

**ESTUDO DE UM SISTEMA SOLAR PASSIVO  
COM INCORPORAÇÃO DE PCM'S**

**Sónia Alexandra Alves Cerdeira**

Licenciada em Engenharia Civil pelo Instituto Politécnico de Bragança

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia da Construção à**  
**Escola Superior de Tecnologia e de Gestão do**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

Este trabalho foi efetuado sob orientação de:

**Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira**

**Eduarda Cristina Pires Luso**

**Bragança, dezembro de 2015**

“O impossível reside nas mãos inertes daqueles que não tentam”

- Epicuro

## **AGRADECIMENTOS**

A todos quantos me acompanharam no decorrer desta etapa que, com sua compreensão e disponibilidade, contribuíram para a realização deste trabalho, manifesto o meu profundo agradecimento. Tenho, no entanto, de agradecer de uma forma distinta:

À minha orientadora científica, Professora Doutora Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira, expresso a minha gratidão, pelos seus ensinamentos, pelo seu incentivo, pela sua supervisão, e pela sua sempre imediata disponibilidade.

À minha coorientadora científica, Professora Doutora Eduarda Cristina Pires Luso, pelos seus valiosos ensinamentos especialmente na composição, construção e avaliação mecânica das argamassas, sem os quais a construção dos modelos teria certamente sido mais difícil.

Ao Professor Doutor Manuel Joaquim da Costa Minhoto, pela disponibilidade, pelo incentivo e pelas sábias sugestões.

Ao Professor Doutor Rolando Dias e ao Mestre Paulo Tristão pela conceção do material predominante na investigação, disponibilidade e acompanhamento ao longo da dissertação.

Aos técnicos, João Augusto Pires, Octávio Manuel do Nascimento Pereira, Vítor Manuel Pereira Gomes e Hermínia Maria Mesquita Morais, pelo empenho, pelo excelente espírito de equipa, dedicação e incansável ajuda prestada nos trabalhos experimentais realizados no Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção (LMC) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTIG), do Instituto Politécnico de Bragança (IPB).

À direção da ESTIG - IPB, por ceder as instalações, equipamentos e pelo seu contributo monetário na compra dos materiais para os ensaios.

À minha família, em particular ao meu namorado, meus pais e minha irmã pelo apoio, motivação e dedicação prestados e que sempre me encorajaram e apoiaram incondicionalmente nesta fase da minha vida.

## RESUMO

O trabalho aqui apresentado abordou o estudo de um sistema solar passivo aplicado em fachadas com parede de trombe, a qual constitui uma tecnologia construtiva que permite a redução do consumo energético dos edifícios. Avaliou-se, em particular, o efeito da incorporação de materiais de mudança de fase (PCM's), nomeadamente um PCM à base de Parafina e outro à base de Octadecano.

Este estudo baseou-se, fundamentalmente, na conceção, análise experimental e comparação de resultados obtidos em modelos de teste.

Para tal, foi previamente efetuada, uma campanha experimental no Instituto Politécnico de Bragança de maneira a aferir o modo de mistura de todos os constituintes da argamassa, a percentagem de PCM a incorporar na argamassa, bem como a quantidade de água. Estes estudos prévios incluíram ainda uma caracterização mecânica das argamassas com e sem PCM. Os dados obtidos indicam que com a adição de 30% de PCM na constituição da argamassa, obtêm-se melhores resultados comparativamente com outras percentagens.

A segunda parte do trabalho foi dedicada ao estudo de seis modelos de teste construídos com argamassa cimentícia e uma geometria apropriada. Um dos modelos serviu para comparação de resultados, outro modelo de teste foi realizado considerando a fachada principal em vão envidraçado e os outros quatro foram executados com a fachada principal no sistema construtivo parede de trombe. As paredes de trombe foram construídas com quatro materiais distintos: argamassa cimentícia, argamassa cimentícia com Octadecano, argamassa cimentícia com Parafina e ainda granito.

Todos os modelos foram monitorizados e ensaiados. Em três dos ensaios os modelos foram monitorizados ao mesmo tempo e nas mesmas condições, cada um deles com duração de quatro dias. Fez-se variar de ensaio para ensaio a cor na parede de granito e a ventilação imposta aos modelos. Durante a monitorização dos modelos obtiveram-se valores de temperaturas e da condutividade térmica dos elementos da fachada principal de 10 em 10 minutos e foi deste modo, possível estabelecer uma análise comparativa entre os modelos ensaiados.

Concluiu-se com este trabalho que a incorporação de PCM's em argamassas térmicas pode trazer vantagens a nível de conforto térmico, maior eficiência e sustentabilidade aos edifícios, para além de melhorar a eficiência do sistema construtivo – parede de trombe.

**Palavras-chave:** PCM, argamassa térmica, parede de trombe, modelos de teste.

## ABSTRACT

The work presented here is related to the study of a passive solar system applied in facades with *trombe* wall, which is a construction technology that allows reducing the energy consumption of buildings. In particular, it was evaluated the effect of the incorporation of phase changing materials (PCM's) was evaluated using, namely, PCM based on Paraffin and another one based on Octadecane.

This study is primarily based in the execution, experimental analysis and comparison of results obtained in test models.

For this purpose, an experimental campaign conducted at Bragança Polytechnic Institute was previously performed in order to evaluate the blending mode of all the constituents of the mortar, the content of PCM to incorporate in the mortar as well as the involved water quantity. These early studies included the mechanical characterization of the mortar with and without PCM. The obtained data indicate that the best results were achieved with the addition of 30% of PCM in the mortar.

The second part or current work was devoted to the study of six test models built using cement mortar and an appropriate geometry. One of the models served as a reference, another sample model was tested considering that the main facade will simulate a window, while the remaining models were executed as a main facade using the *Trombe* wall building system. *Trombe* walls were built with four different materials: cement mortar, cement mortar with Octadecane, cement mortar with Paraffin and granite. All models were monitored and tested. Three of the walls testing samples were tested simultaneously under the same conditions, for four days. The differences between the tests are related to the granite wall colour and the ventilation around the models. During the monitoring of the models it was possible to obtain temperature records and thermal conductivity of the main facade elements in 10 to 10 minutes intervals and so it was possible to establish a comparison between the tested models.

Main conclusions of this work are that the incorporation of PCM's into thermal mortars can bring benefits in terms of thermal comfort, greater efficiency and sustainability to buildings, as well as improve the efficiency of *trombe* wall building system.

**Keywords:** PCM, thermal mortar, *trombe* wall, testing models.

# INDÍCE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo 1 – Introdução.....</b>                                      | <b>14</b> |
| 1.1 – Enquadramento .....  | 14        |
| 1.2 – Objetivos .....  | 15        |
| 1.3 – Estrutura da tese .....  | 15        |
| <b>Capítulo 2 – Estudo do conhecimento .....</b>                         | <b>17</b> |
| 2.1 – Introdução .....   | 17        |
| 2.2 – Materiais de mudança de fase .....                                 | 17        |
| 2.2.1– Classificação e propriedades .....                                | 19        |
| 2.2.2 – Encapsulamento .....   | 20        |
| 2.2.3 – Materiais e elementos desenvolvidos com incorporação de pcm..... | 21        |
| 2.3 – Parede de trombe .....   | 23        |
| 2.3.1 - Enquadramento histórico .....                                    | 24        |
| 2.3.2 – Constituição.....  | 25        |
| 2.3.3 – Funcionamento .....  | 25        |
| 2.3.4 – Vantagens e desvantagens .....                                   | 27        |
| 2.3.5 – Incorporação de pcm .....  | 28        |
| 2.3.6 – Aplicações práticas.....   | 28        |
| 2.4 – Conclusões .....   | 29        |
| <b>Capítulo 3 – Estudo prévio / ensaios preliminares .....</b>           | <b>30</b> |
| 3.1 – Introdução .....   | 30        |
| 3.2 – Materiais e composições .....                                      | 30        |
| 3.3 – Preparação e monitorização de provetes .....                       | 33        |
| 3.4 – Conclusões .....   | 37        |
| <b>Capítulo 4 – Caracterização mecânica .....</b>                        | <b>38</b> |
| 4.1 - Introdução .....   | 38        |
| 4.2 – Definições e conceitos.....  | 38        |
| 4.3 – Ensaios de aderência .....   | 39        |
| 4.4 – Ensaios de compressão.....   | 44        |
| 4.5 – Conclusões .....   | 46        |
| <b>Capítulo 5 – Análise experimental .....</b>                           | <b>47</b> |
| 5.1 - Introdução .....   | 47        |
| 5.2 – Modelos de teste.....  | 48        |
| 5.2.1 – Envolvente opaca .....   | 48        |
| 5.2.2 – Paredes estruturais.....   | 57        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.2.3 – Junção de elementos .....                       | 60        |
| 5.3 – Monitorização .....                               | 63        |
| 5.3.1 – Equipamentos .....                              | 63        |
| 5.3.2 – Descrição dos ensaios.....                      | 65        |
| 5.4 – Conclusões .....                                  | 69        |
| <b>Capítulo 6 – Análise de resultados.....</b>          | <b>70</b> |
| 6.1 – Introdução .....                                  | 70        |
| 6.2 – Monitorização de temperaturas .....               | 70        |
| 6.2.1 – Resultados do 1ºensaio .....                    | 70        |
| 6.2.2 – Resultados do 2ºensaio.....                     | 74        |
| 6.2.3 – Resultados do 3ºensaio.....                     | 78        |
| 6.3 – Monitorização da condutividade térmica .....      | 83        |
| 6.4 – Conclusões .....                                  | 84        |
| <b>Capítulo 7 – Conclusões e trabalhos futuros.....</b> | <b>86</b> |
| 7.1 – Conclusões gerais.....                            | 86        |
| 7.2 – Trabalhos futuros.....                            | 87        |
| <b>Referências bibliograficas.....</b>                  | <b>88</b> |
| <b>Anexos .....</b>                                     | <b>I</b>  |
| Anexo A1 .....  | I         |
| Anexo A2 .....  | IV        |
| Anexo A3 .....  | VII       |
| <b>Anexos .....</b>                                     | <b>X</b>  |
| Anexo B1 .....  | X         |
| Anexo B2 .....  | XI        |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Ciclos das mudanças de um pcm [4] .....   | 18 |
| Figura 2 - Macrocapsula plástica [1] .....   | 20 |
| Figura 3 - Macrocapsula plástico/metal [1].....  | 20 |
| Figura 4 – PCM’s microencapsulados .....   | 21 |
| Figura 5 – PCM’s microencapsulados .....   | 21 |
| Figura 6 - Parede de trombe aplicada numa reabilitação [7].....                                    | 24 |
| Figura 7 - Esquema de funcionamento da parede de trombe não ventilada, dia e noite [7].....        | 26 |
| Figura 8 - Esquema de funcionamento da parede de trombe ventilada no inverno, dia e noite [7]..... | 26 |
| Figura 9 - Esquema de funcionamento da parede de trombe ventilada no verão, dia e noite [7].....   | 27 |
| Figura 10 - Aspeto da argamassa tradicional .....  | 32 |
| Figura 11 - Mistura da argamassa .....   | 32 |
| Figura 12 - Colocação nos provetes .....   | 32 |
| Figura 13 - Aspeto final dos provetes .....  | 32 |
| Figura 14 - Peneiração do pcm.....   | 32 |
| Figura 15 - Peneiro usado.....   | 32 |
| Figura 16 - Mistura do cimento e pcm .....   | 33 |
| Figura 17 - Mistura do cimento, pcm e areia .....  | 33 |
| Figura 18 - Adição de água à mistura .....   | 33 |
| Figura 19 - Aspeto da argamassa com pcm.....   | 33 |
| Figura 20 - Colocação nos provetes .....   | 34 |
| Figura 21 - Provetes com octadecano .....  | 34 |
| Figura 22 - Provetes com parafina .....  | 34 |
| Figura 23 - Colocação de termopares.....   | 34 |
| Figura 24 - Aquecimento dos provetes .....   | 35 |
| Figura 25 - Arrefecimento ao ar dos provetes .....   | 35 |
| Figura 26 - Arrefecimento dentro das caixas .....  | 35 |
| Figura 27 – Aqueci / arref ao ar livre .....   | 35 |
| Figura 28 - Prensa de ensaio à compressão.....   | 39 |
| Figura 29 - Roturas satisfatórias de provetes [16].....  | 39 |
| Figura 30 - Esquema do provete de ensaio.....  | 39 |
| Figura 31 – Moldagem da argamassa do suporte.....  | 40 |
| Figura 32 – Aspeto final dos suportes .....  | 40 |
| Figura 33 - Provetes de suporte retificados .....  | 40 |
| Figura 34 – Colagem da película transparente .....   | 40 |
| Figura 35 - Provetes concluídos .....  | 41 |
| Figura 36 –Colocação da argamassa no molde transparente.....                                       | 41 |
| Figura 37 - Provetes finais .....  | 41 |
| Figura 38 - Recipiente e rótulo da cola epóxi .....  | 41 |
| Figura 39 - Componentes da cola epóxi.....   | 41 |
| Figura 40 - Colocação da cola epóxi .....  | 42 |
| Figura 41 – Fixação de peças metálicas .....   | 42 |
| Figura 42 – Pórtico de reação.....   | 42 |
| Figura 43 – Pormenor da fixação do provete .....   | 42 |
| Figura 44 – Rotura pelo suporte .....  | 43 |
| Figura 45 – Representação em corte da rotura pelo suporte .....                                    | 43 |
| Figura 46 – Rotura pela interface.....   | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 47 – Representação em corte da rotura pela interface .....    | 43 |
| Figura 48 - Rotura pela argamassa .....                              | 44 |
| Figura 49 – Representação em corte da rotura pela argamassa.....     | 44 |
| Figura 50 - Provede cúbico .....                                     | 44 |
| Figura 51 - Remoção dos termopares.....                              | 44 |
| Figura 52 – Limpeza e ajuste dos provedes .....                      | 44 |
| Figura 53 – Equipamento para provedes 4×4×4 .....                    | 45 |
| Figura 54 - Prensa hidráulica .....                                  | 45 |
| Figura 55 – Aspeto do provede após o ensaio da a_ref.....            | 46 |
| Figura 56 – Aspeto do provede após o ensaio da a_pcm .....           | 46 |
| Figura 57 - Planta do modelo homogéneo .....                         | 48 |
| Figura 58 – Planta do modelo com parede trombe.....                  | 48 |
| Figura 59 - Planta da cofragem exterior.....                         | 49 |
| Figura 60 - Corte da cofragem exterior.....                          | 49 |
| Figura 61 - Planta da cofragem interior .....                        | 49 |
| Figura 62 - Corte da cofragem interior.....                          | 49 |
| Figura 63- Planta das cofragens interior e exterior .....            | 49 |
| Figura 64 - Corte das cofragens interior e exterior .....            | 49 |
| Figura 65 - Perspetiva da cofragem secundária.....                   | 50 |
| Figura 66 – Corte das cofragens principal e secundária.....          | 50 |
| Figura 67 – Corte dos painéis.....                                   | 50 |
| Figura 68 - Execução da cofragem interior .....                      | 50 |
| Figura 69 – Execução da cofragem exterior.....                       | 50 |
| Figura 70 - Cofragem principal.....                                  | 50 |
| Figura 71 - Colagem e pregagem dos perfis.....                       | 51 |
| Figura 72 - Junção dos perfis .....                                  | 51 |
| Figura 73 - Proteção da cofragem secundária .....                    | 51 |
| Figura 74 - Junção das cofragens .....                               | 51 |
| Figura 75 - Malha quadriculada em aço.....                           | 51 |
| Figura 76 - Malha quadriculada em fibra de vidro.....                | 51 |
| Figura 77 - Distanciador de armaduras .....                          | 52 |
| Figura 78 - Óleo descofrante.....                                    | 52 |
| Figura 79 – Malha, para os lados do modelo com parede de trombe..... | 52 |
| Figura 80 - Malha para os lados do modelo homogéneo .....            | 53 |
| Figura 81 – Malha do topo de ambos os modelos.....                   | 53 |
| Figura 82 – Malha da base de ambos os modelos .....                  | 53 |
| Figura 83 - Corte da malha.....                                      | 53 |
| Figura 84 – Malha para modelo com parede de trombe.....              | 53 |
| Figura 85 - Malha para modelo homogéneo .....                        | 54 |
| Figura 86 - Retificação dos distanciadores.....                      | 54 |
| Figura 87 - Aplicação de descofrante no interior .....               | 54 |
| Figura 88 - Aplicação de descofrante no exterior .....               | 54 |
| Figura 89 - Colocação da malha e espaçadores.....                    | 54 |
| Figura 90 - Colocação da malha e espaçadores topo.....               | 54 |
| Figura 91 - Betonagem do topo.....                                   | 55 |
| Figura 92 - Betonagem da base .....                                  | 55 |
| Figura 93 - Colocação do molde interior .....                        | 55 |
| Figura 94 - Colocação da régua de nivelção.....                      | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 95 - Betonagem dos lados .....                             | 55 |
| Figura 96 - Conclusão da betonagem .....                          | 55 |
| Figura 97 - Descofragem do topo.....                              | 56 |
| Figura 98 - Descofragem do topo da caixa.....                     | 56 |
| Figura 99 - Tirar os parafusos e os esquadros .....               | 56 |
| Figura 100 – Descofragem do molde interior .....                  | 56 |
| Figura 101 - Descofragem do molde exterior .....                  | 56 |
| Figura 102 - Descofragem para a parede de trombe .....            | 56 |
| Figura 103 - Lavagem da cofragem .....                            | 56 |
| Figura 104 - Aspeto dos seis modelos.....                         | 56 |
| Figura 105 - Planta do modelo de parede.....                      | 57 |
| Figura 106 - Perspetiva do modelo da parede .....                 | 57 |
| Figura 107 - Perspetiva da cofragem para o modelo da parede ..... | 57 |
| Figura 108 - Cofragem do painel .....                             | 58 |
| Figura 109 – Molde das aberturas .....                            | 58 |
| Figura 110 - Corte da fibra de vidro.....                         | 59 |
| Figura 111 - Aplicação de óleo descofrante.....                   | 59 |
| Figura 112 - Colocação da argamassa.....                          | 59 |
| Figura 113 - Colocação da fibra de vidro.....                     | 59 |
| Figura 114 – Após a betonagem.....                                | 59 |
| Figura 115 – Parede estrutural .....                              | 59 |
| Figura 116 - Aplicação da tinta .....                             | 59 |
| Figura 117 - Painel concluído .....                               | 59 |
| Figura 118 - Corte do painel de granito .....                     | 60 |
| Figura 119 - Painel de granito.....                               | 60 |
| Figura 120 – Fixação da calha de 1,5 [cm] .....                   | 60 |
| Figura 121 - Fixação da calha de 2 [cm].....                      | 60 |
| Figura 122 - Colocação dos painéis .....                          | 61 |
| Figura 123 - Fixação do acrílico .....                            | 61 |
| Figura 124 – Fixação do puxador.....                              | 61 |
| Figura 125 - Colocação de silicone .....                          | 61 |
| Figura 126 - Modelo 1.....  | 62 |
| Figura 127 - Modelo 2.....  | 62 |
| Figura 128 - Modelo 3.....  | 63 |
| Figura 129 - Modelo 4.....  | 63 |
| Figura 130 - Modelo 5.....  | 63 |
| Figura 131 - Modelo 6.....  | 63 |
| Figura 132 - Datataker dt50 .....                                 | 63 |
| Figura 133 - Datataker dt515 .....                                | 63 |
| Figura 134 – Primeira fixação de termopares .....                 | 64 |
| Figura 135 – Segunda fixação dos termopares.....                  | 64 |
| Figura 136 - Segunda fixação de termopares na tampa.....          | 64 |
| Figura 137 - Colocação de fita-cola .....                         | 64 |
| Figura 138 - Equipamento de monitorização/sondas .....            | 65 |
| Figura 139 - Colação do termopar a norte.....                     | 66 |
| Figura 140 - Disposição dos modelos de teste .....                | 66 |
| Figura 141 - Colocação de termopar na tampa.....                  | 66 |
| Figura 142 - Pintura do painel de granito.....                    | 66 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 143 - Disposição dos modelos .....                    | 66 |
| Figura 144 - Orifícios de ventilação.....                    | 67 |
| Figura 145 - Disposição dos modelos .....                    | 67 |
| Figura 146 - Sensor da temperatura superficial.....          | 67 |
| Figura 147 - Sensor da temperatura exterior .....            | 67 |
| Figura 148 - Sensor da temperatura superficial.....          | 67 |
| Figura 149 - Modelo 6 e sensor da temperatura exterior ..... | 67 |
| Figura 150 - Sensor da temperatura superficial.....          | 68 |
| Figura 151 - Sensor da temperatura exterior .....            | 68 |
| Figura 152 – Instrumentação do modelo.....                   | 68 |
| Figura 153 - Sensor da temperatura superficial.....          | 68 |
| Figura 154 - Sensor da temperatura superficial.....          | 68 |
| Figura 155 - Sensor da temperatura exterior .....            | 68 |

## INDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> - Propriedades dos PCM usados .....                                 | 31 |
| <b>Tabela 2</b> - Quantidade de material.....                                       | 31 |
| <b>Tabela 3</b> - Resumo do cálculo de quantidades .....                            | 40 |
| <b>Tabela 4</b> - Cálculo das tensões de aderência (coeficientes de variação) ..... | 43 |
| <b>Tabela 5</b> - Cálculo das tensões de compressão (coeficientes de variação)..... | 45 |
| <b>Tabela 6</b> - Comparação entre ensaios .....                                    | 46 |
| <b>Tabela 7</b> - Modelos executados .....  | 47 |
| <b>Tabela 8</b> - Quantidade de material.....                                       | 52 |
| <b>Tabela 9</b> - Quantidade de material.....                                       | 58 |
| <b>Tabela 10</b> - Valores de condutividade térmica .....                           | 84 |

## INDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1</b> - Estudo da evolução de temperaturas do octadecano aquec / arrefec .....      | 36 |
| <b>Gráfico 2</b> - Estudo da evolução de temperaturas da parafina aquec / arrefec.....         | 36 |
| <b>Gráfico 3</b> - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 1ºensaio.....        | 71 |
| <b>Gráfico 4</b> - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 1ºensaio.....    | 72 |
| <b>Gráfico 5</b> - Variação das temperaturas superficiais a norte dos modelos - 1ºensaio ..... | 73 |
| <b>Gráfico 6</b> - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 1ºensaio.....        | 74 |
| <b>Gráfico 7</b> - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 2ºensaio.....        | 75 |
| <b>Gráfico 8</b> - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 2ºensaio.....    | 76 |
| <b>Gráfico 9</b> - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 2ºensaio.....        | 77 |
| <b>Gráfico 10</b> - Variação das temperaturas no modelo 6 – 1º e 2º ensaio.....                | 78 |
| <b>Gráfico 11</b> - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 3ºensaio.....       | 79 |
| <b>Gráfico 12</b> - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 3ºensaio.....   | 80 |
| <b>Gráfico 13</b> - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 3ºensaio.....       | 81 |
| <b>Gráfico 14</b> - Variação das temperaturas no modelo 3 – 2º e 3º ensaio.....                | 82 |
| <b>Gráfico 15</b> - Variação das temperaturas no modelo 4 – 2º e 3º ensaio.....                | 82 |
| <b>Gráfico 16</b> - Variação das temperaturas no modelo 5 – 2º e 3º ensaio.....                | 83 |

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 – ENQUADRAMENTO

Atualmente, a situação energética e ambiental revela uma necessidade urgente no uso eficiente e racional da energia, pelo que a implementação de formas de diminuir os consumos energéticos têm vindo a ser desenvolvidas [1].

O consumo energético dos edifícios representa cerca de 40% da energia utilizada na União Europeia e cerca de 30% a nível nacional, no entanto, mais de metade deste valor pode ser reduzido através da implementação de medidas de eficiência energética [1]. Para tal entrou em vigor em Portugal, em Dezembro de 2013, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) [2], que apresenta novos requisitos e mais exigências a serem cumpridos, de modo que as metas 20-20-20 propostas pela União Europeia sejam atingidas. Estas metas consistem em 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, 20% de redução do consumo de energia primária e aumento em 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis, para o ano de 2020.

Perante este cenário exige-se o uso mais racional da energia e o recurso a fontes alternativas. Assim, um melhor aproveitamento da energia solar térmica e elétrica através do seu armazenamento constitui uma alternativa relativamente simples e viável de concretizar. A grande responsabilidade dos edifícios no consumo energético nacional obriga portanto a encontrar soluções para a sua diminuição, que passam tanto pelo uso de materiais e equipamentos mais eficientes, bem como por disposições construtivas mais favoráveis [3].

No domínio dos materiais de construção, os últimos 20 anos têm sido marcados predominantemente pelo desenvolvimento de materiais de isolamento térmico mais eficientes, pela substituição e incorporação de resíduos de construção e demolição e de resíduos industriais em materiais de origem cimentícia. Se através do isolamento térmico se contribui diretamente para uma diminuição do consumo energético no interior dos edifícios, já no caso da incorporação de resíduos, a contribuição está associada à diminuição da energia incorporada desde o fabrico até à demolição [3].

Inicialmente estudados e já aplicados com sucesso na indústria têxtil, um outro tipo de materiais tem no entanto merecido destaque na investigação no domínio da Engenharia Civil. O trabalho de investigação aqui desenvolvido é motivado pela potencialidade que os materiais de mudança de fase (**Phase Changing Materials – PCM's**) apresentam em ganhos térmicos de aquecimento e arrefecimento de edifícios. Este tipo de produtos tem a

capacidade de acumular energia térmica através da mudança de fase do estado sólido para o estado líquido.

## **1.2 – OBJETIVOS**

Este trabalho de investigação tem como principal objetivo o estudo do desempenho térmico da parede de trombe com incorporação de PCM's em situação real, através da realização de trabalho experimental com modelos de teste.

O trabalho experimental consistiu no desenvolvimento do projeto, da construção, da instrumentação e da monitorização de seis modelos de teste no Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Quatro desses modelos representam o sistema construtivo de uma fachada com parede de trombe, onde foram aplicados materiais distintos: um em argamassa cimentícia tradicional, em dois são incorporados PCM's e no outro usou-se o granito. No quinto modelo substituiu-se a parede de trombe por uma fachada em acrílico e no sexto por uma fachada em argamassa cimentícia. Este último modelo serviu de comparação e validação dos resultados. O estudo foi feito tendo em vista a análise comparativa entre os modelos, quanto ao seu comportamento térmico sujeito a condições climáticas reais. Em simultâneo fez-se a monitorização da condutividade térmica do sistema construtivo – parede de trombe.

## **1.3 – ESTRUTURA DA TESE**

O trabalho realizado encontra-se organizado em sete capítulos com a seguinte estrutura:

**Capítulo 1** - São resumidas as principais motivações que levaram à realização deste trabalho, bem como os objetivos propostos.

**Capítulo 2** - É descrita a fundamentação teórica do trabalho, na qual são expostos os tipos de materiais utilizados, as suas características, as suas funções e possíveis aplicações.

**Capítulo 3**- São descritos os estudos prévios e ensaios preliminares realizados para composição das argamassas, preparação e monitorização de provetes e determinação da percentagem mais vantajosa.

**Capítulo 4** - São apresentados os procedimentos para caracterização mecânica das argamassas, através de ensaios de aderência e à compressão.

**Capítulo 5** - São referidos os procedimentos realizados na análise experimental, descrevendo a construção dos modelos e respetiva monitorização.

**Capítulo 6** - São apresentados os resultados das monitorizações através de gráficos e comentários.

**Capítulo 7** - Conclusões e trabalhos futuros.

Referências bibliográficas.

Anexos.

## **CAPÍTULO 2 – ESTUDO DO CONHECIMENTO**

### **2.1 – INTRODUÇÃO**

Neste Capítulo apresenta-se todo o estudo do conhecimento desenvolvido ao longo da dissertação. Inicia-se com uma descrição de algumas propriedades dos materiais de mudança de fase (**Phase Changing Materials – PCM's**) e apresentam-se estudos desenvolvidos com produtos introduzindo estes novos materiais de modo a aumentar o conforto térmico do ser humano.

Seguidamente, apresenta-se o sistema construtivo vulgarmente designado de parede de trombe, sendo abordadas as principais características da sua construção e funcionamento.

### **2.2 – MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE**

Os materiais de mudança de fase (PCM's) são substâncias com a capacidade de armazenar calor na forma de calor latente e fornecer uma densidade de energia térmica elevada durante o processo de mudança de fase. Esta energia pode ser utilizada de forma eficiente para melhoria do conforto térmico.

Os PCM's apresentam incontáveis aplicações em distintas áreas, sendo inicialmente utilizados na indústria têxtil, do calçado e no ramo automóvel, contudo atualmente podem ser utilizados para o armazenamento de energia térmica em edifícios. A utilização dos PCM's visa, principalmente, o aumento do conforto térmico do ser humano, sobretudo na indústria da construção civil. Com a sua utilização espera-se alcançar um decréscimo do consumo energético [1].

No âmbito do armazenamento de energia térmica, a utilização de PCM's apresenta um vasto leque de aplicações possíveis: armazenamento de energia solar térmica; sistemas passivos de armazenamento de energia em edifícios/arquitetura bioclimática; sistemas de arrefecimento/aquecimento de águas quentes sanitárias; proteção térmica de alimentos; equipamentos eletrónicos; aplicações médicas; aumento do conforto térmico no interior de veículos e sistemas de arrefecimento em centrais solares [3].

Um dos modos de agregar os PCM's na construção é a sua introdução nos materiais de construção porosos, como é o caso do betão e do gesso, com a finalidade de alterar as características térmicas dos materiais. É de salientar que a incorporação dos PCM's nos materiais comuns de construção não conduz a um custo adicional dos mesmos, a não ser o custo de fabricação do PCM's microencapsulados. Na construção, os PCM's podem ser

introduzidos em telhados, paredes, tetos, pavimentos, envidraçados, sistemas de ventilação, nos materiais de construção (tijolos, betão) [1, 3].

O melhor exemplo para explicar o conceito de PCM é comparando-o com a água. É do conhecimento empírico que esta se pode apresentar no estado sólido (gelo), no estado líquido e ainda sobre a forma de vapor. O processo de transição do estado sólido para o estado líquido denomina-se de fusão e o processo inverso de solidificação. Da mesma forma, a transição do estado líquido para o estado de vapor denomina-se de vaporização enquanto o processo inverso se denomina de condensação. A cada um destes processos de transição está associada uma quantidade de energia, geralmente denominada de entalpia ou simplesmente calor latente, que ocorre nos processos de fusão e condensação [3].

O PCM normalmente encontra-se no estado sólido, no entanto, com o aumento da temperatura ambiente o PCM passará para o estado líquido dependendo da temperatura de fusão de cada tipo de PCM. A temperatura de fusão é um fator determinante para cada tipo de PCM, pois é a temperatura em que se dá a transição dos estados físicos (sólido – líquido), este fenómeno ocorre naturalmente, em que a temperatura envolvente é absorvida pelo PCM (energia calorífica) e mantendo-se a temperatura constante durante algum tempo, sem picos de aquecimento (sub-aquecimento) / arrefecimento (sub-arrefecimento), que tornam o PCM um material estável e durável.

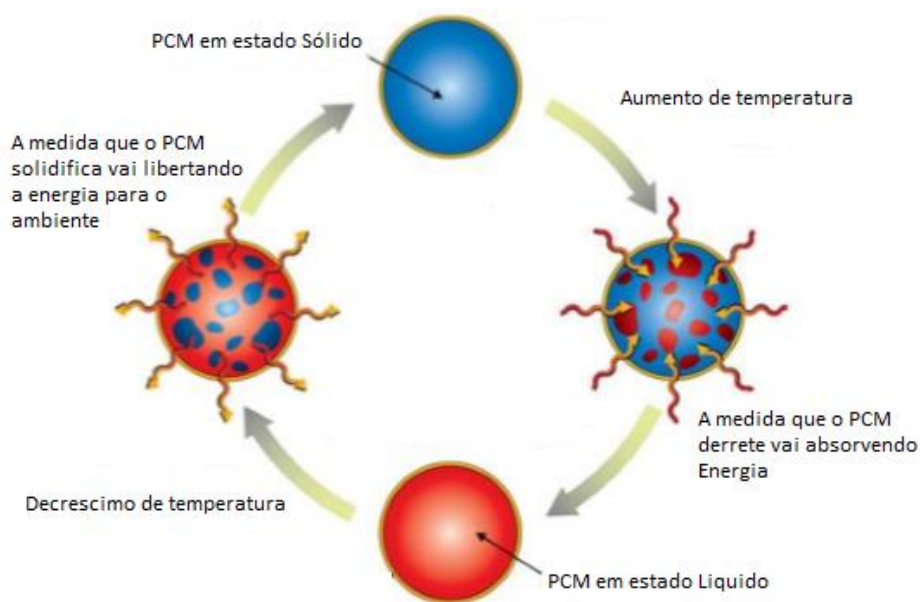


Figura 1 - Ciclos das mudanças de um PCM [4]

As principais propriedades dos PCM's são: elevado calor latente de fusão, elevado poder de armazenamento de calor, evitando sub-aquecimento, ou seja, quando sujeitos a grandes temperaturas mantêm as características, tais como: alta condutibilidade térmica; alta

densidade; ponto de fusão num intervalo de temperaturas desejado; não sofre decomposição química; são materiais não corrosivos para a construção e durante o processo de fusão não sofrem alteração do volume.

Os PCM's têm uma capacidade de armazenamento de calor médio de cerca de 55 kWh/m<sup>3</sup>. Este valor é bastante superior aos valores verificados para outros materiais mais comuns como a água - 20 kWh/m<sup>3</sup>, a pedra - 10 kWh/m<sup>3</sup> ou a madeira - 8 kWh/m<sup>3</sup> [5].

Os PCM têm vantagens e desvantagens, como todos os materiais. Como vantagens, é de referir o facto de serem não corrosivos, apresentam pouco ou nenhum sub-arrefecimento, elevada estabilidade química e física e são termo-ativos. Quanto às desvantagens destaca-se a baixa entalpia de fusão e são materiais inflamáveis.

## 2.2.1- CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES

Os PCM's podem ser classificados em orgânicos, inorgânicos e misturas eutécticas. Os compostos orgânicos são ainda divididos em parafínicos e não parafínicos enquanto os compostos inorgânicos se dividem em sais hidratados e metálicos. Uma mistura eutéctica é uma composição de dois ou mais componentes que fundem e cristalizam congruentemente formando uma mistura de cristais compostos [3].

Os materiais de mudança de fase **orgânicos** são divididos em ácidos gordos e em parafinas, sendo que estas últimas são as mais utilizadas e apresentam uma mudança de fase dentro do intervalo térmico dos 15 °C - 30 °C. Contudo, a temperatura de fusão varia de acordo com o número de átomos de carbono que lhe fazem parte, isto é, verifica-se um aumento no ponto de fusão e do calor latente de fusão com o aumento do comprimento da cadeia de carbonos. As parafinas podem ser classificadas em dois tipos, as puras e as ceras parafínicas [1].

Os materiais de mudança de fase **inorgânicos** são sais hidratados. Quando comparados com os PCM's orgânicos, os PCM's inorgânicos apresentam elevadas entalpias de transição, não são inflamáveis, são mais baratos e de fácil acessibilidade, no entanto, são mais suscetíveis à decomposição, são corrosivos e podem apresentar sub-arrefecimento, o que afeta as suas propriedades de transição [3].

As **misturas eutécticas** podem ter compostos do tipo orgânico-orgânico, orgânico-inorgânico e inorgânico-inorgânico. A principal desvantagem da utilização das misturas eutécticas é o seu elevado custo, cerca de duas a três vezes mais elevado que os PCM's de origem orgânica / inorgânica [1].

## 2.2.2 – ENCAPSULAMENTO

O encapsulamento dos PCM's consiste em envolver pequenas partículas de modo a evitar o contacto direto com outros materiais, nomeadamente, os utilizados na construção civil, impedindo a interação entre eles. Estas partículas são de um composto líquido ou sólido, intitulado de núcleo, envolvidos por um material sólido, geralmente um polímero designado de cápsula. O tipo de encapsulamento pode ser dividido em duas partes: macro e microencapsulamento [1].

O **macroencapsulamento** gerando macrocápsula, consiste na incorporação de PCM's em recipientes, que podem apresentar formas esféricas ou cilíndricas, Figura 2. Os PCM's podem assim ser introduzidos em tubos, bolsas dispostas em matriz, em placas ou painéis, Figura 3. Podem ser produzidas através de materiais como folhas de alumínio ou polímeros, sendo que estas são produzidas individualmente com tamanho mínimo de 1 [cm], e posteriormente integradas nos materiais de construção. Podem também servir diretamente como permutadores de calor. O principal inconveniente é o modo de adaptar os sistemas de construção à presença deste tipo de materiais [1].



Figura 2 - Macrocapsula plástica [1]



Figura 3 - Macrocapsula plástico/metal [1]

O **microencapsulamento** consiste no envolvimento de partículas de pequena dimensão por microcápsulas com um tamanho entre 1 a 1000 [ $\mu\text{m}$ ]. As microcápsulas podem apresentar uma forma esférica ou assimétrica, com vários formatos, e possuem a utilidade de envolverem um material num outro, Figura 4 e Figura 5. A cápsula tem como função manter o material encapsulado (PCM) de maneira a preservar as mesmas características iniciais, conservando uma interação entre o meio envolvente, não envolvendo troca de matéria, mas sim de energia. O microencapsulamento apresenta vantagens comparativamente ao macroencapsulamento no que diz respeito à incorporação dos PCM's nos materiais de construção, pois como são de dimensões reduzidas permitem a junção com os materiais comuns da construção obtendo misturas com texturas homogéneas [1].



Figura 4 – PCM's microencapsulados (líquido) [1]



Figura 5 – PCM's microencapsulados (seco) [1]

### 2.2.3 – MATERIAIS E ELEMENTOS DESENVOLVIDOS COM INCORPORAÇÃO DE PCM

Desde sempre que o homem procurou o conforto e proteção, como tal adotou soluções que permitissem a habitabilidade. As soluções construtivas e os materiais usados foram-se tornando cada vez melhores e com técnicas mais sofisticadas que permitiam ir ao encontro das necessidades e exigências que a evolução acarretava. O conforto de uma habitação prende-se na maioria das vezes com o seu conforto térmico, capacidade de manter uma temperatura constante e dentro dos parâmetros considerados aceitáveis (verão – 25°C e inverno – 20°C). No entanto este conforto carece do gasto de energia para os sistemas de climatização que são usados em cada edifício, o que faz com que se despenda por vezes de bastante dinheiro e se gastem fontes de energia não renováveis. Os edifícios em Portugal consomem cerca de 30% da energia o que tem de ser alterado [1, 3].

Sabe-se que todos os materiais interagem com o ambiente, contudo a maioria destes não possui a capacidade de alterar as suas propriedades de acordo com as características do ambiente em que estão inseridos. Os materiais que atualmente constituem as soluções construtivas dos edifícios, armazenam a energia que é captada pelo sol, transformando-a em energia térmica. Essa capacidade de armazenamento é representada pela inércia térmica que o edifício em questão terá. Este armazenamento energético possibilita a posterior libertação dessa mesma energia quando a temperatura ambiente do edifício diminuir. Podem ainda ser tomadas medidas na fase de projeto de um edifício que ajudem a minimizar as necessidades de aquecimento e arrefecimento do mesmo obtendo um aproveitamento de energia solar térmica e ventilação natural, tendo em conta a localização e orientação do edifício, o tipo de soluções construtivas e o sombreamento [1, 6, 7].

O aumento da capacidade de armazenamento térmico pode ser obtido com o uso de argamassas com adição de outros constituintes como os PCM's, designadas de argamassas térmicas, nas paredes dos edifícios. Com esta inovação a temperatura interior do edifício

não sofreria grandes alterações ao longo do dia, mantendo-se um ambiente constante e confortável. De salientar que isto não significa a total independência do edifício de sistemas de climatização, apenas permitiria a redução da sua solicitação, o que já traria grandes vantagens quer a nível económico quer a nível ambiental reduzindo os custos e emissões [8].

Com isto surgiu a incorporação de PCM em materiais de construção, estes são esporadicamente utilizados no interior dos edifícios com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico. Por conseguinte, de entre as várias características apresentadas, destacam-se as propriedades térmicas, sendo estas decisivas na seleção do PCM adequado à aplicação pretendida. Do ponto de vista térmico estes materiais devem apresentar um intervalo de temperaturas de mudança de fase adequado à temperatura operacional expectável para o interior dos edifícios, que deverá ser próxima das temperaturas de conforto: 20°C para a estação de aquecimento, e 25°C para a estação de arrefecimento. A temperatura de fusão adequada vai depender não só das temperaturas de conforto requeridas para o espaço interior, mas também das condições climáticas da envolvente em que o edifício está inserido [3, 6].

A capacidade de armazenamento de calor latente deve ser elevada. A condutibilidade térmica deve contribuir para facilitar a restituição do calor armazenado ao meio interior, ou seja, deve ser elevada. É muito importante garantir a estabilidade destas características ao longo do tempo, evitando a alteração das propriedades térmicas dos PCM mesmo depois de submetidos a vários ciclos de fusão / solidificação. Estudos recentes demonstraram que os PCM orgânicos garantem maior estabilidade térmica do que os PCM inorgânicos [6, 7].

Sabendo do potencial destes materiais (PCM's), conhecidos por materiais de mudança de fase, relativamente à contribuição que poderão ter em termos energéticos na qualidade dos edifícios, têm vindo a ser, naturalmente, alvo de investigação ao longo dos últimos anos e encontram-se já diversas aplicações de PCM's na construção, tais como:

Em **painéis de gesso cartonado** produzidos com a incorporação por imersão direta (processo lento, que consiste na colocação dos painéis mergulhados em PCM) de 20% a 30% de PCM microencapsulado, o PCM deve ser escolhido de modo a garantir uma temperatura de fusão de 23°C [6, 9];

Em **ladrilhos cerâmicos** produzidos com a incorporação de PCM microencapsulado, na mistura cerâmica substituído parcialmente o pó de quartzo e garantindo que o PCM tem uma temperatura de fusão de 29°C [6, 9];

Em **elementos à base de betão** como paredes e pavimentos, quer por imersão direta de PCM, quer pela introdução de PCM na mistura dos componentes de constituem os elementos, as temperaturas de fusão dos PCM's variam entre os elementos concebidos, devendo estar próximas da temperatura de conforto 23°C [6, 10];

Em **paredes de trombe** produzidas com o intuito de aumentar a capacidade de armazenamento de calor diminuindo a espessura dos elementos, com a incorporação de PCM na argamassa de revestimento da parede estrutural, substituindo parcialmente o ligante. A temperatura de fusão varia dependendo do PCM usado, devendo estar próxima da temperatura de conforto 23°C [6, 9];

Em **persianas** colocadas pelo exterior da envolvente envidraçada dos edifícios. Durante o dia são abertas ficando a face interior exposta à radiação solar, o PCM passa para o estado líquido e absorve o calor. À noite quando as portadas fecham e as janelas se abrem, a face interior da portada fica em contacto direto com o interior do edifício, libertando a energia acumulada. O PCM usado deve ter uma temperatura de fusão próxima da temperatura de conforto 23°C [6, 10];

Em **blocos de betão ou tijolo** produzidos em fábrica pelos processos de imersão direta ou pela incorporação de PCM na mistura das argamassas. O PCM usado deve ter uma temperatura de fusão próxima da temperatura de conforto 23°C [6, 10];

Em **pavimentos radiantes** produzidos com o intuito de racionalizar o uso de energia dos PCM's para aquecimento. O sistema de aquecimento deve estar ligado apenas algumas horas por dia, quando a energia é desligada, o calor acumulado pelos PCM's é distribuído gradualmente pelo compartimento. O pavimento radiante deve conter uma camada de isolamento térmico inferior, para evitar perdas de calor para o exterior. O PCM usado deve ter uma temperatura de fusão próxima da temperatura de conforto 23°C [6, 11].

Os PCM's usados nestas misturas, são orgânicos, designados de parafinas, não existindo informação da sua constituição / características.

### **2.3 – PAREDE DE TROMBE**

O sistema construtivo parede de trombe é uma tecnologia de paredes exteriores, inserida no âmbito da arquitetura solar passiva. Funciona como um sistema passivo de captação de energia solar de forma indireta, utilizada para aquecimento interno dos edifícios por transferência de calor, estando associados os fenómenos de radiação, convecção e condução dependendo do sistema construtivo aplicado [7].

O sistema é composto por um envidraçado exterior, devidamente orientado (Sul), no qual se coloca interiormente uma parede maciça com aberturas ou não, geralmente pintada exteriormente de cor escura, aumentando assim a captação da radiação solar incidente. Cria-se desta forma, um sistema no qual predomina o efeito de estufa, atingindo temperaturas muito elevadas na caixa-de-ar [9, 7].

O calor é armazenado, durante o dia, na parede acumuladora, sendo o calor cedido ao interior do compartimento, durante a noite, por processos de condução através do elemento acumulador, e/ou por convecção através das aberturas de passagem de ar [9, 7].

A existência ou não de aberturas de ventilação na parede de trombe conduz a diferentes designações para o sistema passivo. Caso não esteja previsto qualquer tipo de sistema de ventilação, este designa-se por parede de trombe não ventilada. Se forem incluídos dispositivos de ventilação, a parede de trombe passa a designar-se por ventilada [9, 7].

A sua integração na arquitetura é relativamente simples, uma vez que pelo lado exterior, aparenta ser uma janela e, pelo interior, assemelha-se a uma parede comum. A parede de trombe tem também sido aplicada em reabilitações de edifícios [7].



Figura 6 - Parede de trombe aplicada numa reabilitação [7]

### **2.3.1 - ENQUADRAMENTO HISTÓRICO**

Desde a antiguidade que o homem recorre a paredes espessas de adobe ou pedra de modo a armazenar o calor do Sol durante o dia, para poder ser libertado lenta e continuamente durante a noite [3].

Em 1881, patenteou-se o conceito de uma parede maciça de cor negra, uma caixa-de-ar, um envidraçado e aberturas através das quais o fluxo de ar pudesse ser regulado. Este conceito foi posteriormente desenvolvido e tornado conhecido no ano 1957, dando origem à chamada “Parede de Trombe”. O protótipo da primeira casa a utilizar paredes de Trombe foi construído, em Odeillo, França [3].

Em Portugal, nos anos 80, por iniciativa de alguns arquitectos e engenheiros ligados ao sector da energia, começaram a ser construídos edifícios tidos como solares passivos, que incorporavam técnicas de aquecimento e arrefecimento específicas. Um dos primeiros exemplos a referir e que contribuiu muito para a investigação nesta área foi a “Casa Termicamente Optimizada” no Porto, construída em 1984. Esta possui diversos sistemas passivos, nomeadamente, envidraçados orientados a Sul, sombreamentos exteriores, paredes de trombe e ventilação natural, para além de um sistema de colectores solares planos para aquecimento de águas sanitárias [7].

### 2.3.2 – CONSTITUIÇÃO

O sistema solar passivo de ganho indirecto é constituído, essencialmente, por um pano simples ou duplo de vidro exterior, uma caixa-de-ar e um elemento de armazenamento, a parede, onde podem ser colocadas aberturas para circulação de ar. O elemento confinador é um pano de parede simples, composto de materiais densos como a pedra, o betão, a terra compactada, o tijolo ou outro tipo de material com boa capacidade de armazenamento térmico. A face exterior dessa parede deverá ser de cor escura, aumentando assim a absorção da radiação incidente. A sua espessura deve variar em função das propriedades do material (densidade, calor específico e condutibilidade térmica) e do desfasamento pretendido [3].

Cria-se assim um sistema no qual predomina o efeito de estufa, atingindo-se temperaturas muito elevadas (30°C a 60°C) no espaço entre o vidro e a parede de armazenamento [3].

A parede de trombe deve também incluir dispositivos de sombreamento (por exemplo estores e palas) de modo a evitar o sobreaquecimento do compartimento no verão e funcionando no inverno como dispositivo de oclusão nocturno para reduzir as perdas para o exterior durante a noite, mas deixando o sistema funcionar livremente durante o dia [7].

### 2.3.3 – FUNCIONAMENTO

A **parede de trombe não ventilada** é também chamada de parede acumuladora e em geral o seu rendimento é menor que o de uma parede de trombe ventilada porque, ainda que a temperatura do ar entre o vidro e a parede de armazenamento seja muito superior, a transmissão do calor para o interior é menos uniforme, pois tem-se uma parede com uma transmissão de calor muito elevada e as restantes superfícies frias. A transferência de calor é

feita lentamente sendo este acumulado na parede durante o dia e gradualmente libertado durante a noite [7, 12].



Figura 7 - Esquema de funcionamento da parede de trombe não ventilada, dia e noite [7]

A **parede de trombe ventilada** é semelhante à anterior possuindo, no entanto, orifícios de termo-circulação na parte superior e inferior. O funcionamento da parede de trombe ventilada, depende essencialmente do utilizador e deve fazer-se com a seguinte sequência:

No inverno, durante o dia, os orifícios de ventilação interiores apenas deverão estar abertos quando a temperatura na caixa-de-ar excede a temperatura do compartimento e seja necessário o seu aquecimento. O dispositivo móvel deverá estar aberto. Durante a noite, para reduzir as perdas de calor, o eventual dispositivo de oclusão nocturno deverá estar fechado, bem como os orifícios de ventilação da parede [7, 12].

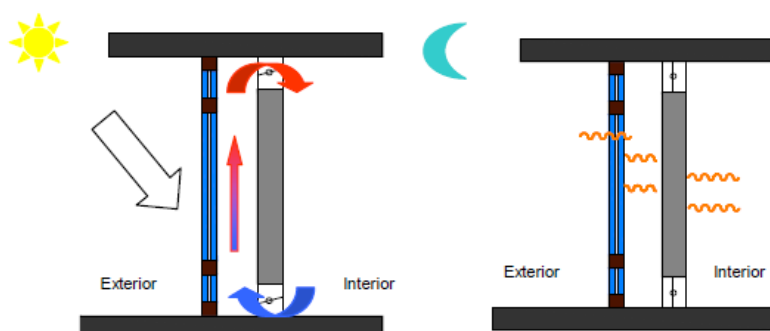


Figura 8 - Esquema de funcionamento da parede de trombe ventilada no inverno, dia e noite [7]

No verão, durante o dia, os orifícios de ventilação devem estar fechados e deverá ser previsto o sombreamento do sistema. Durante a noite, para facilitar o arrefecimento da parede, devem ser abertos os orifícios de ventilação exteriores e permanecerem fechados os orifícios de ventilação interiores [3, 7, 12].

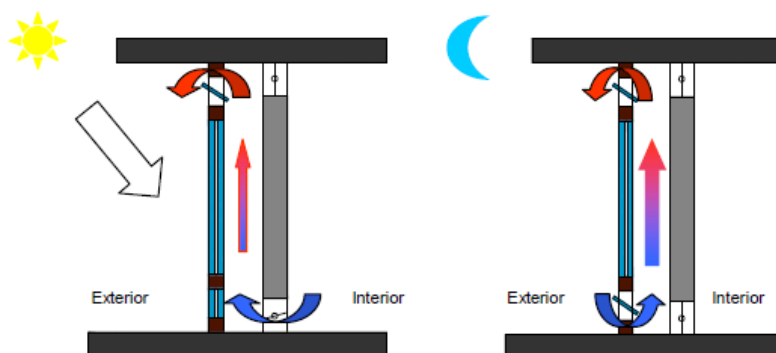


Figura 9 - Esquema de funcionamento da parede de trombe ventilada no verão, dia e noite [7]

### 2.3.4 – VANTAGENS E DESVANTAGENS

Sendo a parede de trombe um sistema solar passivo de aquecimento, apresenta, tal como os outros sistemas, diversas vantagens, mas também alguns inconvenientes.

Como principal **vantagem** surge a redução do consumo energético nos edifícios, uma vez que utiliza como fonte de energia o Sol, que é uma fonte de energia limpa e gratuita, funcionando assim, como um radiador gratuito. As flutuações de temperatura no espaço interior são mais baixas, uma vez que se trata de um elemento acumulador, que armazena o calor durante o dia e o vai libertando progressivamente durante a noite. No caso da parede de trombe ventilada, esta pode funcionar como refrigerador no verão, desde que possua aberturas na parede de armazenamento e no envidraçado. É também um sistema de aquecimento passivo de baixa manutenção, pois só acarreta o custo inicial. Por outro lado, protege o espaço interior contra a degradação ultravioleta e proporciona privacidade no compartimento que serve, pois pelo interior é um elemento opaco [7, 12].

Como **desvantagens**, este tipo de sistema apresenta o facto de não permitir a iluminação natural, visto tratar-se de um elemento opaco pelo interior. É necessário que seja orientada a Sul, ou no quadrante sudoeste-sudeste, pois são nestas orientações que se obtêm maiores rendimentos, o que pode obrigar à aberturade envidraçados noutras orientações mais desfavoráveis, ou pelo menos a uma maior preocupação no dimensionamento das fracções envidraçadas. A elevada espessura total da parede diminuiu o espaço interior do edifício. Por outro lado, exige um maior investimento inicial, comparado com os sistemas de ganho direto. No caso de uma parede de trombe não ventilada, há possibilidade de ocorrerem condensações nos envidraçados, quando não existe ventilação [7, 12].

### **2.3.5 – INCORPORAÇÃO DE PCM**

A utilização de mudança de fase na construção do sistema construtivo – parede de trombe, para a absorção da energia do sol, pode ser concebida de duas formas distintas. Numa dessas formas, através da incorporação de PCM's encapsulados nos materiais de construção, tais como: o betão, o cimento, as placas de gesso, o gesso e outros revestimentos de parede. Na outra forma, os materiais de construção podem ser diretamente impregnados com PCM sem encapsulamento, como por exemplo a utilização de tijolo de vidro com PCM incorporado [12].

Segundo Pause [10], o funcionamento deste tipo de paredes é muito simples. Durante os períodos de aumento da temperatura ambiente, o calor é absorvido pelo PCM, à medida que se dá a mudança para o estado líquido, enquanto nos períodos de descida da temperatura, dá-se a solidificação do PCM e a consequente libertação de energia em forma de calor. A primeira aplicação de PCM em paredes de trombe foi em 1978 por Telkes [6, 7, 12].

Ao projetar uma parede de trombe com PCM, os parâmetros fundamentais a controlar são a temperatura de fusão do material, que deverá ser abaixo da temperatura de conforto para o verão, mas o mais próximo possível desta; a temperatura de solidificação, que deverá ser acima da temperatura de conforto para o inverno, mas o mais próximo possível desta; o calor libertado ao solidificar, que deve ser o mais alto possível e o calor absorvido ao liquefazer, que deve ser o mais alto possível [6, 7, 12].

A parede de trombe é muito semelhante à parede construída antigamente em granito ou em outros materiais “pesados” de grande inércia térmica, com a diferença que esta parede é constituída por um material mais leve, também de grande capacidade térmica, feito com base nos PCM [7].

### **2.3.6 – APLICAÇÕES PRÁTICAS**

A parede de trombe é um sistema construtivo não muito utilizado a nível mundial. Pensa-se que isto terá origem no fato de não haver muita informação disponível, quer em relação a aspectos de dimensionamento, quer em relação a aspectos construtivos. Muitos dos exemplos de aplicação deste sistema solar passivo, foram construídos a título experimental ou em casos de estudo [6, 7, 12].

Em Portugal o sistema construtivo – parede de trombe, também não é muito utilizado, pois muitos dos intervenientes no sector da construção desconhecem esta solução construtiva, bem como a metodologia de cálculo do seu desempenho energético. Além disso, o

RCCTE [13], não indica como contabilizar os ganhos e perdas deste sistema. Outro facto que contribui para a fraca aplicação deste sistema é a falta de programas de cálculo em Portugal que introduzam esta solução [6, 7].

## **2.4 – CONCLUSÕES**

O presente capítulo permitiu aprofundar alguns conceitos relacionados com os materiais de mudança de fase e o sistema construtivo parede de trombe, bem como as vantagens e desvantagens na sua utilização. Ficou demonstrado que o sistema solar passivo - parede de trombe - embora não muito recorrente, constitui uma tecnologia construtiva com uma grande potencialidade em termos energéticos. Ficou igualmente demonstrado que os materiais de mudança de fase (PCM's), materiais que suscitam o interesse da comunidade científica nos últimos anos em diversas aplicações, podem trazer um contributo positivo também ao nível da construção civil.

Sendo assim, o programa experimental apresentado em capítulos seguintes pretende dar resposta a uma série de questões pertinentes. Em primeiro lugar, pretende-se perceber qual o efeito em termos mecânicos e térmicos da incorporação de PCM's na elaboração de argamassas, bem como a percentagem que deve entrar na composição e modo de mistura. À posteriori pretende-se estudar o sistema construtivo parede de trombe com incorporação de PCM's.

## **CAPÍTULO 3 – ESTUDO PRÉVIO / ENSAIOS PRELIMINARES**

### **3.1 – INTRODUÇÃO**

Neste capítulo descreve-se o estudo que houve necessidade de fazer, baseado na pesquisa apresentada Capítulo 2, onde se pretende saber qual a percentagem adequada de PCM a incorporar à argamassa bem como o modelo de ensaio mais adequado a ser construído.

Começou-se por definir a composição de duas argamassas, uma argamassa cimentícia (A\_ref) e uma argamassa cimentícia com adição de PCM (A\_pcm). Foi também estudado o processo de mistura dos materiais, especialmente na A\_pcm.

Seguidamente fizeram-se provetes cúbicos de dimensão  $4 \times 4 \times 4$  [cm<sup>3</sup>], com as argamassas estudadas, e após a cura dos provetes, estes foram monitorizados para avaliação do seu comportamento térmico, comparando a A\_ref com a A\_pcm. A segunda argamassa, contém em cada provete uma percentagem distinta de PCM, que após a comparação foi escolhida a percentagem mais vantajosa, para continuação dos trabalhos.

### **3.2 – MATERIAIS E COMPOSIÇÕES**

A Norma Europeia EN 998-1 (CEN 2010) [14] é aplicável a argamassas de revestimento exterior ou interior. Nos casos das argamassas com PCM, não existe normalização em vigor, para tal foram avaliadas propriedades como a entalpia e o calor específico, propriedades afetadas pela presença dos PCM's [6].

Através de ensaios realizados [6] sabe-se que a percentagem de PCM incorporado em uma argamassa pode variar entre 5% e 50%, com maior preferência entre 10% e 40%, sem alterar propriedades. Normalmente o ligante é constituído por cal aérea ou cimento [6, 15].

Alguns trabalhos demonstraram que a introdução de PCM's microencapsulados em elementos de betão contribui para uma ligeira redução da resistência mecânica das paredes [6, 12].

Os materiais de construção, utilizados para a elaboração das argamassas foram: Cimento Portland, água proveniente da rede de abastecimento do IPB, areia de rio com a granulometria entre 2 e 16 mm e PCM.

Os PCM's usados neste trabalho, ambos orgânicos e microencapsulados, foram de dois tipos distintos: Octadecano e Parafina. Na Tabela 1 apresentam-se algumas das suas propriedades. O processo de microencapsulação decorreu no Instituto Politécnico de Bragança [1].

Tabela 1 - Propriedades dos PCM usados

| PCM        | Nº de átomos de carbono | Condutividade térmica (w/m.k) | Temperatura de mudança de fase (°C) | Entalpia de Mudança de fase (kJ/kg) |
|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Octadecano | 18                      | 0,151                         | 28,2                                | 244                                 |
| Parafina   | 20                      | 0,210                         | 55                                  | 179                                 |

Para o estudo da composição das argamassas, elaboraram-se argamassas de base cimentícia ao traço 1:3. Para tal foram realizadas dois tipos de argamassa, A\_ref e A\_pcm.

Para a A\_pcm, usaram-se as quantidades de materiais, usadas para a A\_ref, fazendo variar apenas a quantidade de PCM. Estas quantidades são definidas como uma percentagem do ligante (cimento) e variaram entre 5% e 30%. Teve-se especial atenção à quantidade de água usada, pois com a adição do PCM, a argamassa ficou mais seca. A Tabela 2, apresenta a quantidade de material necessário para cada provete, todos com o mesmo volume.

Tabela 2 – Quantidade de material

| Tipo de provete | Volume [cm³] | Material     | Quantidade |
|-----------------|--------------|--------------|------------|
| A_ref           | 64           | Areia [gr]   | 112,5      |
|                 |              | Cimento [gr] | 37,5       |
|                 |              | Água [cm³]   | 18,74      |
| A_5%pcm         | 64           | Areia [gr]   | 112,5      |
|                 |              | Cimento [gr] | 37,5       |
|                 |              | Água [cm³]   | 25         |
|                 |              | PCM [gr]     | 1,875      |
| A_10%pcm        | 64           | Areia [gr]   | 112,5      |
|                 |              | Cimento [gr] | 37,5       |
|                 |              | Água [cm³]   | 28         |
|                 |              | PCM [gr]     | 3,75       |
| A_20%pcm        | 64           | Areia [gr]   | 112,5      |
|                 |              | Cimento [gr] | 37,5       |
|                 |              | Água [cm³]   | 31         |
|                 |              | PCM [gr]     | 7,5        |
| A_30%pcm        | 64           | Areia [gr]   | 112,5      |
|                 |              | Cimento [gr] | 37,5       |
|                 |              | Água [cm³]   | 33         |
|                 |              | PCM [gr]     | 11,25      |

Definidas as quantidades, fez-se a A\_ref, Figura 10, pelo processo tradicional, em que se colocaram todos os materiais (areia, cimento e água), num recipiente e misturaram-se.

Do mesmo modo se procedeu para a A\_pcm, no entanto, não se conseguiu obter uma textura homogénea, pois o PCM cristalizou, ou seja, ao ser adicionada água na mistura o

PCM juntou as partículas microencapsulados e formou cristais e não se misturou com os materiais (areia, cimento e água), Figura 11, Figura 12 e Figura 13.



Figura 10 - Aspeto da argamassa tradicional



Figura 11 - Mistura da argamassa



Figura 12 - Colocação nos provetes



Figura 13 - Aspeto final dos provetes

A falta de homogeneidade da argamassa levou a alterar o processo de mistura. Começou-se por secar a areia e peneirar o PCM, no peneiro de 0,425 [mm], para garantir a homogeneidade do material, Figura 14 e Figura 15.

Seguidamente, colocou-se num recipiente cimento e PCM, misturam-se ambos os materiais até à sua completa homogeneização, Figura 16. De seguida colocou-se a areia seca e misturou-se novamente, Figura 17. Feita a mistura em seco, adicionou-se água, Figura 18 e obteve-se a mistura pretendida, Figura 19. Para o estudo poder-se-ia ter aplicado aditivos, no entanto quis-se perceber o funcionamento das argamassas apenas com a adição de PCM's.



Figura 14 - Peneiração do PCM



Figura 15 - Peneiro usado



Figura 16 - Mistura do cimento e PCM



Figura 17 - Mistura do cimento, PCM e areia



Figura 18 - Adição de água à mistura



Figura 19 - Aspeto da argamassa com PCM

### 3.3 – PREPARAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE PROVETES

Definidas as quantidades de materiais e estudado o modo de execução das argamassas, procedeu-se à moldagem de provetes cúbicos, de dimensão  $4 \times 4 \times 4$  [cm<sup>3</sup>], uns em A\_ref e outros em A\_pcm, Figura 20. Relativamente a argamassa A\_pcm fez-se variar a percentagem de PCM incorporado, assim como a natureza do PCM, podendo ser usado Octadecano ou Parafina, pois são PCM do mesmo tipo variando apenas a temperatura de fusão, 28°C e 55°C respectivamente.

Inicialmente, usou-se o PCM - Octadecano e fizeram-se quatro cubos, um em A\_ref e três em A\_pcm, com percentagens distintas de 10%, 20% e 30%, Figura 21. Para uma segunda análise, usou-se o PCM - Parafina e foram feitos seis cubos, dois em A\_ref e quatro em A\_pcm, mais uma vez percentagens distintas de 5%, 10%, 20% e 30%, Figura 22.

No interior da argamassa, mais ao menos a meio do molde, foram colocados termopares do tipo k, conforme se pode observar na Figura 23, para monitorização das temperaturas no seu interior, com o objetivo de definir qual o provete que exhibe as temperaturas mais próximas da temperatura de conforto do ser humano e assim poder ser escolhida a percentagem de PCM ideal, para ser usada nos próximos estudos. Dado isto, os provetes foram descofrados

e colocados na câmara húmida em condições de exposição, temperatura 20°C e humidade relativa (HR)  $\approx$  95%, durante 28 dias.



Figura 20 - Colocação nos provetes



Figura 21 - Provetes com Octadecano



Figura 22 - Provetes com Parafina



Figura 23 - Colocação de termopares

Após a cura das argamassas, iniciou-se a monitorização dos cubos, que consistiu em ligar os termopares a um equipamento de aquisição de dados e este foi registando valores de temperaturas ao longo do tempo para cada ensaio. Assim, os provetes foram ligados ao equipamento de aquisição de dados por termopares no interior e na face e registadas as variações de temperaturas dos diferentes provetes, sujeitos às mesmas condições. A monitorização decorreu nos meses de fevereiro, março e abril de 2015.

No Laboratório de Materiais de Construção da ESTIG – IPB (LMC), os cubos foram inicialmente colocados a aquecer em estufa, Figura 24, à temperatura de 90°C para os provetes de Octadecano e à temperatura de 105°C para os provetes de Parafina, ambos durante duas horas. Posteriormente procedeu-se ao arrefecimento à temperatura ambiente, Figura 25, ou dentro de caixas de poliestireno expandido, Figura 26 para todos eles. Os provetes assim preparados, foram seguidamente colocados na Cobertura da ESTIG onde foram sujeitos às condições atmosféricas da época. Procedeu-se deste modo à monitorização dos provetes, dentro e fora das caixas de poliestireno expandido, durante ciclos de um dia, Figura 27.



Figura 24 - Aquecimento dos provetes

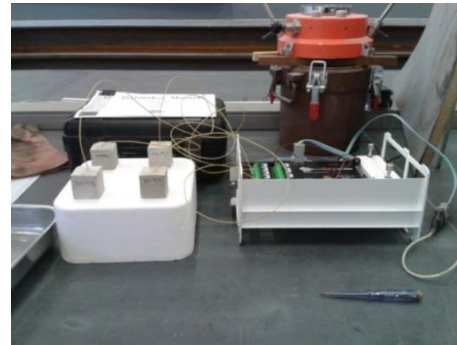


Figura 25 - Arrefecimento ao ar dos provetes



Figura 26 - Arrefecimento dentro das caixas



Figura 27 - Aqueci / Arref ao ar livre

Após a análise prévia com todos os provetes cúbicos em simultâneo, foram seleccionados apenas os ensaios em que foi notória a incorporação do PCM, ou seja onde as gamas de temperatura atingidas correspondiam a temperatura de fusão do PCM.

Pode verificar-se através dos gráficos obtidos, que para o PCM - Octadecano, o melhor comportamento foi registado na argamassa com 30% de PCM, pois aquece de forma gradual e arrefece mais lentamente, notando-se bem o ressalto, Gráfico 1. Quanto ao PCM - Parafina, a argamassa com 30% de PCM, não é o que exibe melhor comportamento a nível de aquecimento / arrefecimento, mas é a composição em que o ressalto do PCM é mais notório, Gráfico 2.

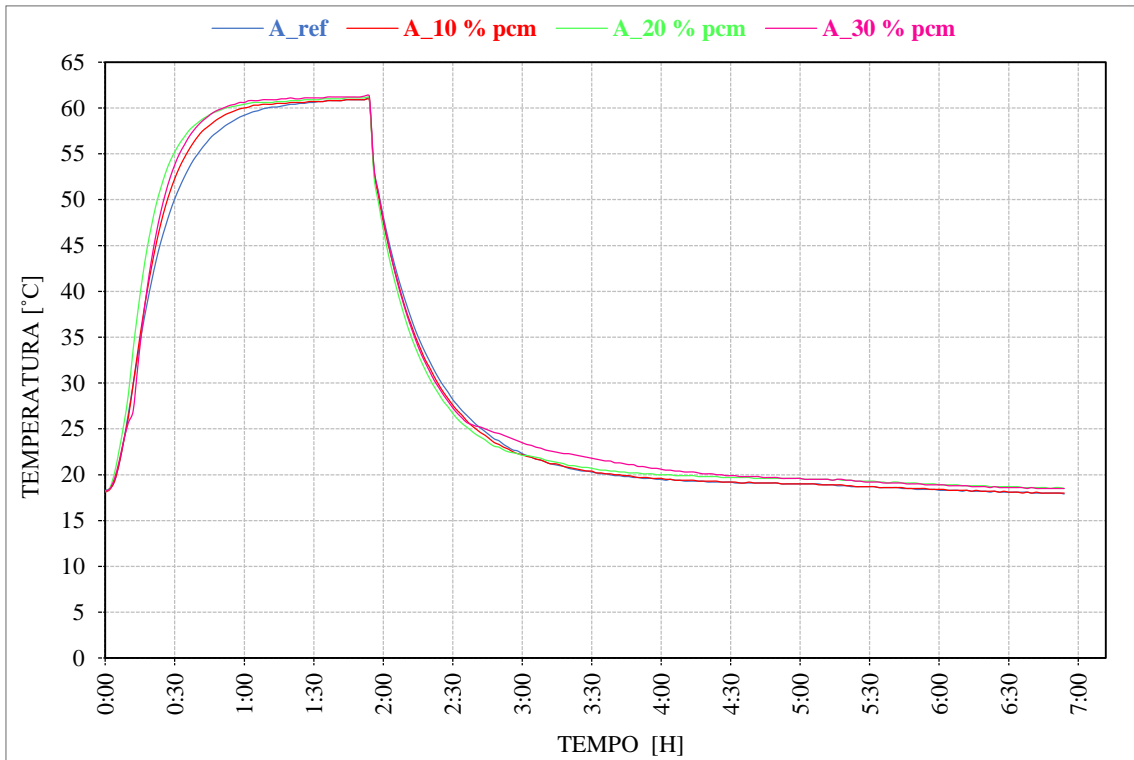


Gráfico 1 – Evolução da temperatura da A\_ref e da A\_pcm-Octadecano no aquecimento/arrefecimento

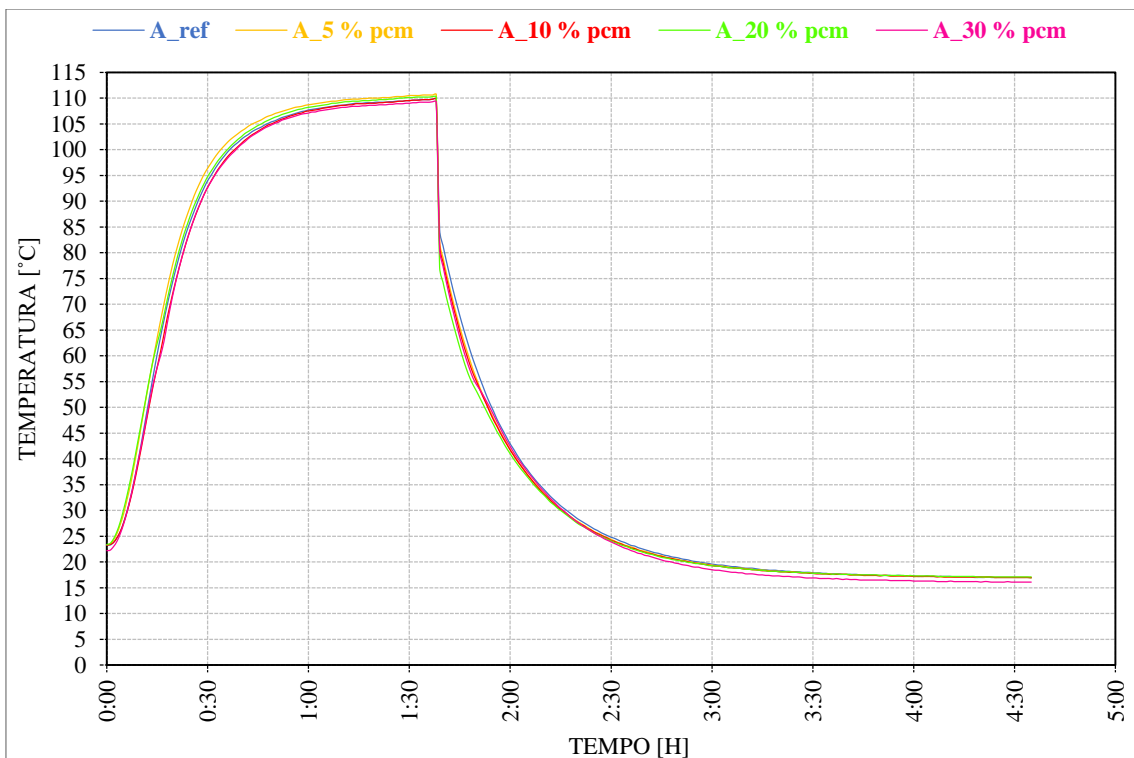


Gráfico 2 – Evolução da temperatura da A\_ref e da A\_pcm-Parafina no aquecimento/arrefecimento

### **3.4 – CONCLUSÕES**

Realizados todos os ensaios, conclui-se que a mistura da argamassa com PCM, seja qual for a percentagem usada, deve ser feita de forma cuidadosa, misturando tudo em seco e só depois adicionar água.

Sabe-se também, através dos ensaios que a percentagem de PCM, mais indicada para usar na composição da A\_pcm é 30%, pois é a percentagem que durante os vários ensaios, consegue durante o período de aquecimento, armazenar rapidamente energia e durante o período de arrefecimento a temperatura vai diminuindo lentamente. Por tudo isto na continuação da dissertação será usada argamassa cimentícia com 30% de PCM (A\_pcm), de ambos os tipos Octadecano e Parafina.

Para se tornar os resultados dos ensaios preliminares mais explícitos, poder-se-iam analisar mais percentagens de PCM's para se chegar a mais viável a nível térmico e económico.

No Capítulo 4, apresenta-se o estudo das propriedades mecânicas realizado às argamassas para determinação da capacidade de aderência ao tipo de suporte e bem como a avaliação do comportamento em ensaios de compressão axial.

## **CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA**

### **4.1 - INTRODUÇÃO**

Neste capítulo fez-se a caracterização mecânica das argamassas estudadas no Capítulo 3, com o principal objetivo de determinar a influência das propriedades mecânicas numa argamassa de reboco, com a introdução de PCM's. Para tal foram realizados ensaios de aderência e ensaios de compressão axial à argamassa cimentícia (A\_ref) e à argamassa cimentícia com adição de 30% PCM (A\_pcm).

### **4.2 – DEFINIÇÕES E CONCEITOS**

A resistência mecânica de uma argamassa está relacionada com a capacidade de esta resistir a esforços mecânicos sem degradação ou deformações plásticas visíveis e também pela resistência ao desgaste superficial. Note-se que esta resistência depende da natureza e quantidade dos ligantes e agregados que constituem a argamassa [8, 15].

A **resistência à aderência** está relacionada com a capacidade que a interface substrato/argamassa possui de absorver tensões tangenciais e normais a ela, sem ocorrer a separação da argamassa ao substrato [8].

Este ensaio baseia-se na força de tração necessária para arrancar um disco de metal, juntamente com uma camada de argamassa, que determina a resistência de aderência à tração da argamassa [8].

Durante o ensaio, é aplicado pelo equipamento, um esforço de tração perpendicularmente ao provete endurecido com a taxa de carregamento escolhida, até à rotura deste, registando-se a carga máxima suportada pelo provete [8, 15].

A **resistência mecânica à compressão** em betões e argamassas é uma propriedade fundamental na maioria das normas. No que se refere às argamassas, a resistência à compressão é usualmente determinada em ensaios de laboratório, estando mais associada às argamassas de assentamento pela forma como estas são solicitadas, ao contrário das argamassas de revestimento, cujas maiores solicitações são a tração e o corte [16].

A sua resistência à compressão dependerá de vários fatores como: dureza da areia, qualidade do ligante, composição granulométrica da areia, quantidade de água de amassadura, dosagem do ligante e modo de fabrico da argamassa [8].

O ensaio tem como objetivo a determinação da resistência à compressão de provetes de argamassa endurecida e deve ser realizado tendo por base a norma EN 1015-11:1999 [17].

Os provetes são ensaiados até à rotura numa máquina de ensaio de compressão, Figura 28, registando-se a carga máxima suportada pelo provete [18]. As roturas possíveis são as apresentadas na Figura 29.

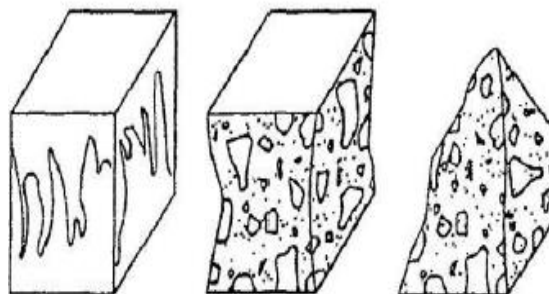


Figura 28 - Prensa de ensaio à compressão      Figura 29 - Roturas satisfatórias de provetes [16]

### 4.3 – ENSAIOS DE ADERÊNCIA

Apesar de haver alguma normalização europeia em vigor relativa à aderência, nomeadamente a ASTM D 905-08 [19] e EN 1015-12 [20], optou-se por quantificar a tensão de aderência em ensaios de arrancamento entre as argamassas em estudo ( $A_{ref}$  e  $A_{pcm}$ ) e uma base de suporte (sup).

O ensaio de arrancamento consiste na determinação da força de tração máxima que é necessária aplicar numa área circular, com cerca de 48 mm de diâmetro de argamassa aplicada sobre o suporte, Figura 30. O suporte é uma argamassa tradicional ( $A_{trad}$ ) ao traço 1:3. As argamassas  $A_{ref}$  e  $A_{pcm}$  foram elaboradas de modo idêntico ao descrito no capítulo anterior, ver Tabela 3.

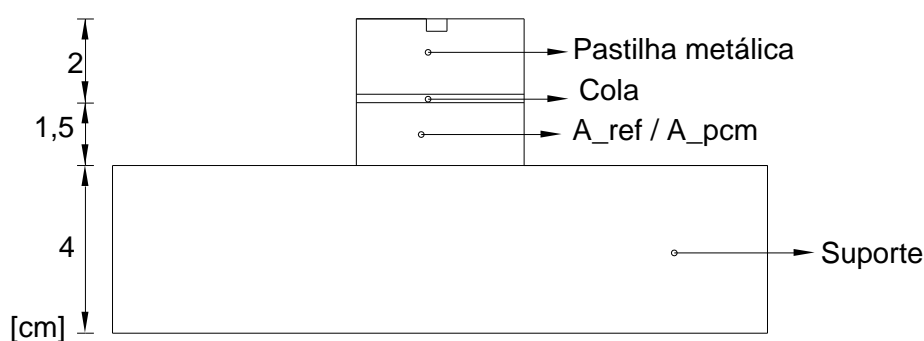


Figura 30 - Esquema do provete de ensaio

Tabela 3 - Resumo do cálculo de quantidades

| Tipo de Provete | Volume [cm <sup>3</sup> ] | Material                | Quantidade |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| Sup             | 576                       | Areia [gr]              | 1012,5     |
|                 |                           | Cimento [gr]            | 337,5      |
|                 |                           | Água [cm <sup>3</sup> ] | 168,75     |
| A_ref           | 27,14                     | Areia [gr]              | 47,71      |
|                 |                           | Cimento [gr]            | 15,9       |
|                 |                           | Água [cm <sup>3</sup> ] | 7,95       |
| A_pcm           | 27,14                     | Areia [gr]              | 47,71      |
|                 |                           | Cimento [gr]            | 15,9       |
|                 |                           | Água [cm <sup>3</sup> ] | 14         |
|                 |                           | PCM [gr]                | 4,77       |

Foram elaborados seis bases de suporte de forma retangular, ver Figura 31 e Figura 32, e mantidos em cura na câmara húmida em condições de exposição, temperatura 20°C e HR ≈ 95%, durante 28 dias. Concluída a cura dos suportes, as superfícies foram polidas e retificadas de modo a obter uma textura mais uniforme e plana, ver Figura 33. Posteriormente procedeu-se à colagem de uma película de plástico transparente do tipo acetato, com pistola de cola quente, com cerca de 48 [cm] de diâmetro e 1,5 [cm] de altura, em cada um dos suportes, Figura 34 e Figura 35.



Figura 31 – Moldagem da argamassa do suporte



Figura 32 – Aspeto final dos suportes



Figura 33 - Provetes de suporte retificados



Figura 34 – Colagem da película transparente

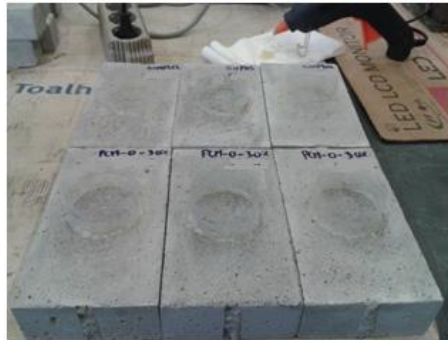


Figura 35 - Provetes concluídos

Preparados os suportes, foram elaboradas as argamassas ( $A_{ref}$  e  $A_{pcm}$ ), com as quantidades apresentadas na Tabela 3 e colocadas no molde transparente, Figura 36. Foram assim preparados três moldes para cada tipo de argamassa, Figura 37.



Figura 36 – Colocação da argamassa no molde transparente



Figura 37 - Provetes finais

Os provetes foram curados na câmara húmida em condições de exposição, com temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  e  $\text{HR} \approx 95\%$ . A desmoldagem (remoção da fita transparente) ocorreu 28 dias após a preparação dos provetes. Após esta operação as superfícies foram retificadas para retirar as irregularidades, usando lixa fina. Aproximadamente 48 horas antes do ensaio de tração, colaram-se com cola de alta resistência à base de resina epoxídica, ver Figura 38 e Figura 39, as pastilhas metálicas de cerca de 48 [mm] de diâmetro providas numa das faces de uma rosca centrada, ver Figura 40 e Figura 41.



Figura 38 - Recipiente e rótulo da cola Epóxi



Figura 39 - Componentes da cola Epóxi



Figura 40 - Colocação da cola Epoxi



Figura 41 – Fixação de peças metálicas

Posteriormente, os provetes foram ensaiados com 30 dias de idade, no LMC. Os equipamentos de tração utilizados eram compostos por um pórtico de reação equipado com uma célula de carga com capacidade máxima de 10 [kN], ligados a um sistema de aquisição de dados, ver Figura 42. A pastilha metálica cilíndrica foi ligada ao sistema através de parafuso de rosca com cabeça redonda e uma rótula, ver Figura 43. Todos os ensaios foram executados à velocidade de 1,1 [mm/min].



Figura 42 – Pórtico de reação



Figura 43 – Pormenor da fixação do provete

Registados os valores das forças de tração e a área de contacto das superfícies, calculou-se a tensão exercida em cada um dos provetes. A tensão de aderência ( $\sigma$ ) [MPa], é a razão entre a força obtida (F), em [N] e a área da secção inicial do provete (A), em [mm<sup>2</sup>],  $\sigma = \frac{F}{A}$ . Obtido o valor individual da tensão, fez-se uma média ponderada para o valor da tensão de cada tipo de provete, como demonstra a Tabela 4. Obtidas as tensões médias, calcularam-se os coeficientes de variação de acordo com os valores obtidos e pode concluir-se que para a A\_ref os valores são homogêneos, no entanto, para a A\_pcm obtêm-se uma discrepância dos resultados, devido ao valor obtido para o provete 3 não estar próximo dos restantes.

Tabela 4 - Cálculo das tensões de aderência (coeficientes de variação)

| Tipo de Provete | Nº do Provete | Área de contacto [mm <sup>2</sup> ] | Força [N] | Tensão [MPa] | Tensão Média [MPa] |
|-----------------|---------------|-------------------------------------|-----------|--------------|--------------------|
| A_ref           | Provete 1     | 1809,557                            | 3140      | 1,74         | 1,64<br>(5,5 %)    |
|                 | Provete 2     | 1809,557                            | 2820      | 1,56         |                    |
|                 | Provete 3     | 1809,557                            | 2950      | 1,63         |                    |
| A_pcm           | Provete 1     | 1809,557                            | 1250      | 0,69         | 0,53<br>(69 %)     |
|                 | Provete 2     | 1809,557                            | 1410      | 0,78         |                    |
|                 | Provete 3     | 1809,557                            | 200       | 0,11         |                    |

Para cada um dos ensaios de arrancamento por tração realizados, procurou-se identificar o tipo de rotura ocorrido. Nos provetes com A\_ref o destacamento ocorreu pelo suporte, ou seja deu-se uma rotura coesiva pelo suporte em todos os provetes, Figura 44 e Figura 45.

Para os provetes com A\_pcm a rotura ocorreu pela interface da argamassa com o suporte, para os provetes 1 e 2, Figura 46 e Figura 47. No entanto para o provete 3, a rotura deu-se pela A\_pcm, Figura 48 e Figura 49, devido a má compactação da argamassa, que originou um valor de tensão reduzido.



Figura 44 – Rotura pelo suporte

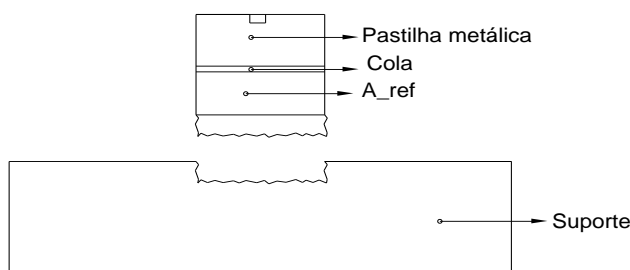


Figura 45 – Representação em corte da rotura pelo suporte



Figura 46 – Rotura pela interface

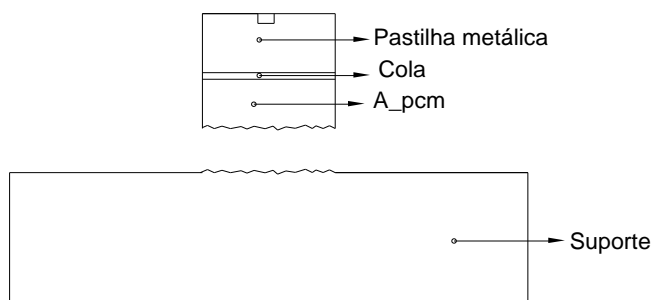


Figura 47 – Representação em corte da rotura pela interface



Figura 48 - Rotura pela argamassa

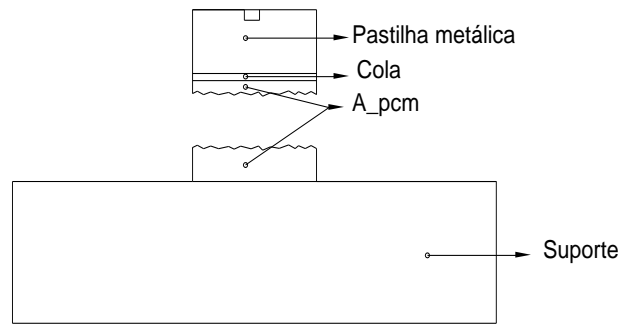


Figura 49 – Representação em corte da rotura pela argamassa

#### 4.4 – ENSAIOS DE COMPRESSÃO

Tendo em conta a Norma Portuguesa EN 196-1 2003, [21] quantificou-se a tensão de compressão, usando provetes  $4 \times 4 \times 4$  [cm<sup>3</sup>], Figura 50. Os termopares interiores foram cortados, Figura 51 e os provetes polidos / retificados, Figura 52.

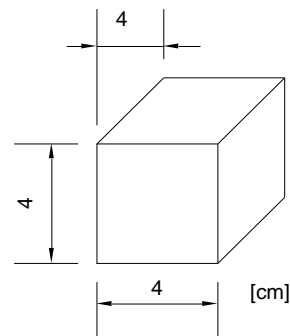


Figura 50 - Provede cúbico



Figura 51 - Remoção dos termopares



Figura 52 – Limpeza e ajuste dos provetes

Preparados os provetes, foram ensaiados aos 90 dias de idade, no LMC. Usou-se um equipamento para adaptação de provetes do tipo  $4 \times 4 \times 4$  [cm<sup>3</sup>], Figura 53, à prensa hidráulica de compressão, Figura 54. Esta prensa, ligada a um sistema de aquisição de dados, permite a obtenção da força de rotura característica. Os provetes foram ensaiados de modo a que as forças fossem aplicadas nas faces mais lisas do provete. A velocidade de

ensaio foi de 1,1 [mm/min]. A força de rotura obtida é a força máxima aplicada durante o ensaio.



Figura 53 – Equipamento para provetes 4x4x4



Figura 54 - Prensa hidráulica

Registados os valores das forças de compressão e a área de contacto das superfícies, calculou-se a tensão exercida em cada um dos provetes. A tensão de compressão ( $\sigma$ ) [MPa], é a razão entre a força obtida (F), em [N] e a área da secção inicial do provete (A), em [mm<sup>2</sup>],  $\sigma = \frac{F}{A}$ . Obtido o valor individual da tensão, fez-se uma média ponderada para o valor da tensão de cada tipo de provete, como demonstra a Tabela 5. Obtidas as tensões médias, calcularam-se os coeficientes de variação de acordo com os valores obtidos e pode concluir-se que para a A\_ref os valores são homogéneos, no entanto, para a A\_pcm obtêm-se uma discrepância ligeira dos resultados.

Tabela 5 - Cálculo das tensões de compressão (coeficientes de variação)

| Tipo de Provede | Nº do Provede | Área de contacto [mm <sup>2</sup> ] | Força [N] | Tensão [MPa] | Tensão Média [MPa] |
|-----------------|---------------|-------------------------------------|-----------|--------------|--------------------|
| A_ref           | Provede 1     | 1760                                | 27140     | 15,42        | 14,96<br>(4,4 %)   |
|                 | Provede 2     | 1760                                | 25520     | 14,50        |                    |
| A_pcm           | Provede 1     | 1760                                | 7810      | 4,44         | 5,51<br>(27 %)     |
|                 | Provede 2     | 1760                                | 11570     | 6,57         |                    |

Para cada um dos ensaios de compressão realizados, o tipo de rotura foi para todos os provetes semelhante, ocorrendo uma rotura satisfatória, tanto para a A\_ref, ver Figura 55, como para a A\_pcm, ver Figura 56.

O facto de os provetes cúbicos terem no interior termopares pode ter influenciado os valores de tensão obtidos, no entanto, o estudo comparativo pode ser feito, pois todos os provetes foram analisados nas mesmas condições de ensaio.



Figura 55 – Aspeto do provete após o ensaio da A\_ref



Figura 56 – Aspeto do provete após o ensaio da A\_pcm

#### 4.5 – CONCLUSÕES

Terminada a campanha experimental que engobou o estudo do comportamento mecânico de duas argamassas semelhantes, diferindo apenas na adição ou não de PCM, os resultados obtidos permitem concluir que há diferenças significativas quer nos valores da aderência como na resistência à compressão. Os ensaios demonstram que comparativamente com a A\_ref, a A\_pcm obteve uma resistência relativa de 0,32. O modo de rotura teve igualmente diferenças tendo-se verificado uma rotura coesiva no caso da A\_ref e adesiva no caso da A\_pcm.

Estes resultados estão em sintonia com os resultados obtidos nos ensaios de compressão. Apesar de os ensaios não terem sido realizados com o mesmo tempo de cura (30 e 90 dias) os valores obtidos na A\_ref são superiores, tendo-se obtido uma resistência relativa na A\_pcm de 0,37 ver na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação entre ensaios

| Tipo de Ensaio | Tipo de provete | Tensão de Rotura [MPa] | Tensão relativa |
|----------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Arrancamento   | A_ref           | 1,64                   | 1               |
|                | A_pcm           | 0,53                   | 0,32            |
| Compressão     | A_ref           | 14,96                  | 1               |
|                | A_pcm           | 5,51                   | 0,37            |

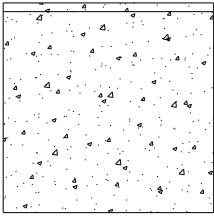
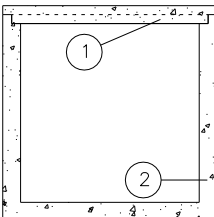
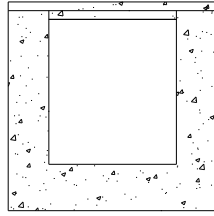
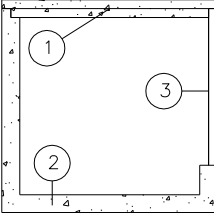
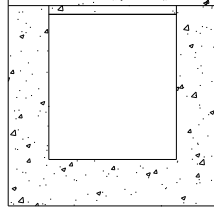
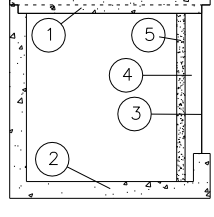
## CAPÍTULO 5 – ANÁLISE TÉRMICA

### 5.1 - INTRODUÇÃO

Após a caracterização mecânica das argamassas feita no Capítulo anterior 4, neste Capítulo descreve-se todo o procedimento realizado na execução dos modelos de teste, para posterior monitorização térmica, criados para simular edifícios com a aplicação do sistema construtivo – parede de trombe – com a aplicação das argamassas térmicas apresentadas anteriormente. A sua execução decorreu no (LMC) da ESTIG – IPB.

Os modelos são constituídos por vários elementos executados de forma individual e sequencial. Inicialmente elaborou-se a envolvente opaca em argamassa cimentícia (A\_ref) variando a geometria entre os modelos Tabela 7. Para os modelos com parede de trombe, elaboraram-se moldes que funcionaram na construção, como parede estrutural do sistema, em vários materiais, argamassa cimentícia, argamassa cimentícia com 30% de PCM (Octadecano / Parafina) e em granito cinzento.

Tabela 7 - Modelos executados

| Modelo           | Representação   |   | Descrição   |
|------------------|---|---|---|
|                  | Alçado principal  | Corte perpendicular ao Alçado principal   |   |
| 1                |  |  | <u>Modelo homogéneo</u><br>1- Tampa<br>2- Envolvente opaca  |
| 2                |  |  | <u>Modelo envidraçado</u><br>1- Tampa<br>2- Envolvente opaca<br>3- Acrílico                                       |
| 3<br>4<br>5<br>6 |  |  | <u>Modelos trombe</u><br>1- Tampa<br>2- Envolvente opaca<br>3- Acrílico<br>4- Caixa-de-ar<br>5- Parede estrutural |

Após a cura dos elementos, os seis modelos de teste foram ensamblados e colocados na cobertura da ESTIG, previamente monitorizados com termopares do tipo k, ligados a um sistema de aquisição de dados para registo de temperaturas de 10 em 10 minutos.

Monitorizou-se também a condutividade térmica das paredes dos modelos, através de um equipamento de medições multifunções, com medições registadas de 10 em 10 minutos, que calcula internamente o coeficiente de condutividade térmica.

## 5.2 – MODELOS DE TESTE

### 5.2.1 – ENVOLVENTE OPACA

Para a criação dos modelos de teste, começou-se pela envolvente opaca em que foram usados dois moldes distintos com a forma cúbica de dimensões  $36 \times 36 \times 36$  [cm<sup>3</sup>]. Um para o modelo homogéneo e outro para os modelos com parede de trombe / modelo com vão envidraçado.

As Figura 57 e Figura 58 representam em planta os modelos, homogéneo e com parede de trombe respetivamente. O corpo do modelo com parede de trombe é idêntico ao homogéneo, exceto na fachada principal, pois tem uma abertura para execução do sistema construtivo da parede de trombe.

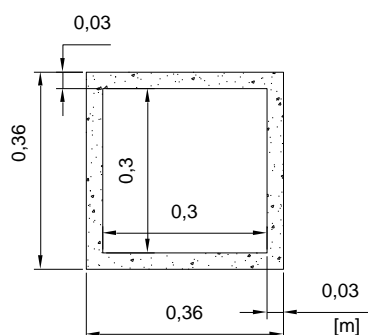


Figura 57 - Planta do modelo homogéneo

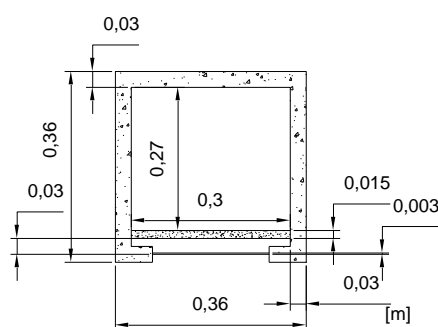


Figura 58 – Planta do modelo com parede trombe

Representados os dois corpos dos modelos idealizados, prosseguiu-se com o estudo e representação da cofragem necessária para a execução dos corpos dos modelos. Para tal, fez-se uma cofragem principal, que serviu os dois tipos de corpos e outra secundária, que foi adaptada a principal e serviu apenas o corpo dos modelos com parede de trombe.

A cofragem principal é composta por dois moldes, um molde interior e outro exterior, entre ambos foi colocada a argamassa e garantida a espessura pretendida das paredes do edifício a simular. A planta e o corte das cofragens exterior estão apresentados nas Figura 59 e Figura 60, e interior, Figura 61 e Figura 62. Foi também representado o modo de funcionamento da cofragem principal (colocação da cofragem interior dentro da exterior), Figura 63 e Figura 64.

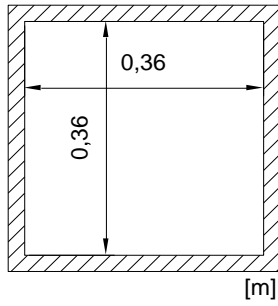


Figura 59 - Planta da cofragem exterior

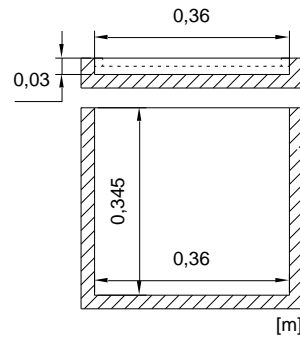


Figura 60 - Corte da cofragem exterior

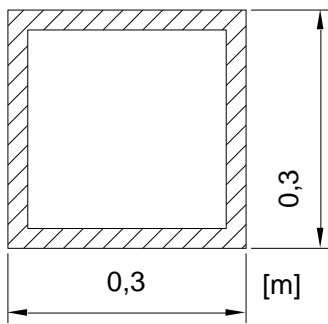


Figura 61 - Planta da cofragem interior

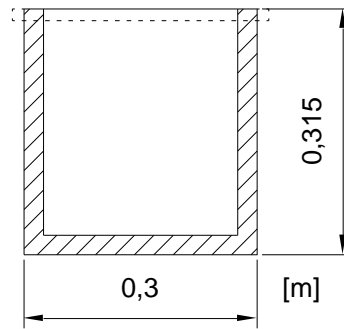


Figura 62 - Corte da cofragem interior

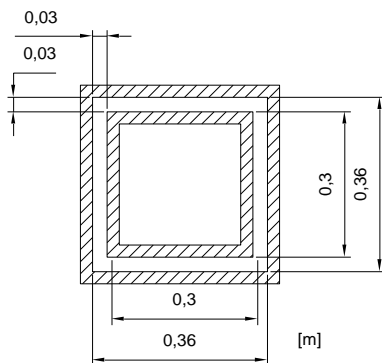


Figura 63 - Planta das cofragens interior e exterior

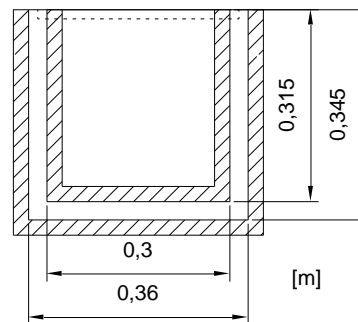


Figura 64 - Corte das cofragens interior e exterior

Uma cofragem secundária adaptada à principal, permitiu a criação de uma abertura no alçado principal, para posterior montagem da parede de trombe. Esta cofragem serviu para impedir a passagem de argamassa para a zona da parede de trombe e moldar a ranhura de colocação do acrílico, representada nas Figura 65 e Figura 66.

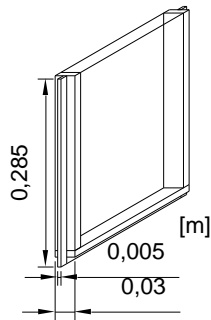


Figura 65- Perspetiva da cofragem secundária

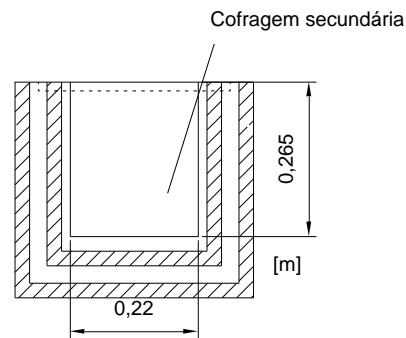


Figura 66 – Corte das cofragens principal e secundária

A execução das cofragens foi iniciada pela cofragem principal e foi usado contraplacado marítimo com espessura de 1,5 [cm], cortado em painéis individuais a 90°, Figura 67. Os painéis foram fixados uns aos outros com esquadros e parafusos adequados, Figura 68 e Figura 69. A cofragem principal é constituída pelos moldes exterior e interior e pela tampa, Figura 70.



Figura 67 – Corte dos painéis



Figura 68 - Execução da cofragem interior



Figura 69 – Execução da cofragem exterior



Figura 70 - Cofragem principal

Concluída a cofragem principal, a cofragem secundária foi elaborada em madeira de pinho planada com perfis 1×0,5 [cm] e 1×3 [cm], fixados com pregos, esquadros, parafusos e cola de madeira, Figura 71 e Figura 72. Após a junção dos perfis, a cofragem foi revestida com fita transparente, Figura 73 e fixada na cofragem principal, Figura 74.



Figura 71 - Colagem e pregagem dos perfis



Figura 72 - Junção dos perfis

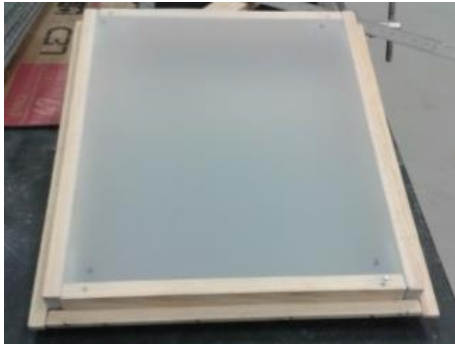


Figura 73 - Proteção da cofragem secundária



Figura 74 - Junção das cofragens

Estudados os corpos dos modelos de teste e a cofragem necessária, definiram-se os materiais de construção a serem usados na sua elaboração. Para a composição das argamassas, usou-se: cimento Portland; água proveniente da rede de abastecimento do IPB e areia espanhola de granulometria até 5 [mm].

Para garantir uma maior resistência usou-se: malha quadriculada de 13×13 [mm] em aço, Figura 75 e malha em fibra de vidro, Figura 76.

Para garantir a homogeneização das malhas usaram-se distanciadores de armadura de 4 [cm], Figura 77. Na cofragem aplicou-se óleo descofrante de alta resistência, Figura 78.



Figura 75 - Malha quadriculada em aço



Figura 76 - Malha quadriculada em fibra de vidro



Figura 77 - Distanciador de armaduras



Figura 78 - Óleo descofrante

No estudo da composição da argamassa, elaborou-se para todos os modelos de teste, uma argamassa de base cimentícia ao traço 1:3. Para tal, foram definidas quantidades de material, para o corpo do modelo homogéneo e para o corpo do modelo com parede de trombe. A Tabela 8, sintetiza a quantidade de material usado, para cada modelo.

Tabela 8 - Quantidade de material

| Corpo do Modelo  | Volume [cm <sup>3</sup> ] | Material     | Quantidade |
|------------------|---------------------------|--------------|------------|
| Homogéneo        | 19440                     | Areia [Kg]   | 34 171,88  |
|                  |                           | Cimento [Kg] | 11 390,63  |
|                  |                           | Água [litro] | 5 695,31   |
| Parede de Trombe | 15552                     | Areia [Kg]   | 27 337,50  |
|                  |                           | Cimento [Kg] | 9 112,50   |
|                  |                           | Água [litro] | 4 556,25   |

Para a execução dos moldes, fez-se uma representação esquemática para o corte e dobra da malha quadriculada, dos lados do corpo com parede de trombe, Figura 79 e do corpo homogéneo, Figura 80 e também do topo e base de ambos os corpos, Figura 81 e Figura 82, respetivamente. Fez-se também a representação da localização dos espaçadores.

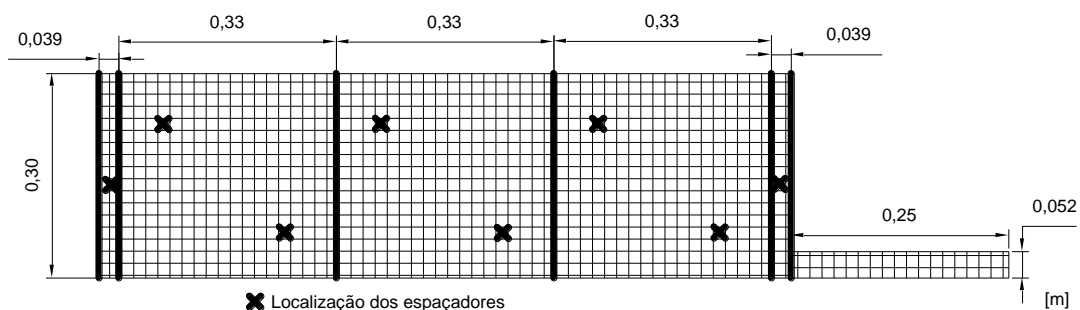


Figura 79 – Malha, para os lados do modelo com parede de trombe

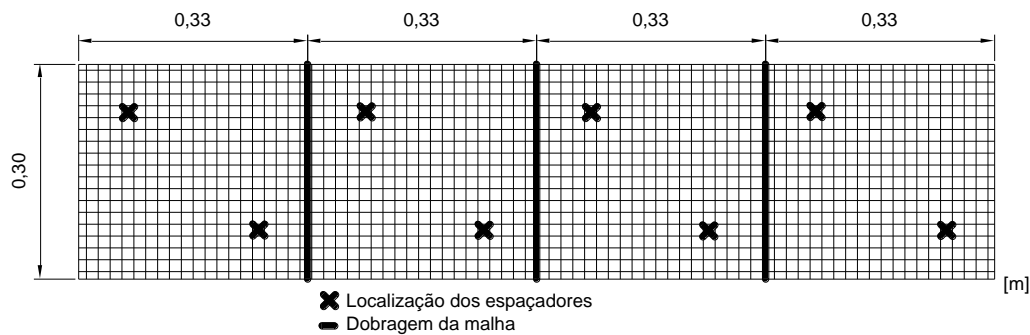


Figura 80 - Malha para os lados do modelo homogêneo

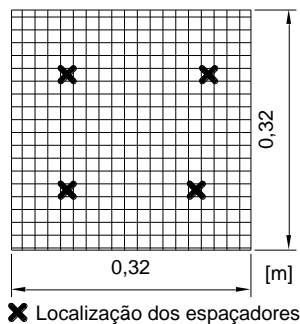


Figura 81 – Malha do topo de ambos os modelos

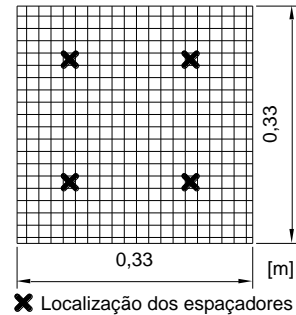


Figura 82 – Malha da base de ambos os modelos

Definidas as dimensões das malhas para cada modelo, fez-se o corte e dobra, Figura 83, para a envolvente opaca com parede de trombe, Figura 84 e para envolvente opaca homogênea, Figura 85. Os distanciadores da armadura foram ajustados de 4 para 3 [cm] de altura, Figura 86 e colocados na malha, como ilustrado anteriormente.

De seguida aplicou-se sobre as cofragens o óleo descofrante, Figura 87 e Figura 88, e colocaram-se os espaçadores e a armadura nas cofragens, Figura 89 e Figura 90.



Figura 83 - Corte da malha



Figura 84 – Malha para modelo com parede de trombe



Figura 85 - Malha para modelo homogéneo



Figura 86 - Retificação dos distanciadores

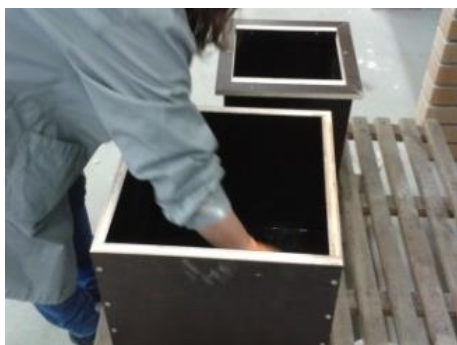


Figura 87 - Aplicação de descofrante no interior



Figura 88 - Aplicação de descofrante no exterior



Figura 89 - Colocação da malha e espaçadores

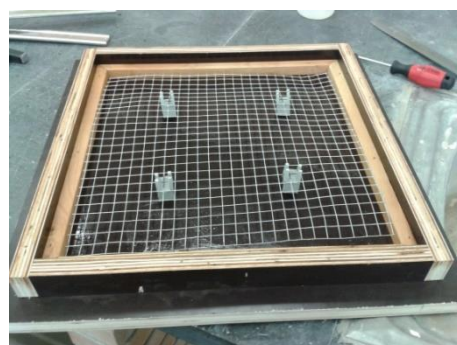


Figura 90 - Colocação da malha e espaçadores topo

Fez-se a argamassa pelo processo tradicional de mistura. Betonou-se o topo, Figura 91 e a base, Figura 92, depois colocou-se a cofragem interior em ambos os modelos para o modelo de parede de trombe, grampeada, Figura 93, de seguida aparafusou-se uma régua para nivelção sobre a cofragem, Figura 94.

Fixada toda a cofragem, betonou-se lentamente os lados. A ranhura para passagem da argamassa tinha apenas 1 [cm], Figura 95 e adicionou-se argamassa até encher cada um dos modelos, Figura 96. Foi ainda conferida uma pequena vibração usando para tal a mesa vibratória.

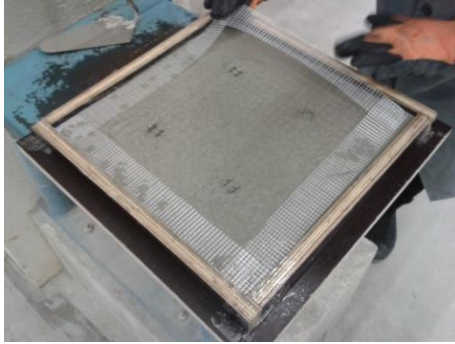


Figura 91 - Betonagem do topo

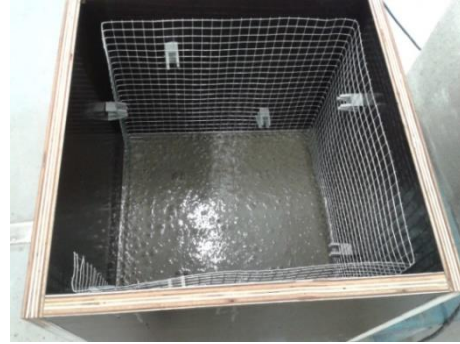


Figura 92 - Betonagem da base



Figura 93 - Colocação do molde interior

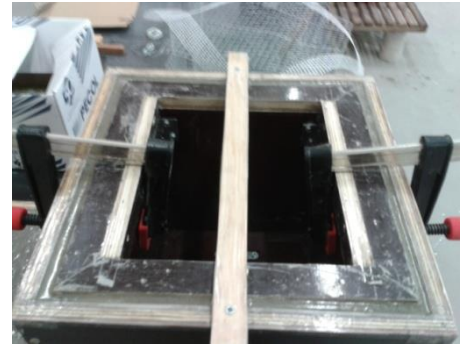


Figura 94 - Colocação da régua de nivelção



Figura 95 - Betonagem dos lados

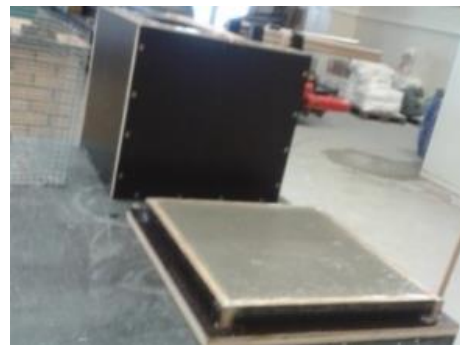


Figura 96 - Conclusão da betonagem

A descofragem da envolvente opaca foi delicada. Os topos saíram facilmente, Figura 97, enquanto o corpo de ambos os modelos foi mais difícil, pois teve se ser tirado cada painel da cofragem principal individualmente, Figura 98, Figura 99, Figura 100 e Figura 101. Nos modelos com parede de trombe, a cofragem secundária também foi toda desmontada, Figura 102.

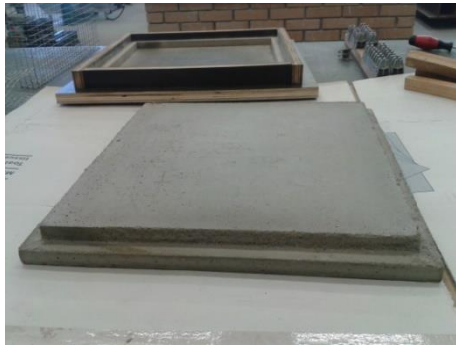


Figura 97 - Descobragem do topo

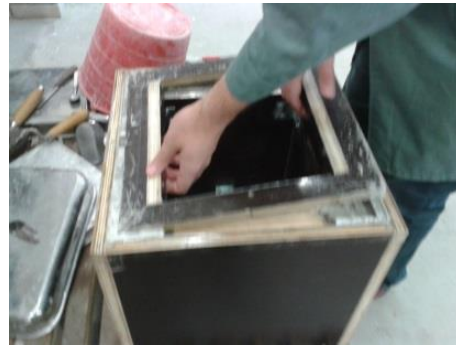


Figura 98 - Descobragem do topo da caixa



Figura 99 - Tirar os parafusos e os esquadros



Figura 100 - Descobragem do molde interior



Figura 101 - Descobragem do molde exterior



Figura 102 - Descobragem para a parede de trombe

Após a desmoldagem de cada modelo, a cofragem foi limpa e montada, Figura 103. O processo foi repetido seis vezes. Os modelos foram todos colocados na câmara húmida em condições de exposição de temperatura 20°C e HR ≈ 95%, durante 28 dias para cada um dos modelos, Figura 104.



Figura 103 - Lavagem da cofragem



Figura 104 - Aspeto dos seis modelos

## 5.2.2 – PAREDES ESTRUTURAIS

Para completar a execução dos modelos de teste que irão simular uma parede de Trombe, foi necessário executar as paredes estruturais do sistema construtivo, com dimensões  $29,5 \times 29,5$  [cm] e espessura  $1,5$  [cm], Figura 105 e Figura 106. A ventilação do sistema foi conseguida à custa de aberturas de forma circular com  $1$  [cm] de diâmetro. Na Figura 107, ilustra-se a cofragem necessária para a execução de cada uma das paredes estruturais.

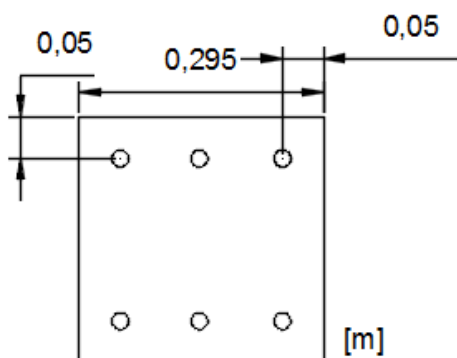


Figura 105 - Planta do modelo de parede

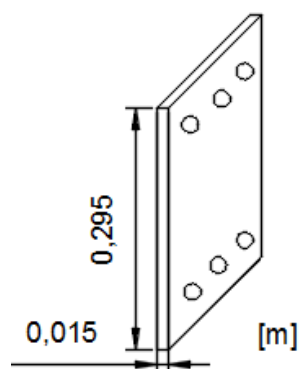


Figura 106 - Perspetiva do modelo da parede

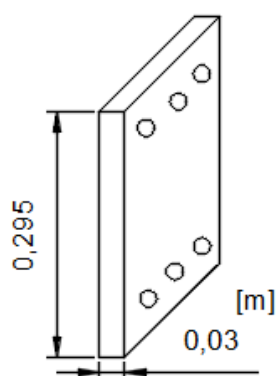


Figura 107 - Perspetiva da cofragem para o modelo da parede

A base da cofragem foi feita em contraplacado marítimo com espessura de  $1,5$  [cm] e os bordos em madeira de pinho planada com perfis  $1 \times 3$  [cm] fixados com parafusos. Seis tubos em plástico foram fixados com cola quente, criando as aberturas circulares nos moldes das paredes estruturais, para ventilação do sistema, Figura 108.

Fixaram-se seis tubos em uma película transparente para colocação de argamassa, Figura 109, que após a cura foram colocados nas paredes estruturais para criar um sistema não-ventilado.

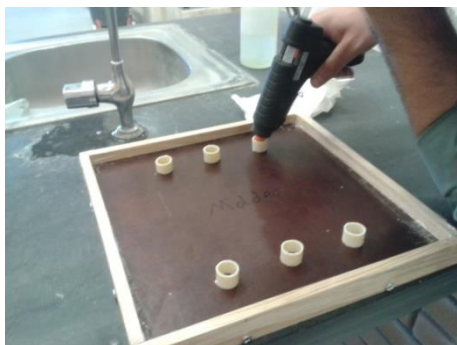


Figura 108 - Cofragem do painel

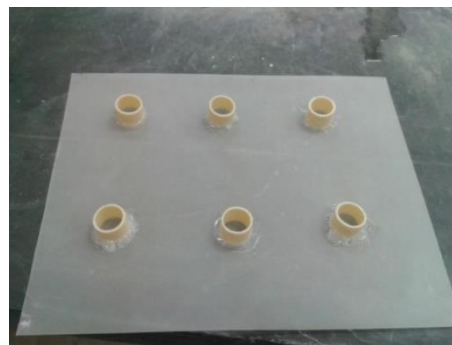


Figura 109 - Molde das aberturas

A composição da argamassa usada para a criação dos painéis foi a seguinte: cimento Portland; água proveniente da rede de abastecimento do IPB, areia com a granulometria entre 2 e 16 [mm] e PCM (Octadecano e Parafina).

Para garantir uma maior resistência incorporou-se uma malha em fibra de vidro. Na cofragem aplicou-se óleo descofrante de alta resistência.

A Tabela 9, apresenta a quantidade de material usado para cada modelo. Para tal, foram definidas quantidades de material ao traço 1:3, para o molde da parede estrutural em argamassa cimentícia (A\_ref) e para o molde para parede estrutural em argamassa cimentícia, com adição de 30% de PCM (A\_pcm).

Tabela 9 - Quantidade de material

| Molde da parede estrutural do Modelo | Volume [cm <sup>3</sup> ] | Material                | Quantidade |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| A_ref                                | 900                       | Areia [gr]              | 1 582,03   |
|                                      |                           | Cimento [gr]            | 527,34     |
|                                      |                           | Água [cm <sup>3</sup> ] | 263,67     |
| A_pcm                                | 900                       | Areia [gr]              | 1 582,03   |
|                                      |                           | Cimento [gr]            | 527,34     |
|                                      |                           | Água [cm <sup>3</sup> ] | 464,05     |
|                                      |                           | PCM [gr]                | 158,20     |

Definidas as quantidades, foram feitos três painéis: um A\_ref e dois em A\_pcm (um com o Octadecano e outro com a Parafina).

Da Figura 110 até a Figura 114 são ilustrados os passos necessários à execução das paredes estruturais. Após a descofragem, estas foram todas colocadas na câmara húmida em condições de exposição, temperatura de 20°C e HR ≈ 95%, durante 28 dias para cada um das paredes, Figura 115.

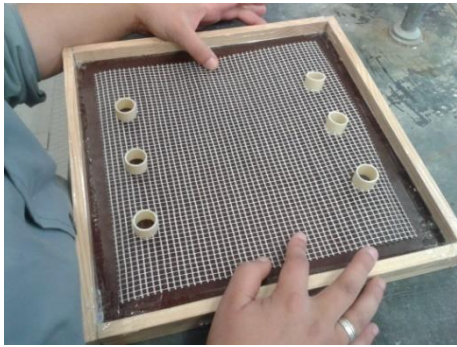


Figura 110 - Corte da fibra de vidro



Figura 111 - Aplicação de óleo descofrante



Figura 112 - Colocação da argamassa



Figura 113 - Colocação da fibra de vidro



Figura 114 - Após a betonagem



Figura 115 - Parede estrutural

Após a cura, as paredes foram pintados de preto. A tinta foi aplicada sempre no mesmo sentido e cada modelo de parede levou três camadas de tinta, Figura 116, até se obter uma textura uniforme, Figura 118.



Figura 116 - Aplicação da tinta



Figura 117 - Painel concluído

Feitas as três paredes estruturais, foi cortada com as dimensões pretendidas para o modelo de teste uma quarta parede em granito cinzento, Figura 118, com espessura de 2 [cm] e dimensões 29,5×29,5 [cm], Figura 119.



Figura 118 - Corte do painel de granito

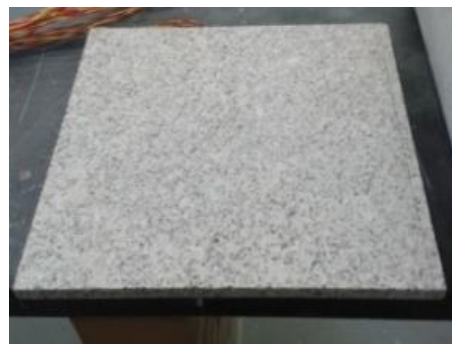


Figura 119 - Painel de granito

### 5.2.3 – JUNÇÃO DE ELEMENTOS

Obtidos, todos os elementos necessários para a construção dos modelos de teste, procedeu-se à montagem de cada um deles, um modelo totalmente em argamassa cimentícia (nº1), um outro modelos com acrílico (nº2) e os restantes quatro modelos com parede de trombe (nº 3,4,5 e 6).

Colocaram-se no corpo dos modelos, calhas em pvc para fixação dos painéis, Figura 120 e Figura 121. As calhas foram colocadas a 3 [cm] da ranhura para o acrílico e fixadas com cola quente, depois colocaram-se deslizando nas calhas os painéis, Figura 122, e fixou-se o acrílico com silicone, Figura 123.



Figura 120 – Fixação da calha de 1,5 [cm]



Figura 121 - Fixação da calha de 2 [cm]



Figura 122 - Colocação dos painéis



Figura 123 - Fixação do acrílico

Fixados os painéis e o acrílico, concluíram-se as paredes de trombe. Nas tampas dos modelos de teste fizeram-se furos para se colocar os puxadores, de modo a facilitar a sua abertura e fecho, fizeram-se também pequenas aberturas para posterior passagem de termopares, Figura 124. Por fim, colocou-se silicone entre a envolvente opaca e a tampa dos modelos de teste, Figura 125.



Figura 124 - Fixação do puxador



Figura 125 - Colocação de silicone

Os modelos elaborados foram os seguintes:

O **modelo 1** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura, Figura 126. Para monitorização, foram colocados dois termopares, um para medir a temperatura no interior do modelo e outro para medir a temperatura interior da parede virada a Sul.

O **modelo 2** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura e com uma fachada apenas com um acrílico de 2,5 [mm] de espessura, Figura 127. Para monitorização foram colocados dois termopares, um para medir a temperatura no interior do modelo e outro para medir a temperatura interior da parede virada a Sul, nas extremidades em argamassa.

O **modelo 3** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura e com a fachada principal em parede de trombe, com um acrílico de

2,5 [mm] de espessura, caixa-de ar de 3 [cm] e uma parede estrutural em argamassa cimentícia ao traço 1:3, pintada de preto, de 1,5 [cm] de espessura, Figura 128. Para monitorização foram colocados três termopares, um para medir a temperatura no interior do modelo, outro para medir a temperatura pelo interior da parede virada a sul e outro para medir a temperatura na parede virada a Sul, mas do lado da caixa-de-ar.

O **modelo 4** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura e com a fachada principal em parede de trombe, com um acrílico de 2,5 [mm] de espessura, caixa-de ar de 3 [cm] e uma parede estrutural em argamassa cimentícia com adição de PCM - Octadecano ao traço 1:3, pintada de preto, de 1,5 [cm] de espessura, Figura 129. Para monitorização foram colocados três termopares, um para medir a temperatura no interior do modelo, outro para medir a temperatura interior da parede virada a Sul e outro para medir a temperatura na parede a Sul, mas do lado da caixa-de-ar.

O **modelo 5** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura e com a fachada principal em parede de trombe, com um acrílico de 2,5 [mm] de espessura, caixa-de ar de 3 [cm] e uma parede estrutural em argamassa cimentícia com adição de PCM - Parafina ao traço 1:3, pintada de preto, de 1,5 [cm] de espessura, Figura 130. Para monitorização foram colocados três termopares, um para medir a temperatura no interior do modelo, outro para medir a temperatura interior da parede virada a Sul e outro para medir a temperatura na parede a Sul, mas do lado da caixa-de-ar.

O **modelo 6** é constituído pelo corpo em paredes de argamassa cimentícia ao traço 1:3, de 3 [cm] de espessura e com a fachada principal em parede de trombe, com um acrílico de 2,5 [mm] de espessura, caixa-de ar de 3 [cm] e uma parede estrutural em granito cinzento, de 2 [cm] de espessura, Figura 131. Para monitorização foram colocados três termopares, um para medir a temperatura no interior da caixa, outro para medir a temperatura interior da parede virada a Sul e outro para medir a temperatura na parede de pedra, mas do lado da caixa-de-ar.



Figura 126 - Modelo 1



Figura 127 - Modelo 2



Figura 128 - Modelo 3



Figura 129 - Modelo 4



Figura 130 - Modelo 5



Figura 131 - Modelo 6

## 5.3 – MONITORIZAÇÃO

### 5.3.1 – EQUIPAMENTOS

Para a **monitorização das temperaturas superficiais** dos modelos de teste, usou-se um sistema de aquisição de dados que consiste num data logger associado a termopares. Utilizaram-se dois modelos da marca datataker um dt50, Figura 132 e outro dt515, Figura 133 sendo a sua principal diferença o número de canais.

Os sensores de temperaturas utilizados foram termopares do tipo k que permitem uma leitura da temperatura superficial. Usaram-se termopares com o tipo de isolamento distintos, uns em borracha e outros em fibra de vidro.



Figura 132 - Datataker dt50



Figura 133 - Datataker dt515

Para a monitorização de temperaturas em diversos pontos foram colocados termopares do tipo k. Os termopares inicialmente foram fixados com cola adesiva, Figura 134, no entanto com o aumento das temperaturas descolaram-se e passaram a ser fixados com fita-cola e silicone Figura 135 e Figura 136. Os modelos na junção da envolvente opaca com a tampa, foram isolados com fita-cola transparente, Figura 137 e colocados com a fachada principal orientada a Sul.



Figura 134 – Primeira fixação de termopares

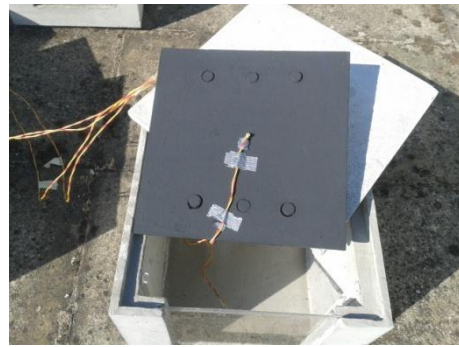


Figura 135 – Segunda fixação dos termopares



Figura 136 - Segunda fixação de termopares na tampa



Figura 137 - Colocação de fita-cola

A **condutividade térmica** é uma característica específica de cada material, e depende fortemente tanto da regularidade da superfície como da própria temperatura na qual se encontra (especialmente em baixas temperaturas). Em geral, a condução de energia térmica nos materiais, aumenta à medida que a temperatura aumenta. A unidade de condutividade térmica segundo o sistema internacional de unidades é o watt por metro e por kelvin [22].

Com isto, na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTIG), do IPB, existe um equipamento de monitorização da condutividade térmica para elementos construtivos horizontais e verticais.

Usando este equipamento fez-se a monitorização da fachada principal dos modelos de testes, em que os modelos foram colocados à sombra para não haver efeito da radiação solar

e no interior inseriu-se o equipamento designado de teste 435-2, Figura 138, instrumento de medição multifunções, este deve usar-se obedecendo a norma ISO\_9869-1994 [23].

O instrumento de medição está programado e precisa de sondas, para registo dos parâmetros necessários. Fornece valores da temperatura do ar interior, exterior e superficial, humidade relativa e condutividade térmica do elemento estudado, neste caso o sistema construtivo – parede de trombe dos modelos de teste. O estudo fez-se para a comparação da condutividade térmica dos diversos materiais distintos de modelo para modelo que constituem as paredes das fachadas principais.



Figura 138 - Equipamento de monitorização/sondas

### 5.3.2 – DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

Após a montagem, os modelos foram colocados na cobertura da ESTIG, com a fachada principal virada a Sul e monitorizados por um equipamento de aquisição de dados que mediu diversos valores de temperaturas. Fizeram-se vários ensaios com ciclos de vários dias, havendo algumas alterações entre ensaios, tais como: a fixação das paredes estruturais, dos termopares, o tipo de isolamentos dos modelos e ainda o uso apenas de alguns modelos de teste até se afinar todo o processo de ensaio. As monitorizações decorreram nos meses de maio, junho e julho. No presente trabalho apenas foram referenciados os três ensaios mais precisos, ou seja, aqueles em que se descobriu o método mais exato, sem erros e em que foram monitorizados os seis modelos em simultâneo.

**1º Ensaio** – Para o ensaio foram montados num tripé, um sensor para medição da temperatura exterior e outro para medição da radiação incidente nos modelos. Aos Modelo 3, Modelo 4 e Modelo 5, foi adicionado em cada deles, um termopar para monitorização da temperatura superficial nas paredes viradas a norte, Figura 139 e Figura 140.



Figura 139 - Colação do termopar a norte



Figura 140 - Disposição dos modelos de teste

**2º Ensaio** – Para este ensaio alterou-se em relação ao 1º ensaio a cor da parede de trombe do modelo 6. Foram retirados os termopares de monitorização da temperatura nas paredes viradas a norte e adicionado no Modelo 4, um termopar para medição da temperatura superficial interior na tampa, pois é uma zona muito exposta, Figura 141. O modelo 6, foi também alterado, o painel em granito foi pintado de preto, Figura 142 e Figura 143.

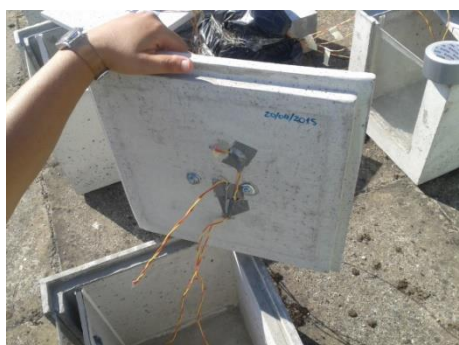


Figura 141 - Colocação de termopar na tampa



Figura 142 - Pintura do painel de granito



Figura 143 - Disposição dos modelos

**3º Ensaio** – Para este ensaio alterou-se em relação ao 2º ensaio o tipo de ventilação dos modelos 4, 5 e 6. Os orifícios deixados na construção dos modelos nas paredes de trombe foram abertos, nos modelos 4, 5 e 6, para se fazer a análise com paredes ventiladas, Figura 144 e Figura 145.



Figura 144 - Orifícios de ventilação



Figura 145 - Disposição dos modelos

Para o estudo da condutividade térmica das fachadas principais fizeram-se cinco ensaios, com a duração de três dias cada ensaio, durante os meses de maio, junho e julho. Para cada ensaio colocou-se um modelo de cada vez na cobertura, com a fachada principal virada a norte e à sombra, pois este estudo não pode ser influenciado pelo efeito da radiação e para não danificar os equipamentos de monitorização, assim têm-se:

**1º Ensaio** – Foi medida a condutividade térmica da fachada principal do modelo 3, Figura 146 e Figura 147.



Figura 146 - Sensor da temperatura superficial



Figura 147 - Sensor da temperatura exterior

**2º Ensaio** – Foi medida a condutividade térmica da fachada principal do modelo 4, Figura 148 e Figura 149 .



Figura 148 - Sensor da temperatura superficial



Figura 149 - Modelo 6 e sensor da temperatura exterior

**3º Ensaio** – Foi medida a condutividade térmica da fachada principal do modelo 1, Figura 150 e Figura 151.



Figura 150 - Sensor da temperatura superficial

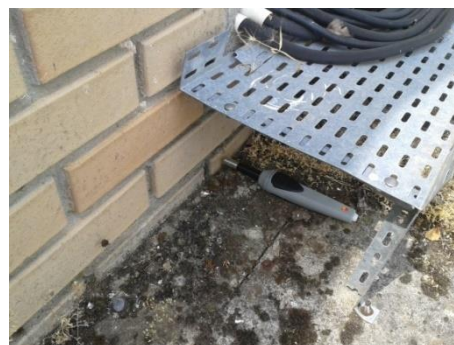


Figura 151 - Sensor da temperatura Exterior

**4º Ensaio** – Foi medida a condutividade térmica da fachada principal do modelo 6, Figura 152 e Figura 153.



Figura 152 – Instrumentação do modelo



Figura 153 - Sensor da temperatura superficial

**5º Ensaio** – Foi medida a condutividade térmica da fachada principal do modelo 5, Figura 154 e Figura 155.



Figura 154 - Sensor da temperatura superficial

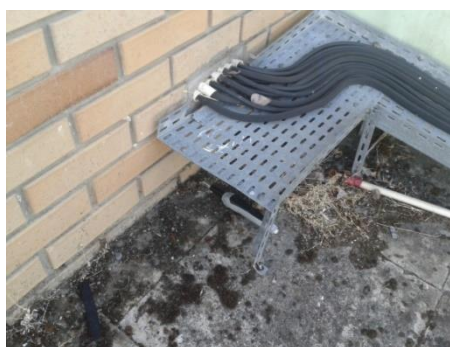


Figura 155 - Sensor da temperatura exterior

## 5.4 – CONCLUSÕES

Concluída a execução dos modelos de teste, verificou-se que todo o processo necessitou de muita coordenação, pois ao mesmo tempo foram estudados materiais de vários tipos e aplicados de diversas formas.

Foram realizados seis modelos de teste, quatro com o sistema construtivo parede de trombe aplicando materiais distintos na parede estrutural, um apenas com o vão envidraçado na fachada principal e outro homogéneo em argamassa cimentícia. Os modelos foram criados com a finalidade de ser escolhido, através de estudos comparativos, o modelo mais vantajoso a nível de eficiência energética. Assim de acordo com as monitorizações descritas no presente Capítulo, são apresentadas no Capítulo 6 análises comparativas dos resultados, através de gráficos que apresentaram o comportamento dos materiais aplicados em todos os modelos de teste.

Ao longo dos ensaios foram sendo efectuadas alterações entre eles, tais como: a cor da parede estrutural e o funcionamento do sistema, com e sem ventilação.

## **CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **6.1 – INTRODUÇÃO**

Neste capítulo descreve-se todo o procedimento envolvido nas análises comparativas dos seis modelos de teste executados de acordo com o apresentado no Capítulo 5.

Para tal, fizeram-se dois ensaios de monitorização distintos, um consistiu na monitorização em simultâneo dos seis modelos, onde se avaliou o comportamento térmico no interior dos modelos, executando-se três ensaios em condições distintas. O outro ensaio consistiu na monitorização individual de cada um dos modelos, com o objetivo de avaliar o seu comportamento a nível de condutividade térmica. Em ambos os ensaios, o registo foi feito de 10 em 10 minutos.

### **6.2 – MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURAS**

Como referido no Capítulo 5, fizeram-se vários ensaios de monitorização das temperaturas nos modelos de teste, através de equipamentos de aquisição de dados. No decorrer dos ensaios foram registados valores de temperatura em cada um dos modelos e da temperatura e radiação exteriores.

Para análise foram apenas selecionados três ensaios, com os seis modelos colocados em simultâneo, cada um dos ensaios com quatro dias de variações de temperaturas e radiação. Para cada ensaio fizeram-se gráficos individuais dos modelos de teste com a variação das temperaturas (ANEXO A), no entanto para análise juntaram-se todos os modelos de teste e avaliou-se a variação das temperaturas através de estudos comparativos entre modelos.

#### **6.2.1 – RESULTADOS DO 1º ENSAIO**

O 1º ensaio consistiu na monitorização dos seis modelos em simultâneo, com as seguintes características: O modelo 1 (homogéneo em argamassa), o modelo 2 (a fachada principal em acrílico), os modelos 3, 4 e 5 (a fachada principal com parede de trombe, pintada de preto) e o modelo 6 (a fachada principal com parede de trombe, cinzenta). Os modelos com sistema construtivo em parede de trombe neste ensaio funcionaram com o sistema do tipo não ventilado.

Os dados de temperatura e radiação exteriores não foram registados na totalidade, o equipamento de monitorização teve falhas, assim nas representações gráficas aparecem

apenas pontos. Quanto aos valores de temperaturas dos modelos, essas aparecem em pontos unidos por linhas.

O Gráfico 3 apresenta a variação da temperatura interior dos modelos de teste, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Através da representação gráfica verifica-se que as temperaturas atingidas no interior dos modelos são cerca de 10 graus superiores à temperatura do ambiente exterior, isto deve-se ao facto de os modelos de teste serem demasiado pequenos e o calor absorvido por eles ser elevado.

Fazendo a comparação entre as temperaturas no interior dos modelos verificou-se que a parede de trombe com 1,5 [cm] de argamassa com PCM tem um comportamento muito próximo da parede de trombe com 2 [cm] de granito. Durante o dia, a parede com PCM aquece menos e durante o período da noite arrefece de modo igual à parede de granito.

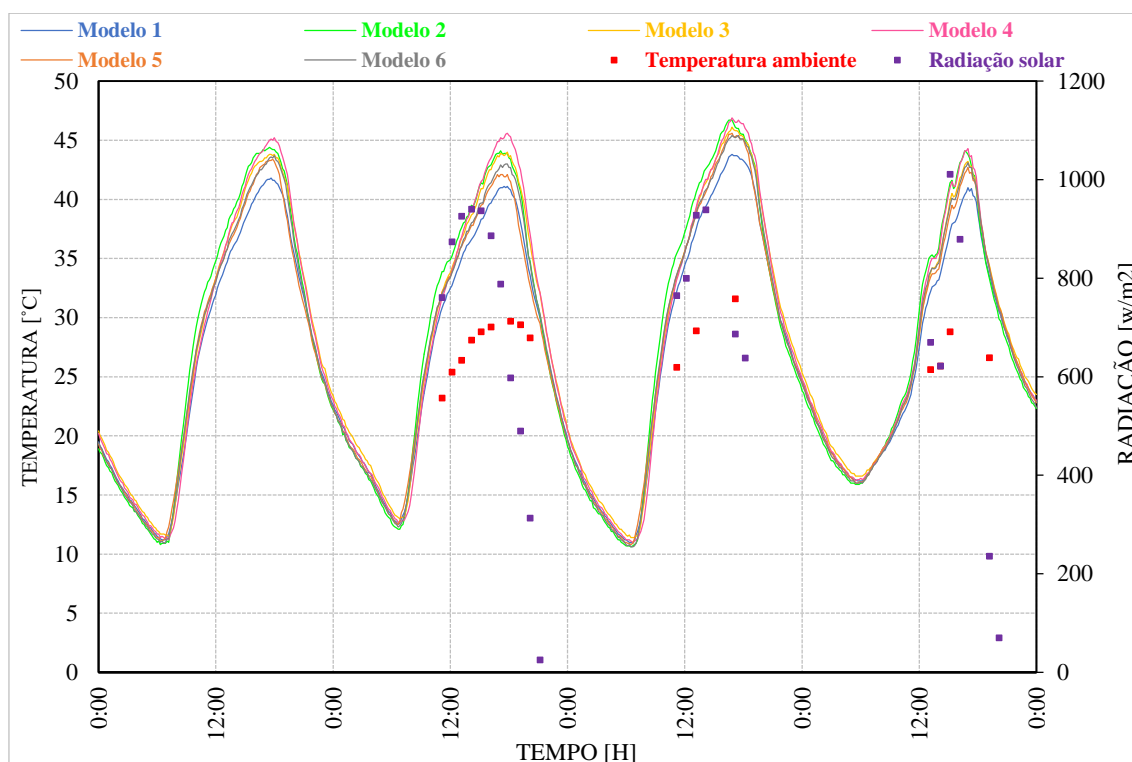


Gráfico 3 - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 1º ensaio

O Gráfico 4 apresenta a variação da temperatura das paredes viradas a sul, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Através da representação gráfica verifica-se que as temperaturas atingidas nas superfícies dos modelos são cerca de 13 graus superiores a temperatura do ambiente exterior.

Em relação às temperaturas superficiais dos modelos verificou-se no modelo com PCM que os valores obtidos estão muito próximos dos obtidos no modelo com parede de trombe em granito contudo este modelo, à noite, mantém-se quente durante mais tempo.

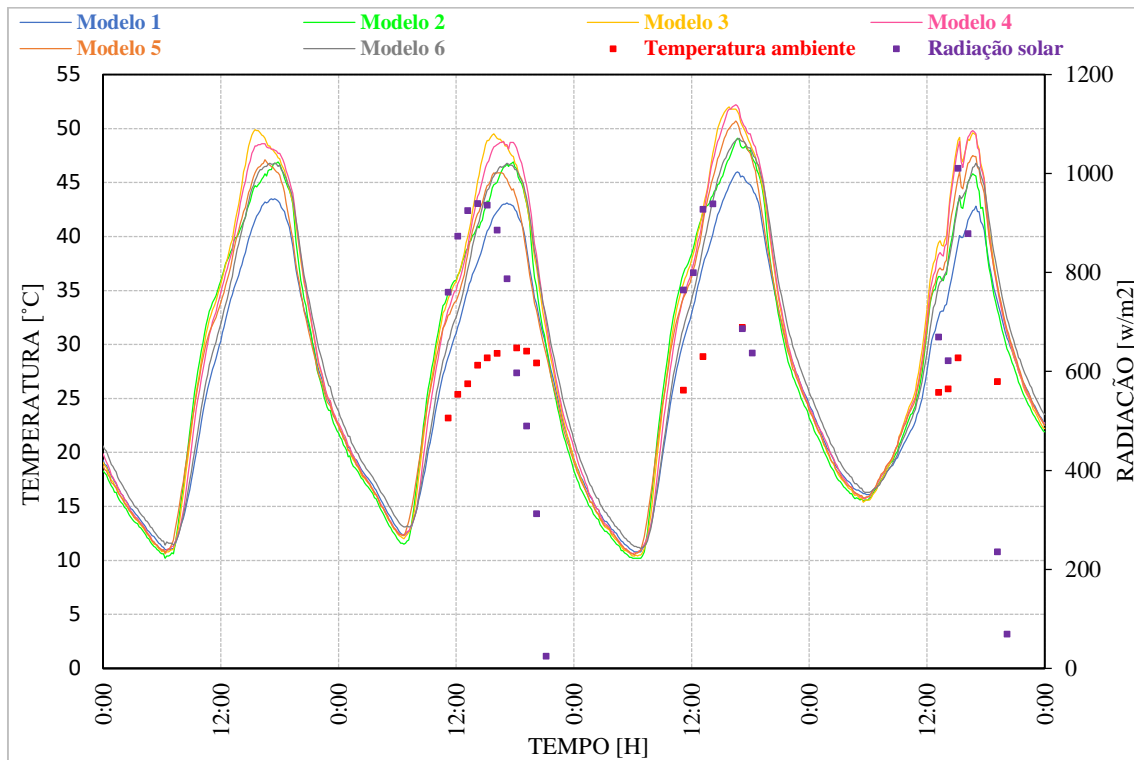


Gráfico 4 - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 1º ensaio

O Gráfico 5 apresenta a variação da temperatura das paredes viradas a norte, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Verifica-se que as temperaturas atingidas nas superfícies dos modelos são cerca de 9 graus superiores à temperatura do ambiente exterior.

Com esta comparação pretende-se analisar se o PCM pode funcionar como isolante, pois as temperaturas atingidas na parede mais exposta estão próximas das atingidas na parede menos exposta de cada modelo, no entanto não são significativas.

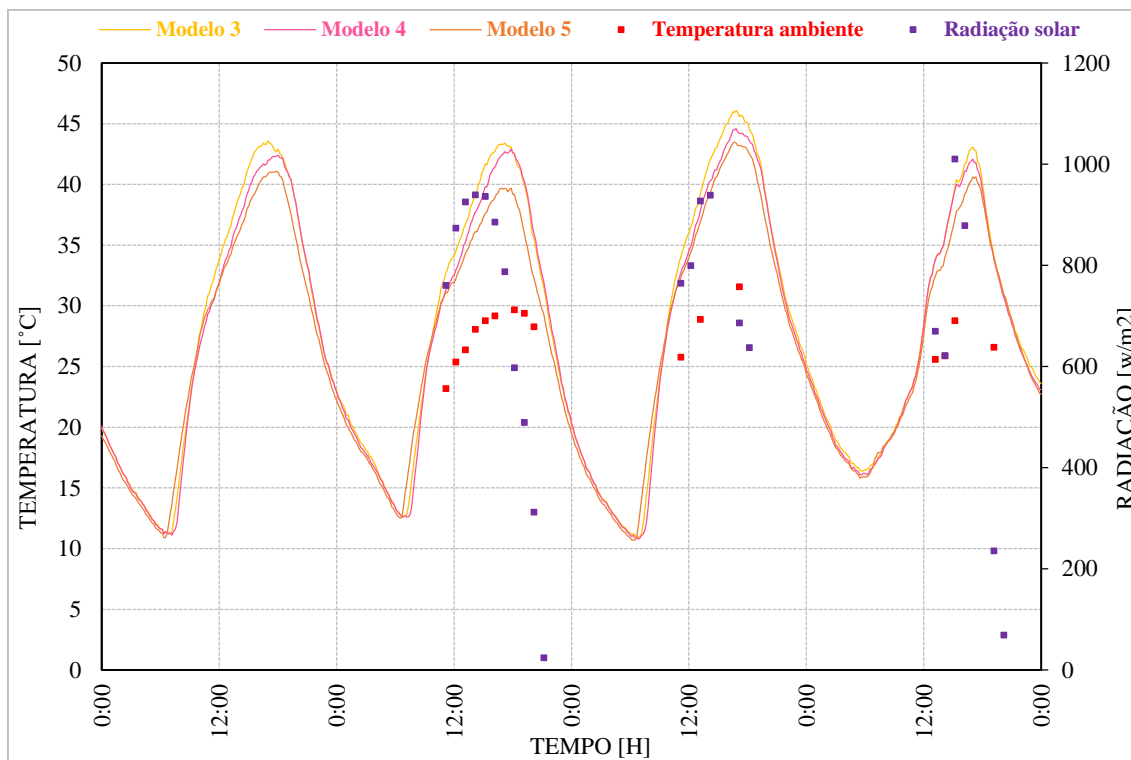


Gráfico 5 - Variação das temperaturas superficiais a norte dos modelos - 1ºensaio

O Gráfico 6 apresenta a variação da temperatura das caixas-de-ar dos modelos com parede de trombe, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. As temperaturas atingidas nas caixas-de-ar dos modelos são cerca de 20 graus superiores à temperatura do ambiente exterior.

Fazendo apenas a comparação entre as temperaturas superficiais nas caixas-de-ar dos modelos verificou-se que durante o dia o granito aquece menos que as restantes superfícies, provavelmente devido à cor, pois a parede de granito é cinzenta e as restantes são pretas, no entanto, durante a noite a parede de granito mantém a caixa-de-ar mais tempo quente.

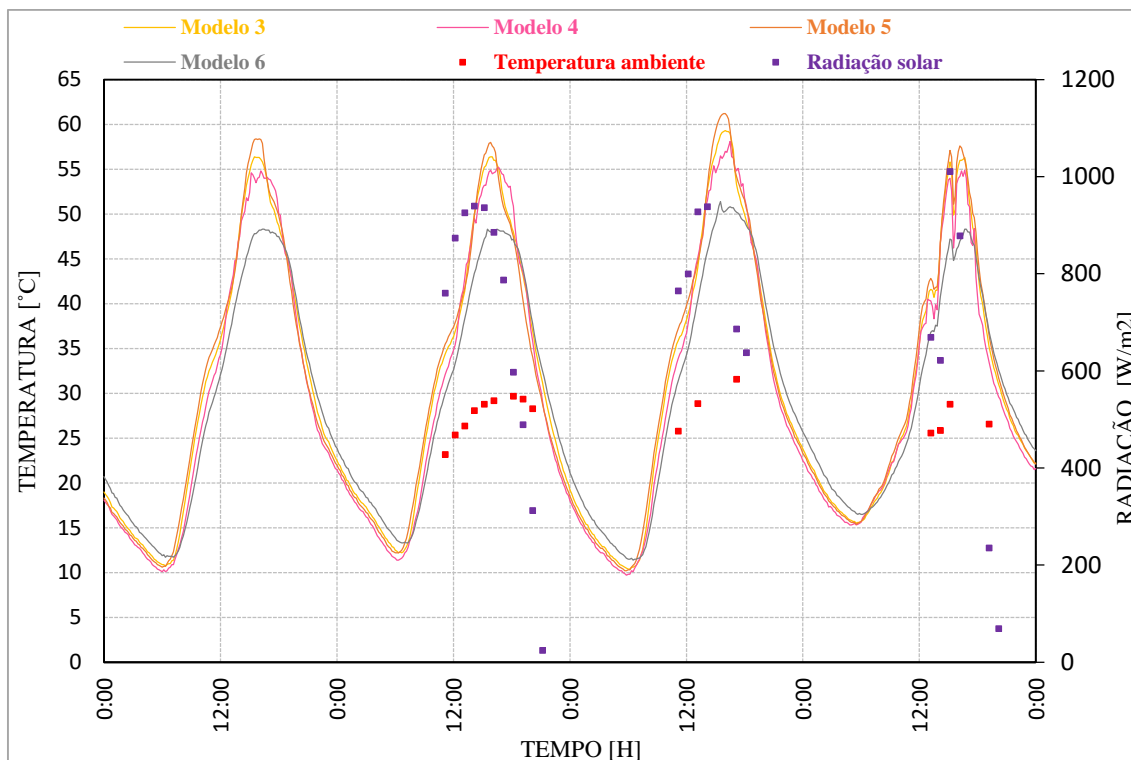


Gráfico 6 - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 1º ensaio

## 6.2.2 – RESULTADOS DO 2º ENSAIO

O 2º ensaio fez-se com as mesmas características do ensaio anterior, apenas se alterou a cor da parede estrutural do modelo 6. Com isto, temos: O modelo 1 (homogéneo em argamassa), o modelo 2 (a fachada principal em acrílico) e os modelos 3, 4, 5 e 6 (a fachada principal com parede de trombe, pintada de preto). Os modelos com sistema construtivo em parede de trombe funcionaram com o sistema do tipo não ventilado.

Os dados de temperatura e radiação exterior e os valores de temperaturas dos modelos foram registados pelo equipamento de monitorização. Todos estes parâmetros aparecem graficamente em pontos unidos por linhas.

O Gráfico 7 apresenta a variação da temperatura interior dos modelos de teste, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Através da representação, verifica-se que as temperaturas atingidas no interior dos modelos durante o dia são cerca de 8 graus superiores à temperatura do ambiente exterior, isto deve-se ao facto de os modelos de teste serem demasiado pequenos e o calor absorvido ter sido muito elevado.

Fazendo apenas a comparação entre as temperaturas no interior dos modelos verificou-se que é muito semelhante ao observado no primeiro ensaio.

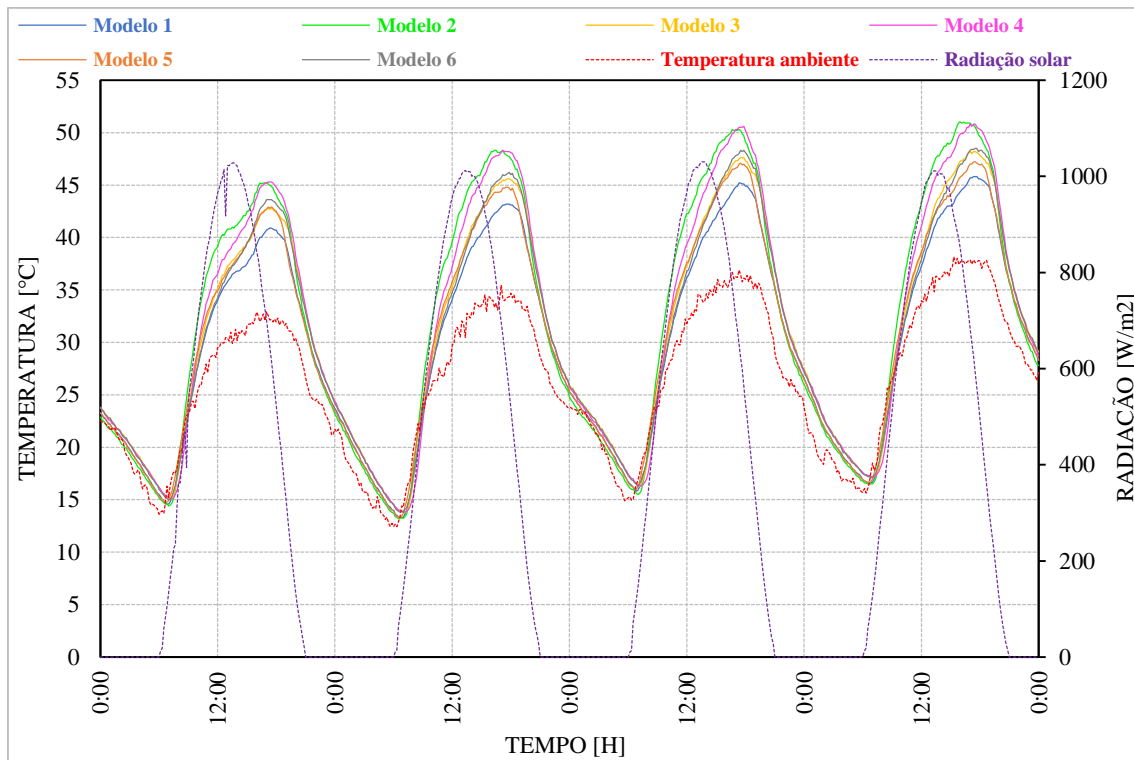


Gráfico 7 - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 2ºensaio

O Gráfico 8 apresenta a variação da temperatura das paredes viradas a sul, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. As temperaturas atingidas nas superfícies dos modelos são cerca de 10 graus superiores à temperatura do ambiente exterior.

Fazendo apenas a comparação entre as temperaturas superficiais dos modelos verificou-se que o modelo de parede trombe com PCM está muito próximo do modelo com parede de trombe em granito, mas não é muito significativo.

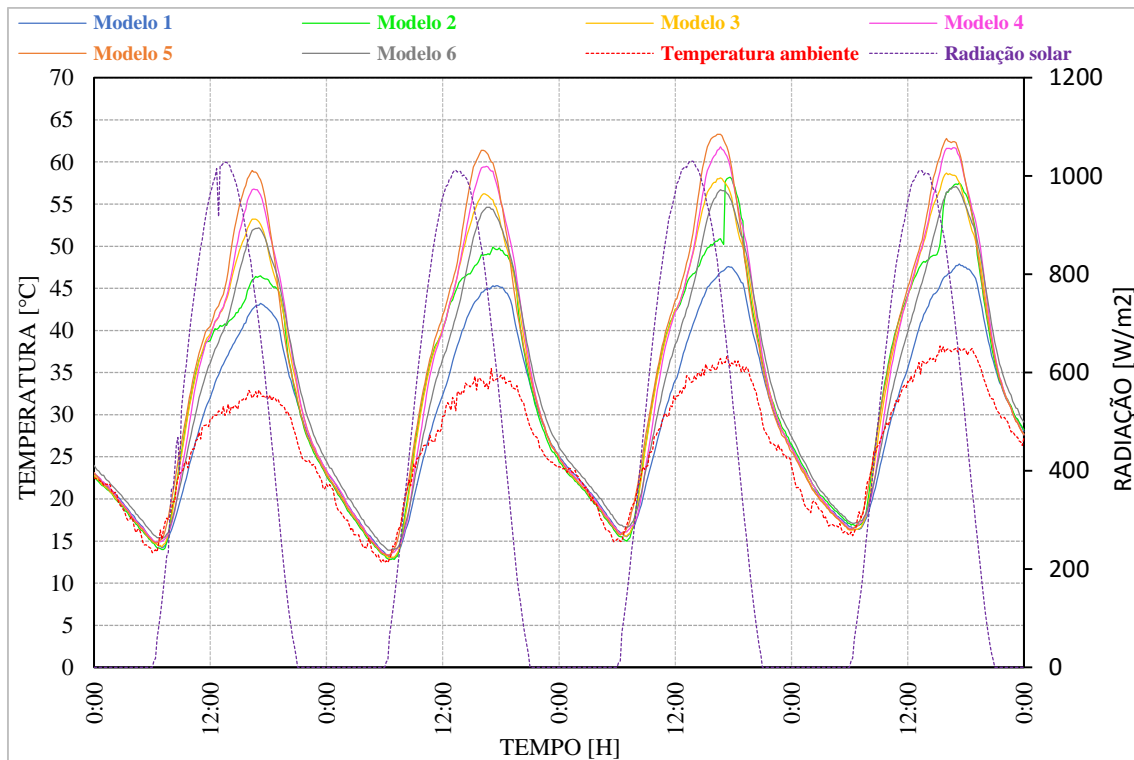


Gráfico 8 - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 2ºensaio

O Gráfico 9 apresenta a variação da temperatura das caixas-de-ar dos modelos com parede de trombe, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. As temperaturas atingidas nas caixas-de-ar dos modelos são cerca de 25 graus superiores a temperatura do ambiente exterior.

Esta comparação permitiu analisar as temperaturas superficiais nas caixas-de-ar dos modelos tendo-se verificado que durante o dia o granito e a argamassa com parafina aquece menos que as restantes superfícies, devido às suas propriedades, no entanto durante a noite a de granito mantém-se quente durante mais tempo.

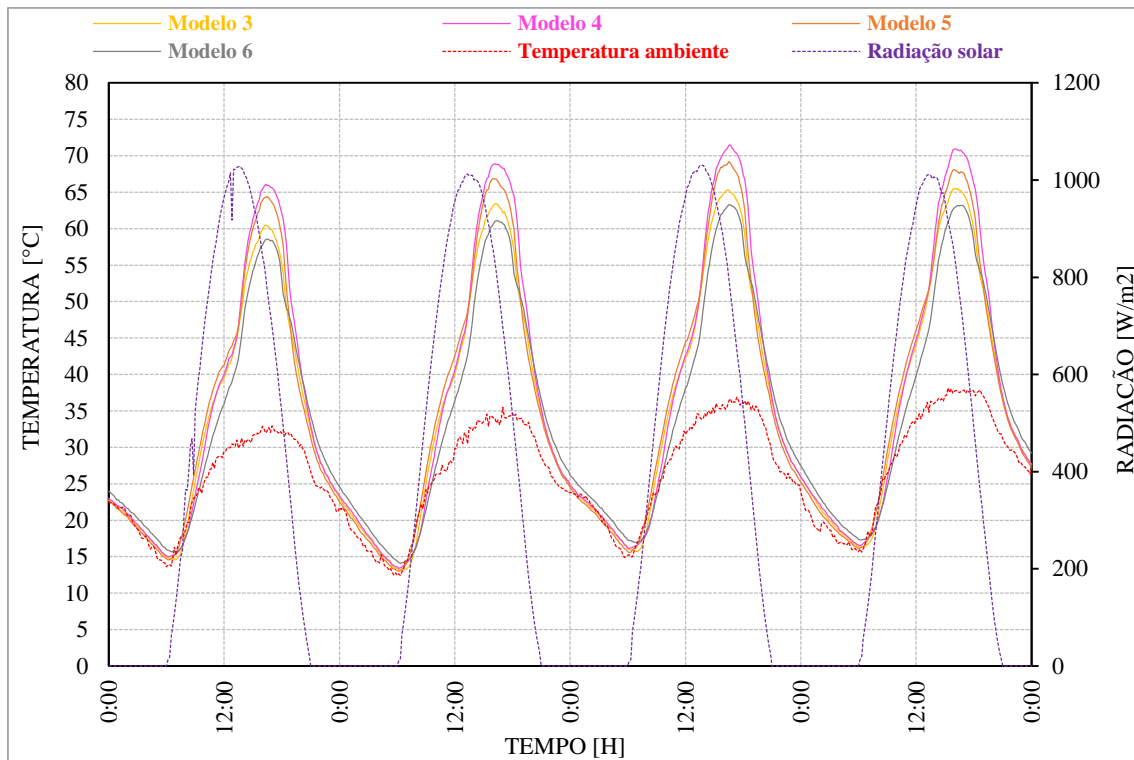


Gráfico 9 - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 2ºensaio

Comparando o 1º e o 2º ensaio, têm diferenças a nível da cor na parede de trombe em granito. Esta alteração fez-se para maior captação de energia solar e esperam-se temperaturas mais elevadas na superfície em granito preto.

O Gráfico 10 apresenta as comparações feitas para o modelo 6, onde podemos verificar que no segundo ensaio onde a parede de granito foi pintada de preto os valores de temperatura subiram significativamente em comparação com o primeiro ensaio. No entanto a temperatura exterior também aumentou do primeiro para o segundo ensaio. Verificou-se uma alteração a nível de temperatura atingida.

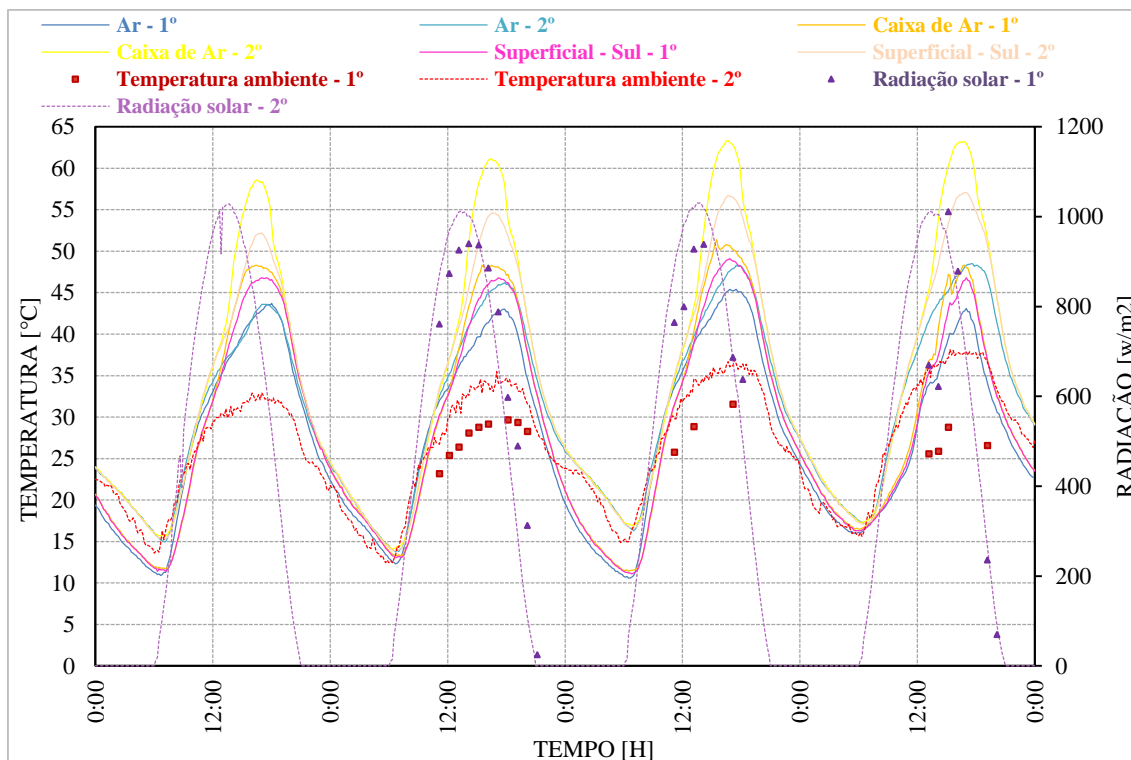


Gráfico 10 - Variação das temperaturas no modelo 6 na comparação do 1º e do 2º ensaio

### 6.2.3 – RESULTADOS DO 3º ENSAIO

No 3º ensaio em relação ao 2º ensaio os modelos com parede de trombe 3, 4 e 5 passaram a funcionar no sistema ventilado. O ensaio consiste na monitorização dos seis modelos em simultâneo, com as seguintes características: O modelo 1 (homogéneo em argamassa), o modelo 2 (a fachada principal em acrílico) e os modelos 3, 4, 5 e 6 (a fachada principal com parede de trombe, pintada de preto). Os modelos 3, 4 e 5 com sistema construtivo em parede de trombe funcionaram do tipo ventilado, enquanto, o modelo 6 funcionou do tipo não ventilado.

Os dados de temperatura e radiação exterior e os valores de temperaturas dos modelos foram registados pelo equipamento de monitorização. Todos estes parâmetros aparecem graficamente em pontos unidos por linhas.

O Gráfico 11 apresenta a variação da temperatura interior dos modelos de teste, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Através da representação, verifica-se que as temperaturas atingidas no interior dos modelos durante o dia são cerca de 10 graus superiores à temperatura do ambiente exterior, isto deve-se ao facto de os modelos de teste serem demasiado pequenos e o calor absorvido ser elevado.

Fazendo apenas a comparação entre as temperaturas no interior dos modelos verificou-se que é muito semelhante ao observado no primeiro e no segundo ensaio.

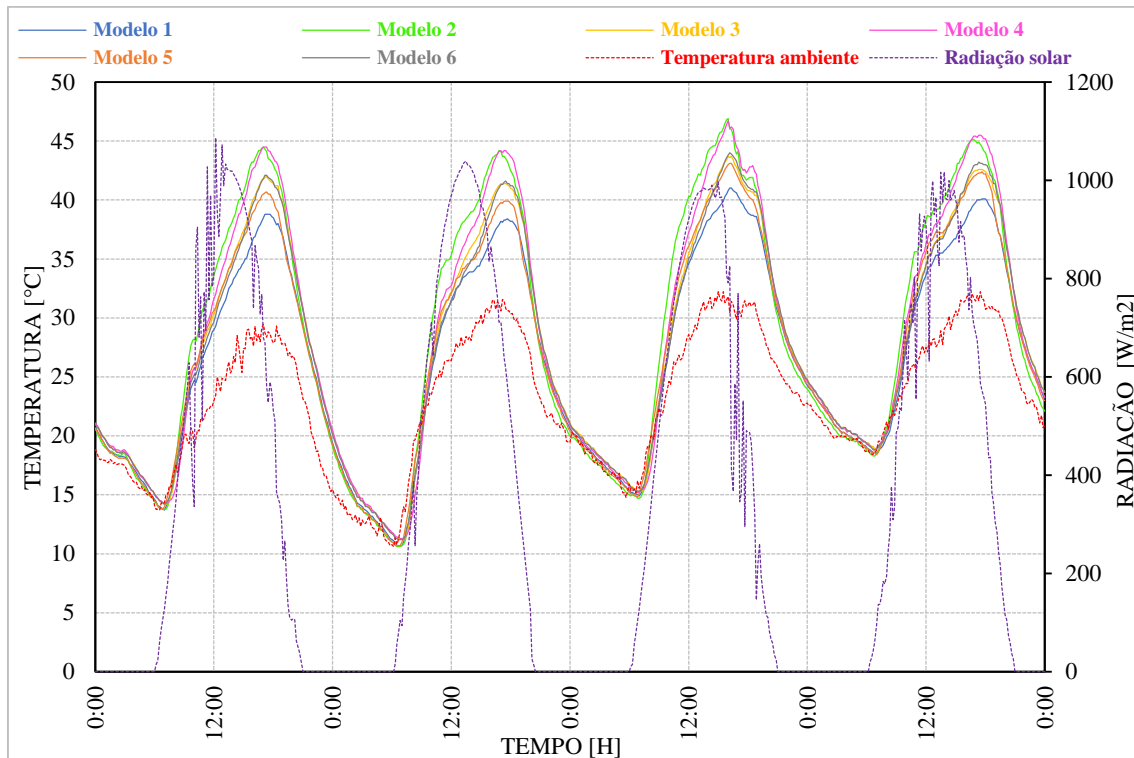


Gráfico 11 - Variação das temperaturas do ar interior dos modelos - 3º ensaio

O Gráfico 12 apresenta a variação da temperatura das paredes viradas a sul, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. As temperaturas atingidas nas superfícies dos modelos são cerca de 10 graus superiores a temperatura do ambiente exterior.

Fazendo apenas a comparação entre as temperaturas superficiais dos modelos verificou-se que o modelo de parede de trombe com PCM atinge temperaturas muito próximo do modelo de parede trombe em granito.

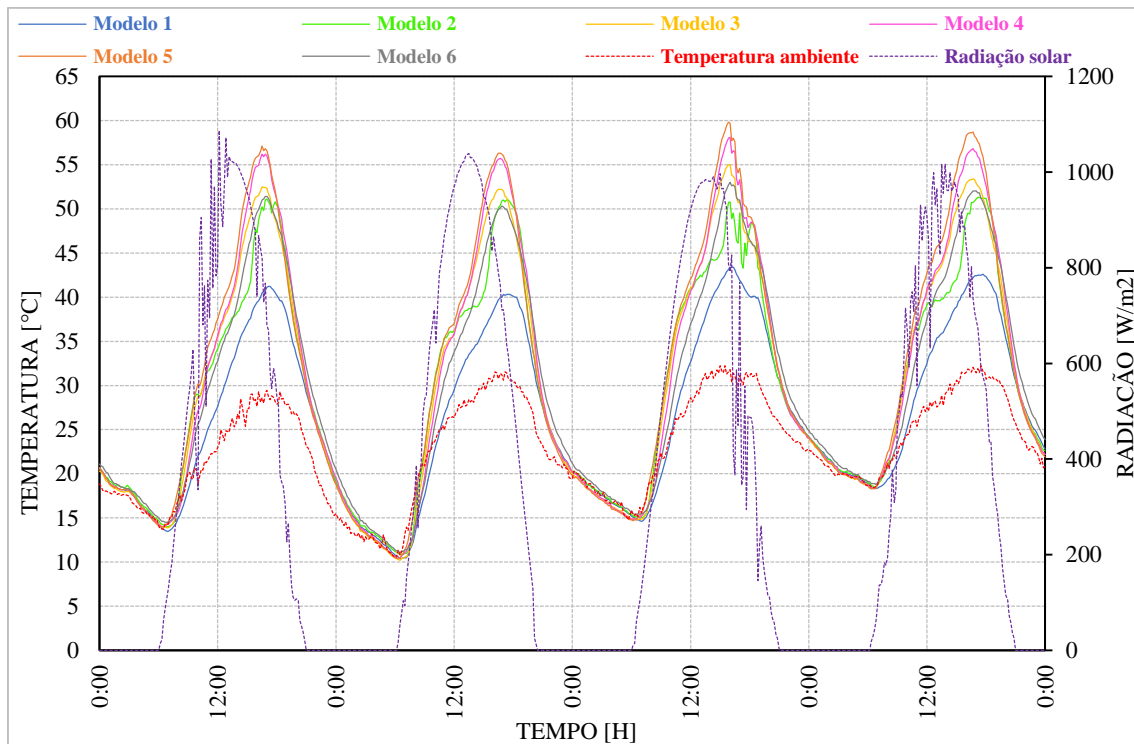


Gráfico 12 - Variação das temperaturas superficiais a sul dos modelos - 3ºensaio

O Gráfico 13 apresenta a variação da temperatura das caixas-de-ar dos modelos com parede de trombe, a temperatura exterior e a radiação incidente nos modelos. Através da representação gráfica verifica-se que as temperaturas atingidas nas caixas-de-ar dos modelos são cerca de 30 graus superiores à temperatura do ambiente exterior.

Quanto às temperaturas superficiais nas caixas-de-ar dos modelos verificou-se que durante o dia o granito aquece menos que as restantes superfícies, devido às suas propriedades, e durante a noite ao granito mantém-se quente durante mais tempo.

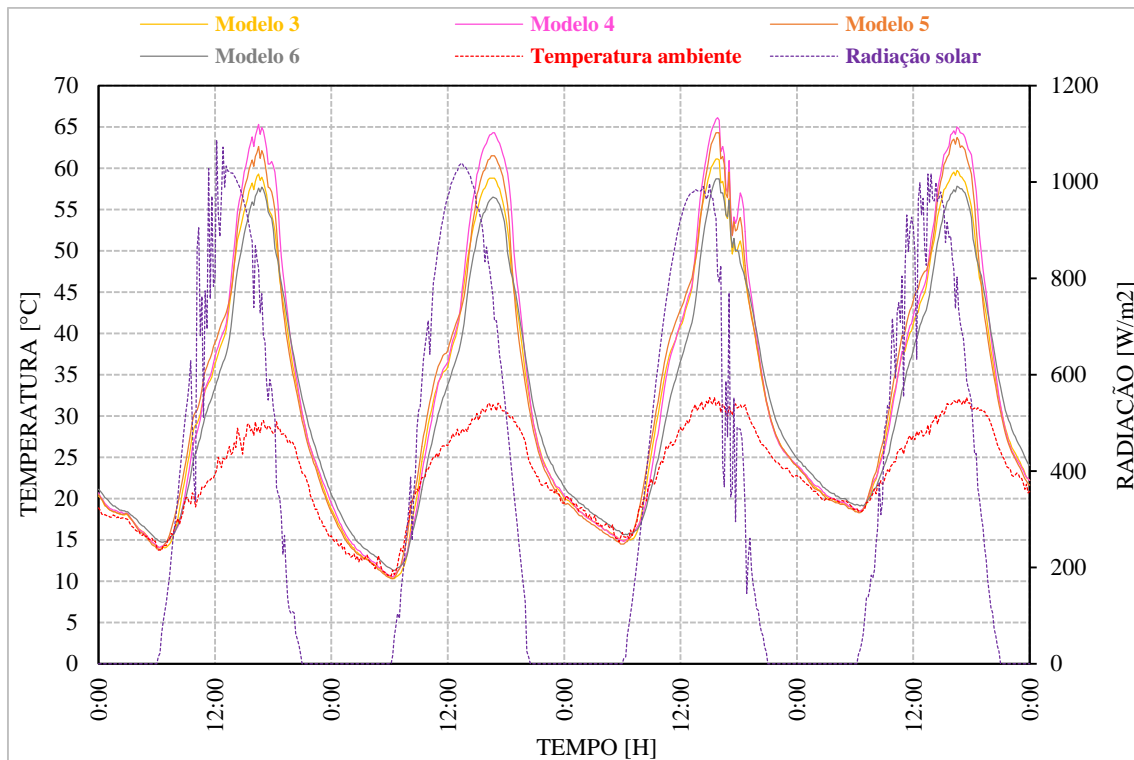


Gráfico 13 - Variação das temperaturas na caixa-de-ar dos modelos - 3º ensaio

Comparando o 2º e o 3º ensaio, os modelos 3, 4 e 5 têm diferenças significativas na parede de trombe. No segundo ensaio as paredes estruturais foram usadas com um pano de parede, designadas de não ventiladas. No terceiro ensaio, no pano de parede, foram abertos orifícios para ventilação do sistema. Entre os dois ensaios avaliou-se o mais vantajoso.

Os Gráfico 14, Gráfico 15 e Gráfico 16 apresentam as comparações feitas para os modelos 3, 4 e 5, respetivamente, apresentando-se dois ensaios em cada gráfico, em que se estudou a solução de parede trombe não ventilada e ventilada. Pode concluir-se que as paredes ventiladas permitem uma menor temperatura interior durante o dia e à noite mantém essa temperatura, mas mais uma vez esta comparação não é muito significativa pois as temperaturas exteriores dos dois ensaios variaram entre elas em cerca de 5 graus.

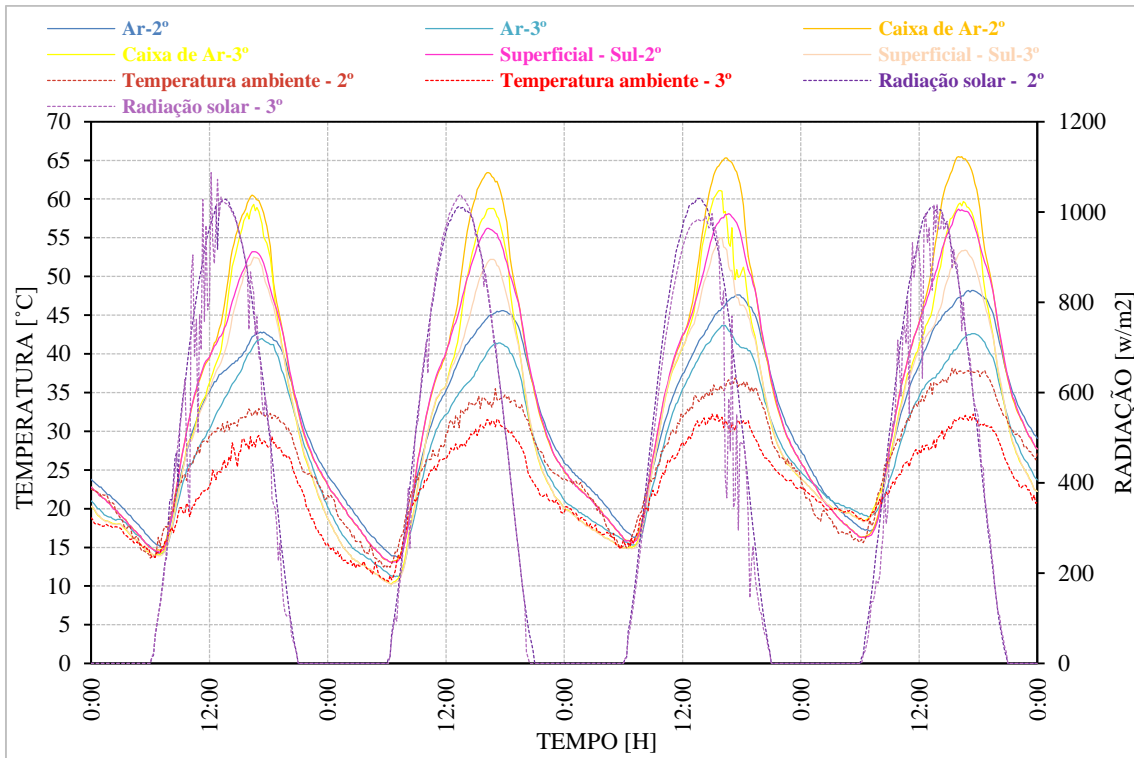


Gráfico 14 - Variação das temperaturas no modelo 3 na comparação do 2º e do 3º ensaio

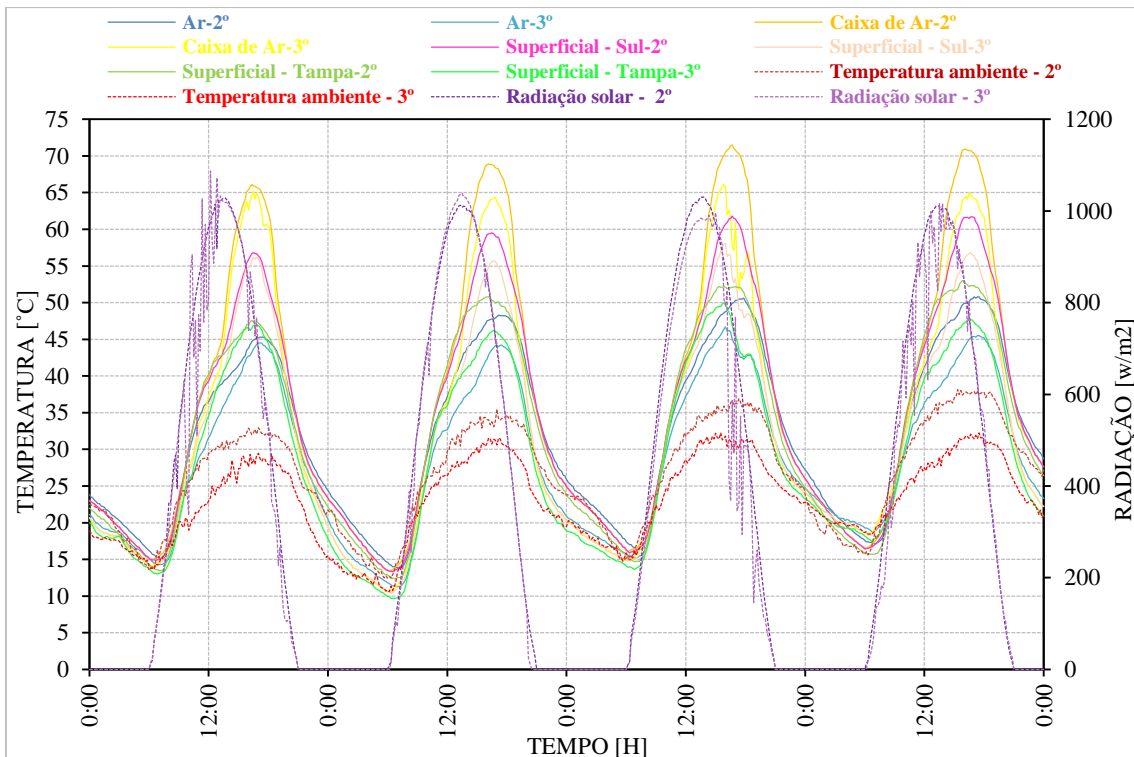


Gráfico 15 - Variação das temperaturas no modelo 4 na comparação do 2º e do 3º ensaio

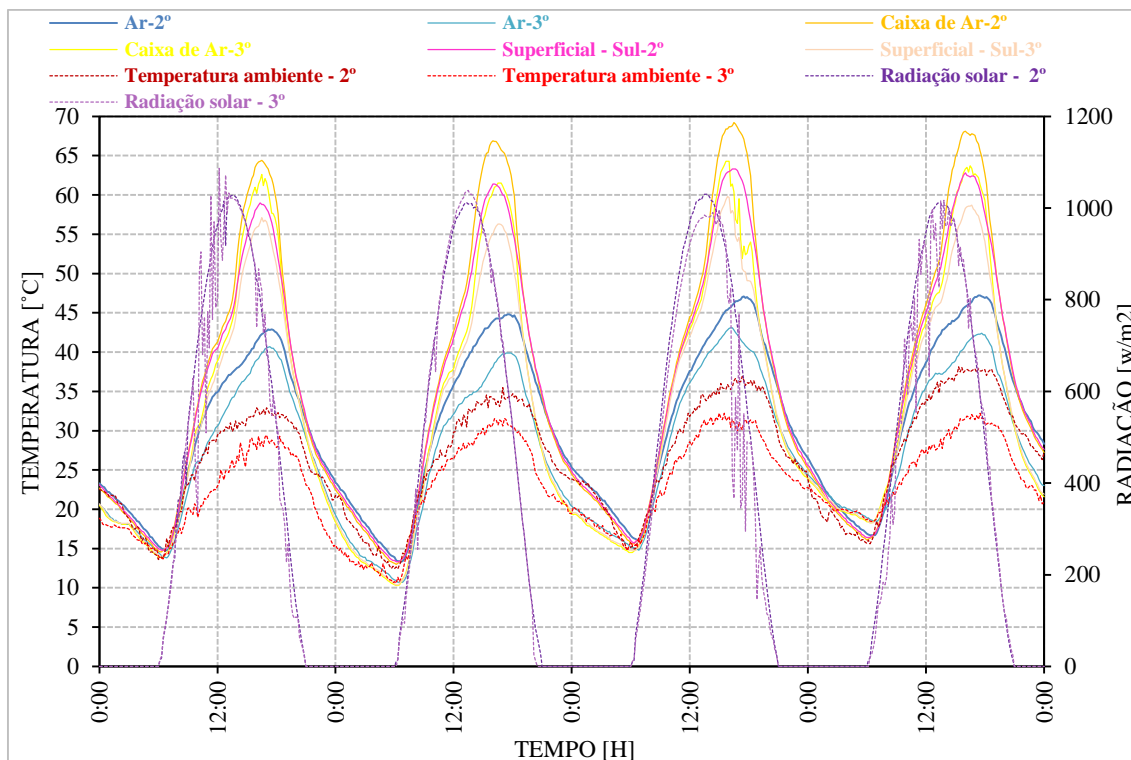


Gráfico 16 - Variação das temperaturas no modelo 5 na comparação do 2º e do 3º ensaio

### 6.3 – MONITORIZAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Os ensaios de monitorização da condutividade térmica dos seis modelos de teste foram realizados e são apresentados seguidamente. O equipamento de monitorização mediu ao longo de três dias de 10 em 10 minutos a condutividade das paredes da fachada principal de cada um dos modelos de teste. Os valores registados estão todos dentro da mesma gama, no entanto obtiveram-se valores de pico que foram desprezados, estes valores foram obtido devido a pequenas perturbações atmosféricas e ao facto do equipamento de monitorização já não ser calibrado há algum tempo.

Após a medição de valores instantâneos de condutividade térmica, fez-se a seleção dos valores obtidos, aproveitando-se apenas os valores coerentes, ou seja, dentro da variação dita normal. Para cada modelo de teste com os valores selecionados calculou-se um valor médio da condutividade térmica.

Determinou-se ainda a condutividade térmica pelo método analítico, uma vez que os modelos não estiveram sujeitos a radiação solar, os valores calculados para os modelos 4 e 5, não são exatos, pois não foram encontrados valores de coeficiente de transmissão térmica ( $\lambda$ ) para os materiais de mudança de fase usados. A Tabela 10 apresenta os valores de condutividade térmica obtidos por ambos os métodos.

Tabela 10 – Valores de condutividade térmica

| Modelo | U_medido<br>[w/m <sup>2</sup> .k] | U_calculado<br>[w/m <sup>2</sup> .k] |
|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1      | 4,17                              | 5,41                                 |
| 2      | -                                 | -                                    |
| 3      | 2,84                              | 3,03                                 |
| 4      | 3,13                              | 3,03                                 |
| 5      | 2,77                              | 3,03                                 |
| 6      | 1,67                              | 3,03                                 |

Após a análise dos valores na Tabela 10 pode verificar-se que os valores medidos são mais altos cerca de 1 w/m<sup>2</sup>.k, que os valores calculados. Esta diferença pode ser devida à falta de calibração do aparelho de monitorização da condutividade térmica, o que o torna menos exato nas leituras que faz. No ANEXO B, apresentam-se os cálculos analíticos e as tabelas com os valores registados pelo equipamento de monitorização.

#### 6.4 – CONCLUSÕES

A investigação experimental apresentada neste capítulo teve como principal objetivo observar o comportamento dos PCM incorporados na argamassa aplicada ao sistema construtivo parede de trombe, quando submetidos a ciclos de temperatura característicos da estação de aquecimento.

Feitos os ensaios, pode concluir-se que os seis modelos têm comportamentos semelhantes. No entanto são notórias as diferenças existentes entre os ensaios, ou seja, do primeiro para o segundo ensaio nota-se nas temperaturas monitorizadas que o modelo 6, com a parede pintada de preto (2ºensaio) funciona melhor que a cinzenta (1ºensaio). Por outro lado entre o segundo e o terceiro ensaio verifica-se que o sistema ventilado (3ºensaio) funciona melhor que o não ventilado (2º ensaio), sendo no entanto a escala reduzida, pois os modelos também são pequenos e a espessura das paredes envolventes também é reduzida e não contem qualquer tipo de isolamento ou camada de revestimento.

Comparando os resultados obtidos com os de outras investigações anteriores [6, 12, 15], apesar das diferenças principalmente a nível do sistema construtivo, das camadas constituintes das paredes envolventes e da estação ser de arrefecimento, podemos afirmar que os resultados deste trabalho são mais vantajosos e conclusivos, pois comparamos vários materiais, concluindo que uma parede de trombe com 1,5 [cm] de argamassa com 30% de PCM, pode funcionar da mesma forma que a mesma parede com 2 [cm] de granito. Os

resultados obtidos, num modelo com uma fachada em parede de trombe sem isolamento foram similares aos obtidos por outros investigadores construindo um modelo com as mesmas dimensões que as estudadas neste trabalho, no entanto as paredes envolventes continham várias camadas como revestimento e isolamento.

Quanto ao estudo da condutividade térmica verifica-se que com a adição de PCM, a argamassa cimentícia ao traço 1:3 tem menor condutividade térmica, o que é bom pois quanto menos condutividade térmica tiver um dado elemento melhor se comporta esse elemento a nível térmico. E para além disso um elemento com adição de PCM torna-se mais leve. Nos ensaios verificou-se que o granito é melhor que a argamassa com 30% de PCM, que por sua vez é melhor que a argamassa cimentícia tradicional. No entanto a parede de granito tem 2 [cm] de espessura, enquanto as paredes de argamassa com 30% de PCM e de argamassa cimentícia, apenas têm 1,5 [cm].

## **CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS**

### **7.1 – CONCLUSÕES GERAIS**

No presente trabalho foi estudado o sistema solar passivo (parede de trombe), com incorporação de materiais de mudança de fase em argamassas cimentícias. Para construção / monitorização dos modelos de teste teve-se em atenção diversas áreas tais como: os materiais de mudança de fase (PCM), as argamassas com incorporação de PCM, o sistema construtivo parede de trombe, o estudo da condutividade térmica e os equipamentos de monitorização a utilizar.

O trabalho experimental iniciou-se com o estudo prévio / ensaios preliminares em provetes cúbicos, onde se definiu, que a percentagens de PCM a utilizar na execução dos modelos de teste seria de 30%. Este valor de acordo com a bibliografia consultada, é percentagem mais favorável quer a nível económico e quer de eficácia do material. Para um estudo mais detalhado das argamassas, fez-se a caracterização mecânica com ensaios de aderência e de compressão, com o que se concluiu que nas argamassas com adição de PCM a resistência fica reduzida em 50% comparativamente com as argamassas cimentícias tradicionais.

Caracterizados os materiais, executaram-se os seis modelos de teste com dimensões semelhantes às já usadas em trabalhos anteriores. No entanto, devido à quantidade reduzida de PCM disponível para cada ensaio apenas se aplicou 30% de PCM (Octadecano / Parafina) na fachada com parede de trombe dos modelos de teste, em vez de em todas as envolventes dos modelos. Após a monitorização dos modelos a nível do seu comportamento térmico, pode ser escolhido o modelo mais vantajoso de acordo com as temperaturas registadas.

Realizaram-se três ensaios distintos, cada um deles com a duração de 4 dias e ao longo dos ensaios os modelos foram sendo alterados fazendo-se ensaios com modelos com e sem parede de trombe, pintados de preto e sem estarem pintados de preto, ventilados e não ventilados.

Do primeiro para o segundo ensaio variou a cor da parede de trombe de granito, ou seja no primeiro ensaio a parede de granito era cinzenta e no segundo o granito foi pintado de preto, onde se conclui que no segundo ensaio se tira mais proveito, pois as temperaturas atingidas são de maior conforto que as atingidas no primeiro ensaio e assim com todos os modelos pintados de cor escura, passou-se a ter uma base comparativa entre os modelos de parede de trombe.

Do segundo para o terceiro ensaio variou o funcionamento do sistema passivo de três dos modelos de teste, ou seja, no segundo ensaio o sistema foi não ventilado, enquanto, que no terceiro ensaio o sistema foi ventilado. Após os ensaios concluiu-se que o sistema mais vantajoso é o ventilado, ou seja, permite um maior conforto térmico quer durante o dia quer durante a noite, pois permite a troca de ar entre o sistema construtivo e o espaço interior dos modelos de teste.

Quanto à condutividade térmica, verificou-se que o modelos com parede de trombe em granito e com parede de trombe em PCM – Parafina apresentam valores bastantes interessantes pois apresentam uma condutividade térmica mais baixa que os restantes modelos, o que demonstra que o granito e o PCM – Parafina não permitem o desperdício / dissipação da energia no interior dos edifícios.

Acredita-se que os resultados apresentados neste trabalho contribuiriam para melhorar o conhecimento acerca dos materiais de mudança de fase, assim como, a sua contribuição no sistema construtivo – parede de trombe. No entanto, ficaram por responder outras questões pelo que se sugerem, de seguida, alguns trabalhos futuros.

## **7.2 – TRABALHOS FUTUROS**

De modo a melhorar e enriquecer os resultados desta investigação sugere-se:

- A monitorização térmica dos modelos na estação de Inverno;
- A colocação de sistemas de sombreamento na fachada com sistema construtivo do tipo parede de trombe;
- Revestimento exterior impermeabilizante aplicado nos modelos de teste;
- Melhoramento do funcionamento do sistema ventilado da parede de trombe, de modo a simular o uso comum;
- Repetição do estudo com outros tipos de materiais de mudança de fase;
- Criação de modelos de teste de maiores dimensões;
- Incorporação de ácidos gordos de origem animal / vegetal, abundantes em Trás-os-Montes, como PCM para a produção de materiais, visando o aumento da eficiência energética;
- Desenvolvimento de modelos numéricos representativos das situações estudadas e para previsão de comportamentos futuros;
- Estudo mais aprofundado das características mecânicas, com outros tipos de ensaios de caracterização das argamassas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- [1] P. J. S. Tristão, “Encapsulação de Materiais de Mudança de Fase (PCM) para Aplicações no Armazenamento de Energia,” Para obtenção do grau de Mestre em Energias Renováveis e Eficiência Energética, Relatório Final de Projeto apresentado na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Bragança, Novembro de 2014.
- [2] I. d. i. e. e. t. e. c. d. construção, “REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH),” SÍNTESE DA REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL (Decreto-Lei, Portaria e Despachos), DL118/2013 DE 20 DE AGOSTO.
- [3] N. T. D. F. d. Silva, “Incorporação de Materiais de mudança de fase em materiais de construção,” Tese de mestrado em Engenharia Civil/Materiais, reabilitação e sustentabilidade na construção, Universidade do Minho, Escola de engenharia, Abril de 2009.
- [4] T. Pacson, “Introduction to Phase Change Materials: Building Applications,” EECE 492: Distributed Energy Systems Management, April 8, 2011.
- [5] D. d. S. Oliveira, “Identificação do tipo e quantidade de PCM adequado ao clima Português,” Tese de Mestrado Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Outubro de 2012.
- [6] A. M. V. D. O. e. Sá, “Comportamento térmico de edifícios em Portugal usando materiais de mudança de fase,” Dissertação submetida para obtenção do grau de doutor , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, JULHO 2012.
- [7] A. C. Martins, “CONTRIBUIÇÃO DA PAREDE DE TROMBE NA REDUÇÃO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS DOS EDIFÍCIOS,” Dissertação apresentada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, Escola de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Civil, UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, 2009/2010.
- [8] L. F. C. G. Carneiro, “Resistência a Altas Temperaturas de Argamassas Com Incorporação de Materiais de Mudança de Fase (PCM),” Tese de Mestrado Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, novembro de 2013.
- [9] A. J. S. CASTILHO, “SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO EFEITO DE PCM NO CONFORTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS CASO DE ESTUDO DA FEUP,” DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL (MIEC), JULHO DE 2014 .

- [10] T. B. D. Durães, “Identificação do Tipo e Quantidade de PCM Adequado ao Clima Português – LISBOA,” Universidade do Minho, Tese de Mestrado Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Civil, Outubro de 2013.
- [11] A. C. Pereira, “O Armazenamento de Energia Térmica para aquecimento por Calor Latente (P.C.M,s),” M.Sc. Engenheiro Mecânico (U.P.), 2013.
- [12] A. C. B. d. Sá, “Parede de Trombe: Análise Experimental e Simulação de Desempenho Térmico,” UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR , engenharia, Tese para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil (3º ciclo de estudos), Covilhã, Dezembro de 2011.
- [13] “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE),” , Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril.
- [14] N. Portuguesa, “Especificação de argamassas para alvenarias. Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores,” NP EN 998-1 (CEN 2010).
- [15] H. B. d. Santos, “ENSAIO DE ADERÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO,” Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Dezembro de 2008.
- [16] M. J. d. E. Ferreira, “Análise das características mecânicas de amostras de argamassas pré-doseadas,” Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Novembro de 2012.
- [17] E. 1015-11:1999, “Methods of test mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strenght of hardened mortar,” European Committee for Standardization, Bruxelas, Jul.1999 .
- [18] B. d. V. Mendonça, “Estudo do Desempenho das Argamassas Hidráulicas, Influência do Ligante,” Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Novembro de 2007 .
- [19] A. D. -. 08, “Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading,” 2013.
- [20] E. 1015-12, “Methods of test for mortar for masonry Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates,” Fev.2000 .
- [21] E. 196-1, “Methods of testing cement – Part 1:Determination of strength,” 2003.
- [22] a. e. l. Wikipédia, “Condutividade térmica,” Wikipédia, a enciclopédia livre, 10 de junho de 2015..

- [23] I. 9869, “Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance,” First edition 1994-08-01.
- [24] A. H. M. CANELAS, “ARGAMASSAS CONTENDO MICROCÁPSULAS DE MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE, PROCESSO PARA A SUA PREPARAÇÃO E SUA UTILIZAÇÃO,” Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, UNIVERSIDADE DE AVEIRO ADMINISTRAÇÃO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SANTIAGO, Junho de 2011.

**ANEXOS**  
**ANEXO A**

**ANEXO A1**

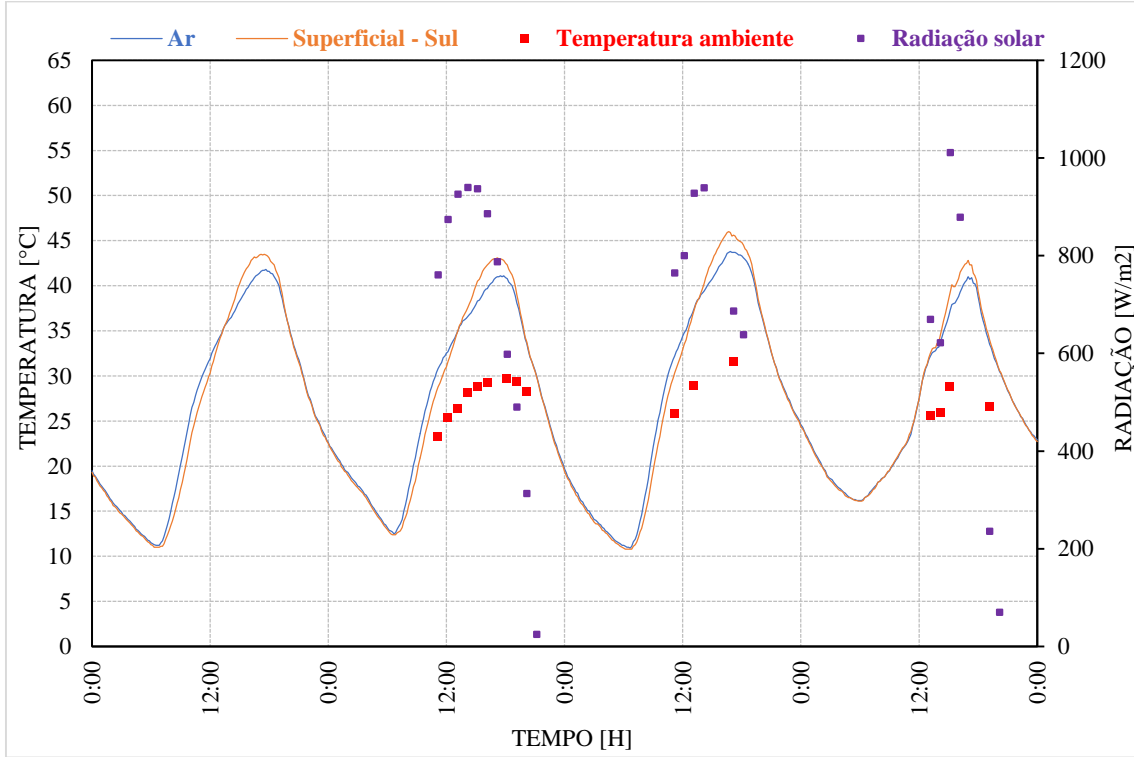


Gráfico 17 - Variação das temperaturas no modelo 1 – 1º ensaio

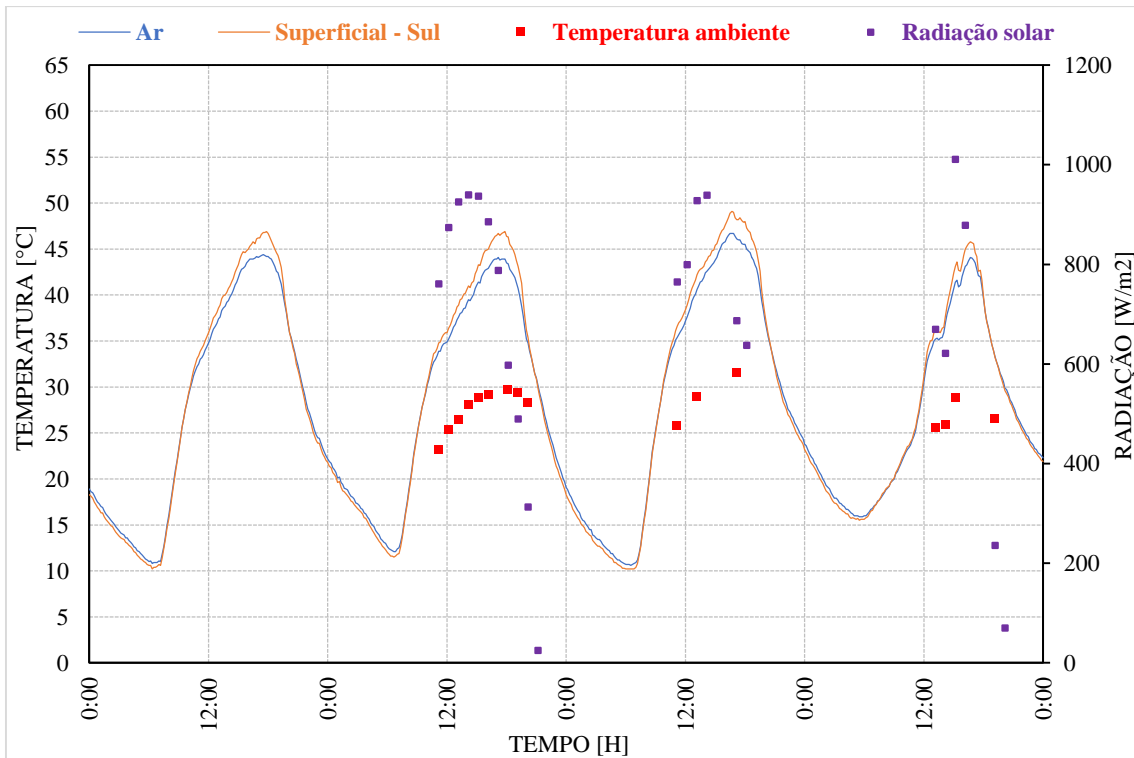


Gráfico 18 - Variação das temperaturas no modelo 2 – 1º ensaio

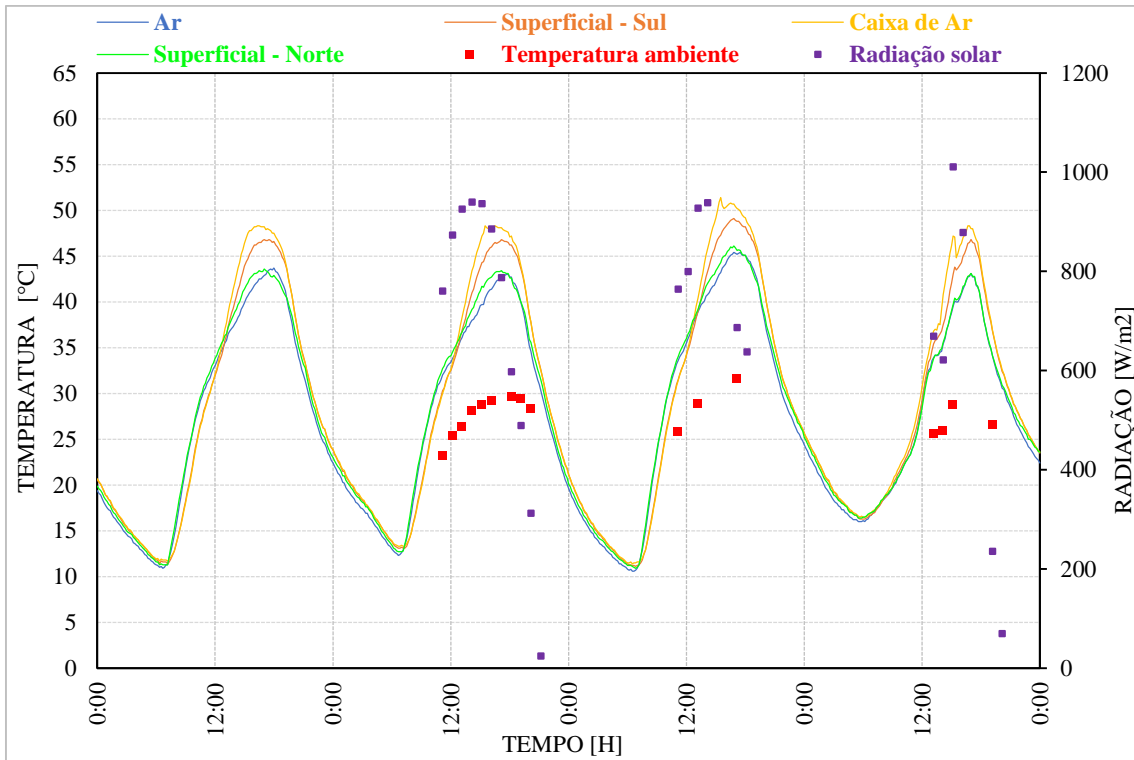


Gráfico 19 - Variação das temperaturas no modelo 3 – 1º ensaio

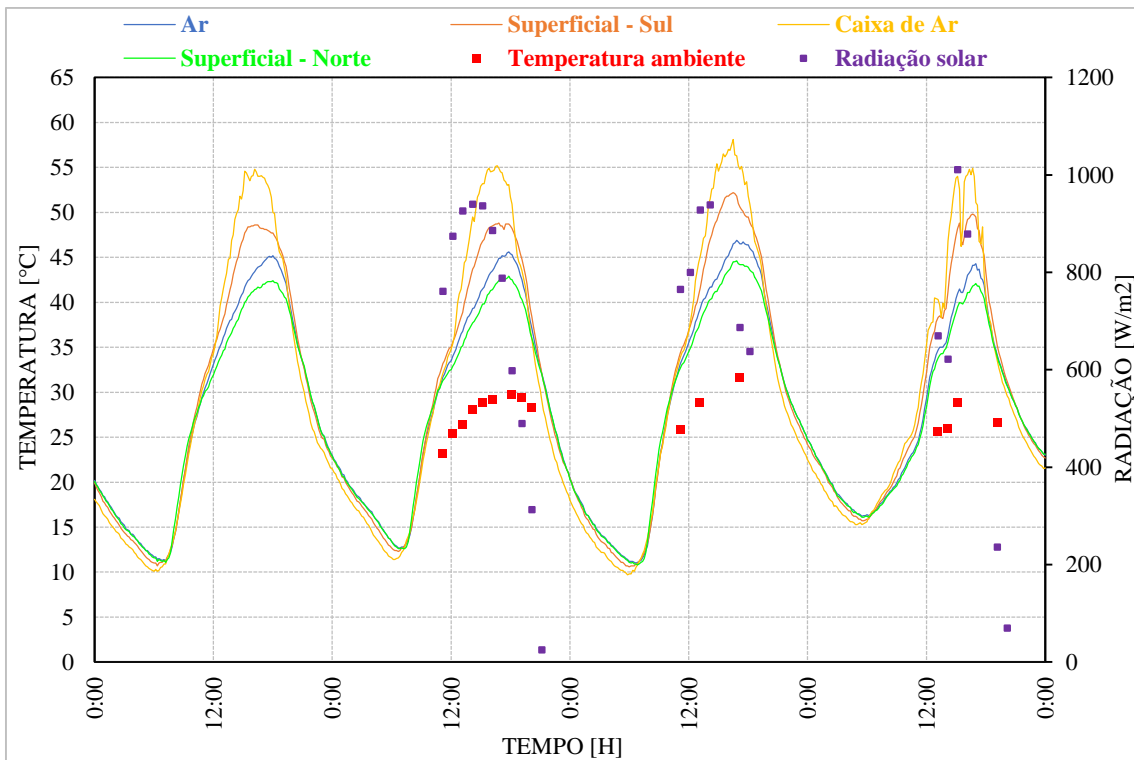


Gráfico 20 - Variação das temperaturas no modelo 4 – 1º ensaio

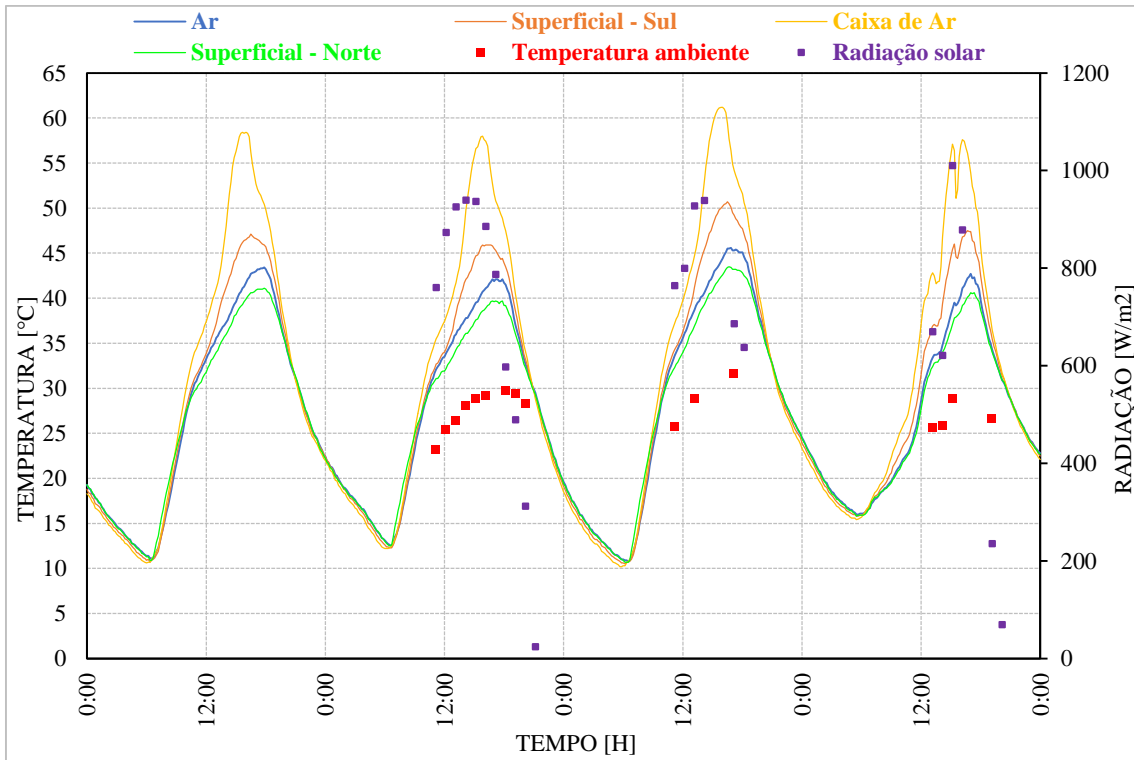


Gráfico 21 - Variação das temperaturas no modelo 5 – 1º ensaio

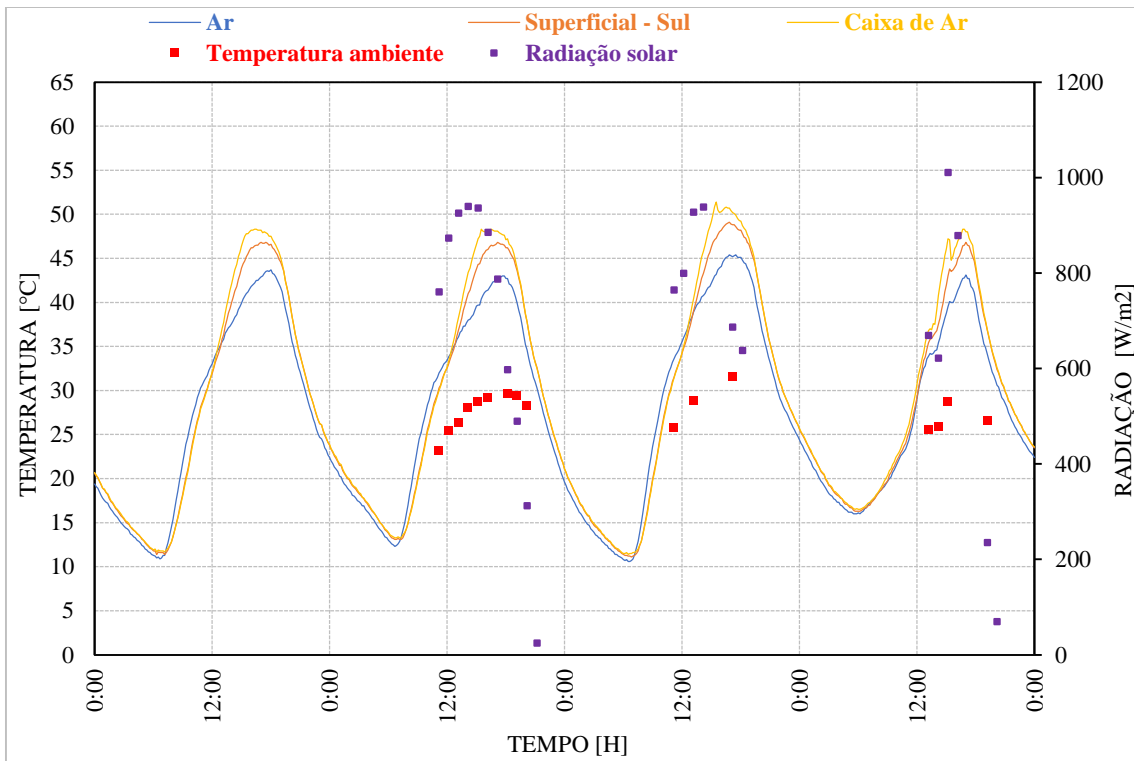


Gráfico 22 - Variação das temperaturas no modelo 6 – 1º ensaio

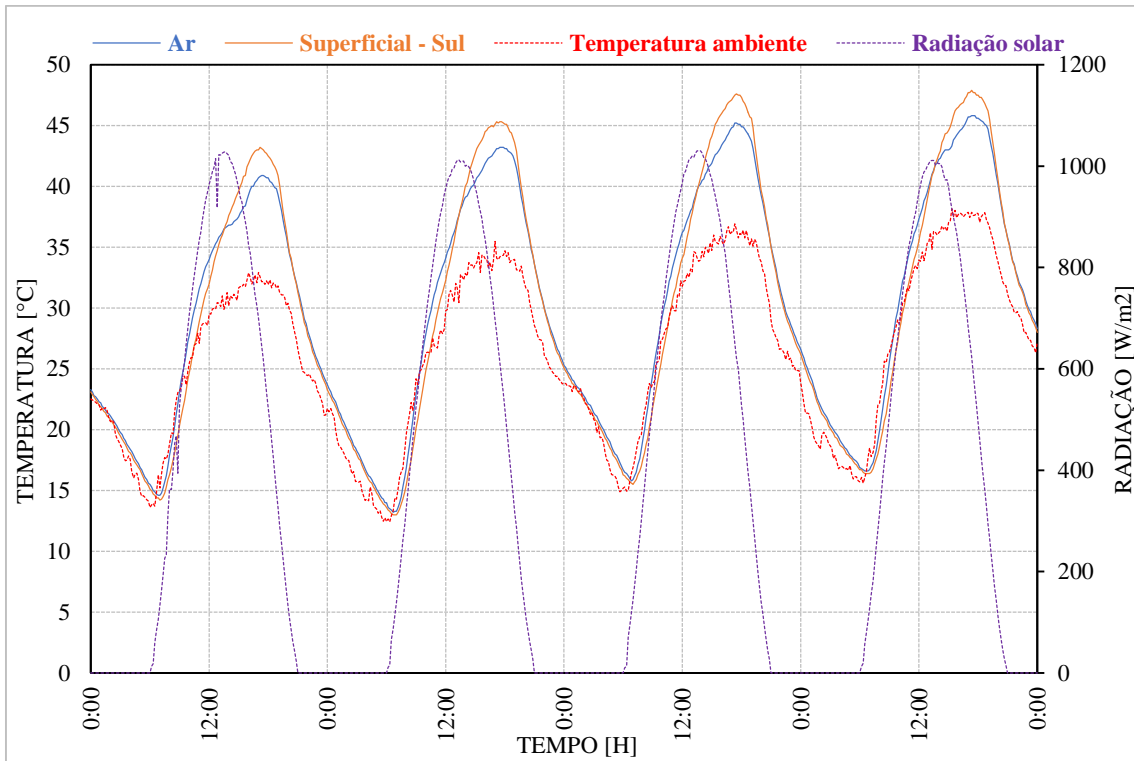


Gráfico 23 - Variação das temperaturas no modelo 1 – 2º ensaio

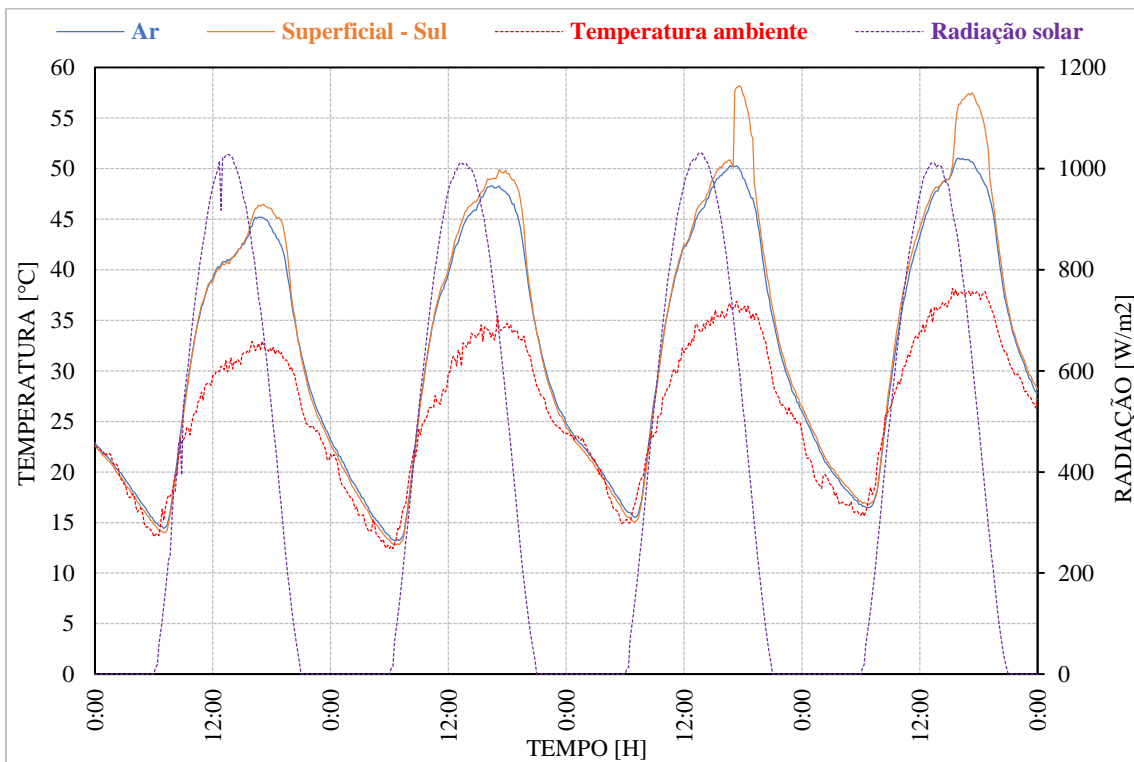


Gráfico 24 - Variação das temperaturas no modelo 2 – 2º ensaio

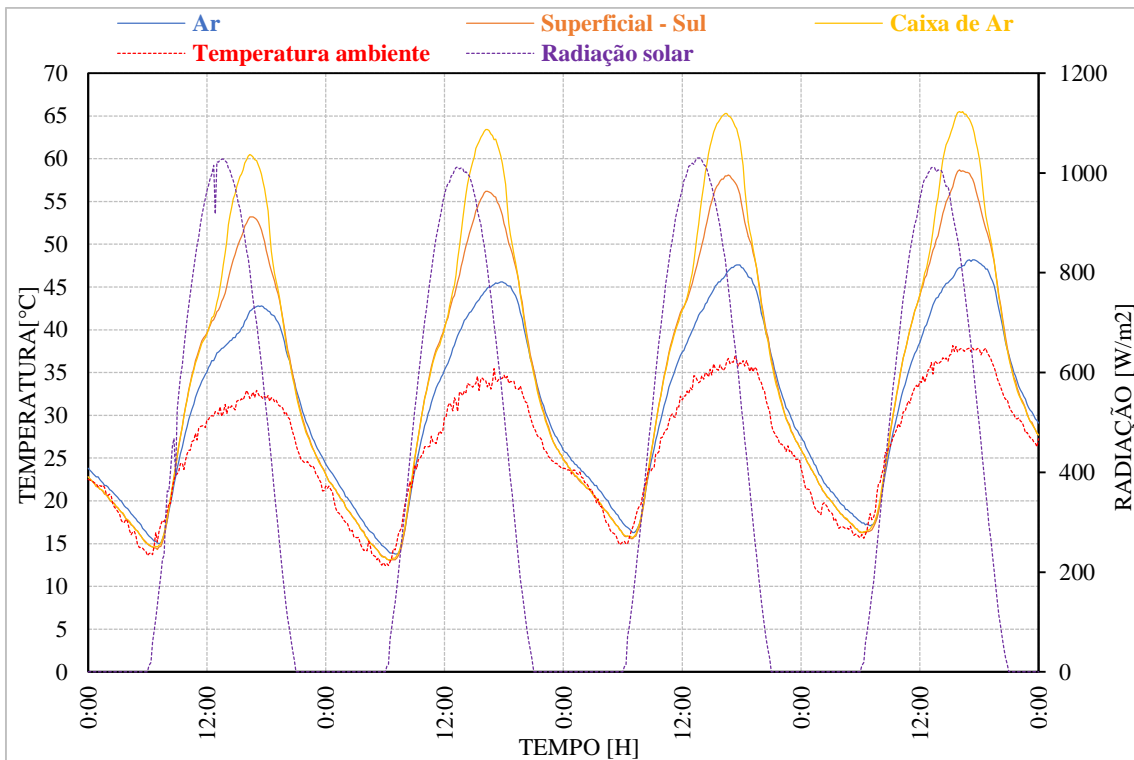


Gráfico 25 - Variação das temperaturas no modelo 3 – 2º ensaio

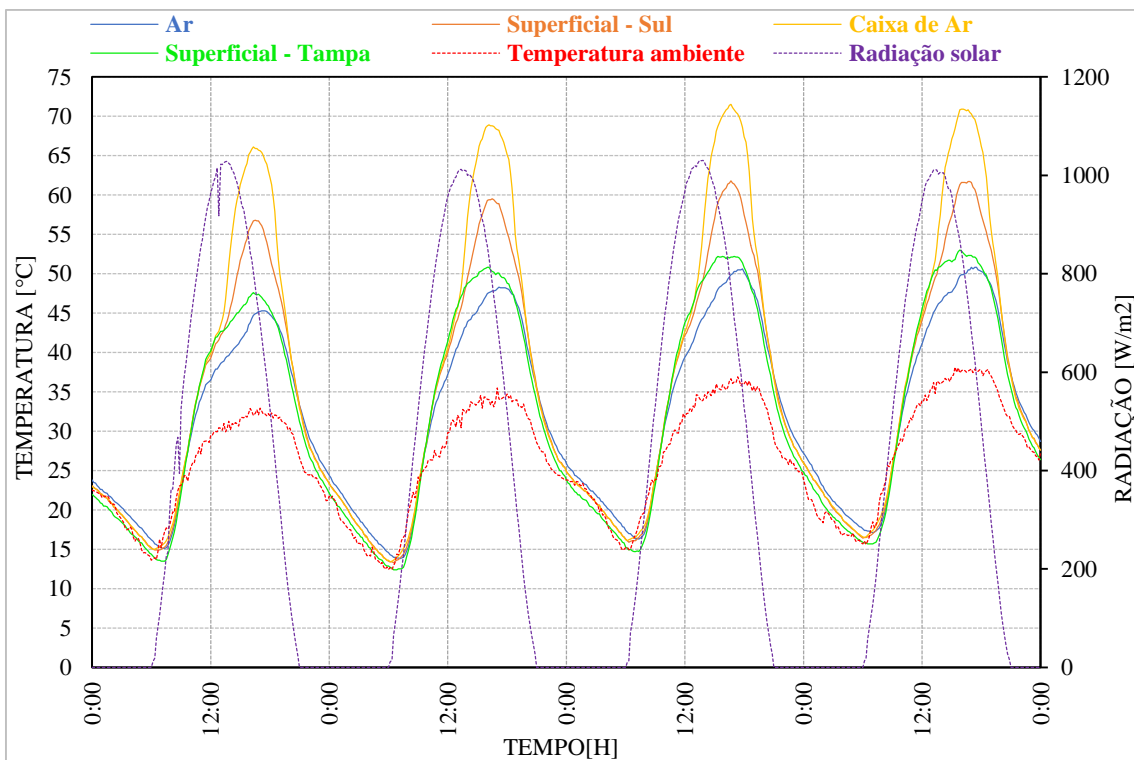


Gráfico 26 - Variação das temperaturas no modelo 4 – 2º ensaio

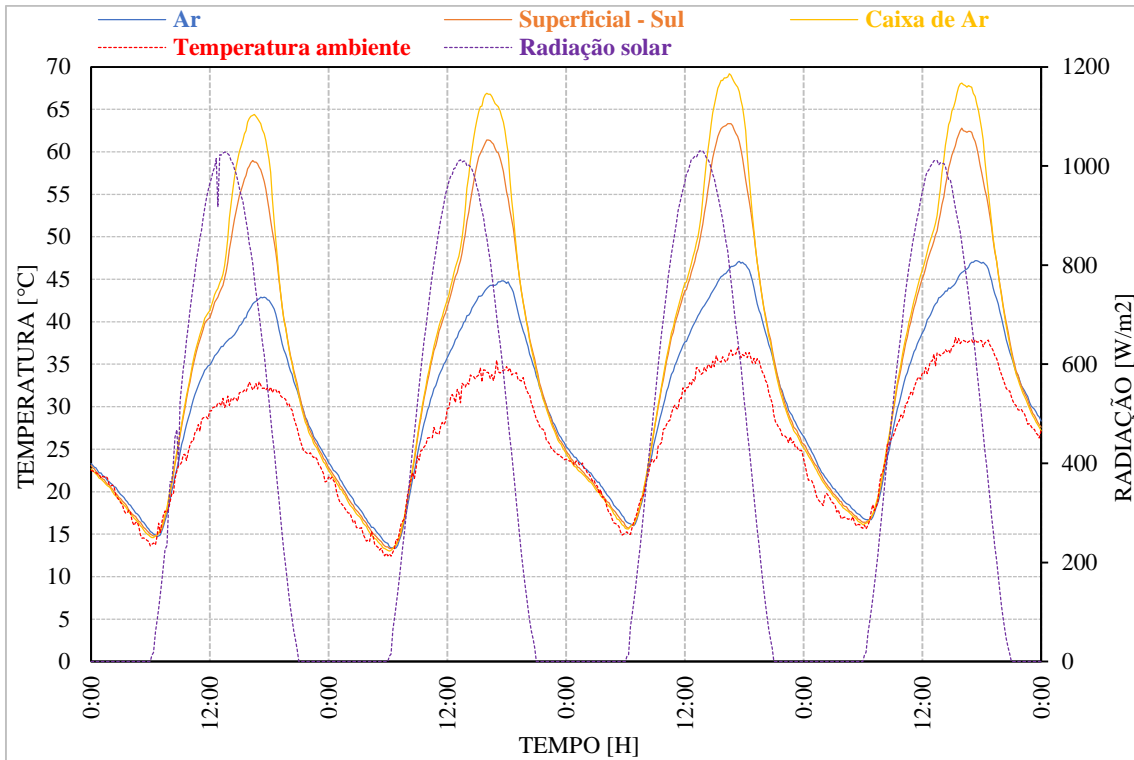


Gráfico 27 - Variação das temperaturas no modelo 5 – 2º ensaio

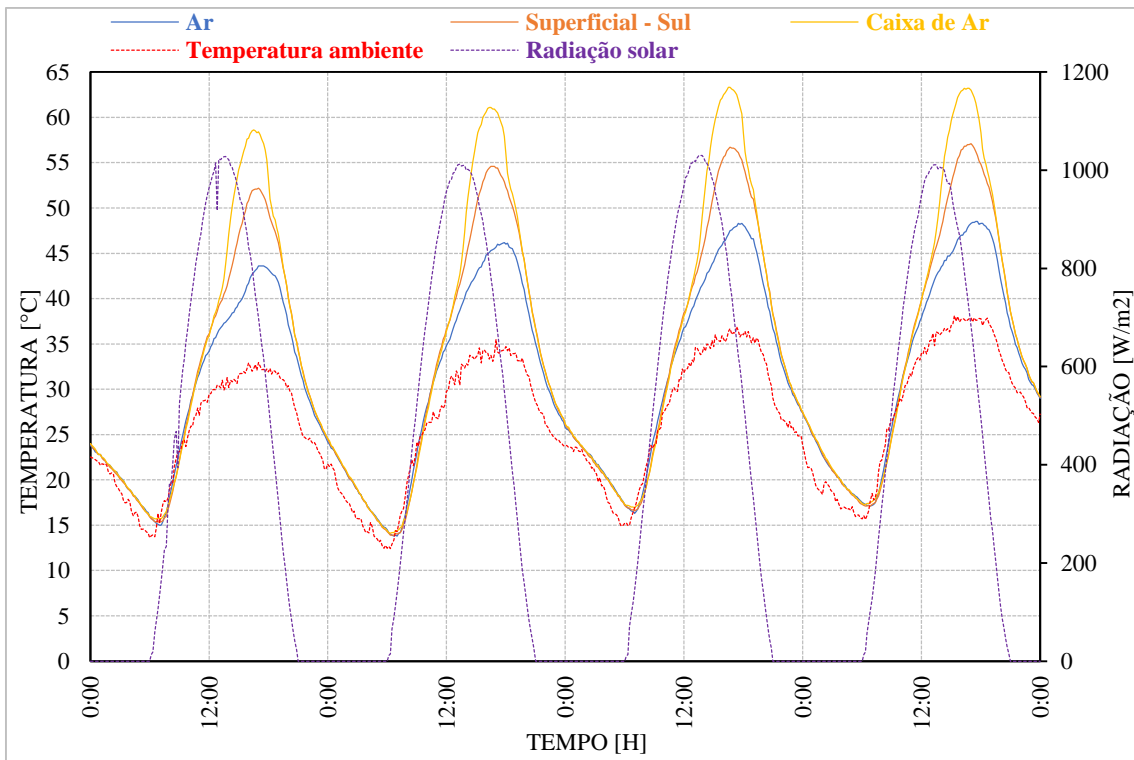


Gráfico 28 - Variação das temperaturas no modelo 6 – 2º ensaio

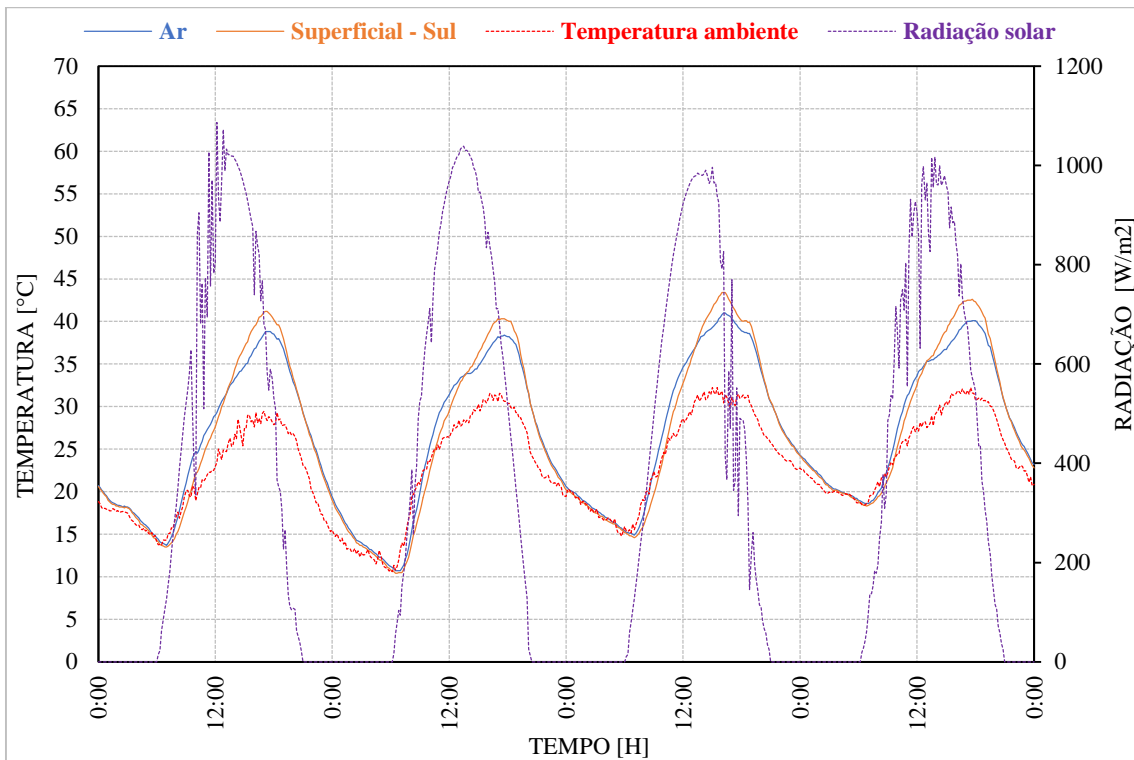


Gráfico 29 - Variação das temperaturas no modelo 1 – 3º ensaio

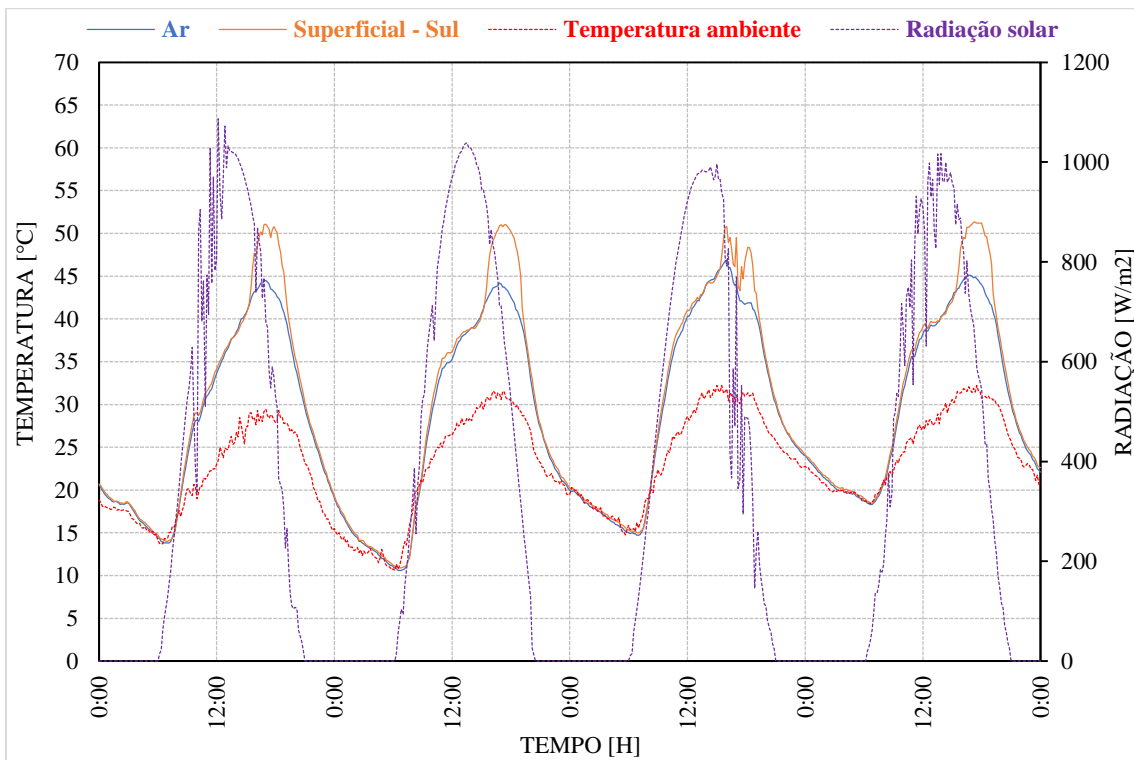


Gráfico 30 - Variação das temperaturas no modelo 2 – 3º ensaio

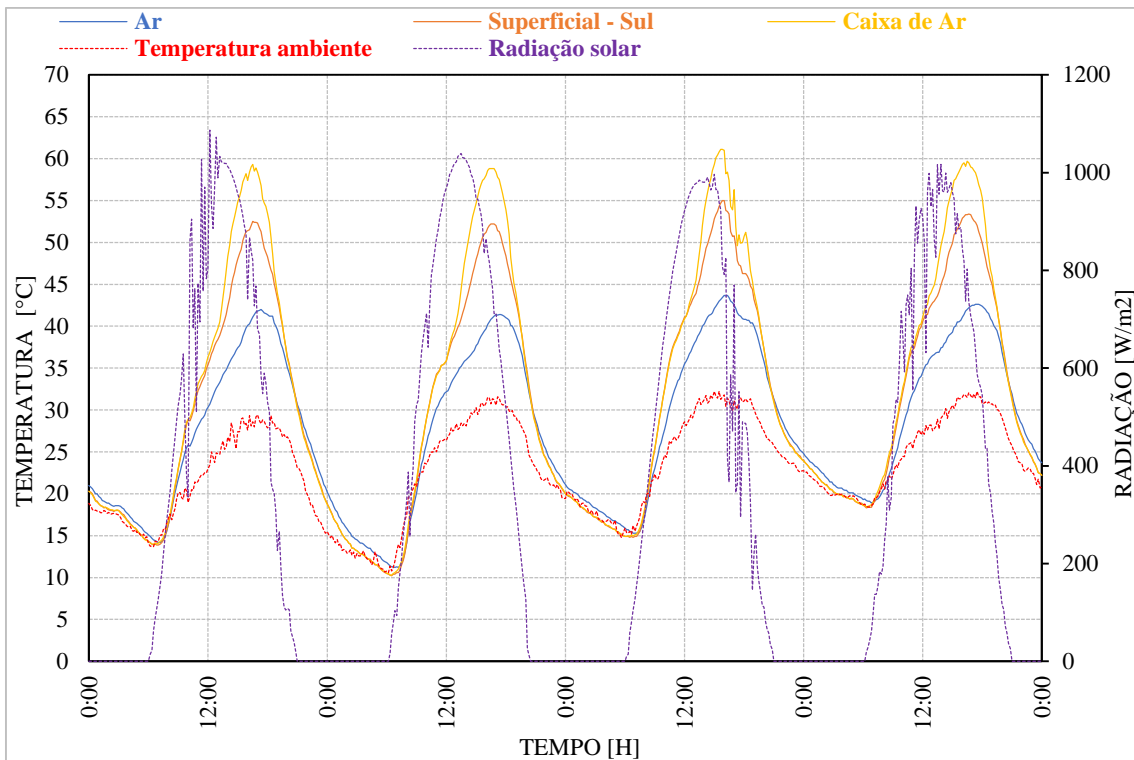


Gráfico 31 - Variação das temperaturas no modelo 3 – 3º ensaio

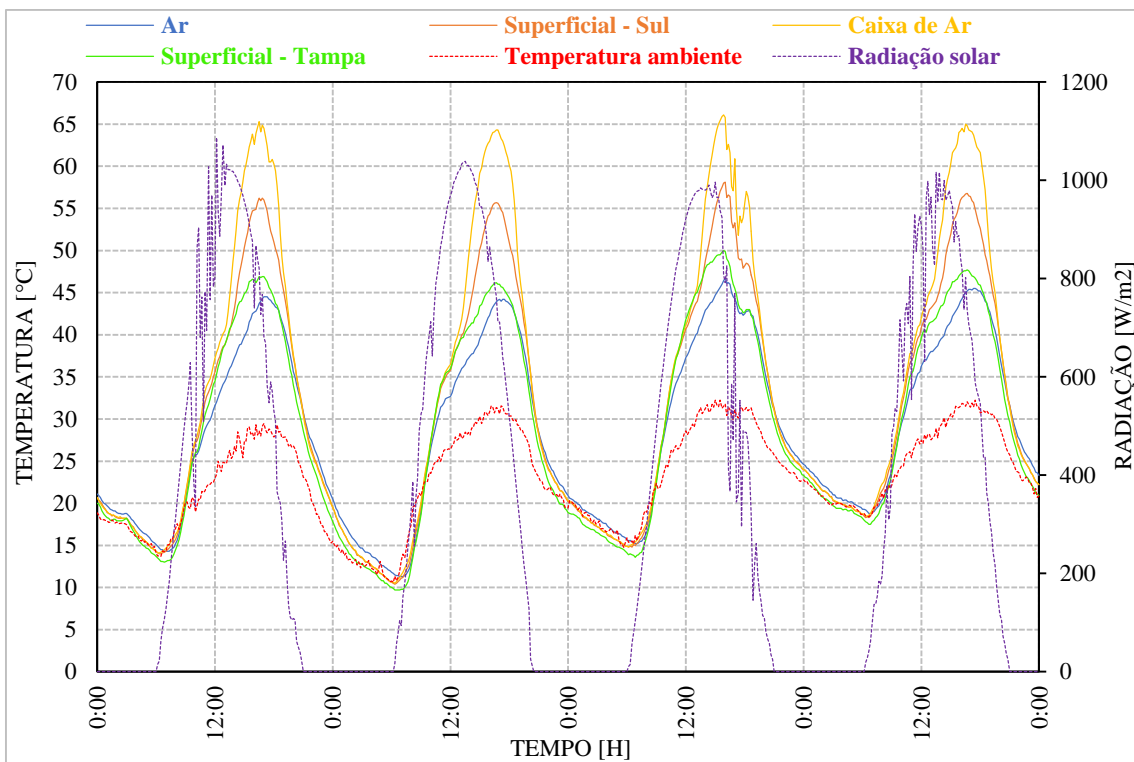


Gráfico 32 - Variação das temperaturas no modelo 4 – 3º ensaio

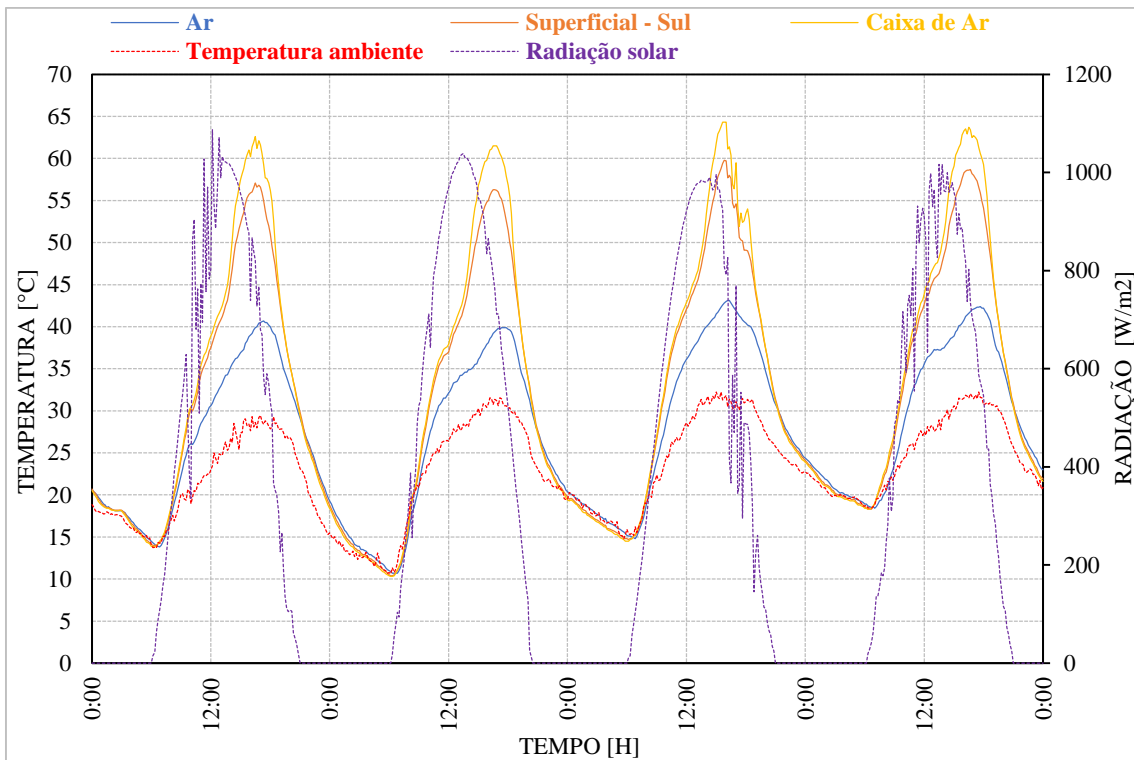


Gráfico 33 - Variação das temperaturas no modelo 5 – 3º ensaio

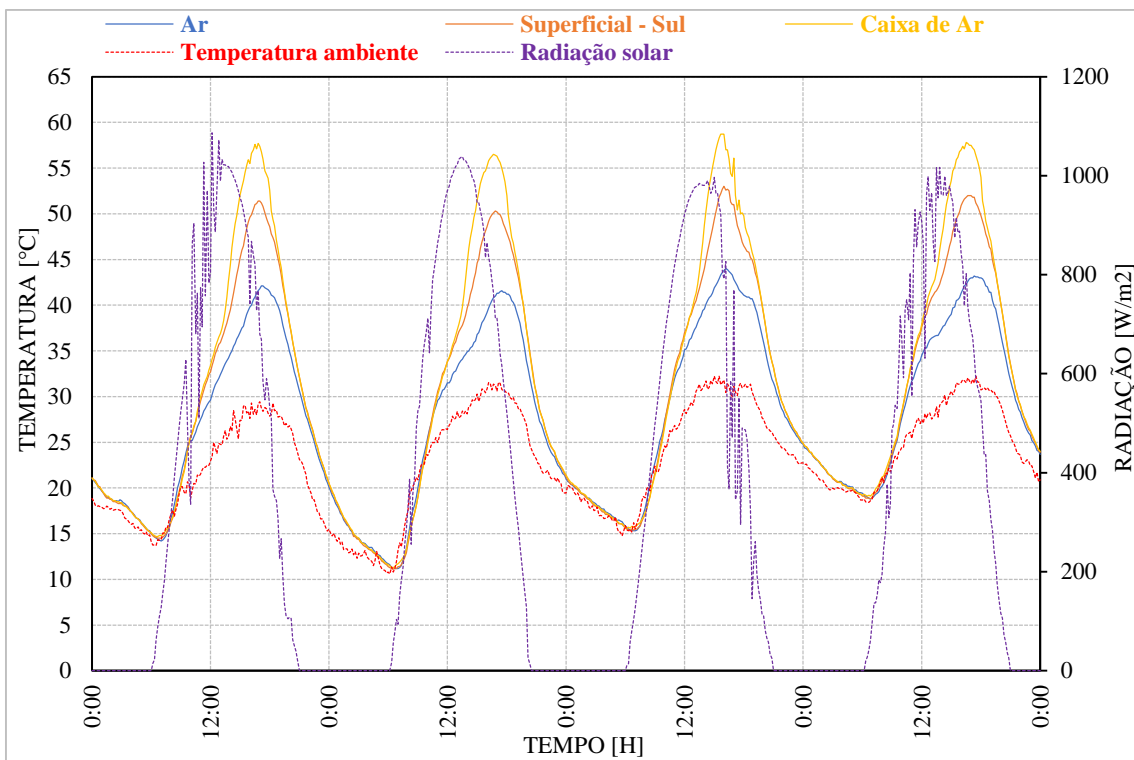


Gráfico 34 - Variação das temperaturas no modelo 6 – 3º ensaio

## ANEXOS

### ANEXO B

### ANEXO B1

#### DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Modelo 1

$$U_1 = \frac{1}{R_{se} + R_{parede} + R_{si}} = \frac{1}{R_{se} + \frac{e}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,03}{2} + 0,04} = 5,405 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$$

Modelo 2 = envidraçado

Modelo 3

$$U_3 = \frac{1}{R_{se} + R_{parede} + R_{caixa-de-ar} + R_{vidro} + R_{si}} = \frac{1}{R_{se} + \frac{e}{\lambda} + R_{caixa-de-ar} + \frac{e}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,015}{2} + 0,15 + \frac{0,0025}{1} + 0,04} = 3,03 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$$

Modelo 4 = Modelo 3

Modelo 5 = Modelo 3

Modelo 6

$$U_6 = \frac{1}{R_{se} + R_{parede} + R_{caixa-de-ar} + R_{vidro} + R_{si}} = \frac{1}{R_{se} + \frac{e}{\lambda} + R_{caixa-de-ar} + \frac{e}{\lambda} + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{2,8} + 0,15 + \frac{0,0025}{1} + 0,04} = 3,03 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$$

## MONITORIZAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

| Modelo 1     |            |          |         |         |      |      |
|--------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 1            | 12/06/2015 | 20:02:57 | 0,224   | 17,9    | 52,6 | 16,7 |
| 2            | 12/06/2015 | 20:12:57 | 0,83    | 17,7    | 49,4 | 17,2 |
| 3            | 12/06/2015 | 20:32:57 | 0,702   | 17,3    | 55,4 | 15,6 |
| 4            | 12/06/2015 | 20:42:57 | 1,069   | 17      | 56,5 | 15,7 |
| 5            | 12/06/2015 | 20:52:57 | 0,539   | 16,8    | 57,7 | 14,9 |
| 6            | 12/06/2015 | 21:02:57 | 0,697   | 16,5    | 57,4 | 14,8 |
| 7            | 12/06/2015 | 21:12:57 | 0,614   | 16,3    | 58,5 | 15   |
| 8            | 12/06/2015 | 21:22:57 | 2,259   | 16      | 56,9 | 15,6 |
| 9            | 12/06/2015 | 21:32:57 | 0,689   | 15,9    | 58,8 | 14,1 |
| 10           | 12/06/2015 | 21:42:57 | 1,028   | 15,7    | 57,9 | 15   |
| 11           | 12/06/2015 | 21:52:57 | 17,292  | 15,6    | 56   | 15,5 |
| 12           | 12/06/2015 | 22:02:57 | 3,115   | 15,4    | 58,3 | 14,9 |
| 13           | 12/06/2015 | 22:12:57 | 4,723   | 15,3    | 57,3 | 15   |
| 14           | 12/06/2015 | 22:32:57 | 2,095   | 15,1    | 60,3 | 14,3 |
| 15           | 12/06/2015 | 22:42:57 | 2,918   | 14,9    | 59,6 | 14,3 |
| 16           | 13/06/2015 | 01:42:57 | 4,167   | 13,1    | 68,2 | 12,2 |
| 17           | 13/06/2015 | 01:52:57 | 15,041  | 12,9    | 67,9 | 12,7 |
| 18           | 13/06/2015 | 10:02:57 | 16,516  | 15,9    | 55,6 | 15,2 |
| 19           | 13/06/2015 | 10:12:57 | 24,081  | 16,6    | 54,7 | 16,3 |
| 20           | 13/06/2015 | 10:22:57 | 16,893  | 16,6    | 55,6 | 16,3 |
| 21           | 13/06/2015 | 10:42:57 | 5,392   | 17,6    | 51,1 | 16,5 |
| 22           | 13/06/2015 | 10:52:57 | 5,722   | 17,6    | 50,2 | 16,9 |
| 23           | 13/06/2015 | 11:02:57 | 32,691  | 17,7    | 48,5 | 17,6 |
| 24           | 13/06/2015 | 11:52:57 | 0,931   | 18,1    | 48,4 | 17,5 |
| 25           | 13/06/2015 | 12:02:57 | 8,223   | 18,1    | 48,5 | 18   |
| 26           | 13/06/2015 | 12:22:57 | 1,014   | 18,4    | 45,6 | 17,9 |
| 27           | 13/06/2015 | 12:32:57 | 0,298   | 18,6    | 43,3 | 19,4 |
| 28           | 13/06/2015 | 12:42:57 | 0,261   | 18,9    | 43,9 | 19,9 |
| 29           | 13/06/2015 | 12:52:57 | 0,435   | 19,1    | 44,2 | 19,9 |
| 30           | 13/06/2015 | 13:02:57 | 0,535   | 19,3    | 41   | 19,9 |
| 31           | 13/06/2015 | 13:12:57 | 2,623   | 19,6    | 39,2 | 20,2 |
| 32           | 13/06/2015 | 19:42:57 | 11,493  | 18,9    | 57,3 | 19,1 |
| 33           | 13/06/2015 | 19:52:57 | 144,356 | 18,8    | 58,5 | 18,8 |
| 34           | 13/06/2015 | 20:32:57 | 0,544   | 18,2    | 59,4 | 17,8 |
| 35           | 13/06/2015 | 22:02:57 | 2,635   | 16,8    | 58,9 | 16   |
| 36           | 13/06/2015 | 22:12:57 | 67,489  | 16,6    | 59,2 | 16,6 |
| 37           | 13/06/2015 | 22:22:57 | 21,333  | 16,5    | 60,3 | 16,4 |
| 38           | 13/06/2015 | 23:12:57 | 19,972  | 15,9    | 60   | 15,8 |
| 39           | 13/06/2015 | 23:42:57 | 151,448 | 15,7    | 61,8 | 15,7 |
| 40           | 13/06/2015 | 23:52:57 | 253,799 | 15,6    | 61,8 | 15,6 |

| Modelo 1 - Continuação |            |              |        |         |       |       |
|------------------------|------------|--------------|--------|---------|-------|-------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora         | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr   | °C    |
| 42                     | 14/06/2015 | 02:32:57     | 3,977  | 15,2    | 71,8  | 14,6  |
| 43                     | 14/06/2015 | 02:42:57     | 3,24   | 15,1    | 71,7  | 14,5  |
| 44                     | 14/06/2015 | 02:52:57     | 8,676  | 15,1    | 72,6  | 14,8  |
| 45                     | 14/06/2015 | 03:02:57     | 2,849  | 14,9    | 75,5  | 14,2  |
| 46                     | 14/06/2015 | 03:32:57     | 7,535  | 14,7    | 75,8  | 14,7  |
| 47                     | 14/06/2015 | 05:12:57     | 3,739  | 13,8    | 81,4  | 13,3  |
| 48                     | 14/06/2015 | 05:22:57     | 3,955  | 13,6    | 82,8  | 13,1  |
| 49                     | 14/06/2015 | 05:32:57     | 9,755  | 13,3    | 82,5  | 13,2  |
| 50                     | 14/06/2015 | 06:12:57     | 5,309  | 12,9    | 83,1  | 12,6  |
| 51                     | 14/06/2015 | 06:52:57     | 40,543 | 12,3    | 87,7  | 12,3  |
| 52                     | 14/06/2015 | 13:02:57     | 1,334  | 15,3    | ----- | 16,3  |
| 53                     | 14/06/2015 | 13:12:57     | 1,273  | 15,4    | 76,6  | 16,7  |
| 54                     | 14/06/2015 | 13:32:57     | 1,727  | 15,9    | 77    | ----- |
| 55                     | 14/06/2015 | 13:42:57     | 5,497  | 16      | 71,6  | 16,7  |
| 56                     | 14/06/2015 | 13:52:57     | 4,422  | 16,1    | 71    | 16,7  |
| 57                     | 14/06/2015 | 14:52:57     | 2,477  | 15,8    | 70,9  | 17,2  |
| 58                     | 14/06/2015 | 15:02:57     | 5,988  | 16      | 72,7  | 16,6  |
| 59                     | 14/06/2015 | 15:42:57     | 8,008  | 16,1    | 72,5  | 16,6  |
| 60                     | 14/06/2015 | 15:52:57     | 3,412  | 16,1    | 72,1  | 17,4  |
| 61                     | 14/06/2015 | 16:02:57     | 5,279  | 16,2    | 67,8  | 17    |
| 62                     | 14/06/2015 | 16:12:57     | 2,554  | 16,3    | 68,9  | 17,9  |
| 63                     | 14/06/2015 | 16:22:57     | 3,347  | 16,3    | 64,9  | 17,3  |
| 64                     | 14/06/2015 | 16:42:57     | 0,168  | 15,4    | 99,9  | 12,9  |
| 65                     | 14/06/2015 | 16:52:57     | 0,413  | 15,1    | 99,7  | 13,5  |
| 66                     | 15/06/2015 | 13:02:57     | 18,682 | 19,7    | 58,3  | 20,1  |
| 67                     | 15/06/2015 | 14:02:57     | 6,463  | 20,1    | 58,9  | 20,9  |
| 68                     | 15/06/2015 | 14:12:57     | 8,082  | 20,3    | ----- | 21    |
| 69                     | 15/06/2015 | 14:22:57     | 62,567 | 20,3    | ----- | 20,4  |
| 70                     | 15/06/2015 | 14:42:57     | 28,627 | 20,4    | 51,7  | 20,6  |
| 71                     | 15/06/2015 | 15:12:57     | 35,67  | 20,5    | 53,6  | 20,6  |
| 72                     | 15/06/2015 | 15:22:57     | 8,932  | 20,6    | ----- | 21,1  |
| 73                     | 15/06/2015 | 15:32:57     | 5,113  | 20,5    | 51,3  | 21,4  |
| 74                     | 15/06/2015 | 15:42:57     | 12,268 | 20,5    | 54,6  | 20,9  |
| 75                     | 15/06/2015 | 16:02:57     | 4,153  | 20,7    | 51,2  | 21,8  |
| 76                     | 15/06/2015 | 16:12:57     | 4,203  | 20,7    | 50,7  | 21,7  |
| 77                     | 15/06/2015 | 16:22:57     | 3,595  | 20,8    | 48,6  | 22,1  |
|                        |            | <b>Média</b> | 4,167  |         |       |       |

| Modelo 3     |            |          |       |         |      |      |
|--------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 1            | 19/05/2015 | 20:34:31 | 0,105 | 21      | 42   | 18,1 |
| 2            | 19/05/2015 | 20:44:31 | 0,37  | 20,6    | 39,3 | 18   |
| 3            | 19/05/2015 | 20:54:31 | 0,706 | 20,3    | 40,4 | 18   |
| 4            | 19/05/2015 | 21:04:31 | 1,031 | 19,9    | 40,6 | 17,9 |
| 5            | 19/05/2015 | 21:14:31 | 1,009 | 19,6    | 42,5 | 16,9 |
| 6            | 19/05/2015 | 21:24:31 | 1,412 | 19,2    | 42,9 | 17,3 |
| 7            | 19/05/2015 | 21:34:31 | 1,513 | 18,9    | 43   | 16,8 |
| 8            | 19/05/2015 | 21:44:31 | 1,73  | 18,6    | 42,1 | 16,6 |
| 9            | 19/05/2015 | 21:54:31 | 1,439 | 18,3    | 45,4 | 15,6 |
| 10           | 19/05/2015 | 22:04:31 | 1,663 | 18      | 43,3 | 15,5 |
| 11           | 19/05/2015 | 22:14:31 | 2,09  | 17,8    | 44,9 | 15,7 |
| 12           | 19/05/2015 | 22:24:31 | 2     | 17,5    | 43,6 | 15,3 |
| 13           | 19/05/2015 | 22:34:31 | 1,866 | 17,2    | 45,2 | 14,6 |
| 14           | 19/05/2015 | 22:44:31 | 2,083 | 16,9    | 47,2 | 14,8 |
| 15           | 19/05/2015 | 22:54:31 | 3,588 | 16,7    | 46,4 | 15,4 |
| 16           | 19/05/2015 | 23:04:31 | 4,499 | 16,4    | 43,9 | 15,4 |
| 17           | 19/05/2015 | 23:14:31 | 3,004 | 16,2    | 44,4 | 14,7 |
| 18           | 19/05/2015 | 23:24:31 | 2,565 | 16      | 47,4 | 14,2 |
| 19           | 19/05/2015 | 23:34:31 | 3,168 | 15,7    | 48,7 | 14,3 |
| 20           | 19/05/2015 | 23:44:31 | 2,472 | 15,6    | 50,2 | 13,5 |
| 21           | 19/05/2015 | 23:54:31 | 3,219 | 15,4    | 49,3 | 13,8 |
| 22           | 20/05/2015 | 00:04:31 | 3,458 | 15,2    | 51,9 | 13,7 |
| 23           | 20/05/2015 | 00:14:31 | 2,314 | 15      | 53,2 | 12,8 |
| 24           | 20/05/2015 | 00:24:31 | 1,304 | 14,7    | 59,8 | 10,7 |
| 25           | 20/05/2015 | 00:34:31 | 1,823 | 14,5    | 55,7 | 11,7 |
| 26           | 20/05/2015 | 00:44:31 | 2,208 | 14,2    | 55,3 | 11,9 |
| 27           | 20/05/2015 | 00:54:31 | 1,955 | 14      | 56,5 | 11,3 |
| 28           | 20/05/2015 | 01:04:31 | 1,827 | 13,8    | 59,2 | 10,9 |
| 29           | 20/05/2015 | 01:14:31 | 1,454 | 13,5    | 61,6 | 10   |
| 30           | 20/05/2015 | 01:24:31 | 2,135 | 13,3    | 59,1 | 10,9 |
| 31           | 20/05/2015 | 01:34:31 | 1,934 | 13,1    | 60,9 | 10,4 |
| 32           | 20/05/2015 | 01:44:31 | 2,084 | 12,9    | 62   | 10,4 |
| 33           | 20/05/2015 | 01:54:31 | 2,348 | 12,7    | 61,6 | 10,3 |
| 34           | 20/05/2015 | 02:04:31 | 2,607 | 12,4    | 59,3 | 10,5 |
| 35           | 20/05/2015 | 02:14:31 | 2,801 | 12,3    | 60,7 | 10,4 |
| 36           | 20/05/2015 | 02:24:31 | 1,71  | 12,1    | 64,7 | 8,9  |
| 37           | 20/05/2015 | 02:34:31 | 3,042 | 11,9    | 59,8 | 10,1 |
| 38           | 20/05/2015 | 02:44:31 | 2,425 | 11,7    | 62,2 | 9,4  |
| 39           | 20/05/2015 | 02:54:31 | 2,329 | 11,5    | 64   | 9,1  |
| 40           | 20/05/2015 | 03:04:31 | 3,24  | 11,3    | 62,7 | 9,7  |
| 41           | 20/05/2015 | 03:14:31 | 2,539 | 11,1    | 66,3 | 8,9  |
| 42           | 20/05/2015 | 03:24:31 | 2,402 | 10,9    | 66,2 | 8,6  |
| 43           | 20/05/2015 | 03:34:31 | 2,469 | 10,7    | 65,5 | 8,5  |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 44                     | 20/05/2015 | 03:44:31 | 4,412  | 10,5    | 63,1 | 9,3  |
| 45                     | 20/05/2015 | 03:54:31 | 3,071  | 10,4    | 63,3 | 8,7  |
| 46                     | 20/05/2015 | 04:04:31 | 3,08   | 10,2    | 65,2 | 8,5  |
| 47                     | 20/05/2015 | 04:14:31 | 1,806  | 10,1    | 69,5 | 7,1  |
| 48                     | 20/05/2015 | 04:24:31 | 1,767  | 9,9     | 69,8 | 6,7  |
| 49                     | 20/05/2015 | 04:34:31 | 2,746  | 9,7     | 66,4 | 7,8  |
| 50                     | 20/05/2015 | 04:44:31 | 2,666  | 9,5     | 69,3 | 7,6  |
| 51                     | 20/05/2015 | 04:54:31 | 2,385  | 9,4     | 69,3 | 7,2  |
| 52                     | 20/05/2015 | 05:04:31 | 5,122  | 9,2     | 65,2 | 8,3  |
| 53                     | 20/05/2015 | 05:14:31 | 3,313  | 9,1     | 66   | 7,6  |
| 54                     | 20/05/2015 | 05:24:31 | 2,916  | 9       | 67,1 | 7,3  |
| 55                     | 20/05/2015 | 05:34:31 | 2,451  | 8,8     | 70,7 | 6,6  |
| 56                     | 20/05/2015 | 05:44:31 | 2,696  | 8,7     | 68,6 | 6,7  |
| 57                     | 20/05/2015 | 05:54:31 | 3,162  | 8,5     | 69,2 | 6,9  |
| 58                     | 20/05/2015 | 06:04:31 | 5,012  | 8,4     | 66,4 | 7,5  |
| 59                     | 20/05/2015 | 06:14:31 | 2,761  | 8,3     | 67,4 | 6,9  |
| 60                     | 20/05/2015 | 06:24:31 | 1,79   | 8,2     | 69,5 | 6,6  |
| 61                     | 20/05/2015 | 06:34:31 | 3,205  | 8,1     | 64,7 | 7,9  |
| 62                     | 20/05/2015 | 06:54:31 | 10,408 | 8,1     | 63,3 | 8,4  |
| 63                     | 20/05/2015 | 07:04:31 | 12,62  | 8,1     | 62,9 | 8,6  |
| 64                     | 20/05/2015 | 07:14:31 | 3,642  | 8,2     | 56,7 | 10,3 |
| 65                     | 20/05/2015 | 07:24:31 | 2,052  | 8,3     | 48,2 | 13,4 |
| 66                     | 20/05/2015 | 07:34:31 | 1,895  | 8,5     | 46,1 | 14,7 |
| 67                     | 20/05/2015 | 07:44:31 | 2,137  | 8,8     | 45   | 15   |
| 68                     | 20/05/2015 | 07:54:31 | 2,437  | 9       | 44,9 | 15,3 |
| 69                     | 20/05/2015 | 08:04:31 | 2,295  | 9,2     | 39,5 | 16,6 |
| 70                     | 20/05/2015 | 08:14:31 | 1,539  | 9,4     | 33,9 | 21,2 |
| 71                     | 20/05/2015 | 08:24:31 | 2,017  | 9,7     | 33,5 | 20,5 |
| 72                     | 20/05/2015 | 08:34:31 | 1,768  | 10,1    | 26,4 | 24,6 |
| 73                     | 20/05/2015 | 08:44:31 | 2,349  | 10,6    | 26,6 | 25,4 |
| 74                     | 20/05/2015 | 08:54:31 | 5,504  | 11,1    | 31,4 | 22   |
| 75                     | 20/05/2015 | 09:04:31 | 3,73   | 11,7    | 20,5 | 30   |
| 76                     | 20/05/2015 | 09:14:31 | 3,856  | 12,3    | 18,4 | 30,1 |
| 77                     | 20/05/2015 | 09:24:31 | 3,843  | 13      | 19   | 28,4 |
| 78                     | 20/05/2015 | 09:34:31 | 3,111  | 13,6    | 17,3 | 31,9 |
| 79                     | 20/05/2015 | 09:44:31 | 3,234  | 14,2    | 19,7 | 29,9 |
| 80                     | 20/05/2015 | 09:54:31 | 2,76   | 14,8    | 16,4 | 32,2 |
| 81                     | 20/05/2015 | 10:04:31 | 2,691  | 15,4    | 16,3 | 32,1 |
| 82                     | 20/05/2015 | 10:14:31 | 2,553  | 16,1    | 15   | 33,5 |
| 83                     | 20/05/2015 | 10:24:31 | 3,652  | 16,7    | 19,6 | 28,6 |
| 84                     | 20/05/2015 | 10:34:31 | 3,053  | 17,3    | 18,5 | 30,7 |
| 85                     | 20/05/2015 | 10:44:31 | 2,893  | 17,8    | 16   | 31,1 |
| 86                     | 20/05/2015 | 10:54:31 | 2,758  | 18,3    | 16,2 | 31,6 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |         |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 87                     | 20/05/2015 | 11:04:31 | 2,83    | 18,8    | 16,7 | 30,2 |
| 88                     | 20/05/2015 | 11:14:31 | 2,196   | 19,2    | 14,6 | 33   |
| 89                     | 20/05/2015 | 11:24:31 | 2,805   | 19,7    | 17,7 | 30,1 |
| 90                     | 20/05/2015 | 11:34:31 | 6,261   | 20,2    | 22,9 | 24,7 |
| 91                     | 20/05/2015 | 11:44:31 | 10,929  | 20,6    | 27,1 | 23,2 |
| 92                     | 20/05/2015 | 11:54:31 | 14,388  | 21      | 28   | 23   |
| 93                     | 20/05/2015 | 12:04:31 | 26,764  | 21,2    | 30,2 | 22,5 |
| 94                     | 20/05/2015 | 12:14:31 | 40,33   | 21,4    | 28,3 | 22,4 |
| 95                     | 20/05/2015 | 12:24:31 | 28,303  | 21,6    | 27,7 | 23,2 |
| 96                     | 20/05/2015 | 12:34:31 | 16,932  | 21,8    | 24,8 | 24,9 |
| 97                     | 20/05/2015 | 12:44:31 | 27,806  | 22      | 25,7 | 23,8 |
| 98                     | 20/05/2015 | 12:54:31 | 47,043  | 22,1    | 27,4 | 23,2 |
| 99                     | 20/05/2015 | 13:04:31 | 28,913  | 22,3    | 28   | 24   |
| 100                    | 20/05/2015 | 13:24:31 | 43,306  | 22,6    | 25,7 | 23,8 |
| 101                    | 20/05/2015 | 13:34:31 | 109,295 | 22,7    | 26,7 | 23,2 |
| 102                    | 20/05/2015 | 13:44:31 | 40,955  | 22,8    | 25,4 | 24,1 |
| 103                    | 20/05/2015 | 14:24:31 | 37,539  | 23,3    | 26,6 | 24,6 |
| 104                    | 20/05/2015 | 14:54:31 | 115,063 | 23,3    | 28,8 | 23,7 |
| 105                    | 20/05/2015 | 15:14:31 | 37,784  | 23,3    | 26,3 | 24,4 |
| 106                    | 20/05/2015 | 16:54:31 | 59,815  | 22,8    | 25,4 | 23,3 |
| 107                    | 20/05/2015 | 20:54:31 | 0,167   | 18,1    | 40,5 | 15,8 |
| 108                    | 20/05/2015 | 21:04:31 | 0,481   | 17,8    | 42,6 | 15,8 |
| 109                    | 20/05/2015 | 21:14:31 | 0,731   | 17,5    | 41,3 | 15,4 |
| 110                    | 20/05/2015 | 21:24:31 | 0,911   | 17,3    | 41,6 | 15,3 |
| 111                    | 20/05/2015 | 21:34:31 | 0,942   | 17      | 42,9 | 15   |
| 112                    | 20/05/2015 | 21:44:31 | 1,218   | 16,7    | 43,3 | 14,9 |
| 113                    | 20/05/2015 | 21:54:31 | 1,206   | 16,5    | 44,7 | 14,4 |
| 114                    | 20/05/2015 | 22:04:31 | 1,434   | 16,2    | 45,7 | 14,5 |
| 115                    | 20/05/2015 | 22:14:31 | 1,94    | 16      | 45,7 | 14,6 |
| 116                    | 20/05/2015 | 22:24:31 | 2,101   | 15,7    | 46,4 | 14,4 |
| 117                    | 20/05/2015 | 22:34:31 | 1,843   | 15,5    | 48   | 13,9 |
| 118                    | 20/05/2015 | 22:44:31 | 1,717   | 15,3    | 48,6 | 13,5 |
| 119                    | 20/05/2015 | 22:54:31 | 2,391   | 15,1    | 49,6 | 13,7 |
| 120                    | 20/05/2015 | 23:04:31 | 2,193   | 14,9    | 52,6 | 13,3 |
| 121                    | 20/05/2015 | 23:14:31 | 2,907   | 14,7    | 52,8 | 13,4 |
| 122                    | 20/05/2015 | 23:24:31 | 2,754   | 14,6    | 54,5 | 13,1 |
| 123                    | 20/05/2015 | 23:34:31 | 3,326   | 14,5    | 54   | 13,2 |
| 124                    | 20/05/2015 | 23:44:31 | 4,122   | 14,3    | 54,8 | 13,4 |
| 125                    | 20/05/2015 | 23:54:31 | 2,346   | 14,2    | 56,2 | 12,5 |
| 126                    | 21/05/2015 | 00:04:31 | 1,864   | 14,1    | 56,7 | 11,8 |
| 127                    | 21/05/2015 | 00:14:31 | 1,956   | 13,9    | 54,3 | 11,8 |
| 128                    | 21/05/2015 | 00:24:31 | 2,415   | 13,7    | 54   | 11,9 |
| 129                    | 21/05/2015 | 00:34:31 | 2,798   | 13,5    | 54,4 | 12,1 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |       |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 130                    | 21/05/2015 | 00:44:31 | 1,873 | 13,4    | 57   | 11,2 |
| 131                    | 21/05/2015 | 00:54:31 | 2,03  | 13,2    | 56,4 | 11,1 |
| 132                    | 21/05/2015 | 01:04:31 | 2,337 | 13      | 56   | 11,1 |
| 133                    | 21/05/2015 | 01:14:31 | 2,716 | 12,8    | 56,9 | 11,2 |
| 134                    | 21/05/2015 | 01:24:31 | 2,464 | 12,6    | 58,7 | 11   |
| 135                    | 21/05/2015 | 01:34:31 | 2,402 | 12,5    | 59   | 10,6 |
| 136                    | 21/05/2015 | 01:44:31 | 1,683 | 12,4    | 63,4 | 9,6  |
| 137                    | 21/05/2015 | 01:54:31 | 1,458 | 12,2    | 65   | 9    |
| 138                    | 21/05/2015 | 02:04:31 | 1,56  | 12      | 66,6 | 8,9  |
| 139                    | 21/05/2015 | 02:14:31 | 1,4   | 11,8    | 68,2 | 8,5  |
| 140                    | 21/05/2015 | 02:24:31 | 1,966 | 11,5    | 64,3 | 9,2  |
| 141                    | 21/05/2015 | 02:34:31 | 1,555 | 11,3    | 66,8 | 8,3  |
| 142                    | 21/05/2015 | 02:44:31 | 1,941 | 11,1    | 66,1 | 8,7  |
| 143                    | 21/05/2015 | 02:54:31 | 1,685 | 10,9    | 68,1 | 8    |
| 144                    | 21/05/2015 | 03:04:31 | 2,027 | 10,7    | 66,7 | 8,3  |
| 145                    | 21/05/2015 | 03:14:31 | 2,092 | 10,5    | 67,6 | 8,1  |
| 146                    | 21/05/2015 | 03:24:31 | 2,842 | 10,3    | 65,7 | 8,7  |
| 147                    | 21/05/2015 | 03:34:31 | 2,393 | 10,2    | 65,6 | 8,2  |
| 148                    | 21/05/2015 | 03:44:31 | 3,352 | 10      | 65,8 | 8,6  |
| 149                    | 21/05/2015 | 03:54:31 | 2,232 | 9,9     | 67,4 | 7,7  |
| 150                    | 21/05/2015 | 04:04:31 | 1,656 | 9,7     | 70,6 | 6,6  |
| 151                    | 21/05/2015 | 04:14:31 | 2,57  | 9,5     | 67,7 | 7,5  |
| 152                    | 21/05/2015 | 04:24:31 | 3,162 | 9,3     | 69,6 | 7,7  |
| 153                    | 21/05/2015 | 04:34:31 | 1,734 | 9,1     | 70,2 | 6,3  |
| 154                    | 21/05/2015 | 04:44:31 | 2,526 | 9       | 69,1 | 7    |
| 155                    | 21/05/2015 | 04:54:31 | 2,647 | 8,8     | 70,1 | 7    |
| 156                    | 21/05/2015 | 05:04:31 | 2,116 | 8,7     | 71,8 | 6,2  |
| 157                    | 21/05/2015 | 05:14:31 | 2,175 | 8,5     | 70,1 | 6,1  |
| 158                    | 21/05/2015 | 05:24:31 | 5,653 | 8,3     | 66,2 | 7,5  |
| 159                    | 21/05/2015 | 05:34:31 | 4,469 | 8,2     | 66,1 | 7,1  |
| 160                    | 21/05/2015 | 05:44:31 | 2,666 | 8,1     | 69,7 | 6,1  |
| 161                    | 21/05/2015 | 05:54:31 | 3,233 | 7,9     | 69,2 | 6,4  |
| 162                    | 21/05/2015 | 06:04:31 | 3,216 | 7,8     | 70,1 | 6,4  |
| 163                    | 21/05/2015 | 06:14:31 | 1,657 | 7,7     | 69,3 | 5,7  |
| 164                    | 21/05/2015 | 06:24:31 | 1,298 | 7,6     | 71,7 | 5,6  |
| 165                    | 21/05/2015 | 06:34:31 | 0,384 | 7,5     | 69,9 | 6    |
| 166                    | 21/05/2015 | 06:54:31 | 4,676 | 7,6     | 61,3 | 8,1  |
| 167                    | 21/05/2015 | 07:14:31 | 1,164 | 7,8     | 52,6 | 11,2 |
| 168                    | 21/05/2015 | 07:24:31 | 0,457 | 7,9     | 34,7 | 19,4 |
| 169                    | 21/05/2015 | 07:34:31 | 0,444 | 8       | 30,4 | 21,9 |
| 170                    | 21/05/2015 | 07:44:31 | 0,433 | 8,2     | 23,4 | 25,1 |
| 171                    | 21/05/2015 | 07:54:31 | 0,444 | 8,4     | 21,8 | 27,2 |
| 172                    | 21/05/2015 | 08:04:31 | 0,472 | 8,9     | 20,8 | 27,1 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |         |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 173                    | 21/05/2015 | 08:14:31 | 0,493   | 9,3     | 22,6 | 26,2 |
| 174                    | 21/05/2015 | 08:24:31 | 0,469   | 9,7     | 18,2 | 29,9 |
| 175                    | 21/05/2015 | 08:34:31 | 0,561   | 10,3    | 17,5 | 29,2 |
| 176                    | 21/05/2015 | 08:44:31 | 1,477   | 10,8    | 19,1 | 29,5 |
| 177                    | 21/05/2015 | 08:54:31 | 3,376   | 11,2    | 18,3 | 29,6 |
| 178                    | 21/05/2015 | 09:04:31 | 6,313   | 11,8    | 27,4 | 22,3 |
| 179                    | 21/05/2015 | 09:14:31 | 4,139   | 12,3    | 19,9 | 28,6 |
| 180                    | 21/05/2015 | 09:24:31 | 3,188   | 12,8    | 16,5 | 32,3 |
| 181                    | 21/05/2015 | 09:34:31 | 2,817   | 13,3    | 14,9 | 32,5 |
| 182                    | 21/05/2015 | 09:44:31 | 2,47    | 13,9    | 15,4 | 32,5 |
| 183                    | 21/05/2015 | 09:54:31 | 2,448   | 14,5    | 15,9 | 31,1 |
| 184                    | 21/05/2015 | 10:04:31 | 1,726   | 15,1    | 12,1 | 36,3 |
| 185                    | 21/05/2015 | 10:14:31 | 1,59    | 15,7    | 13   | 36,2 |
| 186                    | 21/05/2015 | 10:24:31 | 1,462   | 16,4    | 11   | 36,8 |
| 187                    | 21/05/2015 | 10:34:31 | 2,401   | 17      | 16,5 | 28,1 |
| 188                    | 21/05/2015 | 10:44:31 | 2,358   | 17,5    | 17,9 | 28,3 |
| 189                    | 21/05/2015 | 10:54:31 | 2,505   | 18      | 17,5 | 27,4 |
| 190                    | 21/05/2015 | 11:04:31 | 2,24    | 18,4    | 17,5 | 28,7 |
| 191                    | 21/05/2015 | 11:14:31 | 3,134   | 18,7    | 20   | 25,7 |
| 192                    | 21/05/2015 | 11:24:31 | 3,472   | 19      | 22,3 | 25,2 |
| 193                    | 21/05/2015 | 11:54:31 | 373,029 | 19,9    | 29,1 | 20   |
| 194                    | 21/05/2015 | 13:24:31 | 54,479  | 19,4    | 30,1 | 19,9 |
| 195                    | 21/05/2015 | 13:34:31 | 55,308  | 19,3    | 29,7 | 19,7 |
| 196                    | 21/05/2015 | 13:44:31 | 40,301  | 19,3    | 30,7 | 19,9 |
| 197                    | 21/05/2015 | 13:54:31 | 56,505  | 19,3    | 30   | 19,7 |
| 198                    | 21/05/2015 | 14:04:31 | 30,245  | 19,3    | 29,9 | 20   |
| 199                    | 21/05/2015 | 14:14:31 | 25,471  | 19,3    | 30,4 | 20,1 |
| 200                    | 21/05/2015 | 14:24:31 | 23,414  | 19,2    | 29,8 | 20,1 |
| 201                    | 21/05/2015 | 14:34:31 | 23,189  | 19,2    | 31   | 20,1 |
| 202                    | 21/05/2015 | 14:44:31 | 20,195  | 19,3    | 30,6 | 20,2 |
| 203                    | 21/05/2015 | 14:54:31 | 16,698  | 19,3    | 29,4 | 20,3 |
| 204                    | 21/05/2015 | 15:04:31 | 16,714  | 19,3    | 29,6 | 20,4 |
| 205                    | 21/05/2015 | 15:14:31 | 18,321  | 19,3    | 29,6 | 20,3 |
| 206                    | 21/05/2015 | 15:24:31 | 20,951  | 19,4    | 29,9 | 20,2 |
| 207                    | 21/05/2015 | 15:34:31 | 25,534  | 19,4    | 28,7 | 20,1 |
| 208                    | 21/05/2015 | 15:44:31 | 18,471  | 19,5    | 28,7 | 20,4 |
| 209                    | 21/05/2015 | 15:54:31 | 15,868  | 19,5    | 29,1 | 20,6 |
| 210                    | 21/05/2015 | 16:04:31 | 18,143  | 19,6    | 28,9 | 20,5 |
| 211                    | 21/05/2015 | 16:14:31 | 20,388  | 19,6    | 29,6 | 20,4 |
| 212                    | 21/05/2015 | 16:24:31 | 13,933  | 19,7    | 29,4 | 20,8 |
| 213                    | 21/05/2015 | 16:34:31 | 19,069  | 19,7    | 28,8 | 20,5 |
| 214                    | 21/05/2015 | 16:44:31 | 17,067  | 19,7    | 28,6 | 20,6 |
| 215                    | 21/05/2015 | 16:54:31 | 15,292  | 19,7    | 28,3 | 20,7 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |         |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 216                    | 21/05/2015 | 17:04:31 | 19,696  | 19,8    | 28,5 | 20,5 |
| 217                    | 21/05/2015 | 17:14:31 | 25,975  | 19,8    | 28,4 | 20,3 |
| 218                    | 21/05/2015 | 17:24:31 | 19,422  | 19,8    | 28,3 | 20,5 |
| 219                    | 21/05/2015 | 17:34:31 | 21,928  | 19,8    | 28,6 | 20,4 |
| 220                    | 21/05/2015 | 17:44:31 | 21,535  | 19,8    | 27,2 | 20,4 |
| 221                    | 21/05/2015 | 17:54:31 | 40,625  | 19,8    | 28,5 | 20,1 |
| 222                    | 21/05/2015 | 18:04:31 | 38,854  | 19,8    | 28,8 | 20,1 |
| 223                    | 21/05/2015 | 18:14:31 | 36,704  | 19,8    | 28,6 | 20,1 |
| 224                    | 21/05/2015 | 18:24:31 | 44,475  | 19,7    | 28,7 | 20   |
| 225                    | 21/05/2015 | 18:34:31 | 22,593  | 19,7    | 28,7 | 20,2 |
| 226                    | 21/05/2015 | 18:44:31 | 216,852 | 19,7    | 28,6 | 19,7 |
| 227                    | 21/05/2015 | 20:54:31 | 0,343   | 17,9    | 36,3 | 17   |
| 228                    | 21/05/2015 | 21:04:31 | 0,856   | 17,7    | 37   | 16,7 |
| 229                    | 21/05/2015 | 21:14:31 | 1,323   | 17,5    | 37,8 | 16,6 |
| 230                    | 21/05/2015 | 21:24:31 | 1,832   | 17,3    | 38,3 | 16,5 |
| 231                    | 21/05/2015 | 21:34:31 | 1,899   | 17,2    | 38,4 | 16,5 |
| 232                    | 21/05/2015 | 21:44:31 | 2,02    | 17      | 38,7 | 16,4 |
| 233                    | 21/05/2015 | 21:54:31 | 1,714   | 16,9    | 39   | 16,2 |
| 234                    | 21/05/2015 | 22:04:31 | 1,567   | 16,8    | 39,9 | 15,9 |
| 235                    | 21/05/2015 | 22:14:31 | 1,786   | 16,7    | 41   | 15,7 |
| 236                    | 21/05/2015 | 22:24:31 | 1,907   | 16,5    | 42   | 15,4 |
| 237                    | 21/05/2015 | 22:34:31 | 1,377   | 16,3    | 42,8 | 14,8 |
| 238                    | 21/05/2015 | 22:44:31 | 0,92    | 16      | 42,7 | 14,3 |
| 239                    | 21/05/2015 | 22:54:31 | 1,074   | 15,7    | 43,2 | 14,1 |
| 240                    | 21/05/2015 | 23:04:31 | 1,171   | 15,4    | 44,7 | 13,8 |
| 241                    | 21/05/2015 | 23:14:31 | 1,141   | 15,1    | 45,9 | 13,4 |
| 242                    | 21/05/2015 | 23:24:31 | 1,049   | 14,8    | 46,6 | 13   |
| 243                    | 21/05/2015 | 23:34:31 | 1,28    | 14,5    | 47,6 | 12,9 |
| 244                    | 21/05/2015 | 23:44:31 | 1,243   | 14,2    | 48   | 12,5 |
| 245                    | 21/05/2015 | 23:54:31 | 1,121   | 14      | 48,7 | 12,2 |
| 246                    | 22/05/2015 | 00:04:31 | 1,547   | 13,7    | 48,8 | 12,3 |
| 247                    | 22/05/2015 | 00:14:31 | 1,627   | 13,5    | 49   | 12   |
| 248                    | 22/05/2015 | 00:24:31 | 1,589   | 13,2    | 49,9 | 11,7 |
| 249                    | 22/05/2015 | 00:34:31 | 2,029   | 13      | 50,1 | 11,7 |
| 250                    | 22/05/2015 | 00:44:31 | 2,101   | 12,8    | 50,4 | 11,5 |
| 251                    | 22/05/2015 | 00:54:31 | 2,535   | 12,6    | 51   | 11,5 |
| 252                    | 22/05/2015 | 01:04:31 | 2,066   | 12,4    | 52,1 | 11   |
| 253                    | 22/05/2015 | 01:14:31 | 2,023   | 12,2    | 53,3 | 10,7 |
| 254                    | 22/05/2015 | 01:24:31 | 2,302   | 12      | 53,4 | 10,7 |
| 255                    | 22/05/2015 | 01:34:31 | 3,349   | 11,8    | 54,3 | 10,9 |
| 256                    | 22/05/2015 | 01:44:31 | 2,22    | 11,6    | 54,7 | 10,2 |
| 257                    | 22/05/2015 | 01:54:31 | 3,604   | 11,4    | 54,9 | 10,5 |
| 258                    | 22/05/2015 | 02:04:31 | 3,273   | 11,2    | 55,2 | 10,2 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 259                    | 22/05/2015 | 02:14:31 | 6,096  | 11      | 54,9 | 10,5 |
| 260                    | 22/05/2015 | 02:24:31 | 7,152  | 10,9    | 54,5 | 10,4 |
| 261                    | 22/05/2015 | 02:34:31 | 7,081  | 10,7    | 55,3 | 10,2 |
| 262                    | 22/05/2015 | 02:44:31 | 5,6    | 10,5    | 56,7 | 9,9  |
| 263                    | 22/05/2015 | 02:54:31 | 5,422  | 10,4    | 56,4 | 9,7  |
| 264                    | 22/05/2015 | 03:04:31 | 11,642 | 10,2    | 57,1 | 9,9  |
| 265                    | 22/05/2015 | 03:14:31 | 13,959 | 10,1    | 57,8 | 9,8  |
| 266                    | 22/05/2015 | 03:24:31 | 7,486  | 9,9     | 57,5 | 9,4  |
| 267                    | 22/05/2015 | 03:34:31 | 10,381 | 9,8     | 57,9 | 9,4  |
| 268                    | 22/05/2015 | 03:44:31 | 5,909  | 9,6     | 58,7 | 9    |
| 269                    | 22/05/2015 | 03:54:31 | 7,786  | 9,5     | 58,7 | 9    |
| 270                    | 22/05/2015 | 04:04:31 | 8,643  | 9,3     | 59,3 | 8,9  |
| 271                    | 22/05/2015 | 04:14:31 | 7,962  | 9,1     | 60,5 | 8,7  |
| 272                    | 22/05/2015 | 04:24:31 | 5,233  | 9       | 61,3 | 8,5  |
| 273                    | 22/05/2015 | 04:34:31 | 9,169  | 8,8     | 61,6 | 8,5  |
| 274                    | 22/05/2015 | 04:44:31 | 15,696 | 8,7     | 61,4 | 8,5  |
| 275                    | 22/05/2015 | 04:54:31 | 10,089 | 8,6     | 62,3 | 8,3  |
| 276                    | 22/05/2015 | 05:04:31 | 31,058 | 8,5     | 62,9 | 8,4  |
| 277                    | 22/05/2015 | 05:14:31 | 16,428 | 8,4     | 63,4 | 8,2  |
| 278                    | 22/05/2015 | 05:24:31 | 6,833  | 8,3     | 64,3 | 7,8  |
| 279                    | 22/05/2015 | 05:34:31 | 6,825  | 8,2     | 64,3 | 7,7  |
| 280                    | 22/05/2015 | 05:44:31 | 17,742 | 8,1     | 64,3 | 7,9  |
| 281                    | 22/05/2015 | 05:54:31 | 14,289 | 8       | 65   | 7,7  |
| 282                    | 22/05/2015 | 06:04:31 | 10,046 | 7,8     | 66,9 | 7,5  |
| 283                    | 22/05/2015 | 06:14:31 | 6,33   | 7,7     | 65,8 | 7,3  |
| 284                    | 22/05/2015 | 06:34:31 | 0,898  | 7,6     | 63,5 | 8,1  |
| 285                    | 22/05/2015 | 06:44:31 | 1,615  | 7,7     | 60,1 | 9    |
| 286                    | 22/05/2015 | 06:54:31 | 3,562  | 7,8     | 61,4 | 8,7  |
| 287                    | 22/05/2015 | 07:04:31 | 5,029  | 7,8     | 61,1 | 8,7  |
| 288                    | 22/05/2015 | 07:14:31 | 1,161  | 8       | 49,2 | 12,4 |
| 289                    | 22/05/2015 | 07:24:31 | 0,712  | 8,1     | 36,2 | 16,8 |
| 290                    | 22/05/2015 | 07:34:31 | 0,675  | 8,2     | 34,6 | 19   |
| 291                    | 22/05/2015 | 07:44:31 | 0,727  | 8,4     | 34,4 | 19,4 |
| 292                    | 22/05/2015 | 07:54:31 | 0,666  | 8,6     | 29,3 | 21,2 |
| 293                    | 22/05/2015 | 08:04:31 | 0,654  | 8,8     | 31,4 | 21,9 |
| 294                    | 22/05/2015 | 08:14:31 | 0,923  | 9,1     | 37,1 | 18,5 |
| 295                    | 22/05/2015 | 08:24:31 | 0,872  | 9,4     | 34,9 | 20,3 |
| 296                    | 22/05/2015 | 08:34:31 | 0,888  | 9,7     | 29,3 | 23   |
| 297                    | 22/05/2015 | 08:44:31 | 2,431  | 10      | 28,8 | 23,1 |
| 298                    | 22/05/2015 | 08:54:31 | 4,855  | 10,5    | 26,3 | 23,7 |
| 299                    | 22/05/2015 | 09:04:31 | 7,13   | 11      | 30,1 | 20,9 |
| 300                    | 22/05/2015 | 09:14:31 | 6,82   | 11,5    | 30,6 | 21,7 |
| 301                    | 22/05/2015 | 09:24:31 | 5,355  | 12      | 23,7 | 23,6 |

| Modelo 3 - Continuação |            |          |          |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|----------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K    | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 302                    | 22/05/2015 | 09:34:31 | 6,504    | 12,5    | 28,8 | 20,9 |
| 303                    | 22/05/2015 | 09:44:31 | 4,078    | 13      | 23,4 | 24,8 |
| 304                    | 22/05/2015 | 09:54:31 | 2,912    | 13,5    | 20,3 | 28,1 |
| 305                    | 22/05/2015 | 10:04:31 | 3,027    | 14,1    | 20,6 | 26,6 |
| 306                    | 22/05/2015 | 10:14:31 | 2,162    | 14,7    | 16,1 | 30,5 |
| 307                    | 22/05/2015 | 10:24:31 | 3,248    | 15,2    | 22,3 | 24,6 |
| 308                    | 22/05/2015 | 10:34:31 | 4,171    | 15,7    | 24,5 | 22,4 |
| 309                    | 22/05/2015 | 10:44:31 | 4,144    | 16,1    | 22,9 | 22,4 |
| 310                    | 22/05/2015 | 10:54:31 | 1,918    | 16,5    | 15,5 | 29,2 |
| 311                    | 22/05/2015 | 11:04:31 | 2,292    | 17      | 18,3 | 26,9 |
| 312                    | 22/05/2015 | 11:14:31 | 4,026    | 17,4    | 22,7 | 22,7 |
| 313                    | 22/05/2015 | 11:24:31 | 4,71     | 17,7    | 25,1 | 22,2 |
| 314                    | 22/05/2015 | 11:54:31 | 2032,825 | 18,6    | 31,1 | 18,6 |
| 315                    | 22/05/2015 | 12:14:31 | 174,43   | 18,8    | 28,6 | 19   |
| 316                    | 22/05/2015 | 12:24:31 | 49,176   | 18,8    | 28,6 | 19,6 |
| 317                    | 22/05/2015 | 12:54:31 | 79,055   | 18,7    | 29,5 | 19,1 |
| 318                    | 22/05/2015 | 13:04:31 | 55,034   | 18,7    | 30   | 19,2 |
| 319                    | 22/05/2015 | 13:14:31 | 306,547  | 18,6    | 29,1 | 18,7 |
| 320                    | 22/05/2015 | 13:24:31 | 22,967   | 18,6    | 27,4 | 19,8 |
| 321                    | 22/05/2015 | 13:34:31 | 37,819   | 18,6    | 27,2 | 19,3 |
| 322                    | 22/05/2015 | 13:44:31 | 35,928   | 18,6    | 27,9 | 19,3 |
| 323                    | 22/05/2015 | 13:54:31 | 17,079   | 18,6    | 26,5 | 20   |
| 324                    | 22/05/2015 | 14:04:31 | 26,192   | 18,7    | 24,6 | 19,5 |
| 325                    | 22/05/2015 | 14:14:31 | 16,172   | 18,7    | 23,9 | 20   |
| 326                    | 22/05/2015 | 14:24:31 | 16,902   | 18,7    | 23,3 | 19,9 |
| 327                    | 22/05/2015 | 14:34:31 | 12,515   | 18,8    | 22,5 | 20,3 |
| 328                    | 22/05/2015 | 14:44:31 | 12,625   | 18,8    | 23,9 | 20,3 |
| 329                    | 22/05/2015 | 14:54:31 | 14,521   | 18,9    | 23,3 | 20,1 |
| 330                    | 22/05/2015 | 15:04:31 | 11,16    | 18,9    | 23,9 | 20,6 |
| 331                    | 22/05/2015 | 15:14:31 | 12,782   | 19      | 24,4 | 20,3 |
| 332                    | 22/05/2015 | 15:24:31 | 9,401    | 19      | 23,8 | 20,8 |
| 333                    | 22/05/2015 | 15:34:31 | 12,502   | 19,1    | 23,2 | 20,4 |
| 334                    | 22/05/2015 | 15:44:31 | 9,822    | 19,2    | 23,6 | 20,8 |
| 335                    | 22/05/2015 | 15:54:31 | 13,219   | 19,2    | 21,7 | 20,4 |
| 336                    | 22/05/2015 | 16:04:31 | 9,955    | 19,3    | 21,6 | 20,8 |
| 337                    | 22/05/2015 | 16:14:31 | 10,91    | 19,3    | 24   | 20,7 |
| 338                    | 22/05/2015 | 16:24:31 | 10,398   | 19,4    | 22,3 | 20,8 |
| 339                    | 22/05/2015 | 16:34:31 | 8,565    | 19,5    | 21,7 | 21,1 |
| 340                    | 22/05/2015 | 16:44:31 | 9,842    | 19,5    | 22,5 | 20,9 |
| 341                    | 22/05/2015 | 16:54:31 | 10,875   | 19,6    | 22,9 | 20,8 |
| 342                    | 22/05/2015 | 17:04:31 | 10,875   | 19,6    | 23,3 | 20,8 |
| 343                    | 22/05/2015 | 17:14:31 | 11,957   | 19,6    | 22,9 | 20,7 |
| 344                    | 22/05/2015 | 17:24:31 | 12,981   | 19,6    | 23,7 | 20,6 |

| <b>Modelo 3 - Continuação</b> |             |              |              |                |            |           |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|------------|-----------|
| <b>Nº de pontos</b>           | <b>Data</b> | <b>Hora</b>  | <b>W/m²K</b> | <b>[°C] Ti</b> | <b>%Hr</b> | <b>°C</b> |
| 345                           | 22/05/2015  | 17:34:31     | 11,878       | 19,7           | 21,7       | 20,7      |
| 346                           | 22/05/2015  | 17:44:31     | 12,812       | 19,7           | 23,3       | 20,6      |
|                               |             | <b>Média</b> | 2,836        |                |            |           |

| Modelo 4     |            |          |       |         |      |      |
|--------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 1            | 04/06/2015 | 20:09:51 | 0,03  | 27,1    | 43,9 | 25,8 |
| 2            | 04/06/2015 | 20:19:51 | 0,271 | 26,9    | 43,8 | 25,6 |
| 3            | 04/06/2015 | 20:29:51 | 0,573 | 26,7    | 44,6 | 25,5 |
| 4            | 04/06/2015 | 20:39:51 | 0,759 | 26,6    | 45,4 | 25,3 |
| 5            | 04/06/2015 | 20:49:51 | 0,906 | 26,4    | 45,2 | 25   |
| 6            | 04/06/2015 | 20:59:51 | 1,188 | 26,3    | 43,9 | 24,8 |
| 7            | 04/06/2015 | 21:09:51 | 1,197 | 26,1    | 43,4 | 24,6 |
| 8            | 04/06/2015 | 21:19:51 | 1,302 | 26      | 44,8 | 24,3 |
| 9            | 04/06/2015 | 21:29:51 | 1,281 | 25,8    | 44,4 | 23,8 |
| 10           | 04/06/2015 | 21:39:51 | 1,488 | 25,6    | 45,6 | 23,9 |
| 11           | 04/06/2015 | 21:49:51 | 1,497 | 25,4    | 46,6 | 23,6 |
| 12           | 04/06/2015 | 21:59:51 | 1,38  | 25,3    | 46,3 | 23,3 |
| 13           | 04/06/2015 | 22:09:51 | 1,636 | 25,1    | 46,6 | 23,6 |
| 14           | 04/06/2015 | 22:19:51 | 1,833 | 24,9    | 46,5 | 23,7 |
| 15           | 04/06/2015 | 22:29:51 | 2,05  | 24,8    | 46,6 | 23,7 |
| 16           | 04/06/2015 | 22:39:51 | 2,09  | 24,7    | 48,3 | 23,6 |
| 17           | 04/06/2015 | 22:49:51 | 1,569 | 24,6    | 48,9 | 23,1 |
| 18           | 04/06/2015 | 22:59:51 | 1,446 | 24,5    | 49,2 | 23,1 |
| 19           | 04/06/2015 | 23:09:51 | 0,726 | 24,4    | 54,9 | 21,5 |
| 20           | 04/06/2015 | 23:19:51 | 1,105 | 24,2    | 51,2 | 22,7 |
| 21           | 04/06/2015 | 23:29:51 | 1,632 | 24,1    | 50,9 | 23,1 |
| 22           | 04/06/2015 | 23:39:51 | 1,823 | 24      | 51,1 | 23,1 |
| 23           | 04/06/2015 | 23:49:51 | 1,795 | 23,9    | 51,1 | 23   |
| 24           | 04/06/2015 | 23:59:51 | 1,789 | 23,8    | 51,3 | 22,9 |
| 25           | 05/06/2015 | 00:09:51 | 1,32  | 23,7    | 53,2 | 22,4 |
| 26           | 05/06/2015 | 00:19:51 | 1,225 | 23,6    | 53,8 | 22,2 |
| 27           | 05/06/2015 | 00:29:51 | 1,302 | 23,5    | 53   | 22,3 |
| 28           | 05/06/2015 | 00:39:51 | 1,254 | 23,4    | 54,4 | 22,1 |
| 29           | 05/06/2015 | 00:49:51 | 0,932 | 23,3    | 56,8 | 21,6 |
| 30           | 05/06/2015 | 00:59:51 | 1,143 | 23,2    | 56,6 | 21,7 |
| 31           | 05/06/2015 | 01:09:51 | 1,19  | 23,1    | 57,4 | 21,4 |
| 32           | 05/06/2015 | 01:19:51 | 1,287 | 22,9    | 59,1 | 21,2 |
| 33           | 05/06/2015 | 01:29:51 | 1,165 | 22,8    | 59,4 | 21   |
| 34           | 05/06/2015 | 01:39:51 | 1,05  | 22,6    | 62,3 | 20,4 |
| 35           | 05/06/2015 | 01:49:51 | 1,341 | 22,4    | 60,8 | 20,8 |
| 36           | 05/06/2015 | 01:59:51 | 1,216 | 22,3    | 62,5 | 20,3 |
| 37           | 05/06/2015 | 02:09:51 | 1,121 | 22,1    | 64,8 | 19,7 |
| 38           | 05/06/2015 | 02:19:51 | 1,589 | 22      | 62,6 | 20,3 |
| 39           | 05/06/2015 | 02:29:51 | 1,449 | 21,8    | 64,1 | 20   |
| 40           | 05/06/2015 | 02:39:51 | 1,782 | 21,7    | 64,2 | 20,1 |
| 41           | 05/06/2015 | 02:49:51 | 1,863 | 21,5    | 64,4 | 20,1 |
| 42           | 05/06/2015 | 02:59:51 | 1,831 | 21,4    | 65,1 | 19,8 |
| 43           | 05/06/2015 | 03:09:51 | 1,327 | 21,2    | 68   | 18,9 |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 44                     | 05/06/2015 | 03:19:51 | 1,346  | 21,1    | 69,7 | 18,6 |
| 45                     | 05/06/2015 | 03:29:51 | 1,496  | 20,9    | 68,9 | 18,7 |
| 46                     | 05/06/2015 | 03:39:51 | 1,537  | 20,7    | 68,7 | 18,7 |
| 47                     | 05/06/2015 | 03:49:51 | 1,577  | 20,6    | 70,5 | 18,4 |
| 48                     | 05/06/2015 | 03:59:51 | 1,659  | 20,4    | 69,9 | 18,4 |
| 49                     | 05/06/2015 | 04:09:51 | 2,009  | 20,3    | 69,5 | 18,5 |
| 50                     | 05/06/2015 | 04:19:51 | 2,664  | 20,1    | 67,4 | 18,9 |
| 51                     | 05/06/2015 | 04:29:51 | 1,658  | 20      | 71,9 | 17,9 |
| 52                     | 05/06/2015 | 04:39:51 | 1,485  | 19,8    | 73,8 | 17,4 |
| 53                     | 05/06/2015 | 04:49:51 | 2,686  | 19,6    | 69,6 | 18,4 |
| 54                     | 05/06/2015 | 04:59:51 | 2,861  | 19,5    | 69,4 | 18,4 |
| 55                     | 05/06/2015 | 05:09:51 | 1,784  | 19,4    | 72,8 | 17,4 |
| 56                     | 05/06/2015 | 05:19:51 | 1,892  | 19,2    | 73,1 | 17,3 |
| 57                     | 05/06/2015 | 05:29:51 | 1,856  | 19,1    | 73,6 | 17,2 |
| 58                     | 05/06/2015 | 05:39:51 | 2,801  | 19      | 71,5 | 17,8 |
| 59                     | 05/06/2015 | 05:49:51 | 2,643  | 18,9    | 71,6 | 17,6 |
| 60                     | 05/06/2015 | 05:59:51 | 1,756  | 18,8    | 73,7 | 17   |
| 61                     | 05/06/2015 | 06:09:51 | 1,157  | 18,7    | 75,5 | 16,5 |
| 62                     | 05/06/2015 | 06:19:51 | 1,264  | 18,6    | 72,8 | 17,3 |
| 63                     | 05/06/2015 | 06:29:51 | 0,266  | 18,5    | 70,6 | 17,8 |
| 64                     | 05/06/2015 | 07:19:51 | 15,01  | 18,5    | 67,2 | 19   |
| 65                     | 05/06/2015 | 07:29:51 | 3,949  | 18,5    | 56,4 | 22,3 |
| 66                     | 05/06/2015 | 07:39:51 | 4,071  | 18,7    | 53,9 | 23,3 |
| 67                     | 05/06/2015 | 07:49:51 | 3,436  | 18,9    | 49,1 | 25,3 |
| 68                     | 05/06/2015 | 07:59:51 | 4,031  | 19,1    | 50   | 24,9 |
| 69                     | 05/06/2015 | 08:09:51 | 4,288  | 19,3    | 49,1 | 25,1 |
| 70                     | 05/06/2015 | 08:19:51 | 3,402  | 19,6    | 44,1 | 27,4 |
| 71                     | 05/06/2015 | 08:29:51 | 3,532  | 19,8    | 43,2 | 27,7 |
| 72                     | 05/06/2015 | 08:39:51 | 3,109  | 20,1    | 36,7 | 29,5 |
| 73                     | 05/06/2015 | 08:49:51 | 2,5    | 20,4    | 32,1 | 32,6 |
| 74                     | 05/06/2015 | 08:59:51 | 3,469  | 20,8    | 29,5 | 33,8 |
| 75                     | 05/06/2015 | 09:09:51 | 6,881  | 21,2    | 30,8 | 32,1 |
| 76                     | 05/06/2015 | 09:19:51 | 5,809  | 21,6    | 23,7 | 36,4 |
| 77                     | 05/06/2015 | 09:29:51 | 11,337 | 22,2    | 35,7 | 30   |
| 78                     | 05/06/2015 | 09:39:51 | 8,865  | 22,7    | 29,9 | 32   |
| 79                     | 05/06/2015 | 09:49:51 | 6,682  | 23,2    | 24,9 | 34,6 |
| 80                     | 05/06/2015 | 09:59:51 | 6,463  | 23,6    | 27,2 | 34,5 |
| 81                     | 05/06/2015 | 10:09:51 | 4,7    | 24,2    | 21,5 | 38   |
| 82                     | 05/06/2015 | 10:19:51 | 4,252  | 24,9    | 20,2 | 38,5 |
| 83                     | 05/06/2015 | 10:29:51 | 4,842  | 25,7    | 22   | 36,9 |
| 84                     | 05/06/2015 | 10:39:51 | 3,988  | 26,6    | 18,9 | 39,3 |
| 85                     | 05/06/2015 | 10:49:51 | 2,904  | 27,4    | 17   | 42,8 |
| 86                     | 05/06/2015 | 10:59:51 | 3,773  | 28,2    | 20,6 | 39   |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |         |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 87                     | 05/06/2015 | 11:09:51 | 4,236   | 29      | 21,4 | 38,2 |
| 88                     | 05/06/2015 | 11:19:51 | 5,29    | 29,7    | 23,1 | 36,7 |
| 89                     | 05/06/2015 | 11:29:51 | 5,966   | 30,2    | 23,1 | 36,6 |
| 90                     | 05/06/2015 | 11:39:51 | 8,343   | 30,8    | 24,6 | 35,3 |
| 91                     | 05/06/2015 | 11:49:51 | 11,63   | 31,2    | 25,5 | 34,7 |
| 92                     | 05/06/2015 | 11:59:51 | 15,048  | 31,4    | 26,8 | 34,1 |
| 93                     | 05/06/2015 | 12:09:51 | 16,765  | 31,5    | 27,6 | 33,8 |
| 94                     | 05/06/2015 | 12:19:51 | 29,588  | 31,6    | 27,4 | 32,9 |
| 95                     | 05/06/2015 | 12:29:51 | 70,268  | 31,5    | 30   | 32   |
| 96                     | 05/06/2015 | 12:39:51 | 24,39   | 31,4    | 29,6 | 33,1 |
| 97                     | 05/06/2015 | 12:49:51 | 35,108  | 31,4    | 29,4 | 32,6 |
| 98                     | 05/06/2015 | 12:59:51 | 23,36   | 31,3    | 29,5 | 33,1 |
| 99                     | 05/06/2015 | 13:09:51 | 26,679  | 31,2    | 29,1 | 32,8 |
| 100                    | 05/06/2015 | 13:19:51 | 19,647  | 31,2    | 27,4 | 33,4 |
| 101                    | 05/06/2015 | 13:29:51 | 20,444  | 31,1    | 27,6 | 33,1 |
| 102                    | 05/06/2015 | 13:39:51 | 15,418  | 31,1    | 26,1 | 33,7 |
| 103                    | 05/06/2015 | 13:49:51 | 16,269  | 31,1    | 26,7 | 33,6 |
| 104                    | 05/06/2015 | 13:59:51 | 14,969  | 31,1    | 24,2 | 33,5 |
| 105                    | 05/06/2015 | 14:09:51 | 18,515  | 31,1    | 28,5 | 33,1 |
| 106                    | 05/06/2015 | 14:19:51 | 17,768  | 31,1    | 29,3 | 33,1 |
| 107                    | 05/06/2015 | 14:29:51 | 22,013  | 31,1    | 29,3 | 32,8 |
| 108                    | 05/06/2015 | 14:39:51 | 20,569  | 31,2    | 29,8 | 32,7 |
| 109                    | 05/06/2015 | 14:49:51 | 46,497  | 31,1    | 31,7 | 31,8 |
| 110                    | 05/06/2015 | 14:59:51 | 19,258  | 31,1    | 29,5 | 33,1 |
| 111                    | 05/06/2015 | 15:09:51 | 32,364  | 31,2    | 30,4 | 32,2 |
| 112                    | 05/06/2015 | 15:19:51 | 19,618  | 31,2    | 28,8 | 32,9 |
| 113                    | 05/06/2015 | 15:29:51 | 17,443  | 31,2    | 26,1 | 33,1 |
| 114                    | 05/06/2015 | 15:39:51 | 20,014  | 31,2    | 27,2 | 32,9 |
| 115                    | 05/06/2015 | 15:49:51 | 20,254  | 31,3    | 25,1 | 32,9 |
| 116                    | 05/06/2015 | 15:59:51 | 30,616  | 31,3    | 24,6 | 32,3 |
| 117                    | 05/06/2015 | 16:09:51 | 28,004  | 31,3    | 24,8 | 32,5 |
| 118                    | 05/06/2015 | 16:19:51 | 33,76   | 31,3    | 25,6 | 32,3 |
| 119                    | 05/06/2015 | 16:29:51 | 38,112  | 31,3    | 24,8 | 32   |
| 120                    | 05/06/2015 | 16:39:51 | 21,621  | 31,3    | 24,1 | 32,9 |
| 121                    | 05/06/2015 | 16:49:51 | 32,487  | 31,3    | 24,6 | 32,4 |
| 122                    | 05/06/2015 | 16:59:51 | 109,136 | 31,3    | 27   | 31,5 |
| 123                    | 05/06/2015 | 17:09:51 | 103,748 | 31,2    | 28   | 31,6 |
| 124                    | 05/06/2015 | 17:29:51 | 133,203 | 31,1    | 27,9 | 31,4 |
| 125                    | 05/06/2015 | 21:19:51 | 0,317   | 26,1    | 41,3 | 23,8 |
| 126                    | 05/06/2015 | 21:29:51 | 0,367   | 26      | 42,4 | 23   |
| 127                    | 05/06/2015 | 21:39:51 | 0,488   | 25,8    | 44   | 22,9 |
| 128                    | 05/06/2015 | 21:49:51 | 0,76    | 25,5    | 44,2 | 23,2 |
| 129                    | 05/06/2015 | 21:59:51 | 0,892   | 25,3    | 44,2 | 23,3 |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |       |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 130                    | 05/06/2015 | 22:09:51 | 0,784 | 25,1    | 49,7 | 22,9 |
| 131                    | 05/06/2015 | 22:19:51 | 0,906 | 24,9    | 50,4 | 22,8 |
| 132                    | 05/06/2015 | 22:29:51 | 0,716 | 24,7    | 51,8 | 22,4 |
| 133                    | 05/06/2015 | 22:39:51 | 0,65  | 24,5    | 52,3 | 22,2 |
| 134                    | 05/06/2015 | 22:49:51 | 0,835 | 24,3    | 52,7 | 22,1 |
| 135                    | 05/06/2015 | 22:59:51 | 0,876 | 24,1    | 52,9 | 22,1 |
| 136                    | 05/06/2015 | 23:09:51 | 1,121 | 23,9    | 51,8 | 22,3 |
| 137                    | 05/06/2015 | 23:19:51 | 1,215 | 23,8    | 52,6 | 22,3 |
| 138                    | 05/06/2015 | 23:29:51 | 1,12  | 23,7    | 52,9 | 22,1 |
| 139                    | 05/06/2015 | 23:39:51 | 0,922 | 23,5    | 52,1 | 22,1 |
| 140                    | 05/06/2015 | 23:49:51 | 1,132 | 23,4    | 53,9 | 21,9 |
| 141                    | 05/06/2015 | 23:59:51 | 1,173 | 23,3    | 55,3 | 21,6 |
| 142                    | 06/06/2015 | 00:09:51 | 1,368 | 23,1    | 55,3 | 21,7 |
| 143                    | 06/06/2015 | 00:19:51 | 1,365 | 23      | 55,4 | 21,7 |
| 144                    | 06/06/2015 | 00:29:51 | 1,033 | 22,9    | 58,4 | 20,7 |
| 145                    | 06/06/2015 | 00:39:51 | 1,264 | 22,7    | 57,9 | 20,8 |
| 146                    | 06/06/2015 | 00:49:51 | 1,292 | 22,5    | 57,9 | 20,8 |
| 147                    | 06/06/2015 | 00:59:51 | 2,166 | 22,4    | 56,4 | 21,2 |
| 148                    | 06/06/2015 | 01:09:51 | 1,814 | 22,2    | 57,6 | 20,8 |
| 149                    | 06/06/2015 | 01:19:51 | 1,91  | 22      | 58   | 20,7 |
| 150                    | 06/06/2015 | 01:29:51 | 1,662 | 21,9    | 59,2 | 20,3 |
| 151                    | 06/06/2015 | 01:39:51 | 1,821 | 21,7    | 59,9 | 20,1 |
| 152                    | 06/06/2015 | 01:49:51 | 1,681 | 21,6    | 61,6 | 19,7 |
| 153                    | 06/06/2015 | 01:59:51 | 2,086 | 21,4    | 60,6 | 19,9 |
| 154                    | 06/06/2015 | 02:09:51 | 1,905 | 21,2    | 61,1 | 19,6 |
| 155                    | 06/06/2015 | 02:19:51 | 1,158 | 21,1    | 66,4 | 17,9 |
| 156                    | 06/06/2015 | 02:29:51 | 1,483 | 20,9    | 65,5 | 18,3 |
| 157                    | 06/06/2015 | 02:39:51 | 1,856 | 20,7    | 64,8 | 18,7 |
| 158                    | 06/06/2015 | 02:49:51 | 1,885 | 20,5    | 63,9 | 18,5 |
| 159                    | 06/06/2015 | 02:59:51 | 1,633 | 20,3    | 66,5 | 17,8 |
| 160                    | 06/06/2015 | 03:09:51 | 1,424 | 20,1    | 69,6 | 17,2 |
| 161                    | 06/06/2015 | 03:19:51 | 1,452 | 19,8    | 69,2 | 16,9 |
| 162                    | 06/06/2015 | 03:29:51 | 1,682 | 19,6    | 67,6 | 17,2 |
| 163                    | 06/06/2015 | 03:39:51 | 2,398 | 19,4    | 65,9 | 17,8 |
| 164                    | 06/06/2015 | 03:49:51 | 1,601 | 19,2    | 69,4 | 16,7 |
| 165                    | 06/06/2015 | 03:59:51 | 1,486 | 19      | 71,8 | 16   |
| 166                    | 06/06/2015 | 04:09:51 | 1,687 | 18,9    | 70,1 | 16,4 |
| 167                    | 06/06/2015 | 04:19:51 | 1,835 | 18,7    | 70,6 | 16,4 |
| 168                    | 06/06/2015 | 04:29:51 | 1,528 | 18,5    | 72,9 | 15,7 |
| 169                    | 06/06/2015 | 04:39:51 | 2,379 | 18,3    | 69,4 | 16,6 |
| 170                    | 06/06/2015 | 04:49:51 | 2,166 | 18,2    | 69,7 | 16,3 |
| 171                    | 06/06/2015 | 04:59:51 | 2,128 | 18      | 71,7 | 16   |
| 172                    | 06/06/2015 | 05:09:51 | 2,218 | 17,9    | 71,9 | 15,9 |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |         |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|---------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K   | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 173                    | 06/06/2015 | 05:19:51 | 3,805   | 17,7    | 68,1 | 16,7 |
| 174                    | 06/06/2015 | 05:29:51 | 3,557   | 17,6    | 69,4 | 16,5 |
| 175                    | 06/06/2015 | 05:39:51 | 3,568   | 17,5    | 70,3 | 16,4 |
| 176                    | 06/06/2015 | 05:49:51 | 1,939   | 17,4    | 73,1 | 15,5 |
| 177                    | 06/06/2015 | 05:59:51 | 2,352   | 17,3    | 72,1 | 15,7 |
| 178                    | 06/06/2015 | 06:09:51 | 1,769   | 17,2    | 70,9 | 15,9 |
| 179                    | 06/06/2015 | 06:19:51 | 0,666   | 17,1    | 68,9 | 16,5 |
| 180                    | 06/06/2015 | 06:59:51 | 6,16    | 16,9    | 66   | 17,8 |
| 181                    | 06/06/2015 | 07:09:51 | 0,967   | 17      | 47   | 23,9 |
| 182                    | 06/06/2015 | 07:19:51 | 0,928   | 17      | 41,5 | 26,1 |
| 183                    | 06/06/2015 | 07:29:51 | 0,905   | 17,1    | 38,6 | 27,2 |
| 184                    | 06/06/2015 | 07:39:51 | 0,889   | 17,3    | 35,5 | 29,4 |
| 185                    | 06/06/2015 | 07:49:51 | 0,813   | 17,4    | 30,2 | 31,6 |
| 186                    | 06/06/2015 | 07:59:51 | 0,928   | 17,7    | 30,3 | 30,2 |
| 187                    | 06/06/2015 | 08:09:51 | 0,83    | 17,9    | 28,1 | 32,8 |
| 188                    | 06/06/2015 | 08:19:51 | 0,876   | 18,2    | 29,2 | 32,6 |
| 189                    | 06/06/2015 | 08:29:51 | 1,095   | 18,5    | 32,9 | 30,3 |
| 190                    | 06/06/2015 | 08:39:51 | 1,239   | 18,8    | 33   | 30,1 |
| 191                    | 06/06/2015 | 08:49:51 | 1,386   | 19,2    | 31,2 | 30,6 |
| 192                    | 06/06/2015 | 08:59:51 | 4,274   | 19,6    | 34,9 | 29,5 |
| 193                    | 06/06/2015 | 09:09:51 | 6,777   | 20      | 29,6 | 30,8 |
| 194                    | 06/06/2015 | 09:19:51 | 9,984   | 20,5    | 34,3 | 29,6 |
| 195                    | 06/06/2015 | 09:29:51 | 7,269   | 21      | 26,9 | 34   |
| 196                    | 06/06/2015 | 09:39:51 | 9,171   | 21,5    | 30,1 | 31,6 |
| 197                    | 06/06/2015 | 09:49:51 | 5,892   | 22      | 22,4 | 37,2 |
| 198                    | 06/06/2015 | 09:59:51 | 5,036   | 22,6    | 20,8 | 38,4 |
| 199                    | 06/06/2015 | 10:09:51 | 4,278   | 23,3    | 20,4 | 38,5 |
| 200                    | 06/06/2015 | 10:19:51 | 3,148   | 24      | 17,9 | 39,9 |
| 201                    | 06/06/2015 | 10:29:51 | 2,933   | 24,9    | 19   | 39,1 |
| 202                    | 06/06/2015 | 10:39:51 | 2,82    | 25,7    | 20,6 | 39   |
| 203                    | 06/06/2015 | 10:49:51 | 3,674   | 26,6    | 24,9 | 36   |
| 204                    | 06/06/2015 | 10:59:51 | 3,417   | 27,4    | 23,9 | 36,9 |
| 205                    | 06/06/2015 | 11:09:51 | 4,938   | 28,2    | 26,9 | 34,4 |
| 206                    | 06/06/2015 | 11:19:51 | 4,197   | 28,9    | 25,7 | 35,9 |
| 207                    | 06/06/2015 | 11:29:51 | 8,408   | 29,6    | 30,2 | 32,8 |
| 208                    | 06/06/2015 | 11:49:51 | 24,55   | 30,6    | 29,9 | 31,7 |
| 209                    | 06/06/2015 | 12:09:51 | 211,082 | 31,2    | 29,7 | 31,3 |
| 210                    | 06/06/2015 | 12:39:51 | 29,873  | 30,7    | 28,3 | 31,9 |
| 211                    | 06/06/2015 | 12:49:51 | 37,768  | 30,5    | 29,2 | 31,5 |
| 212                    | 06/06/2015 | 12:59:51 | 56,369  | 30,4    | 30,1 | 31   |
| 213                    | 06/06/2015 | 13:09:51 | 69,642  | 30,2    | 31,3 | 30,7 |
| 214                    | 06/06/2015 | 13:29:51 | 33,306  | 29,9    | 30,9 | 30,9 |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 215                    | 06/06/2015 | 13:39:51 | 46,272 | 29,8    | 31,3 | 30,5 |
| 216                    | 06/06/2015 | 13:49:51 | 32,7   | 29,8    | 31,5 | 30,7 |
| 217                    | 06/06/2015 | 13:59:51 | 22,05  | 29,7    | 31,4 | 31   |
| 218                    | 06/06/2015 | 14:09:51 | 15,466 | 29,7    | 27,2 | 31,5 |
| 219                    | 06/06/2015 | 14:19:51 | 13,612 | 29,7    | 26,3 | 31,9 |
| 220                    | 06/06/2015 | 14:29:51 | 16,151 | 29,7    | 30,1 | 31,6 |
| 221                    | 06/06/2015 | 14:39:51 | 15,591 | 29,7    | 26,7 | 31,4 |
| 222                    | 06/06/2015 | 14:49:51 | 11,939 | 29,8    | 24,6 | 32   |
| 223                    | 06/06/2015 | 14:59:51 | 13,074 | 29,8    | 22,8 | 32,3 |
| 224                    | 06/06/2015 | 15:09:51 | 15,639 | 29,9    | 22,9 | 32,1 |
| 225                    | 06/06/2015 | 15:19:51 | 12,602 | 30      | 23,1 | 33   |
| 226                    | 06/06/2015 | 15:29:51 | 18,154 | 30,2    | 24   | 32,2 |
| 227                    | 06/06/2015 | 15:39:51 | 21,548 | 30,3    | 22,9 | 32   |
| 228                    | 06/06/2015 | 15:49:51 | 18,044 | 30,4    | 24   | 32,4 |
| 229                    | 06/06/2015 | 15:59:51 | 20,295 | 30,5    | 23,6 | 32,1 |
| 230                    | 06/06/2015 | 16:09:51 | 17,259 | 30,6    | 20,5 | 32,1 |
| 231                    | 06/06/2015 | 16:19:51 | 24,095 | 30,6    | 19,2 | 31,8 |
| 232                    | 06/06/2015 | 16:29:51 | 17,714 | 30,6    | 20,3 | 32,3 |
| 233                    | 06/06/2015 | 16:39:51 | 16,57  | 30,7    | 18,6 | 32,5 |
| 234                    | 06/06/2015 | 16:49:51 | 16,796 | 30,7    | 18,4 | 32,6 |
| 235                    | 06/06/2015 | 16:59:51 | 18,664 | 30,8    | 18,2 | 32,5 |
| 236                    | 06/06/2015 | 17:09:51 | 27,606 | 30,8    | 18,2 | 32   |
| 237                    | 06/06/2015 | 17:19:51 | 16,808 | 30,9    | 17,6 | 32,9 |
| 238                    | 06/06/2015 | 17:29:51 | 19,503 | 30,9    | 15,7 | 32,7 |
| 239                    | 06/06/2015 | 17:39:51 | 20,161 | 31      | 17,2 | 32,7 |
| 240                    | 06/06/2015 | 17:49:51 | 17,143 | 31,1    | 17,5 | 33   |
| 241                    | 06/06/2015 | 17:59:51 | 20,945 | 31,1    | 18,1 | 32,6 |
| 242                    | 06/06/2015 | 18:09:51 | 18,909 | 31,2    | 18,4 | 32,7 |
| 243                    | 06/06/2015 | 18:19:51 | 21,921 | 31,2    | 19   | 32,4 |
| 244                    | 06/06/2015 | 18:29:51 | 20,721 | 31,2    | 20   | 32,3 |
| 245                    | 06/06/2015 | 18:39:51 | 29,112 | 31,2    | 20,4 | 32   |
| 246                    | 06/06/2015 | 18:49:51 | 20,326 | 31,2    | 21,1 | 32,3 |
| 247                    | 06/06/2015 | 18:59:51 | 24,199 | 31,2    | 19   | 32,1 |
| 248                    | 06/06/2015 | 19:09:51 | 25,71  | 31,2    | 20,1 | 32   |
| 249                    | 06/06/2015 | 19:19:51 | 36,109 | 31,1    | 19,8 | 31,7 |
| 250                    | 06/06/2015 | 19:29:51 | 33,395 | 31,1    | 19,9 | 31,7 |
| 251                    | 06/06/2015 | 19:39:51 | 24,176 | 31,1    | 19,6 | 31,9 |
| 252                    | 06/06/2015 | 19:49:51 | 27,737 | 31,1    | 21,5 | 31,7 |
| 253                    | 06/06/2015 | 21:29:51 | 0,02   | 29,3    | 34,7 | 27,4 |
| 254                    | 06/06/2015 | 21:39:51 | 0,214  | 29,1    | 35,5 | 27,1 |
| 255                    | 06/06/2015 | 21:49:51 | 0,162  | 28,9    | 37   | 26,7 |
| 256                    | 06/06/2015 | 21:59:51 | 0,355  | 28,6    | 36,1 | 26,5 |
| 257                    | 06/06/2015 | 22:09:51 | 0,264  | 28,3    | 33,7 | 26,1 |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |       |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 258                    | 06/06/2015 | 22:19:51 | 0,887 | 28,1    | 33,7 | 26,2 |
| 259                    | 06/06/2015 | 22:29:51 | 0,909 | 27,9    | 34,3 | 25,9 |
| 260                    | 06/06/2015 | 22:39:51 | 0,945 | 27,6    | 34,7 | 25,5 |
| 261                    | 06/06/2015 | 22:49:51 | 1,014 | 27,4    | 35,2 | 25,3 |
| 262                    | 06/06/2015 | 22:59:51 | 1,095 | 27,2    | 35,8 | 25,2 |
| 263                    | 06/06/2015 | 23:09:51 | 1,084 | 27      | 36,3 | 24,9 |
| 264                    | 06/06/2015 | 23:19:51 | 1,169 | 26,8    | 36,2 | 24,9 |
| 265                    | 06/06/2015 | 23:29:51 | 1,047 | 26,6    | 37,9 | 24,7 |
| 266                    | 06/06/2015 | 23:39:51 | 0,921 | 26,4    | 39,4 | 24,2 |
| 267                    | 06/06/2015 | 23:49:51 | 0,97  | 26,2    | 39,5 | 24,1 |
| 268                    | 06/06/2015 | 23:59:51 | 1,068 | 26      | 40,2 | 24,1 |
| 269                    | 07/06/2015 | 00:09:51 | 1,002 | 25,8    | 42,2 | 23,7 |
| 270                    | 07/06/2015 | 00:19:51 | 1,029 | 25,6    | 43,9 | 23,3 |
| 271                    | 07/06/2015 | 00:29:51 | 1,039 | 25,3    | 43,7 | 23,2 |
| 272                    | 07/06/2015 | 00:39:51 | 0,758 | 25,1    | 45,3 | 22,5 |
| 273                    | 07/06/2015 | 00:49:51 | 0,776 | 24,8    | 46,2 | 22,4 |
| 274                    | 07/06/2015 | 00:59:51 | 0,94  | 24,6    | 46,5 | 22,2 |
| 275                    | 07/06/2015 | 01:09:51 | 0,92  | 24,4    | 46,9 | 22   |
| 276                    | 07/06/2015 | 01:19:51 | 0,85  | 24,1    | 46,8 | 22   |
| 277                    | 07/06/2015 | 01:29:51 | 0,843 | 23,9    | 46,7 | 22   |
| 278                    | 07/06/2015 | 01:39:51 | 0,968 | 23,7    | 46,8 | 21,9 |
| 279                    | 07/06/2015 | 01:49:51 | 1,384 | 23,6    | 46,5 | 22,2 |
| 280                    | 07/06/2015 | 01:59:51 | 1,003 | 23,4    | 47,1 | 21,9 |
| 281                    | 07/06/2015 | 02:09:51 | 1,02  | 23,2    | 48,6 | 21,8 |
| 282                    | 07/06/2015 | 02:19:51 | 1,152 | 23,1    | 49,3 | 21,8 |
| 283                    | 07/06/2015 | 02:29:51 | 1,078 | 22,9    | 51,2 | 21,4 |
| 284                    | 07/06/2015 | 02:39:51 | 1,144 | 22,8    | 52,3 | 21,3 |
| 285                    | 07/06/2015 | 02:49:51 | 0,94  | 22,6    | 55   | 20,7 |
| 286                    | 07/06/2015 | 02:59:51 | 0,969 | 22,4    | 55,6 | 20,6 |
| 287                    | 07/06/2015 | 03:09:51 | 1,026 | 22,2    | 56,7 | 20,3 |
| 288                    | 07/06/2015 | 03:19:51 | 1,174 | 22,1    | 57   | 20,4 |
| 289                    | 07/06/2015 | 03:29:51 | 1,446 | 21,9    | 57,2 | 20,4 |
| 290                    | 07/06/2015 | 03:39:51 | 1,384 | 21,7    | 57,7 | 20,2 |
| 291                    | 07/06/2015 | 03:49:51 | 1,521 | 21,6    | 57,8 | 20,1 |
| 292                    | 07/06/2015 | 03:59:51 | 1,185 | 21,4    | 60,2 | 19,6 |
| 293                    | 07/06/2015 | 04:09:51 | 1,11  | 21,2    | 60,7 | 19,5 |
| 294                    | 07/06/2015 | 04:19:51 | 1,238 | 21      | 61,3 | 19,4 |
| 295                    | 07/06/2015 | 04:29:51 | 0,898 | 20,9    | 63   | 19   |
| 296                    | 07/06/2015 | 04:39:51 | 1,14  | 20,7    | 63,1 | 19   |
| 297                    | 07/06/2015 | 04:49:51 | 1,127 | 20,5    | 64,2 | 18,7 |
| 298                    | 07/06/2015 | 04:59:51 | 1,606 | 20,3    | 63,4 | 19   |
| 299                    | 07/06/2015 | 05:09:51 | 1,331 | 20,2    | 65,5 | 18,6 |
| 300                    | 07/06/2015 | 05:19:51 | 2,422 | 20      | 63,4 | 19   |

| Modelo 4 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 301                    | 07/06/2015 | 05:29:51 | 2,094  | 19,9    | 64,3 | 18,8 |
| 302                    | 07/06/2015 | 05:39:51 | 2,886  | 19,8    | 64,3 | 18,9 |
| 303                    | 07/06/2015 | 05:49:51 | 2,116  | 19,7    | 64,9 | 18,7 |
| 304                    | 07/06/2015 | 05:59:51 | 2,28   | 19,6    | 64,2 | 18,7 |
| 305                    | 07/06/2015 | 06:09:51 | 0,926  | 19,5    | 65   | 18,5 |
| 306                    | 07/06/2015 | 06:29:51 | 42,866 | 19,4    | 61,3 | 19,4 |
| 307                    | 07/06/2015 | 06:39:51 | 3,557  | 19,3    | 58,5 | 20,4 |
| 308                    | 07/06/2015 | 06:49:51 | 7,273  | 19,3    | 58,3 | 20,1 |
| 309                    | 07/06/2015 | 06:59:51 | 13,102 | 19,3    | 58,7 | 19,9 |
| 310                    | 07/06/2015 | 07:09:51 | 10,034 | 19,4    | 56,7 | 20,3 |
| 311                    | 07/06/2015 | 07:19:51 | 3,256  | 19,4    | 48,6 | 23,1 |
| 312                    | 07/06/2015 | 07:29:51 | 2,5    | 19,5    | 43,6 | 25   |
| 313                    | 07/06/2015 | 07:39:51 | 9,942  | 19,6    | 54,8 | 21   |
| 314                    | 07/06/2015 | 07:49:51 | 8,88   | 19,7    | 53,5 | 21,4 |
| 315                    | 07/06/2015 | 07:59:51 | 13,709 | 19,7    | 54,5 | 21   |
| 316                    | 07/06/2015 | 08:09:51 | 16,615 | 19,8    | 54,1 | 21,1 |
| 317                    | 07/06/2015 | 08:19:51 | 10,106 | 19,9    | 50,7 | 22,3 |
| 318                    | 07/06/2015 | 08:29:51 | 9,785  | 20,1    | 50,4 | 22,7 |
| 319                    | 07/06/2015 | 08:39:51 | 3,443  | 20,3    | 37,8 | 28,1 |
| 320                    | 07/06/2015 | 08:49:51 | 6,537  | 20,5    | 44,1 | 24,5 |
| 321                    | 07/06/2015 | 08:59:51 | 7,208  | 20,7    | 45,8 | 24,4 |
| 322                    | 07/06/2015 | 09:09:51 | 6,723  | 20,9    | 42,4 | 25,7 |
| 323                    | 07/06/2015 | 09:19:51 | 8,031  | 21,2    | 36,5 | 27,2 |
| 324                    | 07/06/2015 | 09:29:51 | 11,185 | 21,5    | 41,1 | 25,8 |
| 325                    | 07/06/2015 | 09:39:51 | 11,323 | 21,8    | 41,2 | 25,3 |
| 326                    | 07/06/2015 | 09:49:51 | 7,147  | 22,1    | 36,9 | 27,5 |
| 327                    | 07/06/2015 | 09:59:51 | 5,725  | 22,4    | 30,5 | 31,1 |
| 328                    | 07/06/2015 | 10:09:51 | 6,222  | 22,8    | 28,3 | 31,6 |
| 329                    | 07/06/2015 | 10:19:51 | 10,766 | 23,3    | 35   | 28,1 |
| 330                    | 07/06/2015 | 10:29:51 | 10,208 | 23,8    | 33,3 | 28,8 |
| 331                    | 07/06/2015 | 10:39:51 | 7,163  | 24,3    | 27,6 | 31,9 |
| 332                    | 07/06/2015 | 10:49:51 | 9,257  | 24,9    | 28,8 | 30,8 |
| 333                    | 07/06/2015 | 10:59:51 | 10,14  | 25,6    | 31,1 | 29,7 |
| 334                    | 07/06/2015 | 11:09:51 | 5,84   | 26,2    | 26,4 | 33,2 |
| 335                    | 07/06/2015 | 11:19:51 | 7,854  | 26,9    | 26,9 | 32,1 |
| 336                    | 07/06/2015 | 11:29:51 | 16,767 | 27,5    | 30,5 | 29,9 |
| 337                    | 07/06/2015 | 11:39:51 | 19,429 | 28      | 31,7 | 29,8 |
| 338                    | 07/06/2015 | 11:49:51 | 9,798  | 28,3    | 28,5 | 32   |
| 339                    | 07/06/2015 | 11:59:51 | 18,411 | 28,5    | 29,8 | 30,5 |
| 340                    | 07/06/2015 | 12:09:51 | 15,428 | 28,7    | 28,4 | 31,5 |
| 341                    | 07/06/2015 | 12:19:51 | 18,143 | 28,8    | 28,2 | 31,5 |
| 342                    | 07/06/2015 | 12:29:51 | 17,798 | 29      | 27,6 | 31,9 |
| 343                    | 07/06/2015 | 12:39:51 | 17,935 | 29,1    | 29,3 | 31,7 |

| Modelo 4 - Continuação |            |              |        |         |      |      |
|------------------------|------------|--------------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora         | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 344                    | 07/06/2015 | 12:49:51     | 16,743 | 29,2    | 28,7 | 31,5 |
| 345                    | 07/06/2015 | 12:59:51     | 17,031 | 29,3    | 28,8 | 31,8 |
| 346                    | 07/06/2015 | 13:09:51     | 21,091 | 29,5    | 29,4 | 31,6 |
| 347                    | 07/06/2015 | 13:19:51     | 27,121 | 29,6    | 28,9 | 31,2 |
| 348                    | 07/06/2015 | 13:29:51     | 17,019 | 29,7    | 27,2 | 32,1 |
| 349                    | 07/06/2015 | 13:39:51     | 20,057 | 29,8    | 28,6 | 31,6 |
| 350                    | 07/06/2015 | 13:49:51     | 19,136 | 29,8    | 29,1 | 31,6 |
| 351                    | 07/06/2015 | 13:59:51     | 24,725 | 29,8    | 31   | 31,2 |
| 352                    | 07/06/2015 | 14:09:51     | 20,548 | 29,9    | 30,2 | 31,4 |
| 353                    | 07/06/2015 | 14:19:51     | 21,008 | 29,9    | 30,7 | 31,3 |
| 354                    | 07/06/2015 | 14:29:51     | 21,565 | 29,9    | 31,5 | 31,2 |
| 355                    | 07/06/2015 | 14:39:51     | 19,35  | 29,9    | 31,4 | 31,3 |
| 356                    | 07/06/2015 | 14:49:51     | 17,998 | 29,9    | 31,2 | 31,4 |
| 357                    | 07/06/2015 | 14:59:51     | 18,635 | 30      | 30,6 | 31,4 |
| 358                    | 07/06/2015 | 15:09:51     | 17,029 | 30      | 30,6 | 31,7 |
| 359                    | 07/06/2015 | 15:19:51     | 16,757 | 30      | 29,7 | 32   |
| 360                    | 07/06/2015 | 15:29:51     | 15,657 | 30,1    | 29,6 | 32,6 |
| 361                    | 07/06/2015 | 15:39:51     | 16,811 | 30,3    | 28,4 | 32,7 |
| 362                    | 07/06/2015 | 15:49:51     | 16,508 | 30,4    | 28,2 | 32,9 |
| 363                    | 07/06/2015 | 15:59:51     | 15,492 | 30,6    | 27   | 33,3 |
| 364                    | 07/06/2015 | 16:09:51     | 15,217 | 30,8    | 24,3 | 33,6 |
| 365                    | 07/06/2015 | 16:19:51     | 15,167 | 30,9    | 25   | 33,7 |
| 366                    | 07/06/2015 | 16:29:51     | 16,388 | 31,1    | 24,8 | 33,7 |
| 367                    | 07/06/2015 | 16:39:51     | 15,424 | 31,2    | 23,9 | 33,8 |
| 368                    | 07/06/2015 | 16:49:51     | 19,604 | 31,4    | 23,4 | 33,2 |
| 369                    | 07/06/2015 | 16:59:51     | 20,083 | 31,5    | 23,8 | 33   |
| 370                    | 07/06/2015 | 17:09:51     | 25,37  | 31,6    | 23,4 | 32,6 |
|                        |            | <b>Media</b> | 3,1285 |         |      |      |

| Modelo 5     |            |          |       |         |       |      |
|--------------|------------|----------|-------|---------|-------|------|
| Nº de pontos | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr   | °C   |
| 1            | 09/07/2015 | 19:55:06 | 0,855 | 36      | 21,4  | 31,4 |
| 2            | 09/07/2015 | 20:05:06 | 0,244 | 36,2    | 22,1  | 31,1 |
| 3            | 09/07/2015 | 20:45:06 | 0,008 | 34,2    | 31,9  | 29,4 |
| 4            | 09/07/2015 | 20:55:06 | 0,125 | 33,7    | 32,6  | 29,3 |
| 5            | 09/07/2015 | 21:05:06 | 0,264 | 33,2    | 36,7  | 28,6 |
| 6            | 09/07/2015 | 21:15:06 | 0,382 | 32,7    | 40,9  | 27,8 |
| 7            | 09/07/2015 | 21:25:06 | 0,472 | 32,2    | 42,3  | 26,9 |
| 8            | 09/07/2015 | 21:35:06 | 0,564 | 31,6    | 40,5  | 27   |
| 9            | 09/07/2015 | 21:45:06 | 0,626 | 31      | 41,8  | 26,4 |
| 10           | 09/07/2015 | 21:55:06 | 0,631 | 30,5    | 40,8  | 26   |
| 11           | 09/07/2015 | 22:05:06 | 0,669 | 30      | 41,3  | 25,7 |
| 12           | 09/07/2015 | 22:15:06 | 0,718 | 29,6    | 42,2  | 25,3 |
| 13           | 09/07/2015 | 22:25:06 | 0,664 | 29,1    | 43,9  | 24,4 |
| 14           | 09/07/2015 | 22:35:06 | 0,966 | 28,6    | 42,1  | 25,2 |
| 15           | 09/07/2015 | 22:45:06 | 0,665 | 28,2    | 47,5  | 23,2 |
| 16           | 09/07/2015 | 22:55:06 | 0,92  | 27,7    | 45,5  | 23,9 |
| 17           | 09/07/2015 | 23:05:06 | 0,994 | 27,3    | 46    | 23,8 |
| 18           | 09/07/2015 | 23:15:06 | 0,841 | 26,9    | 48    | 22,8 |
| 19           | 09/07/2015 | 23:25:06 | 1,18  | 26,6    | 45,7  | 23,7 |
| 20           | 09/07/2015 | 23:35:06 | 1,208 | 26,2    | 46,3  | 23,6 |
| 21           | 09/07/2015 | 23:45:06 | 1,012 | 25,9    | ----- | 22,6 |
| 22           | 09/07/2015 | 23:55:06 | 0,998 | 25,6    | 50,7  | 22,1 |
| 23           | 10/07/2015 | 00:05:06 | 1,881 | 25,3    | 46,5  | 23,5 |
| 24           | 10/07/2015 | 00:15:06 | 1,501 | 25      | ----- | 22,8 |
| 25           | 10/07/2015 | 00:25:06 | 1,348 | 24,7    | 50,3  | 22,3 |
| 26           | 10/07/2015 | 00:35:06 | 1,293 | 24,4    | 51,3  | 21,8 |
| 27           | 10/07/2015 | 00:45:06 | 1,222 | 24,2    | 53,4  | 21,2 |
| 28           | 10/07/2015 | 00:55:06 | 2,487 | 23,9    | 49,3  | 22,5 |
| 29           | 10/07/2015 | 01:05:06 | 1,113 | 23,6    | 54,2  | 20,6 |
| 30           | 10/07/2015 | 01:15:06 | 1,585 | 23,3    | ----- | 21,1 |
| 31           | 10/07/2015 | 01:25:06 | 2,264 | 23,1    | ----- | 21,6 |
| 32           | 10/07/2015 | 01:35:06 | 2,725 | 22,8    | 51,6  | 21,6 |
| 33           | 10/07/2015 | 01:45:06 | 1,496 | 22,6    | 55,5  | 20,3 |
| 34           | 10/07/2015 | 01:55:06 | 4,201 | 22,4    | 51,7  | 21,6 |
| 35           | 10/07/2015 | 02:15:06 | 1,917 | 22,1    | 57,3  | 20   |
| 36           | 10/07/2015 | 02:25:06 | 1,834 | 21,9    | 59,4  | 19,7 |
| 37           | 10/07/2015 | 02:35:06 | 1,853 | 21,7    | 58,5  | 19,5 |
| 38           | 10/07/2015 | 02:45:06 | 1,933 | 21,4    | ----- | 19,4 |
| 39           | 10/07/2015 | 02:55:06 | 2,419 | 21,2    | 58,5  | 19,7 |
| 40           | 10/07/2015 | 03:05:06 | 1,495 | 21      | 61,7  | 18,4 |
| 41           | 10/07/2015 | 03:15:06 | 2,063 | 20,8    | ----- | 19   |
| 42           | 10/07/2015 | 03:25:06 | 2,852 | 20,6    | 58,4  | 19,3 |
| 43           | 10/07/2015 | 03:35:06 | 1,653 | 20,4    | 62,6  | 18,1 |

| Modelo 5 - Continuação |            |          |                    |         |       |      |
|------------------------|------------|----------|--------------------|---------|-------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr   | °C   |
| 44                     | 10/07/2015 | 03:45:06 | 3,049              | 20,2    | 59    | 19   |
| 45                     | 10/07/2015 | 03:55:06 | 2,269              | 20      | ----- | 18,4 |
| 46                     | 10/07/2015 | 04:05:06 | 2,878              | 19,9    | ----- | 18,6 |
| 47                     | 10/07/2015 | 04:15:06 | 4,536              | 19,7    | 59,8  | 18,9 |
| 48                     | 10/07/2015 | 04:25:06 | 2,087              | 19,5    | 62,6  | 17,8 |
| 49                     | 10/07/2015 | 04:35:06 | 1,894              | 19,4    | ----- | 17,4 |
| 50                     | 10/07/2015 | 04:45:06 | 4,838              | 19,2    | ----- | 18,5 |
| 51                     | 10/07/2015 | 04:55:06 | 3,597              | 19      | 60,5  | 18   |
| 52                     | 10/07/2015 | 05:15:06 | 2,18               | 18,8    | 63,7  | 17,1 |
| 53                     | 10/07/2015 | 05:25:06 | 3,228              | 18,6    | ----- | 17,5 |
| 54                     | 10/07/2015 | 05:35:06 | 4,259              | 18,5    | 61,8  | 17,7 |
| 55                     | 10/07/2015 | 05:45:06 | 3,567              | 18,3    | 62,7  | 17,4 |
| 56                     | 10/07/2015 | 06:05:06 | 2,326              | 18,1    | 63,9  | 16,9 |
| 57                     | 10/07/2015 | 06:15:06 | 2,767              | 18      | 61,2  | 17,3 |
| 58                     | 10/07/2015 | 06:45:06 | 5,387              | 17,8    | 58,4  | 18,3 |
| 59                     | 10/07/2015 | 06:55:06 | 2,012              | 17,7    | ----- | 19,9 |
| 60                     | 10/07/2015 | 07:05:06 | 2,768              | 17,8    | ----- | 19,7 |
| 61                     | 10/07/2015 | 07:15:06 | 0,919              | 17,8    | 39,9  | 25   |
| 62                     | 10/07/2015 | 07:25:06 | 0,922              | 17,9    | 36,8  | 26,1 |
| 63                     | 10/07/2015 | 07:35:06 | 0,701              | 17,9    | 30,7  | 29,9 |
| 64                     | 10/07/2015 | 07:45:06 | 0,725              | 18,1    | 30,2  | 31,2 |
| 65                     | 10/07/2015 | 07:55:06 | 0,707              | 18,3    | 28,6  | 31,9 |
| 66                     | 10/07/2015 | 08:05:06 | 0,678              | 18,5    | 25,3  | 33,7 |
| 67                     | 10/07/2015 | 08:15:06 | 0,692              | 18,7    | 25    | 34,2 |
| 68                     | 10/07/2015 | 08:25:06 | 0,792              | 19      | 27,2  | 32,7 |
| 69                     | 10/07/2015 | 08:35:06 | 0,893              | 19,4    | 29    | 31,6 |
| 70                     | 10/07/2015 | 08:45:06 | 0,797              | 19,8    | 24,9  | 33,8 |
| 71                     | 10/07/2015 | 08:55:06 | 0,802              | 20,2    | 22,8  | 34,5 |
| 72                     | 10/07/2015 | 09:05:06 | 0,715              | 20,6    | 21,1  | 37,1 |
| 73                     | 10/07/2015 | 09:15:06 | 0,561              | 21      | 16,2  | 43,3 |
| 74                     | 10/07/2015 | 09:25:06 | 0,67               | 21,5    | 15,8  | 42,1 |
| 75                     | 10/07/2015 | 09:35:06 | 0,648              | 22      | 13,6  | 45,4 |
| 76                     | 10/07/2015 | 09:45:06 | 0,749              | 22,5    | 14,6  | 43,9 |
| 77                     | 10/07/2015 | 09:55:06 | 0,85               | 23      | 16,3  | 42,5 |
| 78                     | 10/07/2015 | 10:05:06 | 0,819              | 23,5    | 16,1  | 44,1 |
| 79                     | 10/07/2015 | 10:15:06 | 0,668              | 24,1    | 11,5  | 49,3 |
| 80                     | 10/07/2015 | 10:25:06 | 0,765              | 24,6    | 14,5  | 46,5 |
| 81                     | 10/07/2015 | 10:35:06 | 0,693              | 25,2    | 12,3  | 49   |
| 82                     | 10/07/2015 | 10:45:06 | 0,86               | 25,9    | 16,2  | 44,7 |
| 83                     | 10/07/2015 | 10:55:06 | 1,023              | 26,6    | 18,5  | 42,3 |
| 84                     | 10/07/2015 | 11:05:06 | 1,309              | 27,3    | 20,4  | 39,8 |
| 85                     | 10/07/2015 | 11:15:06 | 0,879              | 28      | 13,9  | 46,8 |
| 86                     | 10/07/2015 | 11:25:06 | 0,821              | 28,7    | 12,5  | 48,5 |

| Modelo 5 - Continuação |            |          |        |         |       |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|-------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr   | °C   |
| 87                     | 10/07/2015 | 11:35:06 | 1,172  | 29,5    | 18,1  | 43,3 |
| 88                     | 10/07/2015 | 11:45:06 | 2,148  | 30,2    | 23,4  | 37,9 |
| 89                     | 10/07/2015 | 11:55:06 | 3,518  | 30,9    | 26    | 35,8 |
| 90                     | 10/07/2015 | 12:05:06 | 5,377  | 31,4    | 27,4  | 34,8 |
| 91                     | 10/07/2015 | 12:15:06 | 6,732  | 31,7    | 28    | 34,6 |
| 92                     | 10/07/2015 | 12:25:06 | 7,276  | 31,7    | 27,3  | 34,7 |
| 93                     | 10/07/2015 | 12:35:06 | 8,584  | 31,6    | 26,3  | 34,5 |
| 94                     | 10/07/2015 | 12:45:06 | 18,692 | 31,4    | 28,7  | 32,9 |
| 95                     | 10/07/2015 | 12:55:06 | 13,869 | 31,2    | 27,3  | 33,4 |
| 96                     | 10/07/2015 | 13:05:06 | 13,967 | 31      | 25,9  | 33,2 |
| 97                     | 10/07/2015 | 13:15:06 | 13,211 | 30,8    | 27,1  | 33,1 |
| 98                     | 10/07/2015 | 13:25:06 | 11,859 | 30,7    | 27    | 33,1 |
| 99                     | 10/07/2015 | 13:35:06 | 11,142 | 30,6    | 26,6  | 33   |
| 100                    | 10/07/2015 | 13:45:06 | 11,226 | 30,5    | 27,9  | 32,7 |
| 101                    | 10/07/2015 | 13:55:06 | 9,788  | 30,4    | 27,2  | 32,8 |
| 102                    | 10/07/2015 | 14:05:06 | 8,528  | 30,3    | ----- | 32,9 |
| 103                    | 10/07/2015 | 14:15:06 | 9,689  | 30,2    | 27,7  | 32,4 |
| 104                    | 10/07/2015 | 14:25:06 | 8,653  | 30,2    | 26,4  | 32,5 |
| 105                    | 10/07/2015 | 14:35:06 | 7,836  | 30,2    | 28,5  | 32,6 |
| 106                    | 10/07/2015 | 14:45:06 | 8,343  | 30,1    | 27,8  | 32,3 |
| 107                    | 10/07/2015 | 14:55:06 | 14,04  | 30,1    | ----- | 31,3 |
| 108                    | 10/07/2015 | 15:05:06 | 10,499 | 30      | 29,6  | 31,6 |
| 109                    | 10/07/2015 | 15:15:06 | 9,442  | 29,9    | 30,3  | 31,7 |
| 110                    | 10/07/2015 | 15:25:06 | 8,673  | 29,9    | 29,6  | 31,7 |
| 111                    | 10/07/2015 | 15:35:06 | 14,443 | 29,8    | 30,3  | 30,9 |
| 112                    | 10/07/2015 | 15:55:06 | 9,249  | 29,7    | 28    | 31,3 |
| 113                    | 10/07/2015 | 16:05:06 | 9,338  | 29,7    | 27,8  | 31,2 |
| 114                    | 10/07/2015 | 16:15:06 | 10,234 | 29,7    | 27,6  | 31   |
| 115                    | 10/07/2015 | 16:25:06 | 9,693  | 29,6    | 27,7  | 31   |
| 116                    | 10/07/2015 | 16:35:06 | 12,959 | 29,6    | 28,3  | 30,6 |
| 117                    | 10/07/2015 | 16:45:06 | 8,799  | 29,6    | 29,4  | 31   |
| 118                    | 10/07/2015 | 16:55:06 | 8,989  | 29,5    | 28,8  | 30,9 |
| 119                    | 10/07/2015 | 17:05:06 | 10,004 | 29,5    | 29,7  | 30,7 |
| 120                    | 10/07/2015 | 17:15:06 | 9,519  | 29,5    | 29,3  | 30,7 |
| 121                    | 10/07/2015 | 17:55:06 | 10,964 | 29,4    | 29,8  | 30,3 |
| 122                    | 10/07/2015 | 18:05:06 | 11,248 | 29,3    | 30,4  | 30,2 |
| 123                    | 10/07/2015 | 18:15:06 | 11,213 | 29,2    | 30,7  | 30,1 |
| 124                    | 10/07/2015 | 18:25:06 | 14,85  | 29,2    | 30,9  | 29,8 |
| 125                    | 10/07/2015 | 18:35:06 | 12,696 | 29,1    | ----- | 29,8 |
| 126                    | 10/07/2015 | 18:45:06 | 17,024 | 29      | ----- | 29,5 |
| 127                    | 10/07/2015 | 18:55:06 | 15,894 | 28,9    | 32,9  | 29,4 |
| 128                    | 10/07/2015 | 19:05:06 | 22,496 | 28,8    | ----- | 29,1 |
| 129                    | 10/07/2015 | 19:15:06 | 18,729 | 28,6    | 34,1  | 29   |

| Modelo 5 - Continuação |            |          |                    |         |       |      |
|------------------------|------------|----------|--------------------|---------|-------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr   | °C   |
| 130                    | 10/07/2015 | 19:25:06 | 28,527             | 28,5    | ----- | 28,7 |
| 131                    | 10/07/2015 | 19:45:06 | 14,885             | 28,1    | 34,1  | 28,5 |
| 132                    | 10/07/2015 | 19:55:06 | 11,335             | 28      | 34,7  | 28,4 |
| 133                    | 10/07/2015 | 20:15:06 | 20,075             | 27,6    | 34,7  | 27,8 |
| 134                    | 10/07/2015 | 20:45:06 | 6,01               | 26,9    | 37,9  | 27,1 |
| 135                    | 10/07/2015 | 21:05:06 | 0,819              | 26,4    | ----- | 26,3 |
| 136                    | 10/07/2015 | 21:15:06 | 4,191              | 26,2    | 42    | 26   |
| 137                    | 10/07/2015 | 21:55:06 | 7,88               | 25,2    | ----- | 25   |
| 138                    | 11/07/2015 | 00:05:06 | 75,46              | 22,7    | ----- | 22,7 |
| 139                    | 11/07/2015 | 01:15:06 | 13,347             | 21,9    | 56,4  | 21,7 |
| 140                    | 11/07/2015 | 01:25:06 | 15,819             | 21,8    | 56,9  | 21,6 |
| 141                    | 11/07/2015 | 02:05:06 | 8,134              | 21,2    | ----- | 20,8 |
| 142                    | 11/07/2015 | 03:05:06 | 16,743             | 20,3    | 63,3  | 20,2 |
| 143                    | 11/07/2015 | 03:35:06 | 7,085              | 19,9    | ----- | 19,4 |
| 144                    | 11/07/2015 | 03:55:06 | 16,91              | 19,6    | ----- | 19,4 |
| 145                    | 11/07/2015 | 04:25:06 | 6,741              | 19,2    | 69,4  | 18,6 |
| 146                    | 11/07/2015 | 04:35:06 | 8,997              | 19      | 68,4  | 18,6 |
| 147                    | 11/07/2015 | 05:25:06 | 2,662              | 18,3    | 73,2  | 16,9 |
| 148                    | 11/07/2015 | 05:45:06 | 4,501              | 18      | ----- | 17,2 |
| 149                    | 11/07/2015 | 05:55:06 | 4,602              | 17,8    | 71,3  | 17,1 |
| 150                    | 11/07/2015 | 06:05:06 | 4,945              | 17,7    | 70,2  | 17,1 |
| 151                    | 11/07/2015 | 06:25:06 | 0,736              | 17,4    | 74,5  | 16,1 |
| 152                    | 11/07/2015 | 07:05:06 | 2,229              | 17,1    | 63,1  | 19,3 |
| 153                    | 11/07/2015 | 07:15:06 | 0,94               | 17,1    | 50    | 23,5 |
| 154                    | 11/07/2015 | 07:25:06 | 0,808              | 17,2    | 43,5  | 25,4 |
| 155                    | 11/07/2015 | 07:45:06 | 0,699              | 17,3    | ----- | 29,3 |
| 156                    | 11/07/2015 | 07:55:06 | 0,891              | 17,5    | ----- | 27,6 |
| 157                    | 11/07/2015 | 08:05:06 | 0,761              | 17,6    | 35,7  | 30,1 |
| 158                    | 11/07/2015 | 08:15:06 | 0,682              | 17,8    | ----- | 32,3 |
| 159                    | 11/07/2015 | 08:25:06 | 0,779              | 18      | 30,8  | 31,2 |
| 160                    | 11/07/2015 | 08:35:06 | 0,675              | 18,3    | 27    | 33,5 |
| 161                    | 11/07/2015 | 08:45:06 | 0,85               | 18,6    | ----- | 30,7 |
| 162                    | 11/07/2015 | 08:55:06 | 0,94               | 18,9    | 34,8  | 30,1 |
| 163                    | 11/07/2015 | 09:05:06 | 0,635              | 19,2    | 24,9  | 37   |
| 164                    | 11/07/2015 | 09:15:06 | 0,78               | 19,7    | 25,3  | 35,1 |
| 165                    | 11/07/2015 | 09:25:06 | 0,762              | 20,2    | ----- | 37   |
| 166                    | 11/07/2015 | 09:35:06 | 0,797              | 20,7    | 23,9  | 38,9 |
| 167                    | 11/07/2015 | 09:45:06 | 0,798              | 21,2    | 21,5  | 40,6 |
| 168                    | 11/07/2015 | 09:55:06 | 0,895              | 21,7    | 22,8  | 38,8 |
| 169                    | 11/07/2015 | 10:05:06 | 0,747              | 22,1    | 18,2  | 43,2 |
| 170                    | 11/07/2015 | 10:15:06 | 0,903              | 22,6    | 22,4  | 40   |
| 171                    | 11/07/2015 | 10:35:06 | 0,73               | 23,5    | 16    | 44,4 |
| 172                    | 11/07/2015 | 10:45:06 | 1,006              | 24      | 21,8  | 38,8 |

| Modelo 5 - Continuação |            |          |        |         |       |       |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|-------|-------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr   | °C    |
| 173                    | 11/07/2015 | 11:05:06 | 1,344  | 25,1    | 24,9  | 36    |
| 174                    | 11/07/2015 | 11:15:06 | 0,949  | 25,7    | 20,2  | 41,2  |
| 175                    | 11/07/2015 | 11:25:06 | 1,21   | 26,4    | 22,1  | 38,8  |
| 176                    | 11/07/2015 | 11:45:06 | 1,593  | 28      | ----- | 37,7  |
| 177                    | 11/07/2015 | 11:55:06 | 3,447  | 28,8    | 28,7  | 33,4  |
| 178                    | 11/07/2015 | 12:05:06 | 4,624  | 29,5    | 29,5  | 33,1  |
| 179                    | 11/07/2015 | 12:15:06 | 4,725  | 29,9    | 27,8  | 33,8  |
| 180                    | 11/07/2015 | 12:25:06 | 7,622  | 30,1    | 28,5  | 32,8  |
| 181                    | 11/07/2015 | 12:35:06 | 12,631 | 30,1    | 29,7  | 32    |
| 182                    | 11/07/2015 | 12:45:06 | 21,318 | 30      | 32,6  | 31,3  |
| 183                    | 11/07/2015 | 12:55:06 | 14,28  | 29,9    | 31,3  | 32    |
| 184                    | 11/07/2015 | 13:05:06 | 12,758 | 29,8    | 30,8  | 32,2  |
| 185                    | 11/07/2015 | 13:25:06 | 20,246 | 29,6    | 32    | 31    |
| 186                    | 11/07/2015 | 13:35:06 | 16,254 | 29,5    | ----- | 31,2  |
| 187                    | 11/07/2015 | 13:45:06 | 13,479 | 29,4    | 26    | 31,4  |
| 188                    | 11/07/2015 | 13:55:06 | 12,002 | 29,3    | 27,4  | 31,5  |
| 189                    | 11/07/2015 | 14:15:06 | 17,388 | 29,3    | 29,8  | 30,6  |
| 190                    | 11/07/2015 | 14:35:06 | 6,354  | 29,3    | 27,3  | 32,7  |
| 191                    | 11/07/2015 | 14:45:06 | 7,028  | 29,3    | ----- | 32,3  |
| 192                    | 11/07/2015 | 16:45:06 | 10,899 | 29,7    | ----- | 31,1  |
| 193                    | 11/07/2015 | 17:05:06 | 7,084  | 29,8    | ----- | 31,7  |
| 194                    | 11/07/2015 | 17:45:06 | 7,014  | 29,7    | ----- | 31,5  |
| 195                    | 11/07/2015 | 19:35:06 | 16,923 | 29,3    | ----- | 29,7  |
| 196                    | 11/07/2015 | 19:45:06 | 14,429 | 29,2    | ----- | 29,6  |
| 197                    | 11/07/2015 | 22:35:06 | 3,034  | 26      | ----- | 25,2  |
| 198                    | 11/07/2015 | 23:25:06 | 4,348  | 25,1    | ----- | 24,4  |
| 199                    | 11/07/2015 | 23:55:06 | 19,992 | 24,6    | ----- | ----- |
| 200                    | 12/07/2015 | 01:25:06 | 5,8    | 23,1    | ----- | 22,5  |
| 201                    | 12/07/2015 | 02:05:06 | 3,158  | 22,4    | ----- | 21,3  |
| 202                    | 12/07/2015 | 02:45:06 | 2,903  | 21,7    | ----- | 20,5  |
| 203                    | 12/07/2015 | 04:25:06 | 2,846  | 19,8    | ----- | 18,6  |
| 204                    | 12/07/2015 | 04:35:06 | 5,087  | 19,7    | ----- | 19    |
| 205                    | 12/07/2015 | 06:55:06 | 3,856  | 18,4    | ----- | 19,4  |
| 206                    | 12/07/2015 | 07:05:06 | 2,962  | 18,3    | 62,7  | 20,1  |
| 207                    | 12/07/2015 | 07:15:06 | 1,349  | 18,4    | 52,2  | 23    |
| 208                    | 12/07/2015 | 07:25:06 | 0,748  | 18,4    | 41,8  | 27,8  |
| 209                    | 12/07/2015 | 07:45:06 | 0,708  | 18,6    | 34,4  | 31    |
| 210                    | 12/07/2015 | 08:55:06 | 0,564  | 20,4    | 22,4  | 38,6  |
| 211                    | 12/07/2015 | 09:15:06 | 0,851  | 21,2    | ----- | 34,3  |
| 212                    | 12/07/2015 | 09:25:06 | 0,614  | 21,6    | 19,9  | 41,4  |
| 213                    | 12/07/2015 | 09:35:06 | 1,121  | 22,1    | 26,9  | 34,1  |
| 214                    | 12/07/2015 | 09:45:06 | 0,742  | 22,5    | ----- | 42,1  |
| 215                    | 12/07/2015 | 09:55:06 | 0,784  | 23      | 18,5  | 42,4  |

| Modelo 5 - Continuação |            |              |        |         |       |      |
|------------------------|------------|--------------|--------|---------|-------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora         | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr   | °C   |
| 216                    | 12/07/2015 | 10:15:06     | 0,98   | 24      | ----- | 39,7 |
| 217                    | 12/07/2015 | 10:25:06     | 0,99   | 24,5    | 19,7  | 39,8 |
| 218                    | 12/07/2015 | 10:35:06     | 0,833  | 25      | 16,3  | 42,8 |
| 219                    | 12/07/2015 | 11:25:06     | 0,774  | 28,2    | 13,1  | 46,1 |
| 220                    | 12/07/2015 | 11:35:06     | 0,945  | 29,1    | ----- | 43,9 |
| 221                    | 12/07/2015 | 11:45:06     | 1,232  | 29,9    | 18,4  | 41,8 |
| 222                    | 12/07/2015 | 11:55:06     | 3,135  | 30,7    | 25,3  | 35,6 |
| 223                    | 12/07/2015 | 12:05:06     | 4,891  | 31,4    | 26,3  | 34,7 |
| 224                    | 12/07/2015 | 12:15:06     | 7,844  | 31,8    | ----- | 34,1 |
| 225                    | 12/07/2015 | 12:35:06     | 18,959 | 31,9    | ----- | 33,2 |
| 226                    | 12/07/2015 | 12:45:06     | 37,27  | 31,8    | 27,6  | 32,6 |
| 227                    | 12/07/2015 | 13:05:06     | 11,424 | 31,7    | 25,3  | 34,5 |
| 228                    | 12/07/2015 | 13:15:06     | 17,574 | 31,6    | ----- | 33,4 |
| 229                    | 12/07/2015 | 13:45:06     | 9,5    | 31,5    | 26    | 34,4 |
| 230                    | 12/07/2015 | 13:55:06     | 11,899 | 31,5    | 27,3  | 33,7 |
| 231                    | 12/07/2015 | 14:45:06     | 8,814  | 31,6    | ----- | 33,9 |
| 232                    | 12/07/2015 | 14:55:06     | 12,184 | 31,6    | ----- | 33,2 |
| 233                    | 12/07/2015 | 15:15:06     | 9,292  | 31,6    | 26,7  | 33,7 |
| 234                    | 12/07/2015 | 15:25:06     | 9,519  | 31,7    | ----- | 33,6 |
| 235                    | 12/07/2015 | 15:45:06     | 10,895 | 31,7    | ----- | 33,3 |
| 236                    | 12/07/2015 | 16:25:06     | 7,907  | 31,9    | 23    | 33,8 |
| 237                    | 12/07/2015 | 18:05:06     | 14,14  | 31,9    | 26,2  | 32,7 |
| 238                    | 12/07/2015 | 18:15:06     | 16,76  | 31,9    | ----- | 32,5 |
|                        |            | <b>Média</b> | 2,7675 |         |       |      |

| Modelo 6     |            |          |                    |         |      |      |
|--------------|------------|----------|--------------------|---------|------|------|
| Nº de pontos | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 1            | 07/07/2015 | 00:08:47 | 0,306              | 26,3    | 38,7 | 25,8 |
| 2            | 07/07/2015 | 00:18:47 | 0,423              | 26,1    | 39,7 | 25,4 |
| 3            | 07/07/2015 | 00:28:47 | 0,4                | 26      | 41,4 | 24,8 |
| 4            | 07/07/2015 | 00:38:47 | 0,422              | 25,8    | 42,3 | 24,4 |
| 5            | 07/07/2015 | 00:48:47 | 0,71               | 25,6    | 41,7 | 24,6 |
| 6            | 07/07/2015 | 00:58:47 | 0,647              | 25,4    | 44,1 | 23,9 |
| 7            | 07/07/2015 | 01:08:47 | 0,849              | 25,2    | 43,5 | 24,2 |
| 8            | 07/07/2015 | 01:18:47 | 0,88               | 25      | 44,5 | 23,8 |
| 9            | 07/07/2015 | 01:28:47 | 0,838              | 24,8    | 46,5 | 23,5 |
| 10           | 07/07/2015 | 01:38:47 | 1,092              | 24,6    | 46,4 | 23,4 |
| 11           | 07/07/2015 | 01:48:47 | 0,724              | 24,3    | 47,7 | 22,9 |
| 12           | 07/07/2015 | 01:58:47 | 0,759              | 24,1    | 49,1 | 22,6 |
| 13           | 07/07/2015 | 02:08:47 | 0,954              | 23,9    | 50,1 | 22,5 |
| 14           | 07/07/2015 | 02:18:47 | 1,261              | 23,7    | 49,5 | 22,6 |
| 15           | 07/07/2015 | 02:28:47 | 1,008              | 23,5    | 51,8 | 22   |
| 16           | 07/07/2015 | 02:38:47 | 1,086              | 23,3    | 52   | 21,8 |
| 17           | 07/07/2015 | 02:48:47 | 0,876              | 23,1    | 53,1 | 21,5 |
| 18           | 07/07/2015 | 02:58:47 | 0,715              | 22,9    | 53,2 | 21,3 |
| 19           | 07/07/2015 | 03:08:47 | 1,107              | 22,7    | 54,4 | 21,1 |
| 20           | 07/07/2015 | 03:18:47 | 1,064              | 22,5    | 55,4 | 20,8 |
| 21           | 07/07/2015 | 03:28:47 | 1,138              | 22,3    | 55,5 | 20,8 |
| 22           | 07/07/2015 | 03:38:47 | 1,15               | 22      | 55,3 | 20,7 |
| 23           | 07/07/2015 | 03:48:47 | 1,727              | 21,8    | 54,9 | 20,9 |
| 24           | 07/07/2015 | 03:58:47 | 1,678              | 21,6    | 55,5 | 20,6 |
| 25           | 07/07/2015 | 04:08:47 | 2,42               | 21,5    | 55,6 | 20,7 |
| 26           | 07/07/2015 | 04:18:47 | 1,647              | 21,3    | 57,4 | 20,1 |
| 27           | 07/07/2015 | 04:28:47 | 1,935              | 21,2    | 56,9 | 20,1 |
| 28           | 07/07/2015 | 04:38:47 | 1,484              | 21      | 58,6 | 19,6 |
| 29           | 07/07/2015 | 04:48:47 | 1,866              | 20,8    | 57,8 | 19,7 |
| 30           | 07/07/2015 | 04:58:47 | 2,595              | 20,6    | 57,5 | 19,9 |
| 31           | 07/07/2015 | 05:08:47 | 1,659              | 20,5    | 58,7 | 19,3 |
| 32           | 07/07/2015 | 05:18:47 | 1,976              | 20,3    | 58,6 | 19,3 |
| 33           | 07/07/2015 | 05:28:47 | 4,138              | 20,2    | 57,7 | 19,7 |
| 34           | 07/07/2015 | 05:38:47 | 2,916              | 20,1    | 59   | 19,3 |
| 35           | 07/07/2015 | 05:48:47 | 2,649              | 19,9    | 58,7 | 19,1 |
| 36           | 07/07/2015 | 05:58:47 | 3,777              | 19,8    | 58,7 | 19,3 |
| 37           | 07/07/2015 | 06:08:47 | 2,162              | 19,7    | 59,5 | 18,9 |
| 38           | 07/07/2015 | 06:18:47 | 1,605              | 19,6    | 58,7 | 18,9 |
| 39           | 07/07/2015 | 06:38:47 | 0,329              | 19,3    | 57,3 | 19,9 |
| 40           | 07/07/2015 | 06:48:47 | 0,328              | 19,2    | 56   | 20,3 |
| 41           | 07/07/2015 | 06:58:47 | 2,416              | 19,2    | 58,2 | 19,8 |
| 42           | 07/07/2015 | 07:08:47 | 0,518              | 19,1    | 46,1 | 24,2 |
| 43           | 07/07/2015 | 07:18:47 | 0,411              | 19,1    | 38,7 | 27,6 |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |                    |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------------------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 44                     | 07/07/2015 | 07:28:47 | 0,513              | 19,2    | 34,9 | 27,7 |
| 45                     | 07/07/2015 | 07:38:47 | 0,536              | 19,2    | 39,2 | 26,3 |
| 46                     | 07/07/2015 | 07:48:47 | 0,607              | 19,3    | 40,5 | 26   |
| 47                     | 07/07/2015 | 07:58:47 | 0,312              | 19,4    | 25,2 | 33,7 |
| 48                     | 07/07/2015 | 08:08:47 | 0,275              | 19,6    | 26,4 | 34,1 |
| 49                     | 07/07/2015 | 08:18:47 | 0,275              | 19,7    | 28,3 | 33   |
| 50                     | 07/07/2015 | 08:28:47 | 0,289              | 20      | 29,6 | 32,5 |
| 51                     | 07/07/2015 | 08:38:47 | 0,2                | 20,2    | 23,9 | 35,7 |
| 52                     | 07/07/2015 | 08:48:47 | 0,388              | 20,5    | 29,5 | 30,9 |
| 53                     | 07/07/2015 | 08:58:47 | 0,594              | 20,8    | 21   | 38,2 |
| 54                     | 07/07/2015 | 09:08:47 | 1,198              | 21,2    | 17,5 | 40,2 |
| 55                     | 07/07/2015 | 09:18:47 | 1,693              | 21,6    | 18,8 | 38,3 |
| 56                     | 07/07/2015 | 09:28:47 | 1,308              | 22,1    | 14,7 | 42,8 |
| 57                     | 07/07/2015 | 09:38:47 | 1,095              | 22,6    | 13,6 | 44,4 |
| 58                     | 07/07/2015 | 09:48:47 | 1,469              | 23,1    | 19,3 | 37,4 |
| 59                     | 07/07/2015 | 09:58:47 | 0,918              | 23,7    | 13,4 | 44,2 |
| 60                     | 07/07/2015 | 10:08:47 | 1,315              | 24,2    | 19,7 | 37,3 |
| 61                     | 07/07/2015 | 10:18:47 | 0,862              | 24,8    | 14,7 | 42,6 |
| 62                     | 07/07/2015 | 10:28:47 | 0,821              | 25,4    | 15,3 | 42,1 |
| 63                     | 07/07/2015 | 10:38:47 | 0,748              | 26      | 14,9 | 42,7 |
| 64                     | 07/07/2015 | 10:48:47 | 0,902              | 26,6    | 17,4 | 38,9 |
| 65                     | 07/07/2015 | 10:58:47 | 0,605              | 27,1    | 13,5 | 44,2 |
| 66                     | 07/07/2015 | 11:08:47 | 0,664              | 27,6    | 15,6 | 41,7 |
| 67                     | 07/07/2015 | 11:18:47 | 0,777              | 28,2    | 17,2 | 39,4 |
| 68                     | 07/07/2015 | 11:28:47 | 0,802              | 28,9    | 18,3 | 40,2 |
| 69                     | 07/07/2015 | 11:38:47 | 1,048              | 29,6    | 19,5 | 38,3 |
| 70                     | 07/07/2015 | 11:48:47 | 1,546              | 30,4    | 21   | 36,7 |
| 71                     | 07/07/2015 | 11:58:47 | 2,74               | 31,1    | 21,4 | 35   |
| 72                     | 07/07/2015 | 12:08:47 | 4,109              | 31,6    | 22,6 | 34,6 |
| 73                     | 07/07/2015 | 12:18:47 | 6,564              | 31,9    | 23,7 | 34,1 |
| 74                     | 07/07/2015 | 12:28:47 | 7,916              | 31,9    | 22,9 | 34,1 |
| 75                     | 07/07/2015 | 12:38:47 | 8,483              | 31,8    | 23,1 | 34,3 |
| 76                     | 07/07/2015 | 12:48:47 | 12,649             | 31,7    | 23,4 | 33,7 |
| 77                     | 07/07/2015 | 12:58:47 | 13,729             | 31,5    | 23,3 | 33,7 |
| 78                     | 07/07/2015 | 13:08:47 | 16,998             | 31,4    | 24   | 33,3 |
| 79                     | 07/07/2015 | 13:18:47 | 13,634             | 31,3    | 23,2 | 33,7 |
| 80                     | 07/07/2015 | 13:28:47 | 14,116             | 31,2    | 21   | 33,5 |
| 81                     | 07/07/2015 | 13:38:47 | 11,758             | 31,1    | 21,9 | 33,8 |
| 82                     | 07/07/2015 | 13:48:47 | 15,172             | 31      | 23,2 | 33   |
| 83                     | 07/07/2015 | 13:58:47 | 14,632             | 30,9    | 22,2 | 32,9 |
| 84                     | 07/07/2015 | 14:08:47 | 8,699              | 30,8    | 19,6 | 34,1 |
| 85                     | 07/07/2015 | 14:18:47 | 14,011             | 30,8    | 23,3 | 32,7 |
| 86                     | 07/07/2015 | 14:28:47 | 10,335             | 30,8    | 22,8 | 33,2 |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 87                     | 07/07/2015 | 14:38:47 | 11,529 | 30,7    | 22,4 | 32,8 |
| 88                     | 07/07/2015 | 14:48:47 | 10,749 | 30,7    | 21,5 | 32,8 |
| 89                     | 07/07/2015 | 14:58:47 | 11,772 | 30,7    | 22,3 | 32,5 |
| 90                     | 07/07/2015 | 15:08:47 | 12,38  | 30,6    | 21,9 | 32,3 |
| 91                     | 07/07/2015 | 15:18:47 | 12,401 | 30,6    | 21,4 | 32,2 |
| 92                     | 07/07/2015 | 15:28:47 | 11,104 | 30,6    | 21,4 | 32,3 |
| 93                     | 07/07/2015 | 15:38:47 | 22,903 | 30,6    | 23   | 31,4 |
| 94                     | 07/07/2015 | 15:48:47 | 19,352 | 30,6    | 23,2 | 31,5 |
| 95                     | 07/07/2015 | 15:58:47 | 12,069 | 30,6    | 24,4 | 32   |
| 96                     | 07/07/2015 | 16:08:47 | 8,3    | 30,6    | 23,7 | 32,6 |
| 97                     | 07/07/2015 | 16:18:47 | 8,502  | 30,6    | 24,1 | 32,5 |
| 98                     | 07/07/2015 | 16:28:47 | 18,128 | 30,6    | 25,3 | 31,5 |
| 99                     | 07/07/2015 | 16:38:47 | 11,972 | 30,6    | 23,6 | 31,9 |
| 100                    | 07/07/2015 | 16:48:47 | 11,908 | 30,6    | 23,3 | 32   |
| 101                    | 07/07/2015 | 16:58:47 | 10,929 | 30,7    | 23,1 | 32   |
| 102                    | 07/07/2015 | 17:08:47 | 10,011 | 30,7    | 22,4 | 32,1 |
| 103                    | 07/07/2015 | 17:18:47 | 11,351 | 30,7    | 22,9 | 31,9 |
| 104                    | 07/07/2015 | 17:28:47 | 10,176 | 30,7    | 22,1 | 32   |
| 105                    | 07/07/2015 | 17:38:47 | 9,128  | 30,7    | 23,5 | 32,1 |
| 106                    | 07/07/2015 | 17:48:47 | 13,297 | 30,6    | 23,6 | 31,6 |
| 107                    | 07/07/2015 | 17:58:47 | 12,642 | 30,6    | 25,3 | 31,6 |
| 108                    | 07/07/2015 | 18:08:47 | 19,569 | 30,6    | 25,4 | 31,2 |
| 109                    | 07/07/2015 | 18:28:47 | 13,825 | 30,5    | 25,1 | 31,3 |
| 110                    | 07/07/2015 | 18:38:47 | 16,201 | 30,5    | 29,6 | 31,1 |
| 111                    | 07/07/2015 | 23:18:47 | 0,449  | 25,2    | 51   | 25,5 |
| 112                    | 07/07/2015 | 23:28:47 | 2,416  | 25      | 52,4 | 25,1 |
| 113                    | 07/07/2015 | 23:38:47 | 0,154  | 24,8    | 54,6 | 24,5 |
| 114                    | 08/07/2015 | 00:08:47 | 0,197  | 24,1    | 54,2 | 24,3 |
| 115                    | 08/07/2015 | 00:18:47 | 0,195  | 23,9    | 53,8 | 24,3 |
| 116                    | 08/07/2015 | 00:38:47 | 0,386  | 23,5    | 59   | 22,9 |
| 117                    | 08/07/2015 | 00:48:47 | 0,484  | 23,3    | 59   | 22,7 |
| 118                    | 08/07/2015 | 00:58:47 | 0,326  | 23,2    | 58   | 22,6 |
| 119                    | 08/07/2015 | 01:48:47 | 12,467 | 22,5    | 60   | 22,4 |
| 120                    | 08/07/2015 | 01:58:47 | 1,225  | 22,3    | 63,4 | 21,5 |
| 121                    | 08/07/2015 | 02:08:47 | 4,231  | 22,2    | 61,1 | 21,9 |
| 122                    | 08/07/2015 | 02:18:47 | 3,031  | 22      | 61,6 | 21,6 |
| 123                    | 08/07/2015 | 02:28:47 | 7,459  | 21,9    | 60   | 21,7 |
| 124                    | 08/07/2015 | 02:38:47 | 3,294  | 21,7    | 62,4 | 21,3 |
| 125                    | 08/07/2015 | 02:48:47 | 1,262  | 21,6    | 66,6 | 20,3 |
| 126                    | 08/07/2015 | 02:58:47 | 2,005  | 21,4    | 65,9 | 20,6 |
| 127                    | 08/07/2015 | 03:08:47 | 1,141  | 21,3    | 66,9 | 20   |
| 128                    | 08/07/2015 | 03:18:47 | 1,588  | 21,1    | 67,3 | 20   |
| 129                    | 08/07/2015 | 03:28:47 | 1,399  | 20,9    | 66,7 | 19,8 |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |       |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|-------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 130                    | 08/07/2015 | 03:38:47 | 2,771 | 20,7    | 65,3 | 20,2 |
| 131                    | 08/07/2015 | 03:48:47 | 1,718 | 20,6    | 66,5 | 19,7 |
| 132                    | 08/07/2015 | 03:58:47 | 1,247 | 20,4    | 69,5 | 19,1 |
| 133                    | 08/07/2015 | 04:08:47 | 1,213 | 20,3    | 71,8 | 18,7 |
| 134                    | 08/07/2015 | 04:18:47 | 1,31  | 20,1    | 69,8 | 18,7 |
| 135                    | 08/07/2015 | 04:28:47 | 1,48  | 19,9    | 70   | 18,6 |
| 136                    | 08/07/2015 | 04:38:47 | 1,171 | 19,7    | 70,1 | 18,2 |
| 137                    | 08/07/2015 | 04:48:47 | 1,604 | 19,4    | 68,9 | 18,4 |
| 138                    | 08/07/2015 | 04:58:47 | 1,058 | 19,2    | 70,9 | 17,6 |
| 139                    | 08/07/2015 | 05:08:47 | 1,006 | 19      | 70,7 | 17,3 |
| 140                    | 08/07/2015 | 05:18:47 | 1,009 | 18,8    | 71,6 | 17,2 |
| 141                    | 08/07/2015 | 05:28:47 | 1,092 | 18,6    | 71,5 | 17,2 |
| 142                    | 08/07/2015 | 05:38:47 | 1,227 | 18,5    | 72,5 | 17   |
| 143                    | 08/07/2015 | 05:48:47 | 1,51  | 18,3    | 71,1 | 17,2 |
| 144                    | 08/07/2015 | 05:58:47 | 1,427 | 18,1    | 71,4 | 17   |
| 145                    | 08/07/2015 | 06:08:47 | 0,927 | 18      | 74   | 16,3 |
| 146                    | 08/07/2015 | 06:18:47 | 1,158 | 17,8    | 70,4 | 17,2 |
| 147                    | 08/07/2015 | 06:28:47 | 0,073 | 17,7    | 70,2 | 17,2 |
| 148                    | 08/07/2015 | 06:48:47 | 0,645 | 17,6    | 60,9 | 20,1 |
| 149                    | 08/07/2015 | 06:58:47 | 1,186 | 17,5    | 63,8 | 19,4 |
| 150                    | 08/07/2015 | 07:08:47 | 0,567 | 17,5    | 56,4 | 22,2 |
| 151                    | 08/07/2015 | 07:18:47 | 0,335 | 17,6    | 42,7 | 27,2 |
| 152                    | 08/07/2015 | 07:28:47 | 0,272 | 17,7    | 39,2 | 29,8 |
| 153                    | 08/07/2015 | 07:38:47 | 0,289 | 17,8    | 37,8 | 31,1 |
| 154                    | 08/07/2015 | 07:48:47 | 0,355 | 18      | 43,2 | 28,6 |
| 155                    | 08/07/2015 | 07:58:47 | 0,26  | 18,2    | 32,6 | 33,7 |
| 156                    | 08/07/2015 | 08:08:47 | 0,355 | 18,4    | 42,9 | 28,6 |
| 157                    | 08/07/2015 | 08:18:47 | 0,229 | 18,7    | 33,5 | 33,4 |
| 158                    | 08/07/2015 | 08:28:47 | 0,183 | 18,9    | 28,9 | 35   |
| 159                    | 08/07/2015 | 08:38:47 | 0,19  | 19,3    | 34   | 32,5 |
| 160                    | 08/07/2015 | 08:48:47 | 0,302 | 19,6    | 40   | 30,5 |
| 161                    | 08/07/2015 | 08:58:47 | 0,762 | 19,9    | 34,3 | 31,8 |
| 162                    | 08/07/2015 | 09:08:47 | 1,611 | 20,3    | 31,6 | 33,6 |
| 163                    | 08/07/2015 | 09:18:47 | 2,156 | 20,6    | 33,1 | 33   |
| 164                    | 08/07/2015 | 09:28:47 | 2,503 | 21      | 35,3 | 31,4 |
| 165                    | 08/07/2015 | 09:38:47 | 1,218 | 21,3    | 21,6 | 40,2 |
| 166                    | 08/07/2015 | 09:48:47 | 1,004 | 21,7    | 19,8 | 41,3 |
| 167                    | 08/07/2015 | 09:58:47 | 0,839 | 22,2    | 18,5 | 42,9 |
| 168                    | 08/07/2015 | 10:08:47 | 0,915 | 22,6    | 22   | 39,8 |
| 169                    | 08/07/2015 | 10:18:47 | 0,925 | 23      | 23,4 | 38,6 |
| 170                    | 08/07/2015 | 10:28:47 | 0,823 | 23,5    | 21,5 | 39,7 |
| 171                    | 08/07/2015 | 10:38:47 | 0,64  | 23,9    | 18,5 | 43,2 |
| 172                    | 08/07/2015 | 10:48:47 | 0,992 | 24,4    | 27,6 | 35,2 |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |                    |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------------------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 173                    | 08/07/2015 | 10:58:47 | 0,573              | 24,9    | 18,7 | 42,3 |
| 174                    | 08/07/2015 | 11:08:47 | 0,708              | 25,5    | 23,2 | 37,5 |
| 175                    | 08/07/2015 | 11:18:47 | 0,509              | 26,1    | 19,2 | 41,6 |
| 176                    | 08/07/2015 | 11:28:47 | 1,72               | 26,8    | 36   | 31,2 |
| 177                    | 08/07/2015 | 11:38:47 | 2,314              | 27,5    | 36,1 | 31,4 |
| 178                    | 08/07/2015 | 11:48:47 | 2,409              | 28,3    | 33   | 32,3 |
| 179                    | 08/07/2015 | 11:58:47 | 2,584              | 29      | 31,6 | 32,9 |
| 180                    | 08/07/2015 | 12:08:47 | 3,68               | 29,7    | 31,2 | 32,6 |
| 181                    | 08/07/2015 | 12:28:47 | 14,333             | 30,3    | 33,5 | 31,4 |
| 182                    | 08/07/2015 | 13:58:47 | 19,964             | 29,9    | 27,2 | 31,4 |
| 183                    | 08/07/2015 | 14:28:47 | 8,724              | 29,9    | 27   | 32,8 |
| 184                    | 08/07/2015 | 14:38:47 | 11,548             | 29,9    | 27,7 | 32   |
| 185                    | 08/07/2015 | 14:48:47 | 19,584             | 29,9    | 27,3 | 31,1 |
| 186                    | 08/07/2015 | 14:58:47 | 8,924              | 29,9    | 27   | 32,4 |
| 187                    | 08/07/2015 | 15:08:47 | 12,736             | 30      | 27,8 | 31,6 |
| 188                    | 08/07/2015 | 15:18:47 | 8,048              | 30      | 26,8 | 32,5 |
| 189                    | 08/07/2015 | 15:28:47 | 10,515             | 30      | 27   | 31,9 |
| 190                    | 08/07/2015 | 15:38:47 | 12,254             | 30,1    | 27   | 31,6 |
| 191                    | 08/07/2015 | 15:48:47 | 9,13               | 30,1    | 26,8 | 32,1 |
| 192                    | 08/07/2015 | 15:58:47 | 6,898              | 30,2    | 25,2 | 32,7 |
| 193                    | 08/07/2015 | 16:08:47 | 7,17               | 30,2    | 25,9 | 32,6 |
| 194                    | 08/07/2015 | 16:18:47 | 8,61               | 30,3    | 25,6 | 32,2 |
| 195                    | 08/07/2015 | 16:28:47 | 6,473              | 30,3    | 25,2 | 32,8 |
| 196                    | 08/07/2015 | 16:38:47 | 6,947              | 30,4    | 25,8 | 32,6 |
| 197                    | 08/07/2015 | 16:48:47 | 6,398              | 30,5    | 24,8 | 32,8 |
| 198                    | 08/07/2015 | 16:58:47 | 7,72               | 30,5    | 24,7 | 32,4 |
| 199                    | 08/07/2015 | 17:08:47 | 8,156              | 30,5    | 25,4 | 32,3 |
| 200                    | 08/07/2015 | 17:18:47 | 8,525              | 30,6    | 25   | 32,2 |
| 201                    | 08/07/2015 | 17:28:47 | 9,05               | 30,6    | 25,2 | 32,1 |
| 202                    | 08/07/2015 | 17:38:47 | 7,09               | 30,6    | 24,5 | 32,5 |
| 203                    | 08/07/2015 | 17:48:47 | 7,064              | 30,7    | 23,7 | 32,5 |
| 204                    | 08/07/2015 | 17:58:47 | 7,353              | 30,7    | 24   | 32,4 |
| 205                    | 08/07/2015 | 18:08:47 | 6,799              | 30,7    | 24,2 | 32,5 |
| 206                    | 08/07/2015 | 18:18:47 | 7,564              | 30,7    | 24,6 | 32,3 |
| 207                    | 08/07/2015 | 18:28:47 | 9,085              | 30,7    | 24,4 | 32   |
| 208                    | 08/07/2015 | 18:38:47 | 8,874              | 30,8    | 24,9 | 32   |
| 209                    | 08/07/2015 | 18:48:47 | 7,382              | 30,8    | 26,3 | 32,2 |
| 210                    | 08/07/2015 | 18:58:47 | 7,591              | 30,8    | 27   | 32,1 |
| 211                    | 08/07/2015 | 19:08:47 | 7,78               | 30,7    | 26,8 | 32   |
| 212                    | 08/07/2015 | 19:18:47 | 7,348              | 30,7    | 27,3 | 32   |
| 213                    | 08/07/2015 | 19:28:47 | 7,393              | 30,7    | 26,9 | 31,9 |
| 214                    | 08/07/2015 | 19:38:47 | 7,319              | 30,7    | 27,6 | 31,8 |
| 215                    | 08/07/2015 | 19:48:47 | 9,92               | 30,6    | 28,4 | 31,4 |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |        |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m²K  | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 216                    | 08/07/2015 | 19:58:47 | 11,451 | 30,6    | 30,2 | 31,2 |
| 217                    | 08/07/2015 | 20:08:47 | 11,249 | 30,5    | 29,5 | 31,1 |
| 218                    | 09/07/2015 | 02:48:47 | 0,201  | 21,1    | 49,4 | 20,3 |
| 219                    | 09/07/2015 | 02:58:47 | 0,159  | 20,9    | 50,2 | 19,7 |
| 220                    | 09/07/2015 | 03:08:47 | 0,204  | 20,7    | 50,9 | 19,4 |
| 221                    | 09/07/2015 | 03:18:47 | 0,446  | 20,5    | 51,5 | 19,4 |
| 222                    | 09/07/2015 | 03:28:47 | 0,375  | 20,3    | 52,8 | 19,2 |
| 223                    | 09/07/2015 | 03:38:47 | 0,191  | 20,1    | 55,8 | 18,3 |
| 224                    | 09/07/2015 | 03:48:47 | 0,098  | 19,9    | 55,9 | 18,3 |
| 225                    | 09/07/2015 | 03:58:47 | 0,024  | 19,6    | 57,1 | 18   |
| 226                    | 09/07/2015 | 04:18:47 | 0,117  | 19,2    | 58,5 | 17,5 |
| 227                    | 09/07/2015 | 05:28:47 | 0,503  | 17,8    | 58,7 | 17,2 |
| 228                    | 09/07/2015 | 05:38:47 | 0,731  | 17,7    | 58,2 | 17,4 |
| 229                    | 09/07/2015 | 05:48:47 | 0,25   | 17,5    | 59,8 | 16,6 |
| 230                    | 09/07/2015 | 06:08:47 | 0,56   | 17,3    | 58,8 | 16,8 |
| 231                    | 09/07/2015 | 06:38:47 | 3,789  | 17      | 57,3 | 17,5 |
| 232                    | 09/07/2015 | 06:48:47 | 1,419  | 17      | 52,8 | 18,6 |
| 233                    | 09/07/2015 | 06:58:47 | 2,974  | 16,9    | 55,5 | 17,9 |
| 234                    | 09/07/2015 | 07:08:47 | 0,832  | 16,9    | 48,9 | 20,7 |
| 235                    | 09/07/2015 | 07:18:47 | 0,889  | 16,9    | 49,5 | 20,7 |
| 236                    | 09/07/2015 | 07:28:47 | 0,64   | 17      | 42,8 | 23,7 |
| 237                    | 09/07/2015 | 07:38:47 | 0,512  | 17,1    | 39,1 | 24,8 |
| 238                    | 09/07/2015 | 07:48:47 | 0,58   | 17,2    | 38   | 24,4 |
| 239                    | 09/07/2015 | 07:58:47 | 0,426  | 17,3    | 34   | 27,5 |
| 240                    | 09/07/2015 | 08:08:47 | 0,533  | 17,5    | 35,5 | 25,2 |
| 241                    | 09/07/2015 | 08:18:47 | 0,396  | 17,7    | 31,8 | 27   |
| 242                    | 09/07/2015 | 08:28:47 | 0,245  | 17,9    | 26,9 | 30,6 |
| 243                    | 09/07/2015 | 08:38:47 | 0,31   | 18,2    | 31,7 | 27,7 |
| 244                    | 09/07/2015 | 08:48:47 | 0,371  | 18,5    | 29   | 28,4 |
| 245                    | 09/07/2015 | 08:58:47 | 0,92   | 18,8    | 29,8 | 28,6 |
| 246                    | 09/07/2015 | 09:08:47 | 1,39   | 19,1    | 20,2 | 35,4 |
| 247                    | 09/07/2015 | 09:18:47 | 2,813  | 19,5    | 27,5 | 28,8 |
| 248                    | 09/07/2015 | 09:28:47 | 1,953  | 19,9    | 22,3 | 33,2 |
| 249                    | 09/07/2015 | 09:38:47 | 1,753  | 20,3    | 21,1 | 33,4 |
| 250                    | 09/07/2015 | 09:48:47 | 1,39   | 20,8    | 18,7 | 35,1 |
| 251                    | 09/07/2015 | 09:58:47 | 1,275  | 21,2    | 18,1 | 35,5 |
| 252                    | 09/07/2015 | 10:08:47 | 1,28   | 21,7    | 19,4 | 34,6 |
| 253                    | 09/07/2015 | 10:18:47 | 2,261  | 22,2    | 25,2 | 28,9 |
| 254                    | 09/07/2015 | 10:28:47 | 1,173  | 22,6    | 18,7 | 34,9 |
| 255                    | 09/07/2015 | 10:38:47 | 0,897  | 23,1    | 15,9 | 37,4 |
| 256                    | 09/07/2015 | 10:48:47 | 0,919  | 23,6    | 16,5 | 36,1 |
| 257                    | 09/07/2015 | 10:58:47 | 0,849  | 24,1    | 17,2 | 36,6 |
| 258                    | 09/07/2015 | 11:08:47 | 0,735  | 24,7    | 14,5 | 38   |

| Modelo 6 - Continuação |            |          |                    |         |      |      |
|------------------------|------------|----------|--------------------|---------|------|------|
| Nº de pontos           | Data       | Hora     | W/m <sup>2</sup> K | [°C] Ti | %Hr  | °C   |
| 259                    | 09/07/2015 | 11:18:47 | 1,097              | 25,3    | 18,4 | 33,3 |
| 260                    | 09/07/2015 | 11:28:47 | 1,134              | 26,1    | 20,1 | 34,2 |
| 261                    | 09/07/2015 | 11:38:47 | 1,954              | 26,9    | 22,5 | 31,7 |
| 262                    | 09/07/2015 | 11:48:47 | 2,372              | 27,7    | 21,8 | 31,9 |
| 263                    | 09/07/2015 | 11:58:47 | 5,34               | 28,4    | 23,3 | 30,4 |
| 264                    | 09/07/2015 | 13:58:47 | 17,281             | 29,7    | 23,3 | 31,3 |
| 265                    | 09/07/2015 | 14:08:47 | 11,692             | 29,7    | 23,3 | 32   |
| 266                    | 09/07/2015 | 14:18:47 | 14,937             | 29,8    | 23,2 | 31,5 |
| 267                    | 09/07/2015 | 14:28:47 | 13,836             | 29,9    | 23,5 | 31,6 |
| 268                    | 09/07/2015 | 14:38:47 | 10,607             | 29,9    | 22,4 | 32,1 |
| 269                    | 09/07/2015 | 14:48:47 | 11,027             | 30      | 22,2 | 32   |
| 270                    | 09/07/2015 | 14:58:47 | 10,484             | 30,1    | 22,1 | 32,1 |
| 271                    | 09/07/2015 | 15:08:47 | 7,48               | 30,3    | 21,8 | 32,9 |
| 272                    | 09/07/2015 | 15:18:47 | 8,497              | 30,4    | 21,5 | 32,6 |
| 273                    | 09/07/2015 | 15:28:47 | 8,608              | 30,5    | 20,6 | 32,6 |
| 274                    | 09/07/2015 | 15:38:47 | 9,569              | 30,6    | 20,7 | 32,4 |
| 275                    | 09/07/2015 | 15:48:47 | 9,763              | 30,7    | 20,8 | 32,4 |
| 276                    | 09/07/2015 | 15:58:47 | 8,868              | 30,7    | 20,9 | 32,6 |
| 277                    | 09/07/2015 | 16:08:47 | 10,711             | 30,8    | 20,1 | 32,3 |
| 278                    | 09/07/2015 | 16:18:47 | 11,624             | 30,8    | 20,4 | 32,2 |
| 279                    | 09/07/2015 | 16:28:47 | 8,11               | 30,9    | 19,4 | 32,8 |
| 280                    | 09/07/2015 | 16:38:47 | 9,033              | 30,9    | 19,2 | 32,6 |
| 281                    | 09/07/2015 | 16:48:47 | 9,686              | 31      | 18,9 | 32,5 |
| 282                    | 09/07/2015 | 16:58:47 | 8,664              | 31,1    | 19   | 32,6 |
| 283                    | 09/07/2015 | 17:08:47 | 7,825              | 31,2    | 19,2 | 32,9 |
| 284                    | 09/07/2015 | 17:18:47 | 7,89               | 31,2    | 19,2 | 32,9 |
| 285                    | 09/07/2015 | 17:28:47 | 9,192              | 31,3    | 18,9 | 32,7 |
| 286                    | 09/07/2015 | 17:38:47 | 9,186              | 31,3    | 18,9 | 32,7 |
| 287                    | 09/07/2015 | 17:48:47 | 7,453              | 31,3    | 18,3 | 33   |
| 288                    | 09/07/2015 | 17:58:47 | 8,269              | 31,3    | 16,6 | 32,8 |
| 289                    | 09/07/2015 | 18:08:47 | 9,407              | 31,3    | 18,2 | 32,6 |
| 290                    | 09/07/2015 | 18:18:47 | 11,038             | 31,3    | 19,5 | 32,4 |
| 291                    | 09/07/2015 | 18:28:47 | 11,669             | 31,3    | 19   | 32,3 |
| 292                    | 09/07/2015 | 18:38:47 | 9,214              | 31,3    | 17   | 32,5 |
| 293                    | 09/07/2015 | 18:48:47 | 10,354             | 31,3    | 17,1 | 32,3 |
| 294                    | 09/07/2015 | 18:58:47 | 14,954             | 31,2    | 17,3 | 31,9 |
|                        |            | Média    | 1,6685             |         |      |      |