que se repetem". O ponto de partida é a observação do objeto.

Esta forma de abordagem é extremamente útil na medida em que podemos definir, por hipótese, que os PCM (cujas características físicas e químicas se adequam ao objetivo do estudo) respeitam os critérios de sustentabilidade, sendo então possível chegar à generalização.

No que toca à estratégia de investigação a mesma passará, como já foi referido, pela investigação experimental. O objetivo passa pelo estabelecimento de uma relação causa-efeito entre este tipo de materiais e a sustentabilidade, utilizando uma série de varáveis que vão ser controladas tais como capacidade de absorção energética, temperatura, calor específico, calor latente, ciclo de vida útil, impacto ambiental, entre outras.

Para concretização do atrás referido é necessário seguir um conjunto de passos, sequenciados, que permitem indagar a refetiva contribuição dos materiais de mudança de fase para a sustentabilidade energética dos edifícios. A implementação prática do Projeto reside, em grande parte, na capacidade de recolha dos dados necessários para a análise. Esta necessidade, bipartida entre a Câmara Municipal de Oeiras e os autores do Projeto, é condição "sine qua non" para uma correta implementação desta metodologia. O primeiro passo para a recolha de dados é materializado pela seleção de um ou mais edifícios, representativos das classificações energéticas mais ilustrativas da realidade do município de Oeiras. Nesta fase, a Câmara Municipal de Oeiras deverá facultar aos autores do Projeto todos os dados que permitam a modelação do edifício no programa de cálculo, nomeadamente os Projetos de Arquitetura, Estabilidade e Especialidades, bem como (caso exista) o Certificado Energético da ADENE. Para a modelação de todas as características do edifício estima-se a utilização de 2 meses. Em simultâneo com a modelação do edifício será realizada a caracterização climatérica do município, com recurso a plataformas como o Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), ou outras plataformas semelhantes. O armazenamento destes dados poderá e deverá ser realizado através de uma plataforma que permita a realização de um trabalho colaborativo.

A modelação dos edifícios será realizada através do programa CYPECad (após solicitação de autorização para o efeito). Este programa é uma biblioteca de software que está vocacionada para o dimensionamento de edifícios correntes. Pertence à nova família de software de conceito BIM (Building Information Model), permitindo a realização de projeto de todas as especialidades de engenharia de forma integrada e com informação partilhada. Mediante a tecnologia Open BIM é possível implantar um fluxo de trabalho colaborativo, multidisciplinar e multiutilizador que permite o desenvolvimento de projetos de forma aberta,

coordenada e simultânea entre os distintos técnicos ou agentes intervenientes. Desta forma, é possível garantir a constante monitorização e acompanhamento do Projeto por parte da Câmara Municipal de Oeiras.

Após o passo anteriormente indicado é necessário efetuar a escolha do(s) material de mudança de fase a aplicar no edifício. A escolha dos materiais, de acordo com a suas características, e correta adequação ao perfil climatério do município, será realizada com recurso a bases de dados. A obtenção destas bases de dados realiza-se através da consulta de artigos científicos em revistas da especialidade, como por exemplo a "Science Direct", "Elsevier", entre outras.

Com a escolha dos materiais de mudança de fase finalizada, estamos em condições de avançar com a sua introdução no edifício anteriormente modelado. Não sendo possível a introdução dos materiais com recurso ao já mencionado programa CYPECad, far-se-á recurso a outro software, que é um programa de simulação térmica e energética de edifícios desenvolvido pelo DOE (Department of Energy, Estados Unidos) com o qual se podem fazer estudos de necessidade e consumo energético. Com o culminar deste processo será possível a criação de uma base de dados relativa a um conjunto de informação que permitirá verificar a pertinência da aplicação desta tipologia de materiais. A informação a recolher prende-se com as temperaturas interiores do edifício (para edifícios sem sistemas de ventilação) e os consumos energéticos para edifícios que fazem recurso a sistemas de ventilação.

Mais uma vez é possível tornar este trabalho colaborativo através da colocação destes dados numa plataforma de consulta em tempo real.

O trabalho de obtenção de dados não se restringe aos dados das temperaturas interiores e análises de consumos. Analisada a viabilidade energética e económica será necessário, numa fase subsequente, averiguar acerca da sustentabilidade ambiental. Aspetos como a sua disponibilidade física, os custos da sua utilização/produção, toxicidade e o próprio impacto ambiental, no caso de ocorrer um derrame, serão fatores a ter em conta. Será então necessário procurar dados que permitem inferir acerca das vantagens ambientais que advirão do uso deste tipo de soluções técnicas. Para as questões ambientais seria interessante realizar uma análise do ciclo de vida (Life Cycle Assesment – LCA) que, tanto nos PCM como em qualquer outro material, é orientada/normalizada por diversos documentos, como por exemplo a Norma ISO14040. De acordo com o padronizado nesta norma a análise do ciclo de vida dos PCM respeitará as 4 fases essenciais: a "definição do objetivo", a "análise de inventário do ciclo de vida", a "avaliação do impacto do ciclo de vida" e por fim a "interpretação do ciclo de vida".

Como resultado do trabalho do projeto, e como forma de conferir robustez e divulgação, seria importante realizar a publicação de 1 artigo científico em revista científica subordinada às temáticas da energia e da sustentabilidade. Para publicação de artigos científicos, procurar-se-á publicar em revistas como por exemplo a "Energy and Buildings" da ELSEVIER. Este jornal está vocacionado para a publicação de trabalhos de investigação no âmbito da utilização de energia em edifícios, e nele podem encontrar-se vários artigos relacionados com os Materiais de Mudança de Fase (PCM). Finalmente, será importante realizar uma divulgação/disseminação de resultados através de alguns meios de comunicação social. Para tal poder-se-á contar com o apoio das duas instituições envolvidas, a Universidade Aberta e o Município de Oeiras, integrando através da sua relação com a RTP a capacidade de realizar essa difusão do conhecimento.

Descreva de que forma o Projeto contribui para a criação de um território inteligente e sustentável (máx: 2.000 caracteres):

Tendo por base o elevado ritmo de construção de edifícios, conjuntamente com o recente esforço de reabilitação urbana nos últimos anos, considera-se de extrema importância o desenvolvimento de soluções construtivas que permitam o encontro do setor da construção com os domínios do desenvolvimento sustentável por via da redução do consumo energético. Neste âmbito, e tendo por base os elevados índices de consumo já abordados, é possível a adoção de materiais na construção de edifícios, que permitam a redução do consumo energético, em particular de edifícios que recorram a sistemas de ventilação, vulgo ar-condicionado. Por outro lado, e para os edifícios/habitações que não dispõem de sistemas de ventilação é possível aproximar as temperaturas interiores às temperaturas de conforto, através de uma subida da temperatura mínima interior no inverno e uma estabilização das temperaturas máximas no verão. Cumulativamente, a aplicação destes materiais promoverá uma diminuição da amplitude térmica interior. Torna-se importante destacar que é possível obter materiais de mudança de fase a partir de fontes e recursos naturais.

Assim, a aplicação deste tipo de soluções contribui para a sustentabilidade através da diminuição do consumo de recursos energéticos. Por outro lado, permite dotar os edifícios/habitações de mais autonomia, tornando-os menos dependentes de equipamentos de climatização para obtenção de melhores níveis de conforto térmico interior. A aplicação dos materiais significa então menor consumo, e mais conforto térmico, pelo que, indubitavelmente, se considera que este projeto está enquadrado nos domínios da implementação de territórios mais inteligentes, mas sobretudo mais sustentáveis.

Este projeto permitirá ao Município ficar na vanguarda do conhecimento científico e técnico relativamente à aplicação destes materiais na construção de edifícios.

Descreva de que forma o Projeto contribui, a nível local, para as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – Agenda Sustentabilidade 2030 da ONU (máx: 2.000 caracteres):

Nos 17 ODS, há vários onde se encontram relações estreitas com o setor da energia. O 7º ODS, "Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos", refere-se mais especificamente a energia. Para garantir um acesso universal, temos de motivar a eficiência energética. A pobreza não se mede apenas pelos recursos monetários e financeiros disponíveis. Acrescem os níveis de energia disponíveis, na medida em que estes se relacionam diretamente com o bem-estar. Se a energia é tão premente, será necessário o seu uso com a devida eficiência. Neste contexto é necessário desafiar a cultura, motivando a mudança necessária. "A especificidade cultural e contextual da relação entre o consumo de energia e a pobreza desafia o conhecimento tradicional de transição energética: a transição, por parte dos agregados familiares, de um tipo de combustível para outro." As questões relacionadas com a energia aparecem ainda no ODS N.º 11 – "Cidades e Comunidades Sustentáveis", ODS N.º 12 – "Consumo e Produção Responsáveis" e ODS N.º 13 – "Combate às Alterações Climáticas".

Tendo em conta as várias implicações deste Projeto nos ODS já mencionadas, afirma-se que:

1. O projeto promove a eficiência energética dos edifícios, contribuindo para uma menor dependência da aquisição de energia fóssil para aquecimento/arrefecimento do mesmo (em linha com o ODS N.º 7 e 12);
2. O projeto promove a reabilitação urbana de edifícios, tendo em vista a eficiência energética, através da aplicação de materiais sustentáveis e que por sua vez leva a uma menor necessidade de consumo energético (em linha com o ODS N.º 11 e 12);
3. Edifícios termicamente mais eficientes consomem menos recursos. A redução do consumo energético conduz à redução das emissões de CO2 para a atmosfera , constituindo-se como fator importante no combate às alterações climáticas (em linha com o ODS N.º 13).

Descreva de que forma o projeto é inovador em termos metodológicos e/ou tecnológicos (aplicações tecnológicas, utilização de dados em dispositivos móveis, plataformas digitais, robótica, serviços eletrónicos, entre outros) (máx: 5.000 caracteres):

Este projeto irá estudar, pela primeira vez em Portugal e, concretamente num município, a aplicação de novos materiais passíveis de serem usados em edifícios, novos ou a reabilitar, tendo em vista alcançar uma melhor eficiência energética.

Estes materiais, mais sustentáveis, e com elevada capacidade de armazenamento de energia poderão ser uma das vias de garantir o equilíbrio térmico dos edifícios. Este objetivo pode ser atingido por via da utilização de materiais denominados por Materiais de Mudança de Fase (Phase Change Materials - PCM). Estes materiais apresentam a vantagem de poderem ser usados como massas térmicas, em complemento dos revestimentos adotados. Este fator é de extrema relevância dado o seu potencial de uso na reabilitação urbana, tão premente para a eficiência energética e por conseguinte para o desenvolvimento sustentável das cidades.

O potencial em causa levará a que o município de Oeiras passe a estar na vanguarda técnica e investigativa que relaciona a reabilitação de edifícios em prol de uma sustentabilidade ambiental, contribuindo de forma ativa para a redução do efeito de estufa e das alterações climáticas.

Os resultados deste estudo serão cruciais para a obtenção de informações preciosas para a adoção de novos materiais capazes de aumentar o conforto térmico dos edifícios reduzindo, em simultâneo o seu consumo energético. A isto corresponderá uma poupança energética que se traduz monetariamente, algo a que todas as pessoas, e instituições, não são indiferentes.

Sendo possível atualmente fazer uso do Fundo Ambiental para financiamento das soluções a adotar nos edifícios, estará a Camara Municipal de Oeiras na linha da frente do combate às alterações climáticas e será o primeiro concelho do país a aplicar soluções inovadoras em edifícios camarários o que se replicará no concelho e também no resto do país.

Descreva o elevado potencial de replicabilidade do Projeto, explicitando os principais desafios e oportunidades associados (máx: 2.000 carateres):

O desenvolvimento deste projeto tem por base a implementação de materiais na construção ou reabilitação de edifícios, com o intuito de promover uma maior eficiência energética, por intermédio da diminuição das necessidades de aquecimento/arrefecimento e a estabilização das temperaturas interiores dos edifícios.

A implementação e verificação da vantagem da aplicação destes materiais nos edifícios poderá ser realizada através de simulações com recurso a programas de cálculo automático e por intermédio da sua implementação prática com o recurso a aparelhos para medição das temperaturas interiores e determinação de consumos energéticos.

A seleção de um edifício/habitação que tipifique o tipo de edifícios no município e a seleção de material com as características adequadas ao perfil de temperaturas / climático da região, para a sua modelação, constituirão os principais desafios a transpor.

Após esta modelação dos dados e confirmação da sua adequabilidade para a adaptação dos edifícios no sentido da poupança energética, será fácil seguir metodologias de implementação da solução nos edifícios. A sua replicação terá um significativo impacto para uma melhor sustentabilidade ambiental.

Tendo o setor da construção civil grande dinâmica e importância económica, as soluções que forem preconizadas na realização deste projeto poderão dar um impulso significativo a este sector colocando, ainda, o município de Oeiras na vanguarda do conhecimento técnico e científico.

Consequentemente, este município marcará uma posição primordial no combate às alterações climáticas.

Descreva de forma detalhada os principais resultados/impactos esperados do projeto (máx: 10.000 caracteres):

O know-how já adquirido com o trabalho de doutoramento em curso permite ter excelentes expetativas relativamente aos resultados a obter no âmbito deste projeto. De forma genérica, e se mais nada fosse possível afirmar, verifica-se que os ganhos energéticos e ambientais resultantes da aplicação dos materiais de mudança de fase, existem, podendo não ser da mesma forma para o vetor económico.

Os resultados esperados agrupam-se em dois grandes grupos: os edifícios de baixa eficiência e os edifícios mais eficientes. Dentro de cada um destes grupos ocorre nova subdivisão, edifícios com e sem sistemas de ventilação. Para cada um destes grupos os resultados evidenciam-se nas temperaturas interiores, amplitudes térmicas, consumos e retorno do investimento. Recorda-se que os trabalhos desenvolvidos na tese de doutoramento têm como região alvo Lisboa, pelo que é esperado que o perfil climatérico do concelho de Oeiras seja muito aproximado, fazendo com que seja possível, nesta fase, fazer uma replicação (aproximação) dos resultados. Ainda assim, a tipologia de edifício que se pretenda escolher com a colaboração da Câmara Municipal de Oeiras e a maior proximidade ao mar, com a consequente diferença climatérica, podem implicar algumas diferenças que devem ser analisadas.

Fruto das modelações efetuadas na tese de doutoramento, e relativamente aos edifícios sem ventilação, verifica-se que a utilização dos materiais de mudança de fase toma resultados mais expressivos nos meses mais frios (inverno e parte da primavera). Nestes meses registam-se aumentos na temperatura interior dos

edifícios, em direção aos limites das temperaturas de conforto definidas (entre os 18º C e 22º C). Além do incremento das temperaturas interiores verifica-se uma redução da amplitude térmica que atinge um valor 3 vezes inferior ao comparar com a solução tradicional. Os dados atrás mencionados consideram a aplicação destes materiais com uma espessura específica. A variação da espessura permite obter resultados ainda mais encorajadores. No entanto, isto terá implicações diretas no investimento a realizar e maior período de retorno, particularmente na situação correspondente ao aumento da espessura. Relativamente aos edifícios de baixa eficiência com ventilação, verifica-se que a aplicação dos materiais de mudança de fase contribui significativamente para uma diminuição do consumo verificado. A título de exemplo, é possível uma redução de consumo de cerca de 700 kWh anuais para um pequeno apartamento-tipo. A redução de consumo reflete-se essencialmente em situações em que há necessidade de arrefecimento.

Relativamente ao edifício mais eficiente, e como seria expetável, a importância da aplicação destes materiais acaba por ser mais reduzida que nos outros casos. Nesta tipologia de edifício o contributo destes materiais centra-se, sobretudo, nos meses mais frios, ocorrendo um incremento das temperaturas interiores, em direção aos critérios de conforto definidos. Nos meses de verão, tal como esperado, estes materiais não conseguem conferir uma diminuição representativa das temperaturas interiores, verificando-se a sua estabilização.

Relativamente ao consumo energético verifica-se que estes materiais contribuem para a sua redução que é menos expressiva, quando comparada com a redução para os edifícios de baixa eficiência.

Importa referir que as estimativas referidas acima centram-se apenas num apartamento, de tipologia T2. Sendo replicado a um bloco de apartamentos, um bairro, ou até mesmo uma localidade, o efeito multiplicador da redução do consumo será significativo, bem como a significativa vantagem para a diminuição das emissões de CO2 na atmosfera e evidente impacto para a sustentabilidade ambiental.

A esta diminuição de consumo energético corresponderá também a tão importante, diminuição da dependência energética.

Especifique a contribuição esperada do Projeto para a resolução do problema (máx: 10.000 caracteres):

A crescente e continuada procura por energia, para os vários domínios das necessidades humanas, apresenta-se como um dos mais sérios reveses ao objetivo último da sustentabilidade ambiental. No entanto, a resolução deste problema continua a não ter medidas efetivas e eficazes capazes de contribuir de forma significativa para uma redução efetiva das emissões de gases de efeitos de estufa e, consequentemente, das alterações climáticas. A demanda por energia é transversal a todos os domínios da vida quotidiana. Recordem-se as necessidades de energia decorrentes das atividades laborais, a atividade industrial, o setor da construção, a utilização de edifícios, entre muitos outros. No entanto, e não sendo comportável abarcar todas estas interações, toda a dinâmica deste Projeto, trata uma forma de diminuir as necessidades de consumo de edifícios, tendo por base um contributo efetivo e viável para a diminuição da sua dependência energética. Torna-se então interessante, e necessário, formular a questão que se pretende ver respondida. Como manter uma temperatura interior dos edifícios, segundo critérios de conforto, de forma sustentável? Como diminuir as necessidades de consumo energia para aquecimento e arrefecimento?

A forma de abordagem deste Projeto tem por base a aplicação de materiais de mudança de fase. Estes materiais, em franco desenvolvimento, e que podem ter origem natural, têm como principal característica a capacidade de armazenamento de energia, sendo "guardada" quando a temperatura interior é mais alta, e "libertada" quando a temperatura interior é mais baixa. Estes materiais, que têm diversas tipologias e naturezas, são particularmente atraentes na medida em que a mudança de fase, que permite o armazenamento de energia, ocorre por intermédio de temperaturas de transição que na mesma região das temperaturas de "operação" dos edifícios. Isto quer dizer que os materiais de mudança de fase aplicados devem ter temperaturas de fusão e cristalização que podem encontrar-se entre, por exemplo, os 22 º C e os 28 º C. Além da temperatura de fusão, tão importante para o desenrolar do processo, é possível garantir uma operação quimicamente estável, um baixo custo e reduzida toxicidade.

Embora exista um interesse crescente pela aplicação/investigação daqueles materiais em diversas áreas, constata-se que ainda não se tornaram uma tecnologia amplamente utilizada e com créditos firmados para o atingir do objetivo da energia sustentável. As vantagens da utilização dos materiais de mudança de fase são ainda desconhecidas pela maioria da população. Existe, de igual forma, um desconhecimento relativamente aos seus benefícios e as vantagens que podem ser oferecidas aos utilizadores deste tipo de tecnologias.

Podemos afirmar que este projeto permitirá aproveitar aquela que é a fonte de energia mais barata e acessível no planeta, a energia solar, e fazer uso das características de alguns materiais.

Esta é uma solução de enorme potencial que pode trazer para a sociedade uma enorme vantagem. Requer que seja feito um investimento nos materiais de mudança de fase, uma vez que para reverter a degradação ambiental que atualmente se regista, será necessário realizar um esforço que terá, necessariamente, custos económicos. Contudo, abrirá um enorme leque de potenciais vantagens que vai desde a poupança energética em cada habitação / edifício, com consequente diminuição das alterações climáticas e, necessariamente, a melhoria da sustentabilidade ambiental. Poderá ainda criar oportunidades de negócio à medida que se for percebendo o potencial do uso destes materiais na obtenção de habitações com melhores índices de eficiência energética e conforto térmico.

O conhecimento técnico e científico que este projeto pode alcançar permitirá às instituições envolvidas, nomeadamente o município de Oeiras e a Universidade Aberta, vir a ter uma posição de destaque na adoção de medidas de vanguarda.